

(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
20. Januar 2022 (20.01.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/013063 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01S 5/183 (2006.01) H01S 5/42 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/069024

(22) Internationales Anmeldedatum:
08. Juli 2021 (08.07.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 118 824.2
16. Juli 2020 (16.07.2020) DE

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

(72) Erfinder: **BEHRINGER, Martin Rudolf**; Utastr. 1, 93049 Regensburg (DE). **HALBRITTER, Hubert**; Am Arzberg 3, 92345 Dietfurt-Toeing (DE).

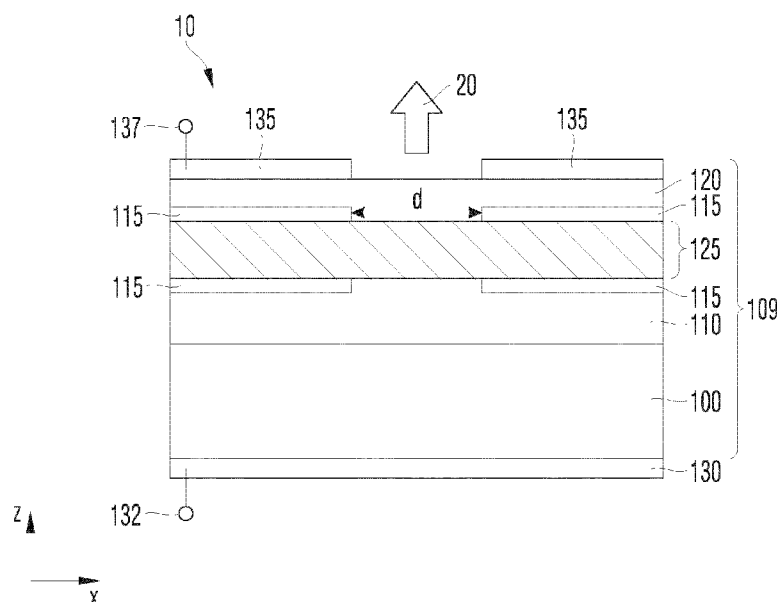
(74) Anwalt: **MÜLLER HOFFMANN & PARTNER PA-
TENTANWÄLTE MBB**; St.-Martin-Strasse 58, 81541 München (DE).

(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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,

(54) Title: OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR COMPONENT, METHOD FOR PRODUCING THE OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR COMPONENT AND LIDAR SYSTEM

(54) Bezeichnung: OPTOELEKTRONISCHES HALBLEITERBAUELEMENT, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DES OPTOELEKTRONISCHEN HALBLEITERBAUELEMENTS UND LIDAR-SYSTEM

Fig. 1A



(57) Abstract: The invention relates to an optoelectronic semiconductor component (10) comprising a semiconductor layer stack (109), in which a surface-emitting laser diode is formed. The semiconductor layer stack (109) has a first aperture diaphragm (115). A measurement of the first aperture diaphragm (115) in a first horizontal direction is smaller than 50 pm and smaller than the measurement of the first aperture diaphragm (115) in a second horizontal direction.

(57) Zusammenfassung: Ein optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) umfasst einen Halbleiterschichtstapel (109), in dem eine



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

oberflächenemittierende Laserdiode ausgebildet ist. Der HalbleiterSchichtStapel (109) weist eine erste Aperturblende (115) auf. Eine Bemessung der ersten Aperturblende (115) in einer ersten horizontalen Richtung ist kleiner als 50 pm und kleiner als die Bemessung der ersten Aperturblende (115) in einer zweiten horizontalen Richtung.

**OPTOELEKTRONISCHES HALBLEITERBAUELEMENT, VERFAHREN ZUR
HERSTELLUNG DES OPTOELEKTRONISCHEN HALBLEITERBAUELEMENTS UND
LIDAR-SYSTEM**

5 LIDAR („Light Detection and Ranging“)-Systeme werden in zunehmendem Maße in Fahrzeugen, beispielsweise zum autonomen Fahren, eingesetzt. Beispielsweise werden sie eingesetzt, um Abstände zu messen oder Gegenstände zu erkennen. Um Objekte in größerer Entfernung zuverlässig erkennen zu können, sind Laser-Lichtquellen mit entsprechend hoher Leistung erforderlich.
10 Insbesondere ist eine hohe Strahlqualität erwünscht, damit der emittierte Laserstrahl in weiter Entfernung als kleiner Punkt auftritt. Üblicherweise sind Kantenemitter aufgrund der Strahlqualität M^2 und ihres Nah-/Fernfeldes sehr gut für derartige Anwendungen geeignet. Allerdings haben kantenemittierende Laser eine starke Abhängigkeit der Emissionswellenlänge von der Umgebungstemperatur.
15

Aus diesem Grunde werden Anstrengungen unternommen, oberflächenemittierende Halbleiterlaser bereitzustellen, die verbesserte Eigenschaften aufweisen.
20

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes optoelektronisches Halbleiterbauelement zur Verfügung zu stellen.
25

Gemäß Ausführungsformen wird die Aufgabe durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterentwicklungen sind in den abhängigen Patentansprüchen definiert.
30

Ein optoelektronisches Halbleiterbauelement umfasst einen Halbleiterschichtstapel, in dem eine oberflächenemittierende Laserdiode ausgebildet ist. Der Halbleiterschichtstapel weist

eine erste Aperturblende auf. Eine Bemessung der ersten Aperturblende ist in einer ersten horizontalen Richtung kleiner als 50 μm und kleiner als die Bemessung der ersten Aperturblende in einer zweiten horizontalen Richtung.

5

Beispielsweise kann die Bemessung der ersten Aperturblende in der zweiten horizontalen Richtung größer als 100 μm sein.

Die oberflächenemittierende Laserdiode kann eine Vielzahl
10 übereinander gestapelter Laserelemente aufweisen.

Das optoelektronische Halbleiterbauelement kann ferner einen Tunnelübergang, der geeignet ist, zwei benachbarte der Vielzahl übereinander gestapelter Laserelemente miteinander zu
15 verbinden, enthalten.

Gemäß Ausführungsformen weist das optoelektronische Halbleiterbauelement ferner eine zweite Aperturblende benachbart zu dem Tunnelübergang auf, wobei eine Abmessung der zweiten
20 Aperturblende in der ersten horizontalen Richtung kleiner als 50 μm ist. Das optoelektronische Halbleiterbauelement kann darüber hinaus eine dritte Aperturblende benachbart zu einer aktiven Zone aufweisen, wobei eine Abmessung der dritten Aperturblende in der zweiten horizontalen Richtung größer als
25 100 μm ist.

Die oberflächenemittierende Laserdiode kann in einem Halbleiterschichtstapel ausgebildet sein, der zu einer Mesa strukturiert ist.

30

Das optoelektronische Halbleiterbauelement kann ferner ein absorbierendes Material an einer Seitenwand der Mesa aufweisen. Beispielsweise kann das absorbierende Material ein Halbleitermaterial mit einer Bandlücke umfassen, die kleiner ist

als diejenige, die einer von der Laserdiode emittierten Wellenlänge entspricht. Ein Brechungsindex des absorbierenden Materials kann mindestens so groß wie der Brechungsindex eines Halbleitermaterials einer aktiven Zone der Laserdiode sein.

5

Beispielsweise ist eine Seitenwand der Mesa entlang der zweiten horizontalen Richtung gekrümmt. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann eine Seitenwand der Mesa eine vertikale Richtung schneiden.

10

Gemäß Ausführungsformen kann eine Seitenwand der ersten Aperturblende entlang einer Richtung, die die erste und die zweite horizontale Richtung schneidet, verlaufen. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann eine Seitenwand der ersten Aperturblende entlang der zweiten Richtung strukturiert sein. Weiterhin kann eine Seitenwand der ersten Aperturblende entlang der ersten oder zweiten Richtung gekrümmt sein.

15

Ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements umfasst das Ausbilden eines Halbleiterschichtstapels zur Ausbildung einer oberflächenemittierenden Laserdiode, und das Ausbilden einer ersten Aperturblende. Eine Bemessung der ersten Aperturblende ist in einer ersten horizontalen Richtung kleiner als 50 μm und kleiner als die Bemessung der ersten Aperturblende in einer zweiten horizontalen Richtung.

20

25

Beispielsweise kann der Halbleiterschichtstapel eine AlAs-Schicht aufweisen, und das Ausbilden der ersten Aperturblende umfasst ein Oxidationsverfahren zum Oxidieren der AlAs-Schicht.

30

Ein LIDAR-System umfasst das vorstehend beschriebene optoelektronische Halbleiterbauelement.

Weitere Ausführungsformen betreffen eine optoelektronische Vorrichtung mit dem beschriebenen optoelektronischen Halbleiterbauelement.

5

Die begleitenden Zeichnungen dienen dem Verständnis von Ausführungsbeispielen der Erfindung. Die Zeichnungen veranschaulichen Ausführungsbeispiele und dienen zusammen mit der Beschreibung deren Erläuterung. Weitere Ausführungsbeispiele und zahlreiche der beabsichtigten Vorteile ergeben sich unmittelbar aus der nachfolgenden Detailbeschreibung. Die in den Zeichnungen gezeigten Elemente und Strukturen sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu zueinander dargestellt. Gleiche Bezugszeichen verweisen auf gleiche oder einander entsprechende Elemente und Strukturen.

Fig. 1A veranschaulicht schematisch Komponenten eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß Ausführungsformen.

20 Fig. 1B veranschaulicht eine Aperturblende.

Fig. 1C zeigt einen Aufbau eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß Ausführungsformen.

25 Die Fig. 2A und 2B veranschaulichen den Aufbau eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß weiteren Ausführungsformen.

Fig. 2C veranschaulicht Eigenschaften eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß Ausführungsformen.

30 Fig. 2D zeigt einen Aufbau eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß weiteren Ausführungsformen.

Die Fig. 3A bis 3C veranschaulichen ein optoelektronisches Halbleiterbauelement gemäß weiteren Ausführungsformen.

Die Fig. 4A bis 4H zeigen Beispiele von Aperturblenden, die in
5 optoelektronischen Halbleiterbauelementen verwendbar sind.

Fig. 5 veranschaulicht ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements.

10 Fig. 6A zeigt den Aufbau eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß weiteren Ausführungsformen.

Fig. 6B zeigt eine Vorrichtung zur Herstellung einer Komponente des optoelektronischen Halbleiterbauelements.

15

Die Fig. 7A und 7B zeigen eine Querschnittsansicht eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß weiteren Ausführungsformen.

20 Fig. 8 fasst ein Verfahren gemäß Ausführungsformen zusammen.

Fig. 9A zeigt ein LIDAR-System gemäß Ausführungsformen.

Fig. 9B zeigt eine optoelektronische Vorrichtung gemäß Ausführungsformen.
25

In der folgenden Detailbeschreibung wird auf die begleitenden Zeichnungen Bezug genommen, die einen Teil der Offenbarung bilden und in denen zu Veranschaulichungszwecken spezifische
30 Ausführungsbeispiele gezeigt sind. In diesem Zusammenhang wird eine Richtungsterminologie wie "Oberseite", "Boden", "Vorderseite", "Rückseite", "über", "auf", "vor", "hinter", "vorne", "hinten" usw. auf die Ausrichtung der gerade beschriebenen Figuren bezogen. Da die Komponenten der Ausführungsbeispiele in

unterschiedlichen Orientierungen positioniert werden können, dient die Richtungsterminologie nur der Erläuterung und ist in keiner Weise einschränkend.

- 5 Die Beschreibung der Ausführungsbeispiele ist nicht einschränkend, da auch andere Ausführungsbeispiele existieren und strukturelle oder logische Änderungen gemacht werden können, ohne dass dabei vom durch die Patentansprüche definierten Bereich abgewichen wird. Insbesondere können Elemente von im
10 Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen mit Elementen von anderen der beschriebenen Ausführungsbeispiele kombiniert werden, sofern sich aus dem Kontext nichts anderes ergibt.

Die Begriffe "Wafer" oder "Halbleitersubstrat", die in der
15 folgenden Beschreibung verwendet sind, können jegliche auf Halbleiter beruhende Struktur umfassen, die eine Halbleiteroberfläche hat. Wafer und Struktur sind so zu verstehen, dass sie dotierte und undotierte Halbleiter, epitaktische Halbleiterschichten, gegebenenfalls getragen durch eine Basis-
20 unterlage, und weitere Halbleiterstrukturen einschließen. Beispielsweise kann eine Schicht aus einem ersten Halbleitermaterial auf einem Wachstumssubstrat aus einem zweiten Halbleitermaterial, beispielsweise einem GaAs-Substrat, einem GaN-Substrat oder einem Si-Substrat oder aus einem isolierenden
25 Material, beispielsweise auf einem Saphirsubstrat, gewachsen sein.

Je nach Verwendungszweck kann der Halbleiter auf einem direkten oder einem indirekten Halbleitermaterial basieren. Bei-
30 spiele für zur Erzeugung elektromagnetischer Strahlung besonders geeignete Halbleitermaterialien umfassen insbesondere Nitrid-Halbleiterverbindungen, durch die beispielsweise ultraviolette, blaues oder langwelligeres Licht erzeugt werden kann, wie beispielsweise GaN, InGaN, AlN, AlGaIn, AlGaInN, Al-

GaInBN, Phosphid-Halbleiterverbindungen, durch die beispielsweise grünes oder langwelligeres Licht erzeugt werden kann, wie beispielsweise GaAsP, AlGaInP, GaP, AlGaP, sowie weitere Halbleitermaterialien wie GaAs, AlGaAs, InGaAs, AlInGaAs, SiC, ZnSe, ZnO, Ga₂O₃, Diamant, hexagonales BN und Kombinationen der genannten Materialien. Das stöchiometrische Verhältnis der Verbindungshalbleitermaterialien kann variieren. Weitere Beispiele für Halbleitermaterialien können Silizium, Silizium-Germanium und Germanium umfassen. Im Kontext der vorliegenden Beschreibung schließt der Begriff „Halbleiter“ auch organische Halbleitermaterialien ein.

Der Begriff „Substrat“ umfasst generell isolierende, leitende oder Halbleitersubstrate.

15

Der Begriff "vertikal", wie er in dieser Beschreibung verwendet wird, soll eine Orientierung beschreiben, die im Wesentlichen senkrecht zu der ersten Oberfläche eines Substrats oder Halbleiterkörpers verläuft. Die vertikale Richtung kann beispielsweise einer Wachstumsrichtung beim Aufwachsen von Schichten entsprechen.

Die Begriffe "lateral" und "horizontal", wie in dieser Beschreibung verwendet, sollen eine Orientierung oder Ausrichtung beschreiben, die im Wesentlichen parallel zu einer ersten Oberfläche eines Substrats oder Halbleiterkörpers verläuft. Dies kann beispielsweise die Oberfläche eines Wafers oder eines Chips (Die) sein.

Die horizontale Richtung kann beispielsweise in einer Ebene senkrecht zu einer Wachstumsrichtung beim Aufwachsen von Schichten liegen.

Fig. 1A zeigt schematisch eine Querschnittsansicht eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß Ausführungsformen. Das optoelektronische Halbleiterbauelement umfasst einen Halbleiterschichtstapel 109, in dem eine oberflächenemittierende Laserdiode ausgebildet ist. Der Halbleiterschichtstapel 109 weist eine erste rechteckige Aperturblende 115 auf. Eine Bemessung der ersten Aperturblende 115 in einer ersten horizontalen Richtung ist kleiner als 50 μm . Die oberflächenemittierende Laserdiode stellt einen VCSEL ("Vertical Cavity Surface Emitting Laser") dar. Dieser umfasst einen ersten Resonatorspiegel 110, einen zweiten Resonatorspiegel 120 und eine aktive Zone 125.

Das optoelektronische Halbleiter-Bauelement weist einen optischen Resonator auf, der zwischen dem ersten und dem zweiten Resonatorspiegel 110, 120 ausgebildet ist. Dabei können der erste und der zweite Resonatorspiegel 110, 120 jeweils als DBR-Schichtstapel („distributed bragg reflector“) ausgebildet sein und eine Vielzahl alternierende dünne Schichten unterschiedlicher Brechungsindizes aufweisen. Die dünnen Schichten können jeweils aus einem Halbleitermaterial oder auch aus einem dielektrischen Material aufgebaut sein. Beispielsweise können die Schichten abwechselnd einen hohen Brechungsindex ($n > 3,1$ bei Verwendung von Halbleitermaterialien, $n > 1,7$ bei Verwendung von dielektrischen Materialien) und einen niedrigen Brechungsindex ($n < 3,1$ bei Verwendung von Halbleitermaterialien, $n < 1,7$ bei Verwendung von dielektrischen Materialien) haben. Beispielsweise kann die Schichtdicke $\lambda/4$ oder ein Mehrfaches von $\lambda/4$ betragen, wobei λ die Wellenlänge des zu reflektierenden Lichts in dem entsprechenden Medium angibt. Der erste oder der zweite Resonatorspiegel kann beispielsweise 2 bis 50 Einzelschichten aufweisen. Eine typische Schichtdicke der einzelnen Schichten kann etwa 30 bis 150 nm, beispielsweise 50 nm betragen. Der Schichtstapel kann weiterhin eine oder zwei

oder mehrere Schichten enthalten, die dicker als etwa 180 nm, beispielsweise dicker als 200 nm sind.

Der erste Resonatorspiegel 110 kann Halbleiterschichten vom
5 ersten Leitfähigkeitstyp, beispielsweise p-Typ enthalten. Der
zweite Resonatorspiegel 120 kann Halbleiterschichten vom zwei-
ten Leitfähigkeitstyp, beispielsweise n-Typ enthalten. Gemäß
weiteren Ausführungsformen können der erste und/oder der zwei-
te Resonatorspiegel 110, 120 aus dielektrischen Schichten auf-
10 gebaut sein. In diesem Fall können zwischen dem ersten Resona-
torspiegel 110 und der aktiven Zone 125 Halbleiterschichten
vom ersten Leitfähigkeitstyp angeordnet sein. Weiterhin können
Halbleiterschichten vom zweiten Leitfähigkeitstyp zwischen dem
zweiten Resonatorspiegel 120 und der aktiven Zone 125 angeord-
15 net sein.

Die aktive Zone 125 kann beispielsweise einen pn-Übergang, ei-
ne Doppelheterostruktur, eine Einfach-Quantentopf-Struktur
(SQW, single quantum well) oder eine Mehrfach-Quantentopf-
20 Struktur (MQW, multi quantum well) zur Strahlungserzeugung
aufweisen. Die Bezeichnung „Quantentopf-Struktur“ entfaltet
hierbei keine Bedeutung hinsichtlich der Dimensionalität der
Quantisierung. Sie umfasst somit unter anderem Quantentröge,
Quantendrähte und Quantenpunkte sowie jede Kombination dieser
25 Schichten. Beispielsweise können die Materialien der aktiven
Zone 125 GaAs enthalten. Eine Emissionswellenlänge der ober-
flächenemittierenden Laserdiode kann somit in einem Bereich
von 100 nm bis 1500 nm liegen. Gemäß weiteren Ausführungsfor-
men können Materialien der aktiven Zone GaN (oder Ga oder N)
30 oder GaAs (oder As) enthalten. Eine Emissionswellenlänge der
oberflächenemittierenden Laserdiode kann beispielsweise in ei-
nem Bereich von 420nm bis 980nm liegen, beispielsweise zw-
ischen 850nm und 950nm. Gemäß weiteren Ausführungsformen können
Materialien der aktiven Zone InP enthalten. Eine Emissionswel-

lenlänge der oberflächenemittierenden Laserdiode kann beispielsweise in einem Bereich von 1200 bis 1600 nm liegen.

Eine Aperturblende 115 ist in dem Halbleiterschichtstapel 109 angeordnet. Die Aperturblende 115 ist beispielsweise angrenzend an den ersten und/oder den zweiten Resonatorspiegel 110, 120 angeordnet. Die Aperturblende 115 ist beispielsweise isolierend und begrenzt somit den Stromfluss und somit die Injektion von Ladungsträgern auf den Bereich zwischen den Umrangungsteilen der Aperturblende 115. Die erste Aperturblende 115 ist beispielsweise rechteckig ausgebildet. Die Abmessung der ersten Aperturblende 115 in einer ersten horizontalen Richtung unterscheidet sich von der Abmessung der ersten Aperturblende 115 in einer zweiten horizontalen Richtung. Wie in Fig. 1A dargestellt ist, ist die Bemessung der ersten Aperturblende in der ersten horizontalen Richtung, beispielsweise der x-Richtung kleiner als 50 μm .

Fig. 1B zeigt eine Draufsicht auf die erste Aperturblende. Wie zu sehen ist, ist die Bemessung d der ersten Aperturblende 115 in der ersten Richtung, beispielsweise der x-Richtung, wesentlich kleiner als die Bemessung s in der zweiten Richtung, beispielsweise der y-Richtung. Beispielsweise kann d kleiner als 50 μm , beispielsweise kleiner als 20 μm , beispielsweise etwa 10 μm sein. Beispielsweise kann die Bemessung d größer als 5 μm sein. Weiterhin kann die Bemessung s der Aperturblende 115 in der zweiten Richtung größer als 100 μm , beispielsweise größer als 200 μm sein. Die Bemessung s kann beispielsweise etwa 1 mm oder mehr betragen. Beispielsweise kann die Bemessung s kleiner als 2 mm sein. Beispielsweise kann das Verhältnis der Bemessungen in erster und zweiter Richtung d:s kleiner als 5:100, beispielsweise kleiner als 3:100 sein.

Auf diese Weise wird eine oberflächenemittierende Laserdiode mit einem Nahfeld eines kantenemittierenden Lasers bereitgestellt. Beispielsweise kann das Nahfeld linienförmig ausgebildet sein. Eine derartige Ausbildung des Nahfelds kann günstig
5 sein für Anwendungen wie beispielsweise LIDAR-Systeme oder andere Anwendungen, bei denen beispielsweise ein Bereich über einen großen Winkelbereich mit ungefähr gleichbleibender Abmessung in dazu senkrechter Richtung abgetastet werden soll. Beispielsweise ist in diesem Fall das Nahfeld gemäß Ausführungsformen nicht annähernd rund ausgebildet, sondern eher li-
10 nienförmig. Das Nahfeld ähnelt somit dem Nahfeld eines kantenemittierenden Lasers.

Weiterhin wird bei Verwendung der beschriebenen Aperturblende
15 eine sehr hohe Strahlqualität erreicht. Aufgrund der kleinen Bemessung d in der ersten Richtung wird die Anzahl der sich ausbildenden Moden in der ersten Richtung reduziert. Insbesondere kann bei einer Bemessung von d kleiner als ungefähr $15\text{ }\mu\text{m}$ sich nur eine Mode in der ersten Richtung ausbilden. Als Ergebnis wird eine hohe Strahlqualität und damit ein niedriger
20 Wert für M^2 erreicht. Als weiteres Ergebnis ist der erzeugte Laserstrahl, zumindest in der ersten Richtung, sehr gut fokussierbar und kann mit vergleichsweise kleinen Optiken geformt werden, wodurch kompakte Systeme realisierbar sind.

25 Dadurch, dass der Laser als oberflächenemittierender Laser ausgebildet ist, ist die Veränderung der Wellenlänge mit der Temperatur gegenüber einem kantenemittierenden Laser deutlich reduziert und beträgt weniger als etwa $0,1\text{ nm/K}$.

30 Gemäß Ausführungsformen weist die oberflächenemittierende Laserdiode eine Vielzahl übereinander gestapelter Laserelemente 122 auf. Dies ist beispielsweise in Fig. 1C veranschaulicht. Ein erster Resonatorspiegel 110 ist über einem Substrat 100

angeordnet. Ferner ist eine Aperturblende 115 über dem ersten Resonatorspiegel 110 angeordnet. Der Halbleiterschichtstapel 109 weist nun eine Vielzahl aktiver Zonen 125 auf, die beispielsweise über Tunnelübergänge 127 miteinander verbunden sind. Auf diese Weise kann der Halbleiterschichtstapel 109 mehr als drei, beispielsweise etwa sechs oder mehr als sechs Laserelemente 122 aufweisen. Die Laserelemente 122 können weiterhin geeignete Halbleiterschichten vom ersten und zweiten Leitfähigkeitstyp aufweisen, die jeweils an die aktive Zone 125 angrenzen und mit dieser verbunden sind.

Die Tunnelübergänge 127 können jeweils hoch p^{++} -dotierte Schichten sowie n^{++} -dotierte Schichten aufweisen, über die jeweils die einzelnen Laserelemente 122 miteinander verbunden werden können. Gemäß Ausführungsformen sind die Schichtdicken der einzelnen Halbleiterschichten der Laserelemente 122 jeweils derart bemessen, dass die Tunnelübergänge 127 jeweils an Knoten der sich ausbildenden stehenden Welle angeordnet sind. Auf diese Weise kann die Emissionswellenlänge weiter stabilisiert werden. Durch die Stapelung mehrerer Laserelemente 122 übereinander können hohe Leistungsdichten des emittierten Laserstrahls erreicht werden. Beispielsweise kann ein derartiger oberflächenemittierender Halbleiterlaser eine Leistung von 75W bei 12A abstrahlen.

Gemäß weiteren Ausführungsformen kann das optoelektronische Halbleiterbauelement weitere Aperturblenden aufweisen.

Wie in Fig. 2A dargestellt ist, kann beispielsweise eine zweite Aperturblende 117 benachbart zu dem Tunnelübergang 127 angeordnet sein. Beispielsweise kann die zweite Aperturblende 117 an den Tunnelübergang 127 angrenzen. Der Abstand zwischen der zweiten Aperturblende 117 und dem Tunnelübergang 127 ist beispielsweise geringer als der Abstand zwischen der zweiten

Aperturblende 117 und der aktiven Zone 125. Dabei ist eine Abmessung der zweiten Aperturblende 117 in der ersten horizontalen Richtung kleiner als $50\text{ }\mu\text{m}$. D.h. die Aperturblende kann lediglich eine Beschränkung in der ersten Richtung bewirken.

5 Die Aperturblende 117 kann beispielsweise auf der Seite des Tunnelübergangs 127, die einem p-dotierten Gebiet zugewandt ist, angeordnet sein. Da die Ladungsträgerbeweglichkeit von Löchern kleiner als die von Elektronen ist, kann in diesem Fall keine so schnelle laterale Diffusion erfolgen, so dass
10 der Effekt der zweiten Aperturblende 117 auf der p-Seite stärker ist als auf der n-Seite. Die Abmessung der zweiten Aperturblende 117 in der ersten Richtung kann genauso groß sein wie die Abmessung der ersten Aperturblende 115 in der ersten Richtung, sie kann aber auch von dieser verschieden
15 sein.

Beispielsweise ist dies in Fig. 2B veranschaulicht, in der die Abmessung der zweiten Aperturblende 117 in der ersten Richtung kleiner ist als die Abmessung der ersten Aperturblende 115 in
20 der ersten Richtung.

Fig. 2C zeigt im oberen Teil eine Draufsicht auf die Aperturblende 115. Beispielsweise kann die Abmessung d in x-Richtung kleiner als $40\text{ }\mu\text{m}$ sein. Weiterhin kann die Abmessung S in y-Richtung im Bereich von 1 mm liegen. Der untere Teil der Fig.
25 2C zeigt eine schematische Querschnittsansicht des oberflächenemittierenden Lasers. Wie zu erkennen ist, ist bei einem derartigen Aufbau, bei dem die aktive Zone 125 zwischen dem ersten Resonatorspiegel 110 und dem zweiten Resonatorspiegel
30 120 angeordnet ist, möglich, dass eine Laseremission in y-Richtung stattfindet. Das heißt, die Seitenflanken des Halbleiterschichtstapels 109 können gegebenenfalls als Resonatorspiegel wirken. Aus diesem Grunde können weitere Maßnahmen er-

griffen werden, um eine Laseremission in horizontaler oder y-Richtung zu unterdrücken.

Fig. 2D zeigt eine schematische Querschnittsansicht der opto-

elektronischen Halbleitervorrichtung entlang der y-Richtung,

d.h. der längeren Seite der ersten Aperturblende 115. Wie in

Fig. 2D gezeigt, kann es sinnvoll sein, eine dritte Apertur-

blende 119 benachbart zur aktiven Zone vorzusehen, wobei eine

Abmessung der dritten Aperturblende in der zweiten horizonta-

len Richtung größer als 100 μm ist. Beispielsweise kann die

dritte Aperturblende 119 an die aktive Zone angrenzen. Ein Ab-

stand zwischen der aktiven Zone 125 und der dritten Apertur-

blende 119 kann kleiner sein als der Abstand zwischen der ak-

tiven Zone 125 und dem Tunnelübergang 127. Auf diese Weise

wird in diesem Bereich kein Strom in die aktive Zone 125 ein-

geprägt. Vielmehr findet in diesem Bereich eine hohe Absorpti-

on von elektromagnetischer Strahlung statt. Entsprechend kann

eine Laseraktivität in horizontaler Richtung unterdrückt wer-

den.

Gemäß weiteren Ausführungsformen kann die erste Aperturblende

auch keine Einschränkung entlang der zweiten Richtung haben,

d.h. es findet keine Beschränkung des Stroms entlang der zwei-

ten Richtung statt. Alternativ kann beim Strukturieren einer

Mesa die Länge des Stegs quasi unbegrenzt oder aber kleiner

als 10mm, beispielsweise als 5mm oder 2mm sein. Auf diese Wei-

se wird der Laser nicht auf die gesamte Länge entlang der

zweiten Richtung gepumpt und es findet eine hohe Absorption im

Bereich der aktiven Zone 125 statt, dort, wo der Laser nicht

gepumpt wird. Auch auf diese Weise kann eine Laseraktivität in

der horizontalen Richtung begrenzt werden.

Der Halbleiterschichtstapel 109 kann zu einer Mesa struktu-

riert sein. Gemäß Ausführungsformen kann absorbierendes Mate-

rial 107 über einer Seitenwand 106 der Mesa 105 angeordnet sein. Beispielsweise kann das absorbierende Material 107 über sämtlichen Seitenwänden 106 der Mesa 105 angeordnet sein. Das absorbierende Material 107 kann aber auch nur über Seitenwänden 106, die sich entlang der ersten Richtung erstrecken, angeordnet sein.

Fig. 3A zeigt eine Querschnittsansicht der optoelektronischen Halbleitervorrichtung entlang der zweiten Richtung, d.h. entlang der y-Richtung. Wie in Fig. 3A gezeigt ist, kann ein absorbierendes Material 107 an einer Seitenwand 106 der Mesa 105 angeordnet sein. Beispielsweise kann das absorbierende Material 107 ein Halbleitermaterial mit einer kleineren Bandlücke als diejenige, die einer Wellenlänge des Laserlichts entspricht, sein. Beispielsweise kann ein absorbierendes Material 107 InAs, InP, InSb, CdSe, CdTe, HgSe, HgTe und weitere umfassen. Beispielsweise kann ein Brechungsindex des absorbierenden Materials größer sein als der Brechungsindex des Materials der aktiven Zone 125.

Auf diese Weise wird das horizontale Reflexionsvermögen in der zweiten Richtung an der Seitenwand unterdrückt. Insgesamt wird somit das Reflexionsvermögen vermindert. Weiterhin wird die Absorption der entstehenden elektromagnetischen Strahlung durch das absorbierende Material 107 bewirkt, was zu einer Unterdrückung der Laseraktivität in der horizontalen Richtung führt. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann das absorbierende Material auch Kohlenstoff, beispielsweise mit einem Brechungsindex von 2,0, TiO₂ mit einem Brechungsindex von 2,5 bis 3,1, SiC mit einem Brechungsindex von 2,7, ZnS mit einem Brechungsindex von 2,5, Diamant mit einem Brechungsindex von 2,4, oder ein Moldmaterial sein.

Gemäß weiteren Ausführungsformen kann zusätzlich eine Metallisierungsschicht 108 an den Seitenwänden 106 der Mesa 105 vorgesehen sein. Beispielsweise kann, wie in Fig. 3B gezeigt ist, eine Metallisierung 108 sich entlang einer Seitenwand 106 der Mesa 105, beispielsweise einer Seitenwand 106 entlang der ersten Richtung von einem Bereich des zweiten Resonatorspiegels 120 bis zum Substrat 100 erstrecken. Auf diese Weise kann in der optoelektronischen Halbleitervorrichtung erzeugte Wärme besser abgeführt werden. Zusätzlich dient die Metallisierung 108 als eine Stromzuführung.

Fig. 3C zeigt eine schematische Querschnittsansicht der optoelektronischen Halbleitervorrichtung gemäß weiteren Ausführungsformen. Hier ist abweichend zur Darstellung in Fig. 3B die Metallisierung als horizontale Schicht, beispielsweise auf Höhe des zweiten Resonatorspiegels 120 vorgesehen. Auch hier kann die Metallisierung die Wärme besonders gut abführen. Weiterhin dient die Metallisierung 108 als Stromzuführung. Dadurch, dass anders als in Fig. 3B, die Metallisierung 108 als horizontale Schicht vorgesehen ist, kann sie mit beliebiger Schichtdicke ausgebildet werden, wodurch der einzuprägende Maximalstrom einstellbar ist. Das absorbierende Material 107 kann die Metallisierung 108 vom Substrat 100 isolieren.

Gemäß weiteren Ausführungsformen kann ein lateraler oder horizontaler Laserbetrieb durch eine entsprechende Ausgestaltung der ersten Apertur 115 weiter verringert werden. Beispielsweise kann die Seitenwand der Aperturblende 115 entlang der ersten Richtung konkave Bereiche aufweisen. Weiterhin kann die Seitenwand entlang der ersten Richtung angeschrägt sein. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann die Seitenwand der Aperturblende 115 entlang der zweiten Richtung ebenfalls konkav ausgebildet sein. Wie in Fig. 4F gezeigt ist, kann die Seitenwand entlang der zweiten Richtung angeschrägt sein. Wie in den Fig.

4G und 4H dargestellt ist, kann die Seitenwand entlang der zweiten Richtung strukturiert sein. Beispielsweise kann sie, wie in Fig. 4G gezeigt ist, sägezahnmäßig ausgebildet sein. Weiterhin kann sie wie in Fig. 4H dargestellt ist, eine Vielzahl konkaver Bereiche aufweisen.

Fig. 5 veranschaulicht ein Verfahren zur Herstellung der optoelektronischen Halbleitervorrichtung gemäß Ausführungsformen. Ein Halbleiterschichtstapel 109 wird auf einem Substrat 100 aufgewachsen. Der Halbleiterschichtstapel 109 umfasst Schichten zur Ausbildung des ersten Resonatorspiegels 110, der einzelnen Laserelemente 122, der jeweiligen Tunnelübergänge 127 sowie des zweiten Resonatorspiegels 120. Beispielsweise können einige der Halbleiterschichten AlAs enthalten. Diese können insbesondere an Stellen des Halbleiterschichtstapels 109 angeordnet sein, an denen Aperturblenden auszubilden sind. Sodann erfolgt eine Strukturierung des Halbleiterschichtstapels 109 in einzelne Mesas. Nach einer fotolithographischen Strukturierung wird ein Ätzverfahren durchgeführt, so dass der Halbleiterschichtstapel 109 in einzelne Mesas 105 unterteilt wird.

Nachfolgend wird eine Behandlung 144 in heißem Wasserdampf durchgeführt. Dadurch wird ein Teil der AlAs-Schichten zu Al_2O_3 oxidiert, welches elektrisch isolierend ist. Beispielsweise kann die AlAs-Schicht zur Ausbildung der Aperturblenden an unterschiedlichen Positionen des Halbleiterschichtstapels 109 jeweils einen unterschiedlichen Al-Gehalt haben, um ein unterschiedlich schnelles Oxidwachstum zu bewirken. Nach Ätzen der einzelnen Mesas kann beispielsweise ein Auffüllen der Gräben erfolgen, beispielsweise mit dem absorbierenden Material 107, wie in den Fig. 3A bis 3C dargestellt ist. Die Strukturierung des Halbleiterschichtstapels 109 in Mesas erfolgt über photolithographische und Ätzverfahren. Die Abmessungen der Mesa werden geeignet eingestellt, so dass nach Oxidation der AlAs-

Schicht die sich ergebenden Aperturblenden die gewünschten Abmessungen haben.

Fig. 6A zeigt eine Querschnittsansicht der optoelektronischen Halbleitervorrichtung in der y-z-Ebene, d.h. entlang der langen Seite der Aperturblende.

Zusätzlich zu den zuvor beschriebenen Komponenten weist die optoelektronische Halbleitervorrichtung 10 eine absorbierende Halbleiterschicht 112, beispielsweise aus Germanium über der Seitenwand 106 der Mesa auf. Bei etwa 850 nm, d.h. beispielsweise der Wellenlänge eines GaAs-Lasers hat Germanium einen Brechungsindex von 4,65. Der Brechungsindex von Germanium ist damit größer als der von GaAs. Auf diese Weise gibt es wenig Reflexion an der Grenzfläche zwischen der aktiven Zone 125 und der angrenzenden Halbleiterschicht 112. Entsprechend ist die Qualität des sich ausbildenden Resonator in lateraler Richtung sehr schlecht. Darüber hinaus hat Ge eine Bandlücke von 0,8 eV, was in etwa 1550 nm entspricht. Das heißt, IR-Strahlung, die beispielsweise durch die aktive Zone 125 emittiert wird, wird von der Germanium enthaltenden absorbierenden Schicht 107 sehr gut absorbiert. Auf diese Weise kann eine Laser-Aktivität in horizontaler Richtung sehr gut vermieden werden.

Gemäß weiteren Ausführungsformen kann das absorbierende Material auch Kohlenstoff, beispielsweise mit einem Brechungsindex von 2,0, TiO₂ mit einem Brechungsindex von 2,5 bis 3,1, SiC mit einem Brechungsindex von 2,7, ZnS mit einem Brechungsindex von 2,5, Diamant mit einem Brechungsindex von 2,4, oder ein Moldmaterial sein.

Beispielsweise kann Ge aufgesputtert oder aufgedampft werden. Fig. 6B veranschaulicht eine schematische Ansicht einer Vorrichtung zum Aufbringen einer absorbierenden Halbleiterschicht

122 über der Seitenwand 106 der Mesa 105. Wie in Fig. 6B gezeigt ist, kann beispielsweise die Sputterquelle 141 so angeordnet sein, dass eine schräge Aufbringung des Materials erfolgt. Auf diese Weise können senkrechte oder annähernd senkrechte Seitenwände 106 der Mesa unter Verwendung der Sputterquelle 141 beschichtet werden, so dass eine Bedeckung der Seitenwände erhalten wird. Der Wafer 140 mit den einzelnen Strukturen, wie beispielsweise in Fig. 6A gezeigt, ist über einem entsprechenden sich drehenden Halter 143 angeordnet.

10

Fig. 7A zeigt eine Querschnittsansicht der optoelektronischen Halbleitervorrichtung gemäß weiteren Ausführungsformen. Die in Fig. 7A gezeigte Querschnittsansicht ist entlang der y-z-Ebene aufgenommen, d.h. sie erstreckt sich entlang der längeren Richtung der Aperturblende. Der Einfachheit halber ist hier die Aperturblende weggelassen. Es ist jedoch selbstverständlich, dass hier jede der zuvor diskutierten Aperturblenden vorgesehen sein kann. Wie in Fig. 7A gezeigt ist, ist eine absorbierende Halbleiterschicht 112 über der Seitenwand 106 der Mesa 105 angeordnet. Weiterhin kann eine Zwischenschicht 113 über der absorbierenden Halbleiterschicht vorgesehen sein. Des Weiteren kann eine leitende Schicht 114 über der Zwischenschicht 113 angeordnet sein. Beispielsweise kann die Zwischenschicht 113 eine isolierende Schicht sein. Die Schicht 113 kann beispielsweise eine Dicke größer als 50 nm haben. Sie kann eine einzelne Schicht sein oder aus mehreren Schichten aufgebaut sein. Die isolierende Schicht 113 kann beispielsweise SiN, SiO, AlO oder eine Kombination dieser Materialien umfassen. Die Zwischenschicht 113 kann vorgesehen sein, um die absorbierende Halbleiterschicht 112 zu schützen und gegebenenfalls eine Oxidation dieser Schicht zu verhindern. Die absorbierende Halbleiterschicht 112 kann beispielsweise eine Schichtdicke größer als 100 nm haben. Beispielsweise kann bei einer entsprechenden Schichtdicke ein Großteil der eintreffen-

den elektromagnetischen Strahlung mit kleinerer Wellenlänge absorbiert werden. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann die Zwischenschicht 113 auch ein absorbierendes Material enthalten. Zusätzlich kann die leitende Schicht 114 zur Stromzuführung vorgesehen sein.

Wie in Fig. 7A weiterhin veranschaulicht ist, kann die Mesa nicht mit exakt vertikalen Seitenwänden 106 strukturiert sein. Alternativ können die Seitenwände 106 der Mesa auch schräg verlaufen. Auf diese Weise kann die Güte eines möglichen horizontalen Resonators weiter reduziert werden.

Fig. 7B veranschaulicht eine Querschnittsansicht einer optoelektronischen Halbleitervorrichtung gemäß weiteren Ausführungsformen entlang der y-z-Richtung. In Fig. 7B sind die erste Aperturblende 115 und die optionale zweite Aperturblende 117 veranschaulicht. Zusätzlich kann auch eine dritte Aperturblende 119 (nicht dargestellt) in Fig. 7B vorgesehen sein. Die Seitenwand 106 der Mesa ist wieder angeschrägt, d.h. sie verläuft nicht exakt senkrecht zur horizontalen Ebene, sondern mit einem Winkel, der von 90° verschieden ist. Über den Seitenwänden 106 der Mesa ist wieder eine absorbierende Halbleiterschicht 112 vorgesehen.

Eine Ätzung der Mesa 105, so dass sich das in Fig. 7A und 7B dargestellte Profil ergibt, kann unter Verwendung eines Trockenätzverfahrens durchgeführt werden. Üblicherweise wird der untere Bereich des Halbleiterschichtstapels 109 nicht so schnell geätzt wie der weiter oben liegende Teil des Halbleiterschichtstapels. Aus diesem Grunde bildet sich eine Mesastruktur mit schrägen Seitenwänden heraus. Beispielsweise verjüngt sich eine horizontale Abmessung der Mesa von unten nach oben. Ein Winkel α zwischen einer Seitenwand und der horizontalen Ebene kann beispielsweise kleiner als 90° und grö-

ßer als beispielsweise 75° sein. Dadurch kann zusätzlich das Aufbringen der absorbierenden Halbleiterschicht 112 vereinfacht werden.

5 Die Schichten zur Ausbildung der Aperturblende, die beispielsweise AlAs enthalten können, können einen jeweils variierenden Al-Anteil enthalten. Weiterhin kann ihre Schichtdicke sich jeweils unterscheiden. Auf diese Weise können die weiter unten im Halbleiterschichtstapel 109 liegenden Schichten schneller
10 oxidiert werden. Dadurch kann beispielsweise sichergestellt werden, dass die sich ausbildenden Aperturblenden jeweils dieselbe Abmessung haben, obwohl die Durchmesser der Mesa an den unterschiedlichen Stellen voneinander abweichen. Auf diese Weise kann die Emissionswellenlänge des Halbleiterlasers weiter
15 stabilisiert werden.

Alternativ kann durch Einstellen des Al-Gehalts jeweils der Durchmesser der Aperturblenden eingestellt werden.

20 Fig. 8 fasst ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements zusammen. Ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements umfasst das Ausbilden (S100) eines Halbleiterschichtstapels zur Ausbildung einer oberflächenemittierenden Laserdiode, und das
25 Ausbilden (S110) einer ersten Aperturblende. Eine Bemessung der ersten Aperturblende in einer ersten horizontalen Richtung ist kleiner als $50\text{ }\mu\text{m}$ und kleiner als die Bemessung der ersten Aperturblende in einer zweiten horizontalen Richtung.

30 Beispielsweise kann das Ausbilden des Halbleiterschichtstapels das Ausbilden einer AlAs-Schicht umfassen. Das Ausbilden (S110) der ersten Aperturblende kann ein Oxidationsverfahren zum Oxidieren der AlAs-Schicht umfassen. Der Al-Gehalt der

AlAs-Schicht kann entsprechend einer zu erzielenden Bemessung der ersten Aperturblende eingestellt werden.

Fig. 9A zeigt eine schematische Anordnung eines LIDAR-Systems 150, in dem das beschriebene optoelektronische Halbleiterbauelement 10 eingesetzt werden kann. Die von dem optoelektronischen Halbleiterbauelement 10 emittierte, typischerweise gepulste, Laserstrahlung wird beispielsweise durch eine Kollimatoroptik 157 und eine Ablenk-/Scanneinheit 154 ausgesandt. Der Objektstrahl 153 wird auf ein Objekt 156 eingestrahlt und von diesem reflektiert. Dabei entsteht der reflektierte Strahl 155. Der reflektierte Strahl 155 wird durch eine Empfangsoptik 152 einem Detektor 160 zugeführt. Aus der zeitlichen Differenz zwischen dem Aussenden des Laserpulses und dem Empfang des Laserpulses kann die Entfernung des Objekts 156 bestimmt werden.

Dadurch, dass der Halbleiterlaser auch bei variablen Temperaturen bei einer stabilen Wellenlänge betrieben werden kann, ist es möglich, einen schmalbandigen Detektor zu verwenden. Beispielsweise kann der Detektor ein enges Wellenlängenfenster kleiner als 10 nm oder als 5 nm oder sogar kleiner als 1 nm verwenden. Als Ergebnis kann der Einfluss der Sonneneinstrahlung reduziert werden und das Signal-Rausch-Verhältnis kann erhöht werden. Dadurch, dass das optoelektronische Halbleiterbauelement 10 weiterhin die beschriebene erste Aperturblende 115 aufweist, ist das Nahfeld dem Nahfeld eines kantenemittierenden Halbleiterlasers ähnlich. Entsprechend kann in horizontaler Richtung ein breiter Winkelbereich mit vergleichsweise geringer Auslenkung der Ablenk-/Scanneinheit 154 abgetastet werden. Eine vertikale Position des ausgesandten Laserstrahls kann über den breiten Winkelbereich annähernd konstant gehalten werden.

Fig. 9B zeigt eine optoelektronische Vorrichtung 15 gemäß Ausführungsformen. Die optoelektronische Vorrichtung 15 umfasst das optoelektronische Halbleiterbauelement 10 wie vorstehend beschrieben. Beispielsweise kann die optoelektronische Vorrichtung 15 ein Laserscanner, eine andere geeignete Messeinrichtung oder ein MEMS („mikro-elektromechanisches System“) sein.

Obwohl hierin spezifische Ausführungsformen veranschaulicht und beschrieben worden sind, werden Fachleute erkennen, dass die gezeigten und beschriebenen spezifischen Ausführungsformen durch eine Vielzahl von alternativen und/oder äquivalenten Ausgestaltungen ersetzt werden können, ohne vom Schutzbereich der Erfindung abzuweichen. Die Anmeldung soll jegliche Anpassungen oder Variationen der hierin diskutierten spezifischen Ausführungsformen abdecken. Daher wird die Erfindung nur durch die Ansprüche und deren Äquivalente beschränkt.

BEZUGSZEICHENLISTE

	10	Optoelektronisches Halbleiterbauelement
	15	Optoelektronische Vorrichtung
5	20	emittierte Strahlung
	100	Substrat
	105	Mesa
	106	Seitenwand der Mesa
	107	absorbierendes Material
10	108	Metallisierung
	109	Halbleiterschichtstapel
	110	erster Resonatorspiegel
	112	absorbierende Halbleiterschicht
	113	Zwischenschicht
15	114	leitende Schicht
	115	erste Aperturblende
	117	zweite Aperturblende
	119	dritte Aperturblende
	120	zweiter Resonatorspiegel
20	122	Laserelement
	125	aktive Zone
	127	Tunnelübergang
	130	erstes Kontaktelement
	135	zweites Kontaktelement
25	137	zweiter Anschlussbereich
	140	Wafer
	141	Sputterquelle
	143	Substrathalter
	144	Behandlung mit Wasserdampf
30	150	LIDAR-System
	151	Strahlteiler
	152	Empfangsoptik
	153	Objektstrahl
	154	Ablenk-/Scaneinheit

155 Reflektierter Strahl
156 Objekt
157 Kollimatoroptik
160 Detektor

PATENTANSPRÜCHE

1. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10), umfassend:

5 einen Halbleiterschichtstapel (109), in dem eine oberflächenemittierende Laserdiode ausgebildet ist, wobei der Halbleiterschichtstapel (109) eine erste Aperturblende (115) aufweist und eine Bemessung der ersten Aperturblende (115) in einer ersten horizontalen Richtung kleiner als 50 µm und kleiner
10 als die Bemessung der ersten Aperturblende (115) in einer zweiten horizontalen Richtung ist, wobei der Halbleiterschichtstapel (109) zu einer Mesa (105) strukturiert ist und eine Seitenwand (106) der Mesa (105) eine vertikale Richtung schneidet.

15 2. Optoelektronisches Halbleiterelement (10) nach Anspruch 1, bei dem die Bemessung der ersten Aperturblende (115) in der zweiten horizontalen Richtung größer als 100 µm ist.

20 3. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die oberflächenemittierende Laserdiode eine Vielzahl übereinander gestapelter Laserelemente (122) aufweist.

25 4. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 3, ferner mit einem Tunnelübergang (127), der geeignet ist, zwei benachbarte der Vielzahl übereinander gestapelter Laserelemente (122) miteinander zu verbinden.

30 5. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 4, ferner mit einer zweiten Aperturblende (117) benachbart zu dem Tunnelübergang (127), wobei eine Abmessung der zweiten Aperturblende (117) in der ersten horizontalen Richtung kleiner als 50 µm ist.

6. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner mit einer dritten Aperturblende (119) benachbart zu einer aktiven Zone (125),
5 wobei eine Abmessung der dritten Aperturblende (119) in der zweiten horizontalen Richtung größer als 100 µm ist.

7. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner mit einem absorbierenden Material (107) an einer Seitenwand (106) der Mesa (105).
10

8. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 7, bei dem das absorbierende Material (107) ein Halbleitermaterial mit einer Bandlücke umfasst, die kleiner ist
15 als diejenige, die einer von der Laserdiode emittierten Wellenlänge entspricht.

9. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 7 oder 8, bei dem ein Brechungsindex des absorbierenden Materials (107) mindestens so groß ist wie der Brechungsindex eines Halbleitermaterials einer aktiven Zone (125) der Laserdiode.
20

10. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Seitenwand (106) der Mesa (105) entlang der zweiten horizontalen Richtung gekrümmt ist.
25

30

11. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Seitenwand der ersten Aperturblende (115) entlang einer Richtung, die die erste und die zweite horizontale Richtung schneidet, verläuft.

12. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem eine Seitenwand der ersten Aperturblende (115) entlang der zweiten Richtung strukturiert ist.

13. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem eine Seitenwand der ersten Aperturblende (115) entlang der ersten oder zweiten Richtung gekrümmt ist.

14. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements (10), umfassend:

Ausbilden (S100) eines Halbleiterschichtstapels (109) zur Ausbildung einer oberflächenemittierenden Laserdiode, Strukturieren des Halbleiterschichtstapels (109) zu einer Mesa (105), so dass eine Seitenwand (106) der Mesa (105) eine vertikale Richtung schneidet, und

Ausbilden (S110) einer ersten Aperturblende (115), wobei eine Bemessung der ersten Aperturblende (115) in einer ersten horizontalen Richtung kleiner als 50 µm und kleiner als die Bemessung der ersten Aperturblende (115) in einer zweiten horizontalen Richtung ist.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem der Halbleiterschichtstapel (109) eine AlAs-Schicht aufweist und das Ausbilden der ersten Aperturblende (115) ein Oxidationsverfahren zum Oxidieren der AlAs-Schicht umfasst.

16. LIDAR-System (150) mit dem optoelektronischen Halbleiterbauelement (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

17. Optoelektronische Vorrichtung (15) mit dem optoelektronischen Halbleiterbauelement (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

Fig. 1A

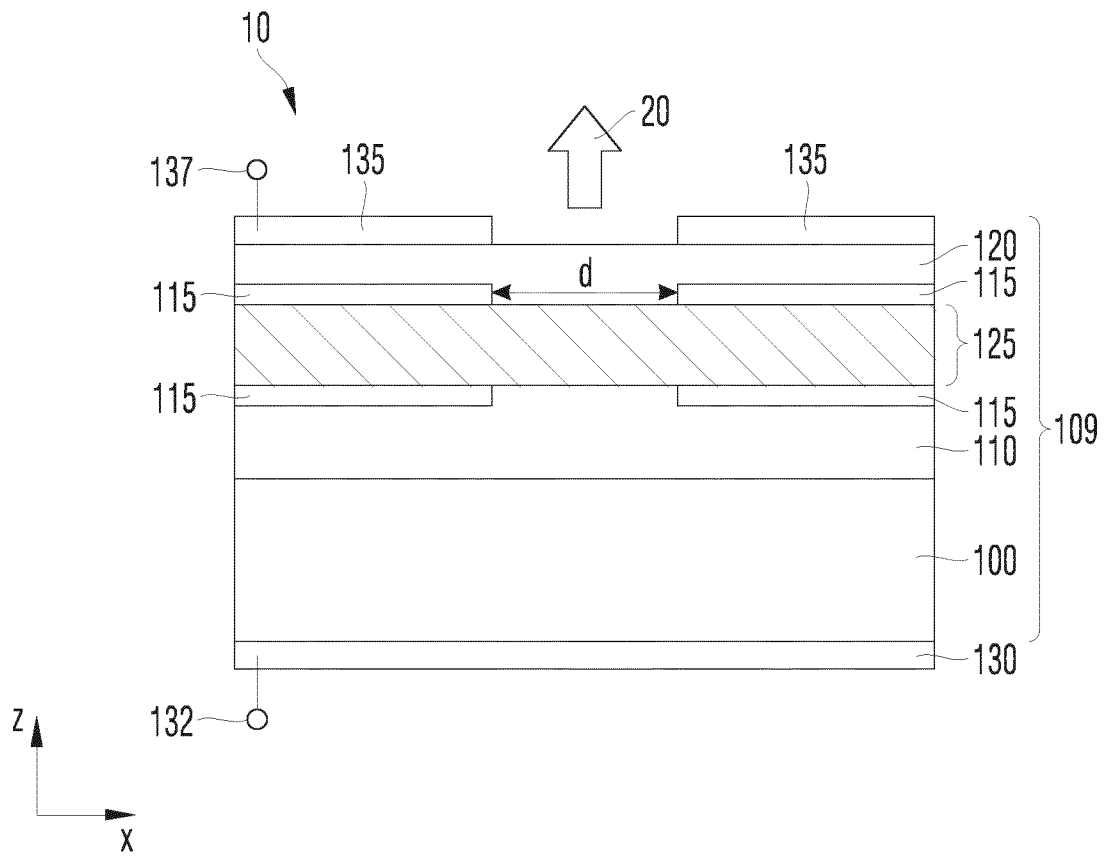


Fig. 1B

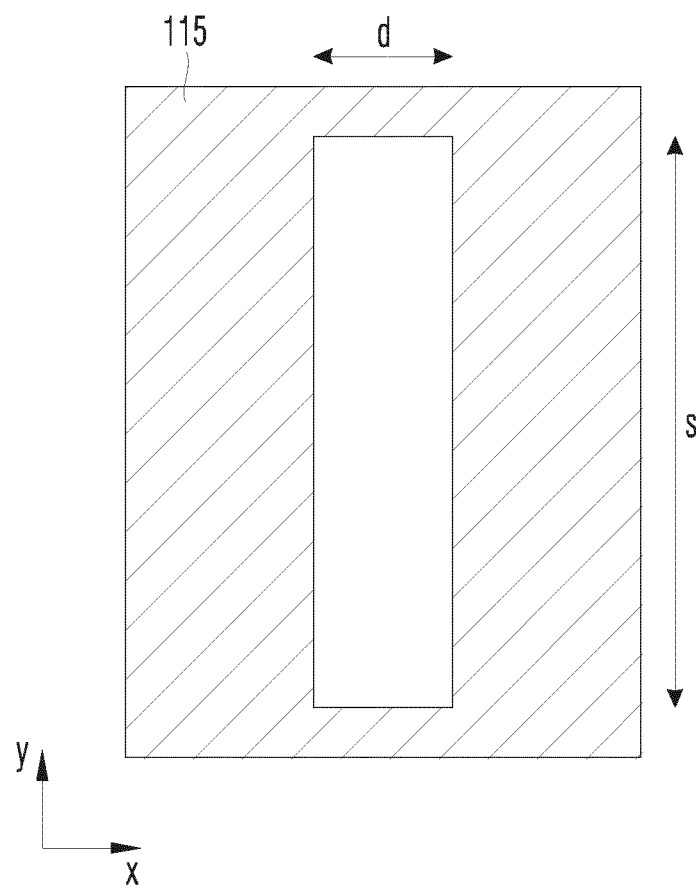


Fig. 1C

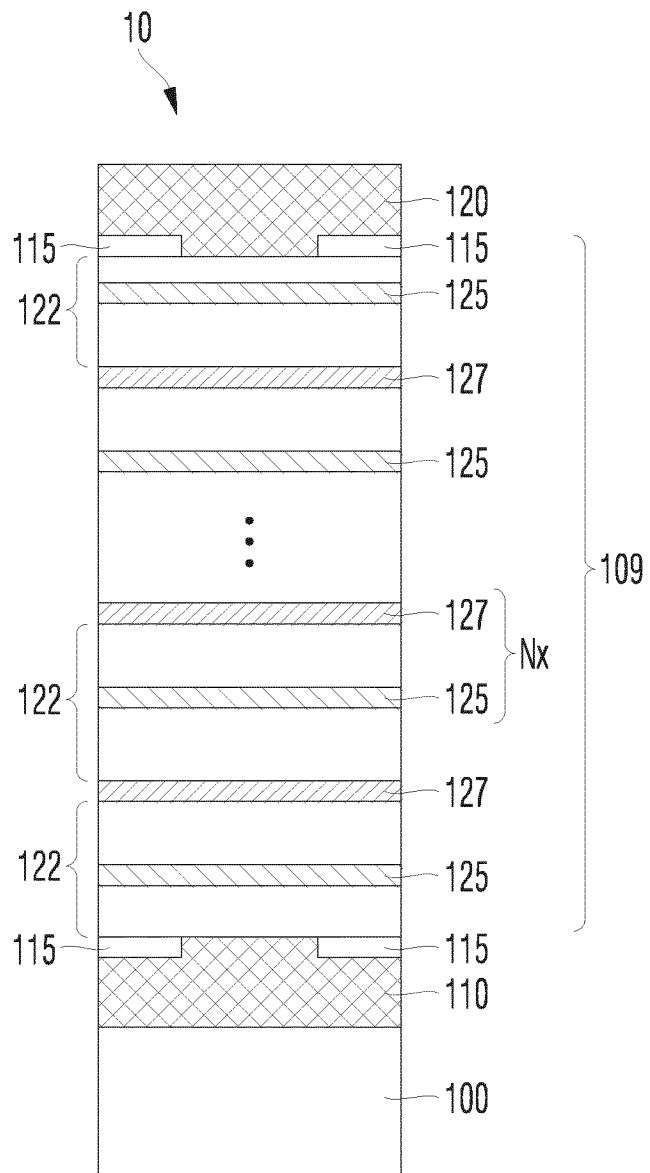


Fig. 2A

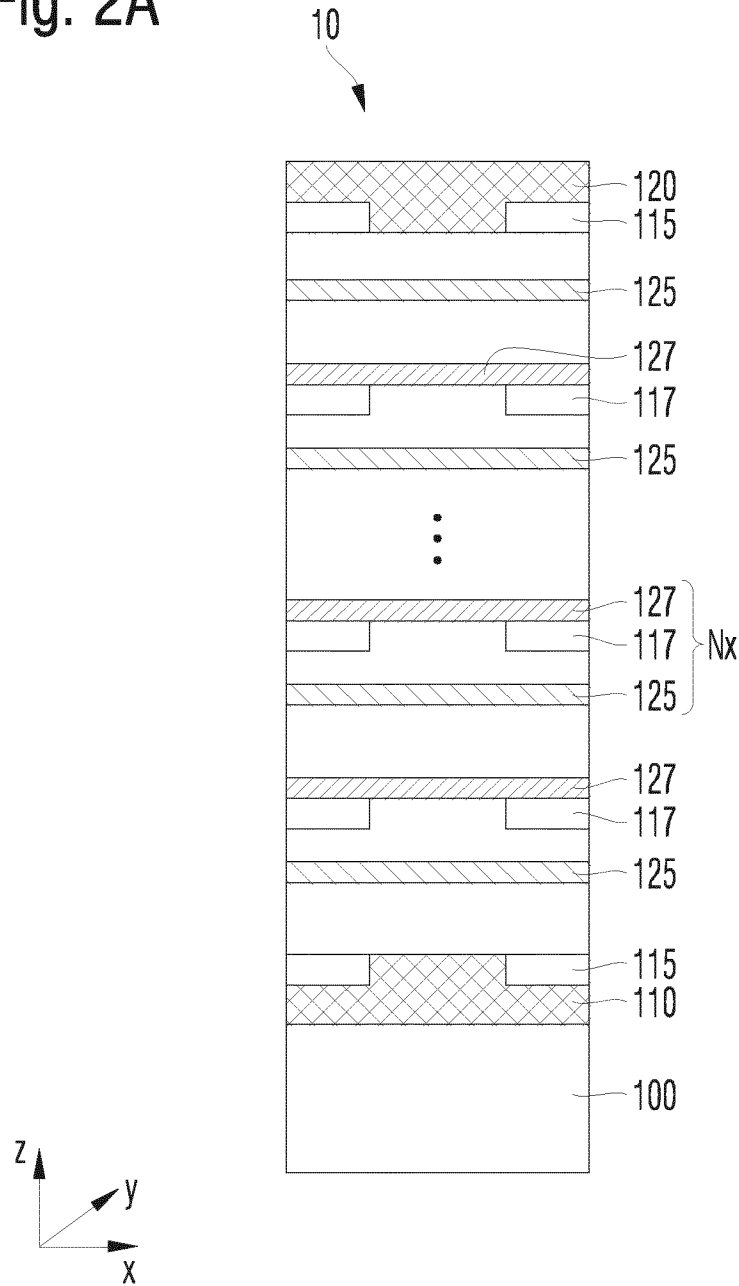


Fig. 2B

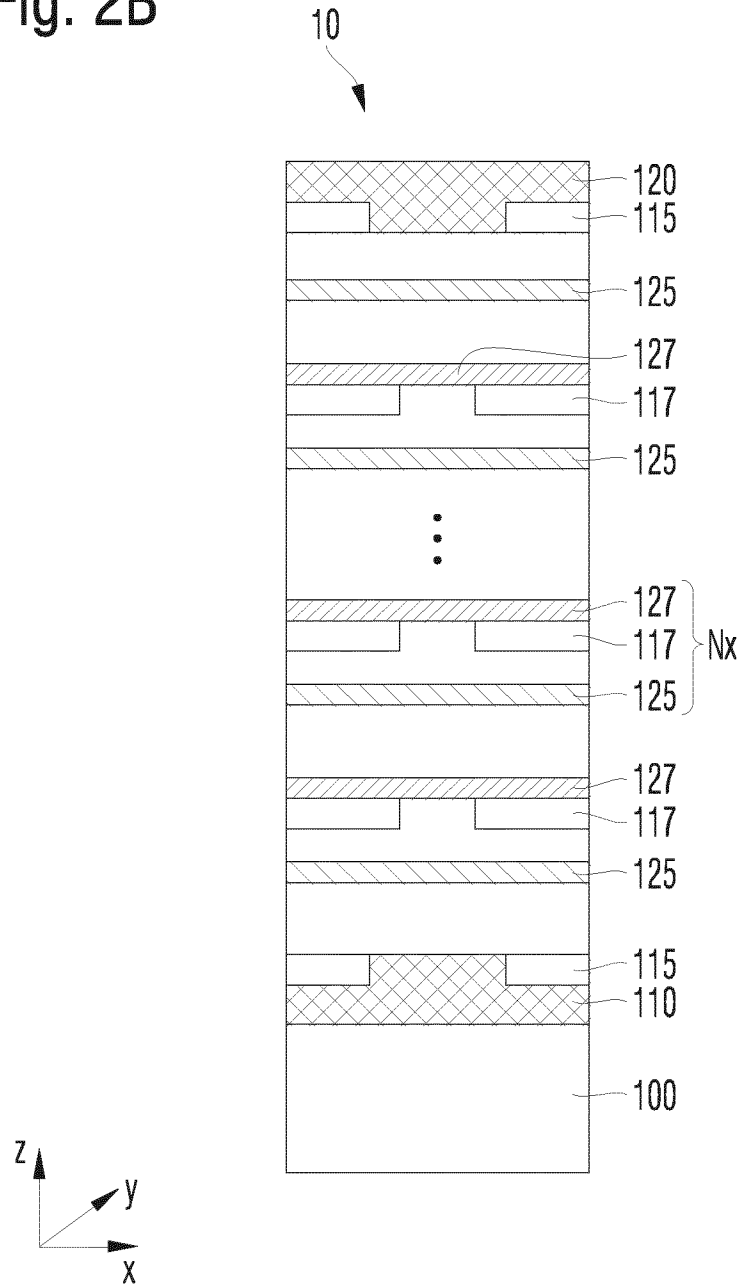


Fig. 2C

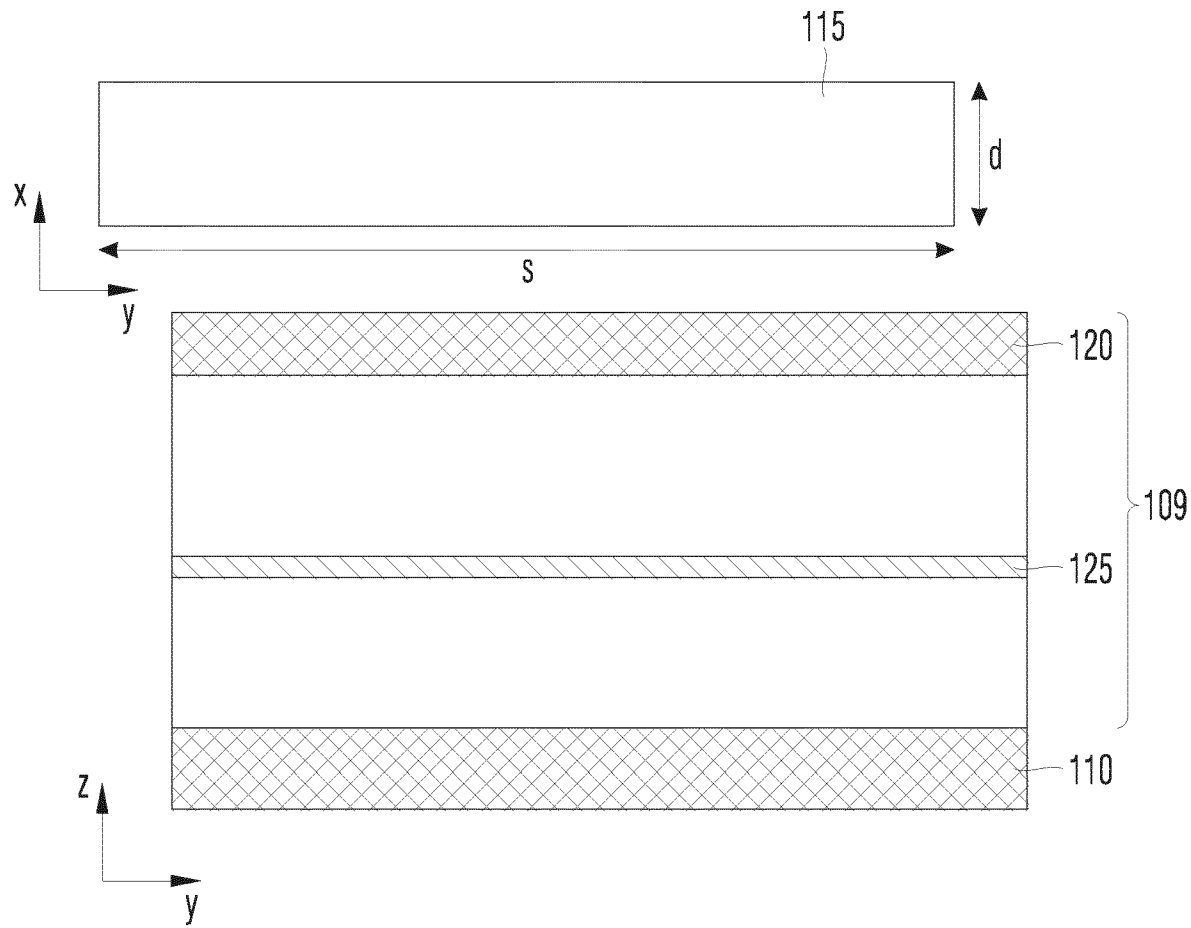


Fig. 2D

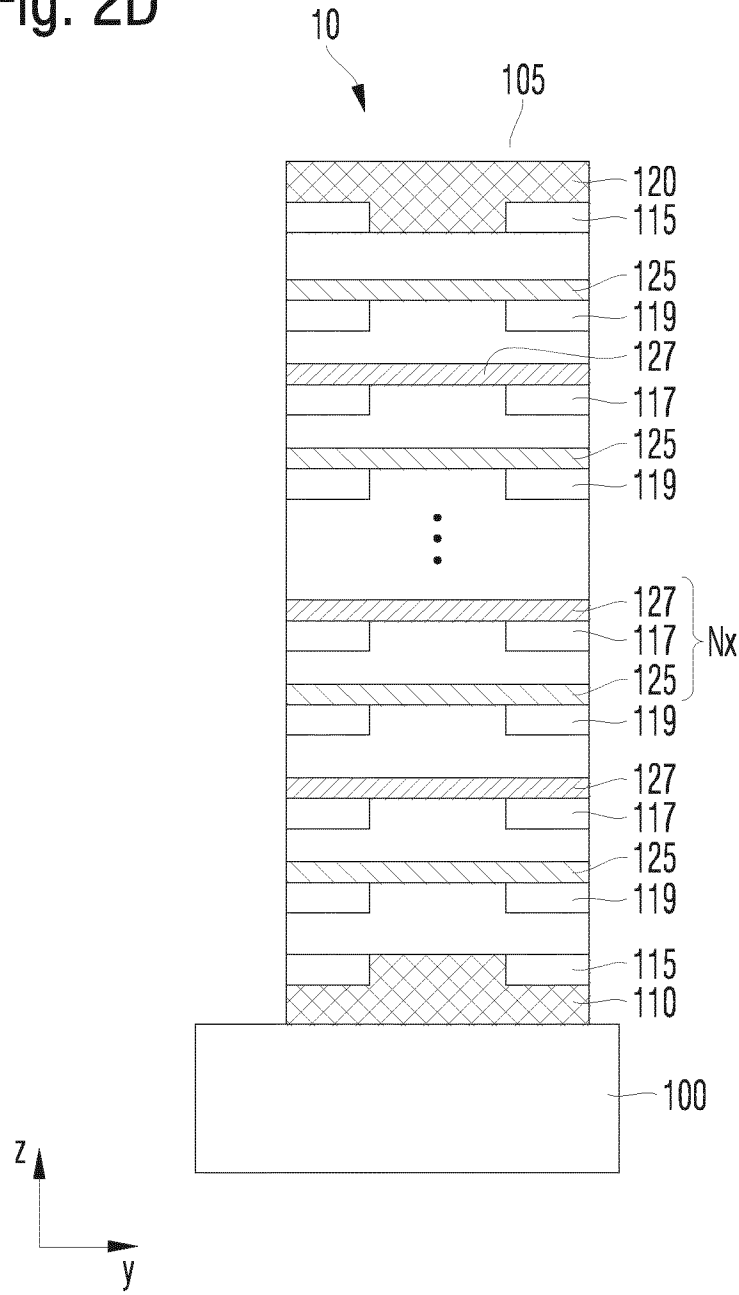


Fig. 3A

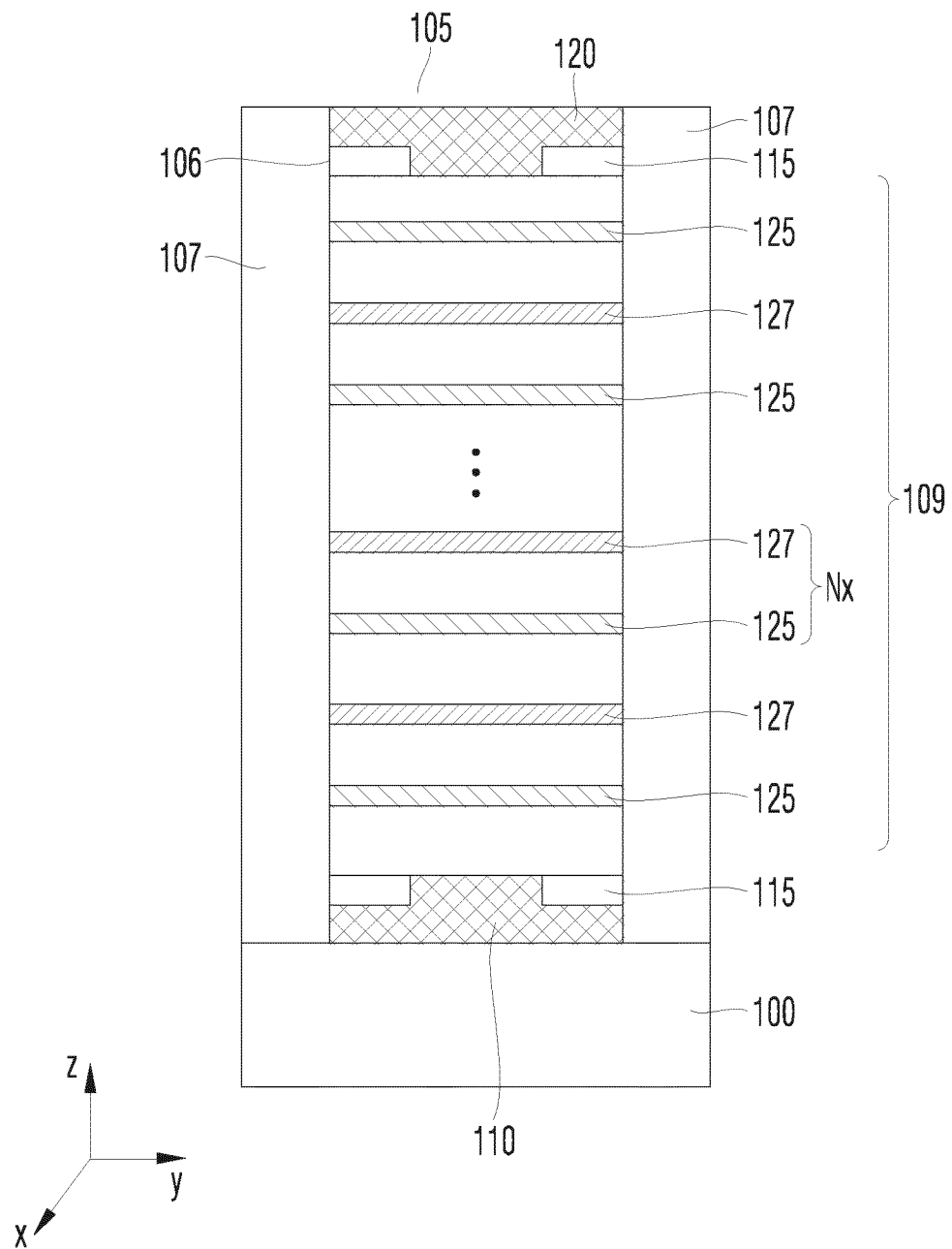


Fig. 3B

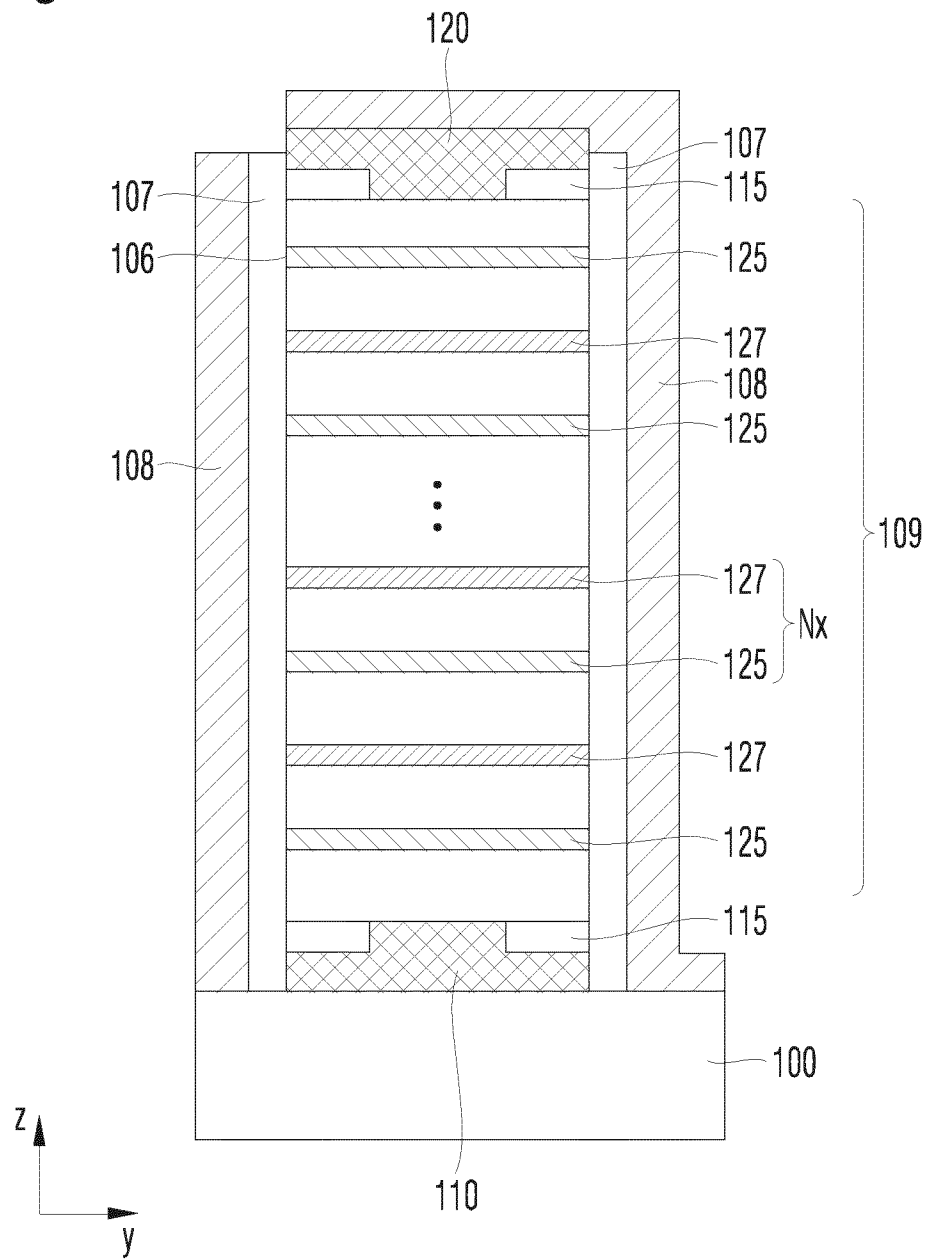


Fig. 3C

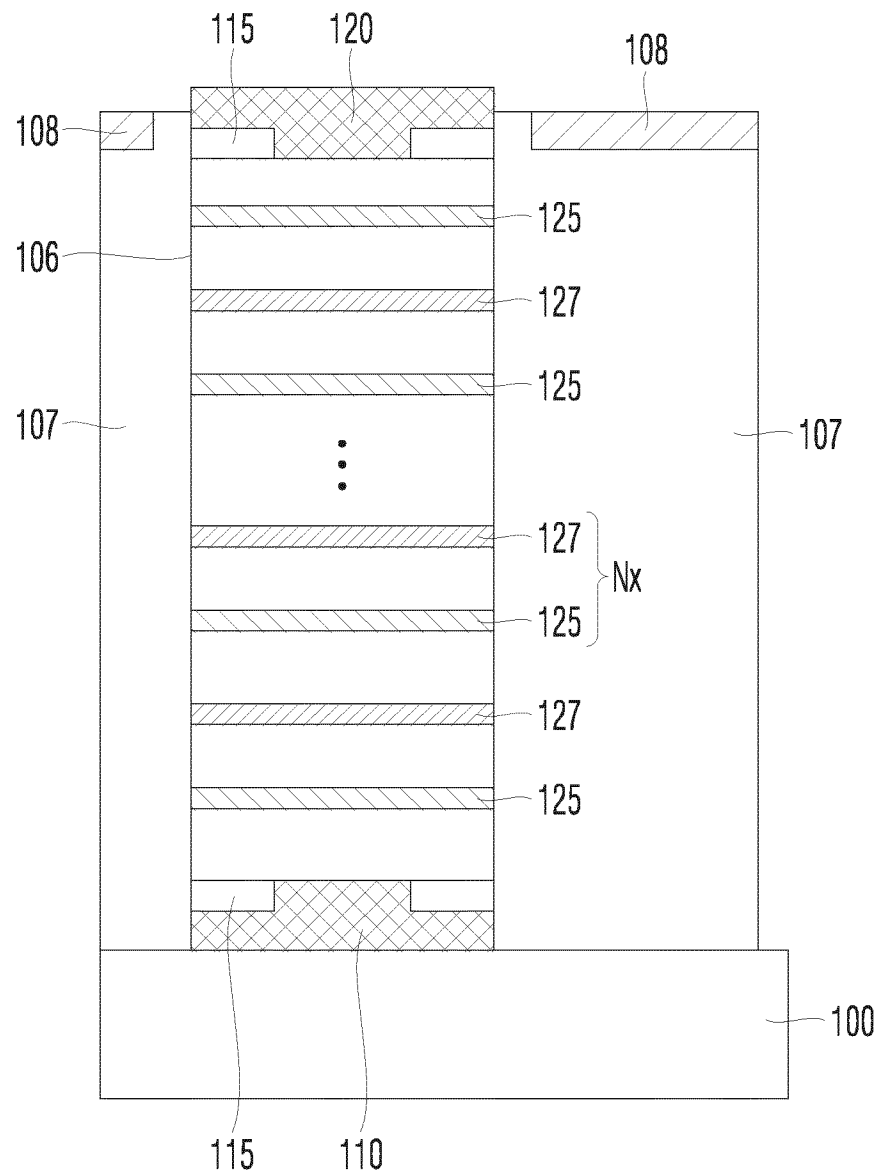


Fig. 4A

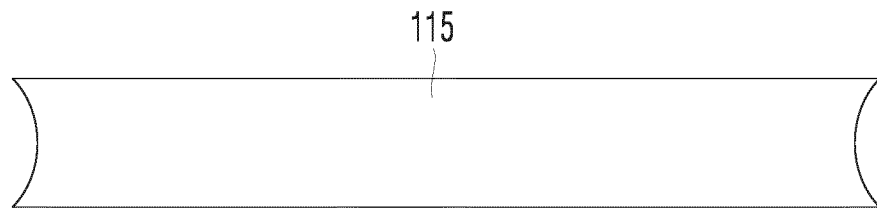


Fig. 4B

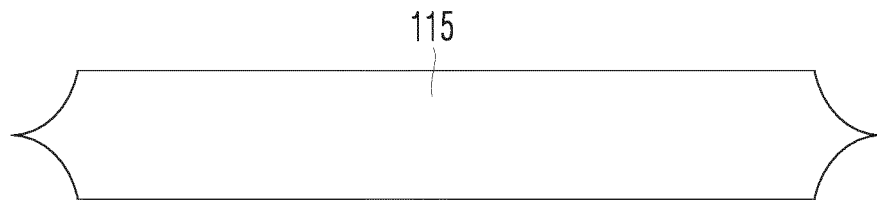


Fig. 4C

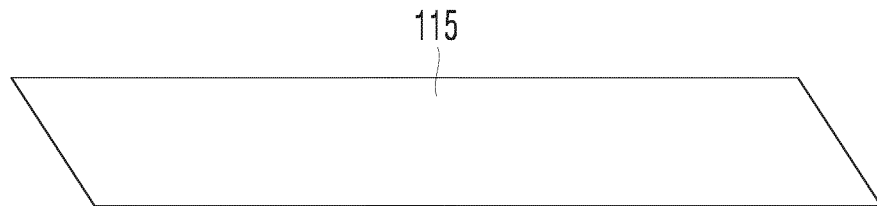


Fig. 4D

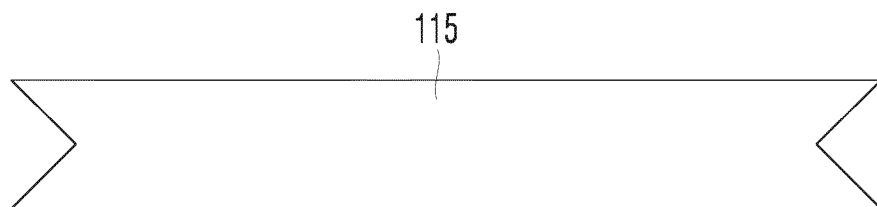


Fig. 4E

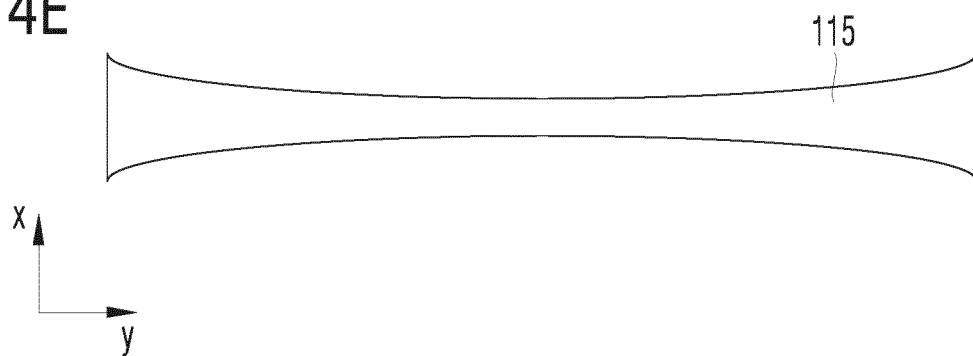


Fig. 4F

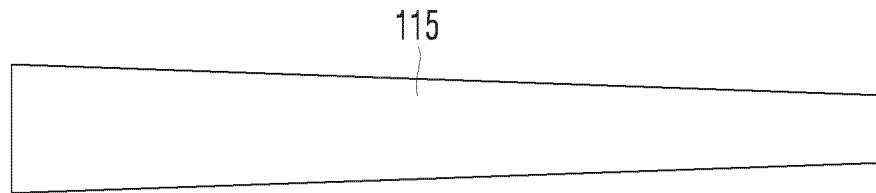


Fig. 4G

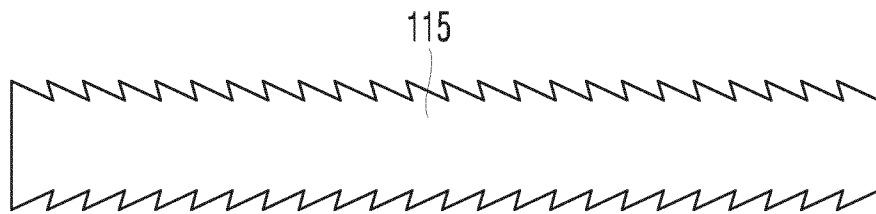


Fig. 4H

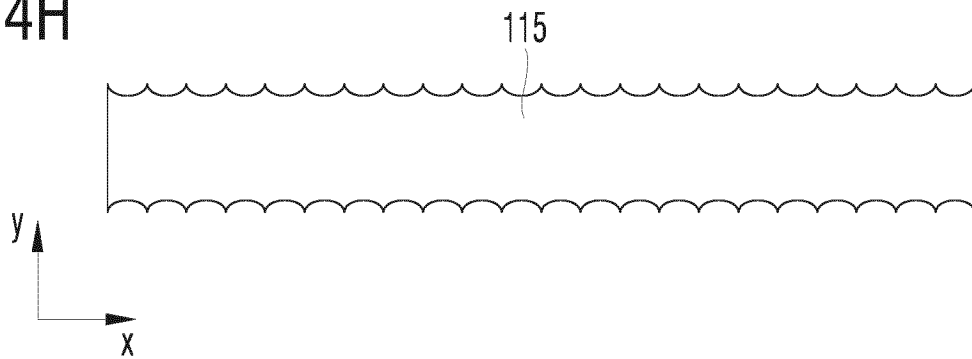


Fig. 5

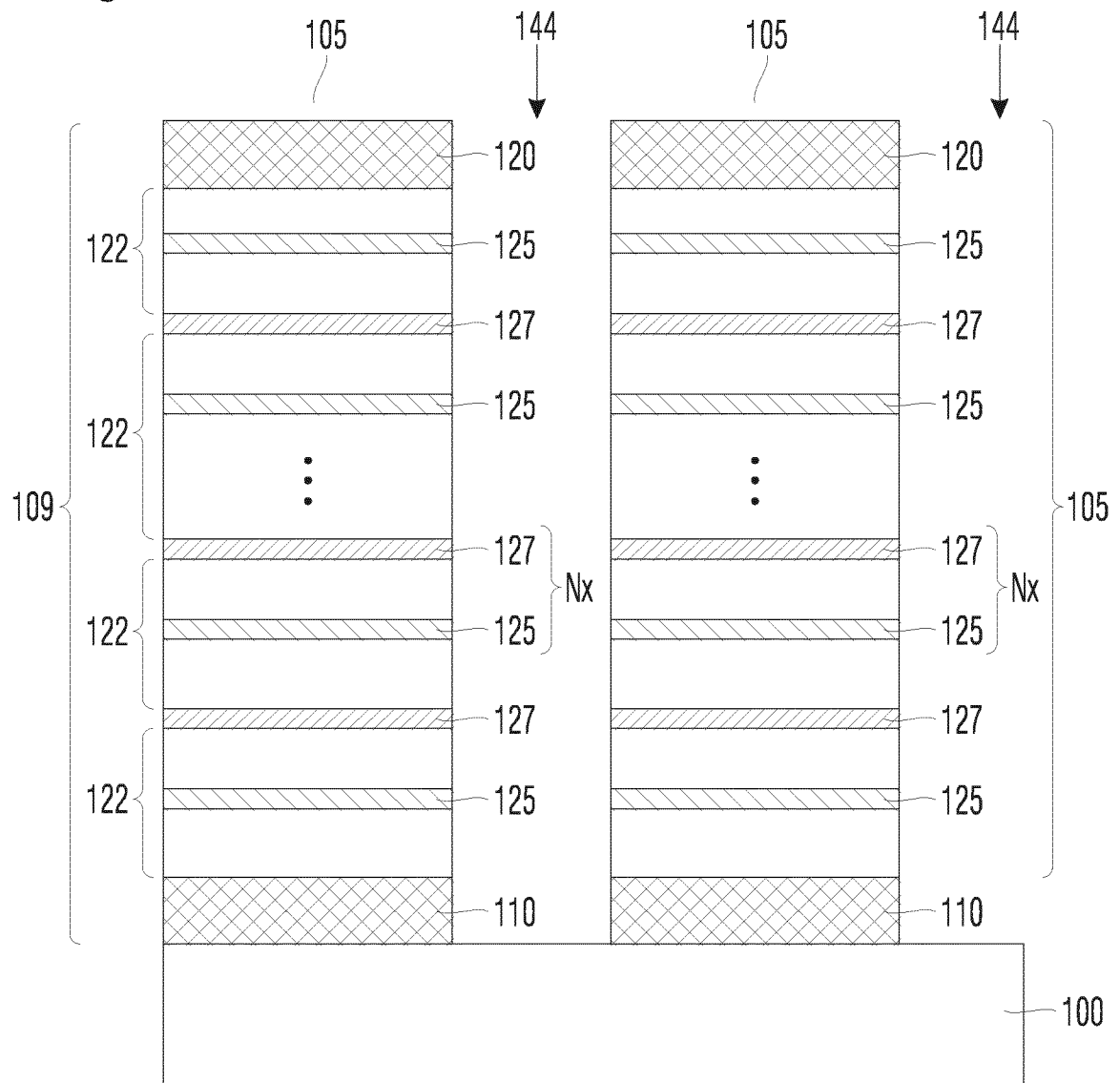


Fig. 6A

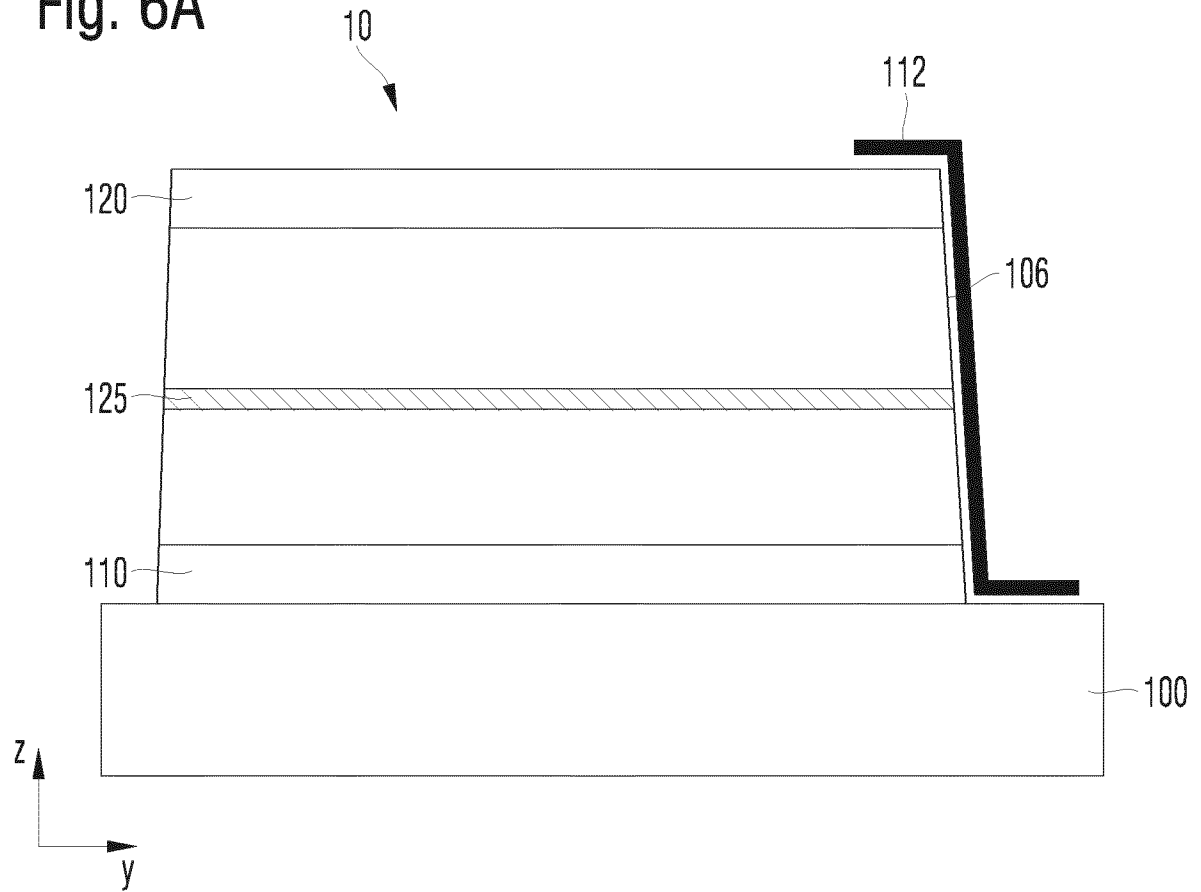
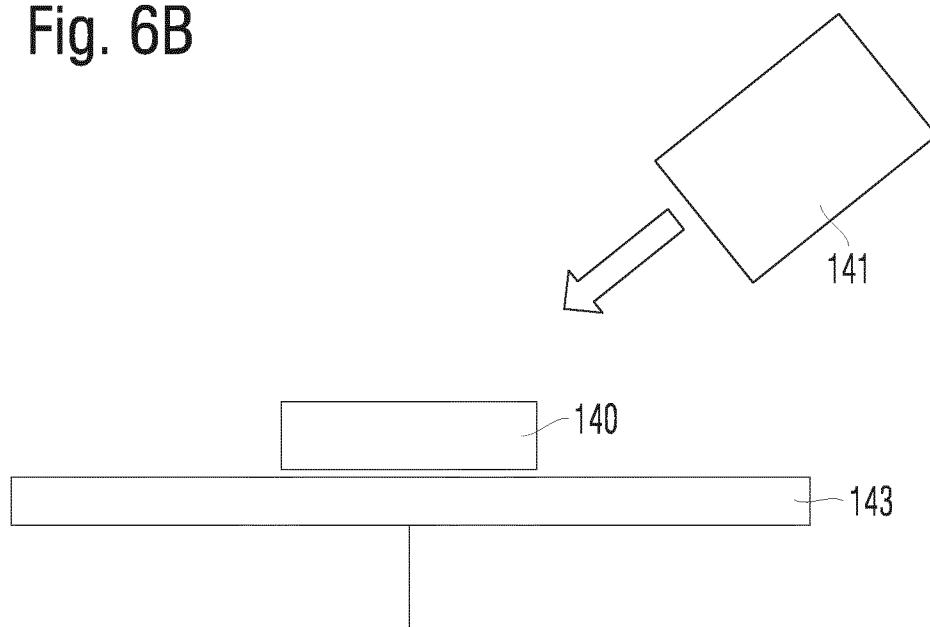


Fig. 6B



15/16

Fig. 7A

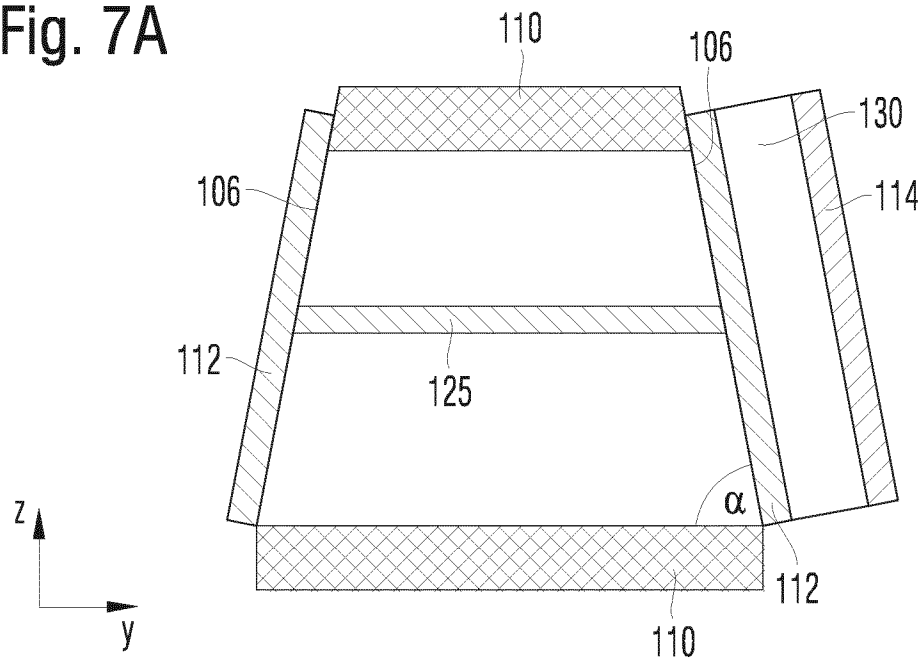
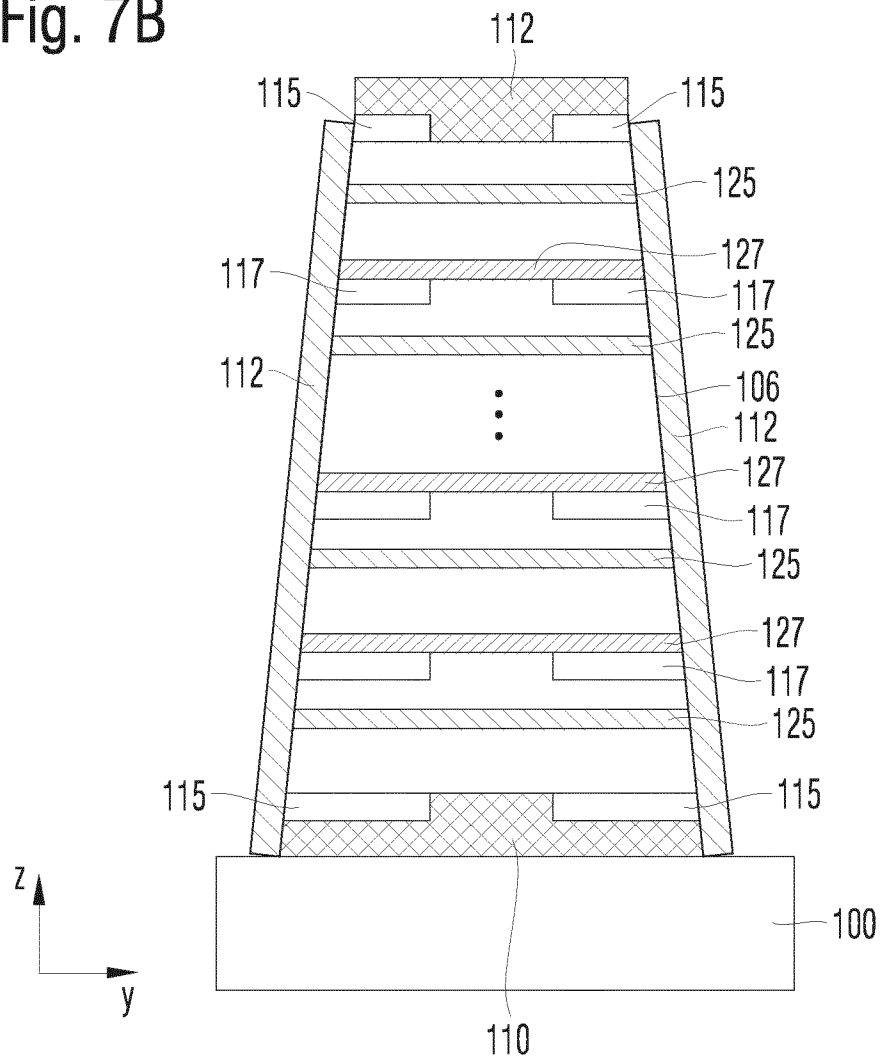


Fig. 7B



16/16

Fig. 8

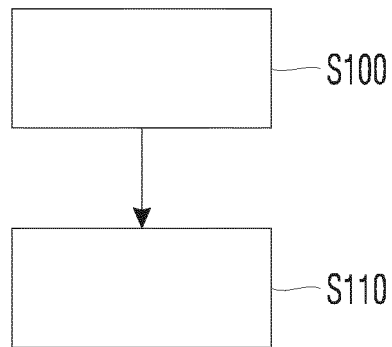


Fig. 9A

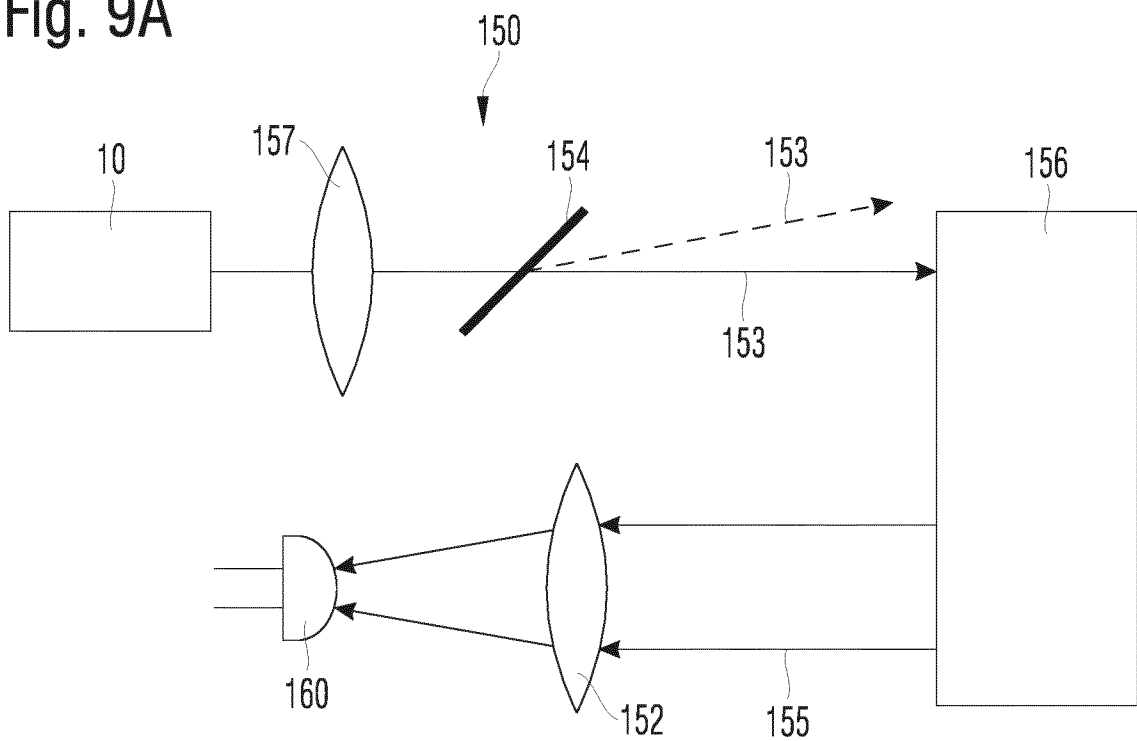


Fig. 9B

