

(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  
29. September 2016 (29.09.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2016/150840 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01S 5/16 (2006.01) H01S 5/32 (2006.01)  
H01S 5/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/055937

(22) Internationales Anmeldedatum:  
18. März 2016 (18.03.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2015 104 184.7 20. März 2015 (20.03.2015) DE

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

(72) Erfinder: **LELL, Alfred**; Virchowstr. 19, 93142  
Maxhütte-Haidhof (DE). **KOENIG, Harald**; Am  
Eichelacker 14, 93170 Bernhardswald (DE).  
**AVRAMESCU, Adrian Stefan**; Friedrich-Ebert-Straße  
11b, 93051 Regensburg (DE).

(74) Anwalt: **PATENTANWALTSKANZLEI WILHELM &  
BECK**; Prinzenstr. 13, 80639 München (DE).

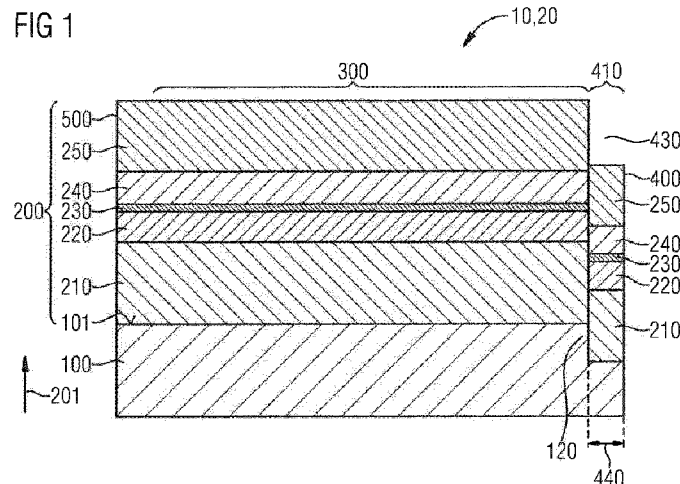
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,  
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,  
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,  
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,  
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,  
ZW.

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: EDGE-EMITTING SEMICONDUCTOR LASER AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung : KANTENEMITTIERENDER HALBLEITERLASER UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG



(57) Abstract: An edge-emitting semiconductor laser comprises a semiconductor structure, which has a layer sequence comprising layers overlapping along a direction of growth. The semiconductor structure is delimited laterally by a first facet (400) and a second facet (500). The semiconductor structure has a middle section (300) and a first edge section (410) adjacent to the first facet. The layer sequence is offset in the first edge section with respect to the middle section in the direction of growth (201). The semiconductor structure contains a substrate (100), a lower cladding layer (210), a lower waveguide layer (220), an active layer (230), an upper waveguide layer (240) and a top cladding layer (250). In the region of the facet, there is an electrically insulating intermediate layer (260), which prevents a current flow through the semiconductor structure in an edge section (410) of the facet (400).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/150840 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Ein kantenemittierender Halbleiterlaser umfasst eine Halbleiterstruktur, die eine Schichtenfolge mit entlang einer Wachstumsrichtung übereinanderliegenden Schichten aufweist. Die Halbleiterstruktur ist seitlich durch eine erste Facette (400) und eine zweite Facette (500) begrenzt. Die Halbleiterstruktur weist einen Mittenabschnitt (300) und einen an die erste Facette angrenzenden ersten Randabschnitt (410) auf. Die Schichtenfolge ist im ersten Randabschnitt gegenüber dem Mittenabschnitt in Wachstumsrichtung (201) versetzt. Die Halbleiterstruktur beinhaltet ein Substrat (100), eine untere Mantelschicht (210), eine untere Wellenleiterschicht (220), eine aktive Schicht (230), eine obere Wellenleiterschicht (240) und eine obere Mantelschicht (250). Im Bereich der Facette befindet sich eine elektrisch isolierende Zwischenschicht (260) welche einen Stromfluss durch die Halbleiterstruktur in einem Randabschnitt (410) der Facette (400) verhindert.

## KANTENEMITTIERENDER HALBLEITERLASER UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG

### BESCHREIBUNG

5

Die vorliegende Erfindung betrifft einen kantenemittierenden Halbleiterlaser gemäß Patentanspruch 1 sowie ein Verfahren zum Herstellen eines kantenemittierenden Halbleiterlasers gemäß Patentanspruch 8.

10

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung DE 10 2015 104 184.7, deren Offenbarungsgesamt hiermit durch Bezugnahme aufgenommen wird.

15

Es ist bekannt, dass die Spiegelfacetten bei kantenemittierenden Halbleiterlasern hohen elektrischen, optischen und thermischen Belastungen ausgesetzt sind. Absorptionsverluste an den Spiegelfacetten können zu einer Erwärmung der Spiegelfacetten und schließlich zu deren thermischen Zerstörung führen.

20

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen kantenemittierenden Halbleiterlaser bereitzustellen, dessen Spiegelfacetten weniger anfällig für eine thermische Zerstörung sind. Diese Aufgabe wird durch einen kantenemittierenden Halbleiterlaser mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Herstellen eines kantenemittierenden Halbleiterlasers anzugeben. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst. In den abhängigen Ansprüchen sind verschiedene Weiterbildungen angegeben.

25

30

35

Ein kantenemittierender Halbleiterlaser umfasst eine Halbleiterstruktur, die eine Schichtenfolge mit entlang einer Wachstumsrichtung übereinanderliegenden Schichten aufweist. Die Halbleiterstruktur ist seitlich durch eine erste Facette und eine zweite Facette begrenzt. Die Halbleiterstruktur weist einen Mittenabschnitt und einen an die erste Facette

angrenzenden ersten Randabschnitt auf. Die Schichtenfolge ist im ersten Randabschnitt gegenüber dem Mittenabschnitt in Wachstumsrichtung versetzt.

5   Dadurch, dass die Schichtenfolge der Halbleiterstruktur dieses kantenemittierenden Halbleiterlasers im ersten Randabschnitt gegenüber dem Mittenabschnitt versetzt ist, wird in der Halbleiterstruktur angeregtes Licht im ersten Randabschnitt in anderen Schichten der Schichtenfolge geführt als  
10   im Mittenabschnitt. Diese anderen Schichten weisen einen höheren Bandabstand auf, wodurch eine Absorption von Licht im ersten Randabschnitt erschwert oder vollständig verhindert ist. Dadurch bilden die erste Facette und der an die erste Facette angrenzende erste Randabschnitt einen nichtabsorbierenden Spiegel. Dieser nichtabsorbierende Spiegel weist nur  
15   geringe Spiegelverluste auf, wodurch es im Betrieb des kantenemittierenden Halbleiterlasers auch nur zu einer geringen Erwärmung der ersten Facette und des an die erste Facette angrenzenden ersten Randabschnitts kommt. Dadurch besteht bei  
20   diesem kantenemittierenden Halbleiterlaser somit nur eine reduzierte Gefahr für temperaturbedingte Alterungseffekte und eine thermische Zerstörung.

In der Schichtenfolge folgen eine untere Mantelschicht, eine  
25   untere Wellenleiterschicht, eine aktive Schicht, eine obere Wellenleiterschicht und eine obere Mantelschicht aufeinander. Dabei ist im ersten Randabschnitt eine der Mantelschichten oder eine der Wellenleiterschichten in Wachstumsrichtung auf Höhe der aktiven Schicht im Mittenabschnitt angeordnet. Hier-  
30   durch wird vorteilhafterweise erreicht, dass im Mittenabschnitt der Halbleiterstruktur in den Wellenleiterschichten geführtes Licht im ersten Randabschnitt zumindest teilweise in einer der Mantelschichten geführt wird, wodurch die erste Facette und der an die erste Facette angrenzende erste Randabschnitt der Halbleiterstruktur einen nichtabsorbierenden  
35   Spiegel bilden.

In einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlasers weist die Halbleiterstruktur einen an die zweite Facette angrenzenden zweiten Randabschnitt auf. Dabei ist die Schichtenfolge im zweiten Randabschnitt gegenüber dem Mittenabschnitt in Wachstumsrichtung versetzt. Vorteilhafterweise bilden dann auch die zweite Facette und der an die zweite Facette angrenzende zweite Randabschnitt der Halbleiterstruktur einen nichtabsorbierenden Spiegel. Dadurch ist bei dem kantenemittierenden Halbleiterlaser auch im Bereich der zweiten Facette ein Risiko einer thermischen Zerstörung reduziert.

In einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlasers entspricht die Versetzung der Schichtenfolge im zweiten Randabschnitt der Versetzung der Schichtenfolge im ersten Randabschnitt. Dadurch weist die Halbleiterstruktur des kantenemittierenden Halbleiterlasers eine symmetrische Gestaltung auf, die vorteilhafterweise besonders einfach und kostengünstig herstellbar ist.

Die Schichtenfolge liegt im ersten Randabschnitt in Wachstumsrichtung höher als im Mittenabschnitt. Dadurch wird erreicht, dass eine im Mittenabschnitt unterhalb der aktiven Schicht angeordnete Schicht im ersten Randabschnitt an die aktive Schicht im Mittenabschnitt angrenzt.

Die Halbleiterstruktur umfasst ein Substrat. Dabei ist die Schichtenfolge über einer Oberseite des Substrats angeordnet. Die Schichtenfolge umfasst eine zumindest abschnittsweise zwischen der Oberseite des Substrats und der unteren Mantelschicht angeordnete Zusatzschicht. Diese Zusatzschicht weist im Mittenabschnitt in Wachstumsrichtung eine andere Höhe auf als im ersten Randabschnitt. Die Höhenvariation der Zusatzschicht setzt sich vorteilhafterweise in der über der Zusatzschicht angeordneten übrigen Schichtenfolge fort, wodurch sich in der Schichtenfolge eine Versetzung zwischen dem ersten Randabschnitt und dem Mittenabschnitt ergibt.

Die Zusatzschicht ist elektrisch isolierend oder weist eine Dotierung mit umgekehrtem Vorzeichen auf wie die untere Mantelschicht. Dabei ist die Zusatzschicht nicht im Mittenabschnitt zwischen der Oberseite des Substrats und der unteren Mantelschicht angeordnet. Die isolierende Zusatzschicht kann dabei beispielsweise als undotierte Epitaxieschicht, als CVD-Diamantschicht oder als dielektrische Schicht ausgebildet sein. Vorteilhafterweise blockiert diese Zusatzschicht einen Strompfad durch die Schichtenfolge im ersten Randabschnitt der Halbleiterstruktur. Dadurch wird im ersten Randabschnitt der Halbleiterstruktur kein Laserlicht angeregt. Hierdurch reduzieren sich eventuelle Absorptionsverluste an der ersten Facette und im an die erste Facette angrenzenden ersten Randabschnitt der Halbleiterstruktur vorteilhafterweise weiter.

In einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlasers weist die Halbleiterstruktur zwischen dem Mittenabschnitt und dem ersten Randabschnitt einen ersten Übergangsabschnitt auf. Dabei setzt sich die Schichtenfolge zwischen dem Mittenabschnitt, dem ersten Übergangsabschnitt und dem ersten Randabschnitt kontinuierlich fort. Vorteilhafterweise ist die Halbleiterstruktur dadurch besonders einfach herstellbar.

In einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlasers weist der Mittenabschnitt von der ersten Facette einen Abstand zwischen 0,1  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$  auf, bevorzugt einen Abstand zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$ . Vorteilhafterweise hat sich ein solcher Abstand als besonders wirkungsvoll zur Ausbildung eines nichtabsorbierenden Spiegels im Bereich der ersten Facette und des an die erste Facette angrenzenden ersten Randabschnitts erwiesen.

In einer Ausführungsform des kantenemittierenden Halbleiterlasers ist über der Schichtenfolge eine Kontaktschicht und eine obere Metallisierung angeordnet. Dabei ist die obere Metallisierung nur über dem Mittenabschnitt angeordnet, nicht über dem ersten Randabschnitt. Vorteilhafterweise wird

dadurch erreicht, dass die Halbleiterstruktur des kantenemittierenden Halbleiterlasers im Betrieb des kantenemittierenden Halbleiterlasers nur im Mittenabschnitt bestromt wird, nicht jedoch im ersten Randabschnitt. Dadurch wird im ersten Randabschnitt der Halbleiterstruktur kein Laserlicht angeregt, wodurch eventuelle Absorptionsverluste an der ersten Facette und im an die erste Facette angrenzenden ersten Randabschnitt weiter reduziert werden.

- Ein Verfahren zum Herstellen eines kantenemittierenden Halbleiterlasers umfasst Schritte zum Bereitstellen eines Substrats mit einer Oberseite, zum Anlegen einer Oberfläche an der Oberseite des Substrats, die in einem Mittenabschnitt eine andere Höhe aufweist als in einem ersten Randabschnitt, zum Abscheiden einer Schichtenfolge über der Oberfläche und zum Brechen des Substrats und der Schichtenfolge derart, dass eine erste Facette gebildet wird, an die der erste Randabschnitt angrenzt.
- Der durch dieses Verfahren erhältliche kantenemittierende Halbleiterlaser weist eine Halbleiterstruktur auf, deren Schichtenfolge in einem an die erste Facette angrenzenden ersten Randabschnitt gegenüber dem Mittenabschnitt in Wachstumsrichtung versetzt ist. Dadurch wirken die erste Facette und der an die erste Facette angrenzende erste Randabschnitt der Halbleiterstruktur dieses kantenemittierenden Halbleiterlasers als nichtabsorbierender Spiegel. Dieser nichtabsorbierende Spiegel bietet die Vorteile, dass im Bereich des nichtabsorbierenden Spiegels keine oder nur geringe Absorptionsverluste anfallen, wodurch es zu keiner oder nur zu einer geringen Erwärmung der ersten Facette und des an die erste Facette angrenzenden ersten Randabschnitts kommt. Hierdurch kommt es auch nur zu geringen Alterungseffekten im Bereich der ersten Facette, wodurch sich die Gefahr einer thermischen Zerstörung der ersten Facette der Halbleiterstruktur des durch das Verfahren erhältlichen kantenemittierenden Halbleiterlasers reduziert.

Das Verfahren zur Herstellung des kantenemittierenden Halbleiterlasers kommt vorteilhafterweise ohne Diffusions- oder Implantationsprozesse aus, wodurch es einfach und kontrolliert durchführbar ist. Hieraus ergibt sich eine gute Reproduzierbarkeit, was eine hohe Ausbeute bei der Herstellung ermöglichen kann. Das Verfahren erfordert vorteilhafterweise auch keine Bearbeitungsprozesse bei hoher Temperatur, wodurch eine mit Hochtemperaturprozessen einhergehende Schädigung einer aktiven Schicht der Halbleiterstruktur des durch das Verfahren erhältlichen kantenemittierenden Halbleiterlasers vermieden wird. Auch eine mit Hochtemperaturprozessen einhergehende Schädigung von elektrischen Kontakten des kantenemittierenden Halbleiterlasers wird vermieden, wodurch auch eine unerwünschte Erhöhung der Betriebsspannung des durch das Verfahren erhältlichen kantenemittierenden Halbleiterlasers vermieden wird. Auch andere durch Hochtemperaturprozesse und/oder Implantations- oder Diffusionsprozesse verursachte Reduzierungen der zu erwartenden Lebensdauer des kantenemittierenden Halbleiterlasers werden vorteilhafterweise vermieden.

Das Anlegen der Oberfläche umfasst Schritte zum Anordnen einer Zusatzschicht an der Oberseite des Substrats und zum Entfernen eines Teils der Zusatzschicht. Bei diesem Verfahren wird eine an der Oberseite des Substrats variierende Höhe der Zusatzschicht in die über der Zusatzschicht abgeschiedene Schichtenfolge übertragen, wodurch sich in der Halbleiterstruktur des durch das Verfahren erhältlichen kantenemittierenden Halbleiterlasers eine Versetzung in Wachstumsrichtung zwischen dem ersten Randabschnitt und dem Mittenabschnitt ergibt.

In einer Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Entfernen der Zusatzschicht durch ein Ätzverfahren. Das Ätzverfahren kann beispielsweise ein Trockenätzverfahren sein. Da das Entfernen des Substrats oder der Zusatzschicht vor dem Wachstum der Schichtenfolge erfolgt, bewirkt ein solches Ätzverfahren vorteilhafterweise keine oder nur eine geringe Schädigung ei-



ner aktiven Schicht der Schichtenfolge des durch das Verfahren erhältlichen Halbleiterlasers.

Das Abscheiden der Schichtenfolge umfasst ein Abscheiden einer unteren Mantelschicht, einer unteren Wellenleiterschicht, einer aktiven Schicht, einer oberen Wellenleiterschicht und einer oberen Mantelschicht. Dabei wird der Höhenunterschied der Oberfläche zwischen dem Mittenabschnitt und dem ersten Randabschnitt so bemessen, dass im ersten Randabschnitt eine der Mantelschichten oder eine der Wellenleiterschichten auf Höhe der aktiven Schicht im Mittenabschnitt angeordnet wird. Hierdurch wird vorteilhafterweise erreicht, dass im Mittenabschnitt der Halbleiterstruktur in den Wellenleiterschichten geführtes Licht im ersten Randabschnitt zumindest teilweise in einer der Mantelschichten geführt wird, wodurch die erste Facette und der erste Randabschnitt als nichtabsorbierender Spiegel wirken.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Dabei zeigen in jeweils schematisierter Darstellung

Fig. 1 eine geschnittene Seitenansicht einer Halbleiterstruktur eines kantenemittierenden Halbleiterlasers gemäß einer ersten Ausführungsform;

30

Fig. 2 eine geschnittene Seitenansicht einer Halbleiterstruktur eines kantenemittierenden Halbleiterlasers gemäß einer zweiten Ausführungsform;

35 Fig. 3 eine geschnittene Seitenansicht einer Halbleiterstruktur eines kantenemittierenden Halbleiterlasers gemäß einer dritten Ausführungsform;

Fig. 4 eine geschnittene Seitenansicht einer Halbleiterstruktur eines kantenemittierenden Halbleiterlasers gemäß einer vierten Ausführungsform;

5 Fig. 5 eine geschnittene Seitenansicht einer Halbleiterstruktur eines kantenemittierenden Halbleiterlasers gemäß einer fünften Ausführungsform;

Fig. 6 eine geschnittene Seitenansicht einer Halbleiterstruktur eines kantenemittierenden Halbleiterlasers gemäß einer  
10 sechsten Ausführungsform;

Fig. 7 eine geschnittene Seitenansicht einer Halbleiterstruktur eines kantenemittierenden Halbleiterlasers gemäß einer  
15 siebten Ausführungsform; und

Fig. 8 eine geschnittene Seitenansicht einer Halbleiterstruktur eines kantenemittierenden Halbleiterlasers gemäß einer  
achten Ausführungsform.

20

Fig. 1 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht einer Halbleiterstruktur 20 eines kantenemittierenden Halbleiterlasers 10. Der kantenemittierende Halbleiterlaser 10 kann auch als Diodenlaser bezeichnet werden. Der kantenemittierende Halbleiterlaser 10 kann beispielsweise zur Emission von Licht mit einer Wellenlänge aus dem UV-Spektralbereich, aus dem sichtbaren Spektralbereich oder aus dem Infrarot-Spektralbereich vorgesehen sein. Die Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10 kann beispielsweise auf einem AlInGaN-, einem AlGaAs- oder einem InGaAlP-Materialsystem basieren.

30

Die Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10 weist ein Substrat 100 und eine epitaktisch über  
35 einer Oberseite 101 des Substrats 100 aufgewachsene Schichtenfolge 200 auf. Die Schichtenfolge umfasst dabei eine Mehrzahl von Schichten, die entlang einer Wachstumsrichtung 201

übereinander liegen. Die Wachstumsrichtung 201 ist senkrecht zur Oberseite 101 des Substrats 100 orientiert.

Die Halbleiterstruktur 20 wird seitlich durch eine erste Facette 400 und durch eine der ersten Facette 400 gegenüberliegende zweite Facette 500 begrenzt. Die erste Facette 400 und die zweite Facette 500 sind weitgehend parallel zur Wachstumsrichtung 201 orientiert. Die erste Facette 400 und die zweite Facette 500 sind nach dem epitaktischen Wachstum der Schichtenfolge 200 durch Brechen der Halbleiterstruktur 20 gebildet worden.

Zwischen der ersten Facette 400 und der zweiten Facette 500 erstreckt sich ein Resonator des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10. Die erste Facette 400 bildet eine lichtemittierende Laserfacette des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10. Im Betrieb des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10 wird an der ersten Facette 400 Laserlicht in zur ersten Facette 400 senkrechte Richtung abgestrahlt.

Die Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10 weist einen Mittenabschnitt 300 und einen an die erste Facette 400 angrenzenden ersten Randabschnitt 410 auf. Der Mittenabschnitt 300 und der erste Randabschnitt 410 sind in zur Oberseite 101 des Substrats 100 parallele Richtung nebeneinander angeordnet und grenzen bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10 direkt aneinander an.

Der erste Randabschnitt 410 weist, ausgehend von der ersten Facette 400 und in zur ersten Facette 400 senkrechte Richtung bemessen, eine Breite 440 auf. Die Breite 440 kann beispielsweise zwischen 0,1  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$  betragen, insbesondere beispielsweise zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$ . Dies bedeutet, dass bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10 der Mittenabschnitt 300 einen Abstand von der ersten Facette 400 aufweist, der der Breite 440 des ersten Randabschnitts 410 entspricht.

Die Schichtenfolge 200 der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10 ist im ersten Randabschnitt 410 gegenüber dem Mittenabschnitt 300 in Wachstumsrichtung 201 versetzt. Dabei liegen die Schichten der Schichtenfolge 200 im Mittenabschnitt 300 der Halbleiterstruktur 20 in Wachstumsrichtung 201 höher als im ersten Randabschnitt 410. Dadurch ist zwischen dem Mittenabschnitt 300 und dem ersten Randabschnitt 410 eine im Wesentlichen stufenförmige erste Versetzung 430 in der Schichtenfolge 200 ausgebildet.

An der Oberseite 101 des Substrats 100 der Halbleiterstruktur 20 ist eine Stufe 120 ausgebildet. Dabei liegt die Oberseite 101 des Substrats 100 im ersten Randabschnitt 410 in Wachstumsrichtung 201 niedriger als im Mittenabschnitt 300, wodurch sich an der Grenze zwischen dem Randabschnitt 410 und dem Mittenabschnitt 300 die Stufe 120 ergibt. Die in Wachstumsrichtung 201 unterschiedliche Höhe der Oberseite 101 des Substrats 100 im Mittenabschnitt 300 und im ersten Randabschnitt 410 hat sich während des epitaktischen Aufwachsens der Schichtenfolge 200 auf die Oberseite 101 des Substrats 100 in die Schichtenfolge 200 übertragen, wodurch die erste Versetzung 430 entstanden ist.

Die Stufe 120 an der Oberseite 101 des Substrats 100 kann beispielsweise dadurch gebildet worden sein, dass vor dem epitaktischen Aufwachsen der Schichtenfolge 200 ein Teil des Substrats 100 im ersten Randabschnitt 410 entfernt worden ist. Das Entfernen des Teils des Substrats 100 kann beispielsweise durch ein Ätzverfahren erfolgt sein, insbesondere beispielsweise durch ein Trockenätzverfahren.

Im in Fig. 1 gezeigten Beispiel der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10 umfasst die Schichtenfolge 200 eine untere Mantelschicht 210, eine untere Wellenleiterschicht 220, eine aktive Schicht 230, eine obere Wellenleiterschicht 240 und eine obere Mantelschicht 250, die in der genannten Reihenfolge in Wachstumsrichtung 201 aufei-

nanderfolgen. Dabei liegt die untere Mantelschicht 210 dem Substrat 100 am nächsten und kann insbesondere unmittelbar an der Oberseite 101 des Substrats 100 angeordnet sein. Die Schichtenfolge 200 könnte allerdings auch noch weitere  
5 Schichten umfassen. Insbesondere könnten zwischen dem Substrat 100 und der unteren Mantelschicht 210 und oberhalb der oberen Mantelschicht 250 weitere Schichten angeordnet sein.

Die untere Mantelschicht 210 und die untere Wellenleiterschicht 220 der Schichtenfolge 200 weisen eine Dotierung mit einem ersten Vorzeichen auf, beispielsweise eine n-Dotierung. Die obere Wellenleiterschicht 240 und die obere Mantelschicht 250 der Schichtenfolge 200 weisen eine Dotierung mit im Vergleich zur Dotierung der unteren Mantelschicht 210 und der  
15 unteren Wellenleiterschicht 220 umgekehrtem Vorzeichen auf, beispielsweise eine p-Dotierung.

Die untere Mantelschicht 210 und die obere Mantelschicht 250 der Schichtenfolge 200 weisen ein erstes Material auf. Die  
20 untere Wellenleiterschicht 220 und die obere Wellenleiterschicht 240 weisen ein zweites Material auf. Das Material der unteren Mantelschicht 210 und der oberen Mantelschicht 250 weist einen kleineren Brechungsindex auf als das Material der unteren Wellenleiterschicht 220 und der oberen Wellenleiterschicht 240. Die untere Mantelschicht 210 und die obere Mantelschicht 250 weisen einen gegenüber den Wellenleiterschichten 220, 240 erhöhten Bandabstand auf.  
25

Die aktive Schicht 230 der Schichtenfolge 200 kann beispielsweise als Quantentopf bzw. Quantenfilm (engl. quantum well) oder als zweidimensionale Anordnung von Quantenpunkten (engl. quantum dots) ausgebildet sein.  
30

Die erste Versetzung 430 in der Schichtenfolge 200 zwischen dem ersten Randabschnitt 410 und dem Mittenabschnitt 300 ist  
35 so bemessen, dass im ersten Randabschnitt 410 die obere Mantelschicht 250 in Wachstumsrichtung 201 auf Höhe der aktiven Schicht 230 im Mittenabschnitt 300 angeordnet ist. Alternativ

ist es möglich, die erste Versetzung 430 so auszubilden, dass im ersten Randabschnitt 410 die obere Wellenleiterschicht 240 in Wachstumsrichtung 201 auf Höhe der aktiven Schicht 230 im Mittenabschnitt 300 angeordnet ist.

5

Im Mittenabschnitt 300 der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10 in der aktiven Schicht 230 erzeugtes Licht wird im Mittenabschnitt 300 in den Wellenleiterschichten 220, 240 zwischen den Mantelschichten 210, 250 geführt. Im ersten Randabschnitt 410 wird das Licht dagegen zumindest teilweise in der oberen Mantelschicht 250 geführt. Diese weist einen gegenüber den Wellenleiterschichten 220, 240 erhöhten Bandabstand auf, wodurch das im ersten Randabschnitt 410 in der oberen Mantelschicht 250 geführte Licht im ersten Randabschnitt 410 nicht oder nur in geringem Maße absorbiert werden kann. Dadurch bilden die erste Facette 400 und der an die erste Facette 400 angrenzende erste Randabschnitt 410 der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10 einen nichtabsorbierenden Spiegel.

20

Die erste Facette 400 und/oder die zweite Facette 500 der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 10 können in Fig. 1 nicht dargestellte Beschichtungen aufweisen, die zur Passivierung und/oder zur Entspiegelung oder zur Erhöhung der Reflektivität dienen können. Diese Beschichtungen können beispielsweise durch Bedampfen, durch Sputterung oder durch CVD-Beschichtung aufgebracht werden und können beispielsweise  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ,  $\text{HfO}_2$ , Si oder andere Materialien und Kombinationen dieser Materialien aufweisen.

30

Die Schichtenfolge 200 kann oberhalb der oberen Mantelschicht 250 zusätzlich eine in Fig. 1 nicht dargestellte Kontaktschicht umfassen. Außerdem kann an einer Oberseite der Schichtenfolge 200 eine in Fig. 1 nicht dargestellte Metallisierung angeordnet sein, die dazu dient, die Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers elektrisch zu kontaktieren. Diese Metallisierung kann sich über den Mitten-

35

abschnitt 300 und über den ersten Randabschnitt 410 erstrecken, kann aber auch auf den Mittenabschnitt 300 beschränkt sein.

5 Anhand der Figuren 2 bis 8 werden nachfolgend weitere kantenemittierende Halbleiterlaser beschrieben. Die weiteren kantenemittierenden Halbleiterlaser weisen jeweils große Übereinstimmungen mit dem kantenemittierenden Halbleiterlaser 10 der Fig. 1 auf. Nachfolgend werden daher jeweils nur die Abweichungen der weiteren kantenemittierenden Halbleiterlaser von dem kantenemittierenden Halbleiterlaser 10 der Fig. 1 erläutert. Komponenten der weiteren kantenemittierenden Halbleiterlaser, die beim kantenemittierenden Halbleiterlaser 10 der Fig. 1 vorhandenen Komponenten entsprechen, sind in Figuren 2 bis 8 mit denselben Bezugszeichen versehen wie in Fig. 1.

Fig. 2 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht der Halbleiterstruktur 20 eines kantenemittierenden Halbleiterlasers 11 gemäß einer zweiten Ausführungsform. Bei dem kantenemittierenden Halbleiterlaser 11 weist die Halbleiterstruktur 20 zusätzlich zu dem Mittenabschnitt 300 und dem an die erste Facette 400 angrenzenden ersten Randabschnitt 410 einen an die zweite Facette 500 angrenzenden zweiten Randabschnitt 510 auf. Dabei ist in der Schichtenfolge 200 zwischen dem zweiten Randabschnitt 510 und dem Mittenabschnitt 300 eine zweite Versetzung 530 in Wachstumsrichtung 201 ausgebildet.

Die zweite Versetzung 530 der Schichtenfolge 200 der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 11 zwischen dem zweiten Randabschnitt 510 und dem Mittenabschnitt 300 ist so ausgebildet, dass die Schichten 210, 220, 230, 240, 250 der Schichtenfolge 200 im zweiten Randabschnitt 510 in Wachstumsrichtung 201 tiefer liegen als im Mittenabschnitt 300. Im zweiten Randabschnitt 510 ist die obere Mantelschicht 250 in Wachstumsrichtung 201 auf Höhe der aktiven Schicht 230 im Mittenabschnitt 300 angeordnet. Dadurch wird im Mittenabschnitt 300 der Halbleiterstruktur 20 angeregtes

und in den Wellenleiterschichten 220, 240 geführtes Licht im zweiten Randabschnitt 510 zumindest teilweise in der oberen Mantelschicht 250 geführt und kann dadurch im zweiten Randabschnitt 510 nicht oder nur in geringem Maße absorbiert werden. Dadurch bilden bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 11 auch die zweite Facette 500 und der an die zweite Facette 500 angrenzende zweite Randabschnitt 510 einen nichtabsorbierenden Spiegel.

10 Während des epitaktischen Aufwachsens der Schichtenfolge 200 der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 11 ist die zweite Versetzung 530 durch eine zwischen dem zweiten Randabschnitt 510 und dem Mittenabschnitt 300 an der Oberseite 101 des Substrats 100 ausgebildete Stufe 120  
15 erzeugt worden. Bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 11 weist das Substrat 100 somit sowohl an der Grenze zwischen dem ersten Randabschnitt 410 und dem Mittenabschnitt 300 als auch an der Grenze zwischen dem zweiten Randabschnitt 510 und dem Mittenabschnitt 300 je-  
20 weils eine Stufe 120 auf.

Der an die zweite Facette 500 angrenzende zweite Randabschnitt 510 und die zweite Versetzung 530 können spiegelbildlich zu dem an die erste Facette 400 angrenzenden ersten  
25 Randabschnitt 410 und der ersten Versetzung 430 ausgebildet sein. In diesem Fall entspricht die Breite des zweiten Randabschnitts 510, also der Abstand des Mittenabschnitts 300 von der zweiten Facette 500, der Breite 440 des ersten Randabschnitts 410. Außerdem entspricht in diesem Fall die Größe  
30 der zweiten Versetzung 530 der Schichtenfolge 200 in Wachstumsrichtung 201 im zweiten Randabschnitt 510 der Größe der ersten Versetzung 430 der Schichtenfolge 200 im ersten Randabschnitt 410.

35 Fig. 3 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht der Halbleiterstruktur 20 eines kantenemittierenden Halbleiterlasers 12 gemäß einer dritten Ausführungsform. Der kantenemittierende Halbleiterlaser 12 unterscheidet sich von dem kan-



tenemittierenden Halbleiterlaser 10 der Fig. 1 dadurch, dass die erste Versetzung 430 der Schichtenfolge 200 im ersten Randabschnitt 410 so ausgebildet ist, dass die Schichtenfolge 200 im ersten Randabschnitt 410 in Wachstumsrichtung 201 höher liegt als im Mittenabschnitt 300. Dadurch liegt im ersten Randabschnitt 410 die untere Mantelschicht 210 der Schichtenfolge 200 in Wachstumsrichtung 201 auf Höhe der aktiven Schicht 230 im Mittenabschnitt 300. Alternativ könnte im ersten Randabschnitt 410 auch die untere Wellenleiterschicht 220 in Wachstumsrichtung 201 auf Höhe der aktiven Schicht 230 im Mittenabschnitt 300 liegen.

Bei dem kantenemittierenden Halbleiterlaser 12 wird im Mittenabschnitt 300 der Halbleiterstruktur 20 in der aktiven Schicht 230 angeregtes und in den Wellenleiterschichten 220, 240 geführtes Licht im ersten Randabschnitt 410 zumindest teilweise in der unteren Mantelschicht 210 geführt. Diese weist einen gegenüber den Wellenleiterschichten 220, 240 erhöhten Bandabstand auf, wodurch es im ersten Randabschnitt 410 nicht oder nur in geringem Maße zu einer Absorption von Licht kommen kann. Dadurch bilden die erste Facette 400 und der an die erste Facette 400 angrenzende erste Randabschnitt 410 auch bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 12 einen nichtabsorbierenden Spiegel.

Auch bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 12 weist das Substrat 100 an seiner Oberseite 101 eine Stufe 120 zwischen dem Mittenabschnitt 300 und dem ersten Randabschnitt 410 auf, die sich in der über der Oberseite 101 des Substrats 100 aufgewachsenen Schichtenfolge 200 fortsetzt und die erste Versetzung 430 verursacht. Die Stufe 120 an der Oberseite 101 des Substrats 100 ist bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 12 allerdings so ausgebildet, dass die Oberseite 101 des Substrats 100 im ersten Randabschnitt 410 in Wachstumsrichtung 201 höher liegt als im Mittenabschnitt 300. Dies kann dadurch erreicht worden sein, dass vor dem epitaktischen Aufwachsen der Schichtenfolge 200 im Mittenabschnitt 300 des

Substrats 100 ein Teil des Substrats 100 entfernt worden ist, beispielsweise mittels eines Ätzprozesses, insbesondere eines Trockenätzprozesses.

5 Die Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 12 kann, analog zur Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 11 der Fig. 2, auch in dem an die zweite Facette 500 angrenzenden zweiten Randabschnitt 510 mit einer zweiten Versetzung 530 ausgebildet werden, wodurch  
10 auch die zweite Facette 500 und der an die zweite Facette 500 angrenzende zweite Randabschnitt 510 einen nichtabsorbierenden Spiegel bilden. Der zweite Randabschnitt 510 und die zweite Versetzung 530 können dabei beispielsweise spiegelbildlich zum ersten Randabschnitt 410 und der ersten Versetzung  
15 zung 430 ausgebildet werden.

Fig. 4 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht der Halbleiterstruktur 20 eines kantenemittierenden Halbleiterlasers 13 gemäß einer vierten Ausführungsform. Die Halb-  
20 leiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 13 ist ausgebildet wie die Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 12 der Fig. 3.

Bei dem kantenemittierenden Halbleiterlaser 13 ist über der  
25 oberen Mantelschicht 250 der Schichtenfolge 200 eine obere Metallisierung 110 angeordnet, die zur elektrischen Kontaktierung des kantenemittierenden Halbleiterlasers 13 dient. Zwischen der oberen Mantelschicht 250 und der oberen Metallisierung 110 könnte außerdem noch eine in Fig. 4 nicht dargestellte Kontaktschicht angeordnet sein. Die obere Metallisierung 110 erstreckt sich über den Mittenabschnitt 300, nicht jedoch über den ersten Randabschnitt 410 der Halbleiterstruktur 20. Dadurch wird im Betrieb des kantenemittierenden Halbleiterlasers 13 kein oder nur in geringem Maße elektrischer  
30 Strom im ersten Randabschnitt 410 durch die Schichtenfolge 200 der Halbleiterstruktur 20 geleitet. Hierdurch wird erreicht, dass im ersten Randabschnitt 410 der Halbleiterstruktur 20 nicht oder nur in geringem Maße Licht angeregt wird.

Wenn die Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 13 mit einer zweiten Versetzung 530 in dem an die zweite Facette 500 angrenzenden zweiten Randabschnitt 510 ausgebildet wird, so kann sich die obere Metallisierung 110 beispielsweise auch nicht über den zweiten Randabschnitt 510 erstrecken.

Fig. 5 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht der Halbleiterstruktur 20 eines kantenemittierenden Halbleiterlasers 14 gemäß einer fünften Ausführungsform. Bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 14 ist die erste Versetzung 430 in der Schichtenfolge 200 zwischen dem ersten Randabschnitt 410 und dem Mittenabschnitt 300 so ausgebildet, dass die Schichtenfolge 200 im Mittenabschnitt 300 in Wachstumsrichtung 201 höher liegt als im ersten Randabschnitt 410.

Allerdings weist das Substrat 100 bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 14 an seiner Oberseite 101 keine Stufe auf, sondern ist eben ausgebildet. Stattdessen umfasst die Schichtenfolge 200 bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 14 eine Zusatzschicht 260, die abschnittsweise zwischen der Oberseite 101 des Substrats 100 und der unteren Mantelschicht 210 angeordnet ist. Diese Zusatzschicht 260 ist im dargestellten Beispiel lediglich im Mittenabschnitt 300 vorhanden, nicht jedoch im ersten Randabschnitt 410, wodurch die Zusatzschicht 260 an der Grenze zwischen dem Mittenabschnitt 300 und dem ersten Randabschnitt 410 eine Stufe 270 bildet. Die Stufe 270 setzt sich in der epitaktisch über der Zusatzschicht 260 und über der Oberseite 101 des Substrats 100 aufgewachsenen Schichtenfolge 200 fort und bildet dadurch die erste Versetzung 430.

Die Zusatzschicht 260 kann vor dem epitaktischen Aufwachsen der weiteren Schichten 210, 220, 230, 240, 250 zunächst flächig, also sowohl im Mittenabschnitt 300 als auch im ersten

- Randabschnitt 410, auf die Oberseite 101 des Substrats 100 aufgebracht worden sein, beispielsweise ebenfalls durch epitaktisches Wachstum. Anschließend kann die Zusatzschicht 260 im ersten Randabschnitt 410 entfernt worden sein, beispielsweise durch einen Ätzprozess, insbesondere beispielsweise durch einen Trockenätzprozess oder einen nasschemischen Ätzprozess. Anschließend wurden die übrigen Schichten 210, 220, 230, 240, 250 der Schichtenfolge 200 aufgewachsen.
- Es ist möglich, die Zusatzschicht 260 nach dem flächigen Aufbringen auf die Oberseite 101 des Substrats 100 im ersten Randabschnitt 410 nicht vollständig, sondern lediglich teilweise zu entfernen, sodass die Zusatzschicht 260 anschließend im Mittenabschnitt 300 in Wachstumsrichtung 201 eine größere Höhe aufweist als im ersten Randabschnitt 410.
- Es ist möglich, die Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 14 auch mit einer zweiten Versetzung 530 in dem an die zweite Facette 500 angrenzenden zweiten Randabschnitt 510 auszubilden. Hierzu wird die Zusatzschicht 260 auch im zweiten Randabschnitt 510 ganz oder teilweise entfernt, bevor die übrigen Schichten 210, 220, 230, 240, 250 der Schichtenfolge 200 aufgewachsen werden.
- Die Zusatzschicht 260 weist eine Dotierung mit demselben Vorzeichen wie die Dotierung der unteren Mantelschicht 210 auf, beispielsweise eine n-Dotierung. Die Zusatzschicht 260 kann dasselbe Material aufweisen wie die untere Mantelschicht 210.
- Fig. 6 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht der Halbleiterstruktur 20 eines kantenemittierenden Halbleiterlasers 15 gemäß einer sechsten Ausführungsform. Auch bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 15 ist die Oberseite 101 des Substrats 100 eben und ohne Stufe 120 ausgebildet. Stattdessen ist auch bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 15 zwischen der Oberseite 101 des Substrats 100 und der unteren Mantelschicht 210 abschnittsweise die Zusatzschicht 260 vor-

handen, die die Stufe 270 bildet, die sich in der übrigen Schichtenfolge 200 der Halbleiterstruktur 20 als die erste Versetzung 430 fortsetzt.

5 Allerdings ist die Zusatzschicht 260 bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 15 lediglich im ersten Randabschnitt 410 vorhanden, nicht jedoch im Mittenabschnitt 300. Dadurch ist die erste Versetzung 430 bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiter-  
10 lasers 15 so ausgebildet, dass die Schichtenfolge 200 im ersten Randabschnitt 410 in Wachstumsrichtung 201 höher liegt als im Mittenabschnitt 300. Falls die Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 15 mit einer zweiten Versetzung 530 der Schichtenfolge 200 in dem an die zweite  
15 Facette 500 angrenzenden zweiten Randabschnitt 510 ausgebildet wird, so ist die Zusatzschicht 260 auch im zweiten Randabschnitt 510 vorhanden.

Auch bei der Herstellung der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 15 kann die Zusatzschicht 260 zunächst flächig im Mittenabschnitt 300 und im ersten  
20 Randabschnitt 410 an der Oberseite 101 des Substrats 100 angeordnet werden. Anschließend wird die Zusatzschicht 260 im Mittenabschnitt 300 ganz oder teilweise entfernt.

25 Auch bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 15 weist die Zusatzschicht 260 eine Dotierung mit demselben Vorzeichen wie die Dotierung der unteren Mantelschicht 210 auf, beispielsweise eine n-Dotierung. Die  
30 Zusatzschicht 260 kann beispielsweise dasselbe Material aufweisen wie die untere Mantelschicht 210.

Fig. 7 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht der Halbleiterstruktur 20 eines kantenemittierenden Halbleiterlasers 16 gemäß einer siebten Ausführungsform. Die Halb-  
35 leiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 16 ist ausgebildet wie die Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 15. Allerdings weist die Zusatz-

schicht 260 bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 16 entweder eine Dotierung mit gegenüber der Dotierung der unteren Mantelschicht 210 umgekehrtem Vorzeichen auf, also beispielsweise eine p-Dotierung, oder  
5 weist ein isolierendes Material auf. Falls die Zusatzschicht 260 ein isolierendes Material aufweist, so kann die Zusatzschicht 260 beispielsweise als undotierte Epitaxieschicht, als CVD-Diamant-Schicht oder als dielektrische Schicht ausgebildet sein.

10

In jedem Fall ist es zweckmäßig, die Zusatzschicht 260 durch epitaktisches Wachstum aufzubringen und sie aus demselben Materialsystem auszubilden, wie die übrige Schichtenfolge 200. Dadurch wird erreicht, dass die Schichtenfolge 200 defekt-  
15 und verspannungsarm ausgebildet wird. Hierdurch können eine Erhöhung von Leckströmen an den Facetten 400, 500 und eine Erhöhung der Absorption an den Facetten 400, 500 weitgehend vermieden werden, wodurch sich hohen Facettenbelastungsgrenzen ergeben können. Außerdem kann durch eine verspannungsarme  
20 Schichtenfolge 200 eine Minimierung einer unerwünschten Bruchrate erreicht werden. Die Anpassung der Kristallstruktur der Zusatzschicht 260 an die Kristallstruktur der übrigen Schichtenfolge 200 kann die Bruchqualität an den Facetten 400, 500 verbessern, woraus sich wiederum verringerte Facettenverluste und verbesserte Performancedaten ergeben können.  
25

Auch bei der Herstellung der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 16 kann die Zusatzschicht 260 zunächst flächig im Mittenabschnitt 300 und im ersten  
30 Randabschnitt 410 an der Oberseite 101 des Substrats 100 angeordnet werden. Anschließend wird die Zusatzschicht 260 im Mittenabschnitt 300 vollständig entfernt.

Dadurch, dass die Zusatzschicht 260 eine Dotierung mit gegenüber der Dotierung der unteren Mantelschicht 210 umgekehrtem Vorzeichen oder ein isolierendes Material aufweist, wird erreicht, dass im Betrieb des kantenemittierenden Halbleiterlasers 16 kein oder nur ein geringer Stromfluss durch die  
35

Schichtenfolge 200 im ersten Randabschnitt 410 erfolgt. Dadurch wird im ersten Randabschnitt 410 der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 16 kein Licht angeregt, wodurch der erste Randabschnitt 410 nur in geringem Maße erwärmt wird.

Fig. 8 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht der Halbleiterstruktur 20 eines kantenemittierenden Halbleiterlasers 17 gemäß einer achten Ausführungsform. Bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 17 weist die Schichtenfolge 200 in dem an die erste Facette 400 angrenzenden ersten Randabschnitt 410 eine erste Versetzung 430 und in dem an die zweite Facette 500 angrenzenden zweiten Randabschnitt 510 eine zweite Versetzung 530 auf. Die Versetzungen 430, 530 sind dabei so ausgebildet, dass die Schichtenfolge 200 im Mittenabschnitt 300 in Wachstumsrichtung 201 niedriger angeordnet ist als im ersten Randabschnitt 410 und im zweiten Randabschnitt 510. Es wäre allerdings möglich, bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 17 lediglich die erste Versetzung 430 im ersten Randabschnitt 410 vorzusehen und auf die zweite Versetzung 530 im zweiten Randabschnitt 510 zu verzichten.

Bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 17 ist zwischen dem ersten Randabschnitt 410 und dem Mittenabschnitt 300 ein erster Übergangsabschnitt 420 ausgebildet. Entsprechend ist auch zwischen dem zweiten Randabschnitt 510 und dem Mittenabschnitt 300 ein zweiter Übergangsabschnitt 520 ausgebildet. Die einzelnen Schichten 210, 220, 230, 240, 250 der Schichtenfolge 200 der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 17 setzen sich von dem Mittenabschnitt 300 über den ersten Übergangsabschnitt 420 bis zum ersten Randabschnitt 410 sowie von dem Mittenabschnitt 300 über den zweiten Übergangsabschnitt 520 bis zum zweiten Randabschnitt 510 jeweils kontinuierlich fort. In den Übergangsabschnitten 420, 520 sind die einzelnen Schichten 210, 220, 230, 240, 250 der Schichtenfolge 200 nicht senkrecht zur Wachstumsrichtung 201, sondern unter ei-

nem von  $90^\circ$  abweichenden Winkel zur Wachstumsrichtung 201 angeordnet.

Das Substrat 100 weist bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 17 keine Stufe 120 auf. Stattdessen umfasst die Schichtenfolge 200 der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 17 eine Zusatzschicht 260, die in den Randabschnitten 410, 510 und in den Übergangsabschnitten 420, 520 zwischen der Oberseite 101 des Substrats und der unteren Mantelschicht 210 angeordnet ist. Im Mittenabschnitt 300 ist bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 17 die Zusatzschicht 260 völlig entfernt. Falls die Zusatzschicht 260 mit einer Dotierung ausgebildet ist, deren Vorzeichen dem der Dotierung der unteren Mantelschicht 210 entspricht, so könnte ein Teil der Zusatzschicht 260 auch im Mittenabschnitt 300 zwischen der Oberseite 101 des Substrats 100 und der unteren Mantelschicht 210 angeordnet sein. In diesem Fall würden die in den Randabschnitten 410, 510 angeordneten Teile der Zusatzschicht 260 in Wachstumsrichtung 201 eine größere Dicke aufweisen als der im Mittenabschnitt 300 angeordnete Teil der Zusatzschicht 260.

In den Übergangsabschnitten 420, 520 erhöht sich die in Wachstumsrichtung 201 bemessene Dicke der Zusatzschicht 260 kontinuierlich. Damit bildet die Zusatzschicht 260 in den Übergangsabschnitten 420, 520 Rampen 280, deren Oberseiten nicht parallel zur Oberseite 101 des Substrats 100 angeordnet sind. Die Oberseiten der Rampen 280 weisen einen Winkel zur Oberseite 101 des Substrats 100 auf, der zwischen  $3^\circ$  und  $90^\circ$  liegen kann, insbesondere zwischen  $10^\circ$  und  $88^\circ$ , insbesondere zwischen  $20^\circ$  und  $80^\circ$ . Bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 17 weist die Zusatzschicht 260 damit keine Stufe auf. Stattdessen bildet die Zusatzschicht 260 bei der Halbleiterstruktur 20 des kantenemittierenden Halbleiterlasers 17 die Rampe 280, entlang der sich die Dicke der Zusatzschicht 260 in Wachstumsrichtung 201 kontinuierlich ändert.



In einer alternativen Ausführungsform ist es möglich, auf die Zusatzschicht 260 zu verzichten. Stattdessen wird die Oberseite 101 des Substrats 100 im Mittenabschnitt 300 vertieft, sodass die Oberseite 101 des Substrats 100 im Mittenabschnitt 300 in Wachstumsrichtung 201 tiefer angeordnet ist als in den Randabschnitten 410, 510. In den Übergangsabschnitten 420, 520 wird die Oberseite 101 des Substrats 100 derart abge-  
schrägt, dass sich die in Wachstumsrichtung 201 bemessene Höhe der Oberseite 101 des Substrats 100 zwischen dem Mittenabschnitt 300 und den Randabschnitten 410, 510 kontinuierlich ändert. Damit bildet die Oberseite 101 des Substrats 100 in den Übergangsabschnitten 420, 520 die Rampe 280.

In einer weiteren alternativen Ausführungsform wird die Zusatzschicht 260 so ausgebildet, dass sie im Mittenabschnitt 300 in Wachstumsrichtung 201 eine größere Dicke aufweist als in den Randabschnitten 410, 510. In den Übergangsabschnitten 420, 520 ändert sich die Dicke der Zusatzschicht 260 kontinuierlich. Bei der anschließend epitaktisch über der Zusatzschicht 260 aufgewachsenen Schichtenfolge 200 liegen die Schichten 210, 220, 230, 240, 250 im Mittenabschnitt 300 dann in Wachstumsrichtung 201 höher als in den Randabschnitten 410, 510.

In einer weiteren alternativen Ausführungsform wird auf die Zusatzschicht 260 verzichtet. Stattdessen wird die Oberseite 101 des Substrats 100 derart strukturiert, dass die Oberseite 101 des Substrats 100 im Mittenabschnitt 300 in Wachstumsrichtung 201 höher liegt als in den Randabschnitten 410, 510. In den Übergangsabschnitten 420, 520 ändert sich die Höhe der Oberseite 101 des Substrats 100 wiederum kontinuierlich. Die Schichten 210, 220, 230, 240, 250 der über der Oberseite 101 des Substrats 100 aufgewachsenen Schichtenfolge 200 liegen auch in diesem Fall im Mittenabschnitt 300 in Wachstumsrichtung 201 höher als in den Randabschnitten 410, 510.

Ein einer weiteren alternativen Ausführungsform liegt die Schichtenfolge 200 im ersten Randabschnitt 410 in Wachstumsrichtung 201 höher als im Mittenabschnitt 300, während sie im zweiten Randabschnitt 510 in Wachstumsrichtung 201 tiefer  
5 liegt als im Mittenabschnitt 300. In noch einer weiteren Ausführungsform sind die Verhältnisse umgekehrt.

Die Erfindung wurde anhand der bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben. Dennoch ist die Erfindung nicht auf die offenbarten Beispiele eingeschränkt.  
10 Vielmehr können hieraus andere Variationen vom Fachmann abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

**BEZUGSZEICHENLISTE**

|     |                                        |
|-----|----------------------------------------|
| 10  | kantenemittierender Halbleiterlaser    |
| 11  | kantenemittierender Halbleiterlaser    |
| 5   | 12 kantenemittierender Halbleiterlaser |
| 13  | kantenemittierender Halbleiterlaser    |
| 14  | kantenemittierender Halbleiterlaser    |
| 15  | kantenemittierender Halbleiterlaser    |
| 16  | kantenemittierender Halbleiterlaser    |
| 10  | 17 kantenemittierender Halbleiterlaser |
| 20  | Halbleiterstruktur                     |
| 100 | Substrat                               |
| 101 | Oberseite                              |
| 15  | 110 obere Metallisierung               |
| 120 | Stufe                                  |
| 200 | Schichtenfolge                         |
| 201 | Wachstumsrichtung                      |
| 20  | 210 untere Mantelschicht               |
| 220 | untere Wellenleiterschicht             |
| 230 | aktive Schicht                         |
| 240 | obere Wellenleiterschicht              |
| 25  | 250 obere Mantelschicht                |
| 260 | Zusatzschicht                          |
| 270 | Stufe                                  |
| 280 | Rampe                                  |
| 30  | 300 Mittenabschnitt                    |
| 400 | erste Facette                          |
| 410 | erster Randabschnitt                   |
| 420 | erster Übergangsabschnitt              |
| 35  | 430 erste Versetzung                   |
| 440 | Breite                                 |
| 500 | zweite Facette                         |

- 510 zweiter Randabschnitt
- 520 zweiter Übergangsabschnitt
- 530 zweite Versetzung

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Kantenemittierender Halbleiterlaser (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17)  
5 mit einer Halbleiterstruktur (20), die ein Substrat (100) und eine über einer Oberseite (101) des Substrats (100) angeordnete Schichtenfolge (200) mit entlang einer Wachstumsrichtung (201) übereinanderliegenden Schichten (210, 220, 230, 240, 250) aufweist,  
10 wobei in der Schichtenfolge (200) eine untere Mantelschicht (210), eine untere Wellenleiterschicht (220), eine aktive Schicht (230), eine obere Wellenleiterschicht (240) und eine obere Mantelschicht (250) aufeinanderfolgen,  
15 wobei die Halbleiterstruktur (20) seitlich durch eine erste Facette (400) und eine zweite Facette (500) begrenzt ist,  
wobei die Halbleiterstruktur (20) einen Mittenabschnitt (300) und einen an die erste Facette (400) angrenzenden  
20 ersten Randabschnitt (410) aufweist,  
wobei die Schichtenfolge (200) im ersten Randabschnitt (410) so gegenüber dem Mittenabschnitt (300) in Wachstumsrichtung (201) versetzt ist, dass im ersten Randabschnitt (410) eine der Mantelschichten (210, 250) oder  
25 eine der Wellenleiterschichten (220, 240) in Wachstumsrichtung (201) auf Höhe der aktiven Schicht (230) im Mittenabschnitt (300) angeordnet ist,  
wobei die Schichtenfolge (200) eine zumindest im ersten Randabschnitt (410) zwischen der Oberseite (101) des Substrats (100) und der unteren Mantelschicht (210) angeordnete, epitaktisch aufgewachsene Zusatzschicht (260) umfasst,  
30 wobei die Zusatzschicht (260) nicht im Mittenabschnitt (300) zwischen der Oberseite (101) des Substrats (100) und der unteren Mantelschicht (210) angeordnet ist,  
35 wobei die Zusatzschicht (260) elektrisch isolierend ist oder eine Dotierung mit umgekehrtem Vorzeichen aufweist wie die untere Mantelschicht (210).

2. Kantenemittierender Halbleiterlaser (11, 17) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei die Halbleiterstruktur (20) einen an die zweite Facette (500) angrenzenden zweiten Randabschnitt (510) aufweist,  
wobei die Schichtenfolge (200) im zweiten Randabschnitt (510) gegenüber dem Mittenabschnitt (300) in Wachstumsrichtung (201) versetzt ist.
3. Kantenemittierender Halbleiterlaser (11, 17) gemäß Anspruch 2,  
wobei die Versetzung (530) der Schichtenfolge (200) im zweiten Randabschnitt (510) der Versetzung (430) der Schichtenfolge (200) im ersten Randabschnitt (410) entspricht.
4. Kantenemittierender Halbleiterlaser (12, 13, 15, 16, 17) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei die Schichtenfolge (200) im ersten Randabschnitt (410) in Wachstumsrichtung (201) höher liegt als im Mittenabschnitt (300).
5. Kantenemittierender Halbleiterlaser (17) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei die Halbleiterstruktur (20) zwischen dem Mittenabschnitt (300) und dem ersten Randabschnitt (410) einen ersten Übergangsabschnitt (420) aufweist,  
wobei sich die Schichtenfolge (200) zwischen dem Mittenabschnitt (300), dem ersten Übergangsabschnitt (420) und dem ersten Randabschnitt (410) kontinuierlich fortsetzt.
6. Kantenemittierender Halbleiterlaser (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei der Mittenabschnitt (300) einen Abstand (440) zwischen 0,1  $\mu\text{m}$  und 100  $\mu\text{m}$  von der ersten Facette (400) aufweist, bevorzugt einen Abstand (440) zwischen 1  $\mu\text{m}$  und 20  $\mu\text{m}$ .

7. Kantenemittierender Halbleiterlaser (13) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,  
wobei über der Schichtenfolge (200) eine Kontaktschicht  
5 und eine obere Metallisierung (110) angeordnet ist,  
wobei die obere Metallisierung (110) nur über dem Mittenabschnitt (300) angeordnet ist, nicht über dem ersten Randabschnitt (410).
- 10 8. Verfahren zum Herstellen eines kantenemittierenden Halbleiterlasers (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) mit den folgenden Schritten:
- Bereitstellen eines Substrats (100) mit einer Oberseite (101);
  - 15 - Anordnen einer Zusatzschicht (260) an der Oberseite (101) des Substrats (100) durch epitaktisches Wachstum;
  - Entfernen eines Teils der Zusatzschicht (260) in einem Mittenabschnitt (300), um eine Oberfläche an der Oberseite (101) des Substrats auszubilden, die in dem Mittenabschnitt (300) eine andere Höhe aufweist als in einem ersten Randabschnitt (410);
  - 20 - Abscheiden einer Schichtenfolge (200) über der Oberfläche,  
wobei das Abscheiden der Schichtenfolge (200) ein Abscheiden einer unteren Mantelschicht (210), einer unteren Wellenleiterschicht (220), einer aktiven Schicht (230), einer oberen Wellenleiterschicht (240) und einer oberen Mantelschicht (250) umfasst,
  - 25 wobei die Zusatzschicht (260) elektrisch isolierend ist oder eine Dotierung mit umgekehrtem Vorzeichen aufweist wie die untere Mantelschicht (210),  
wobei der Höhenunterschied der Oberfläche zwischen dem Mittenabschnitt (300) und dem ersten Randabschnitt (410) so bemessen wird, dass im ersten Randabschnitt (410) eine
  - 30 der Mantelschichten (210, 250) oder eine der Wellenleiterschichten (220, 240) auf Höhe der aktiven Schicht (230) im Mittenabschnitt (300) angeordnet wird;
  - 35 - Brechen des Substrats (100) und der Schichtenfolge der-

art, dass eine erste Facette (400) gebildet wird, an die der erste Randabschnitt (410) angrenzt.

9. Verfahren gemäß Anspruch 8,  
5 wobei das Entfernen der Zusatzschicht (260) durch ein Ätzverfahren erfolgt.



FIG 1

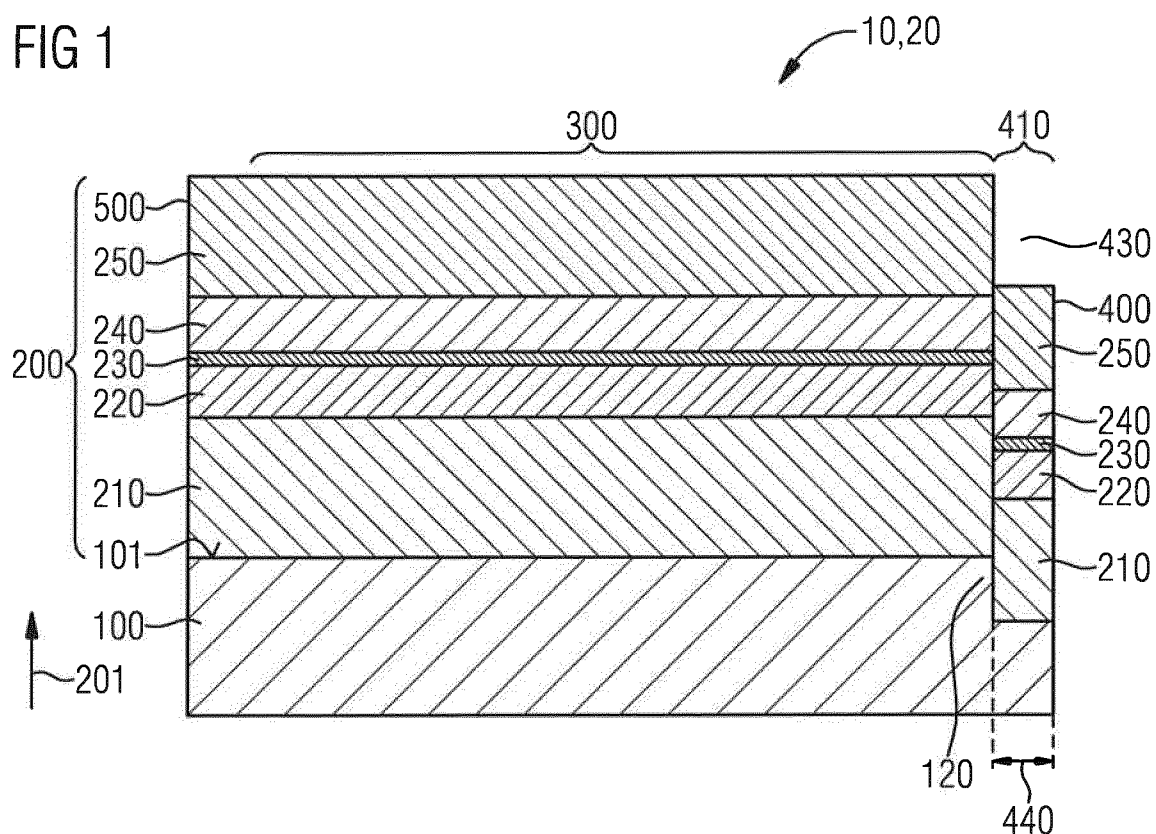


FIG 2

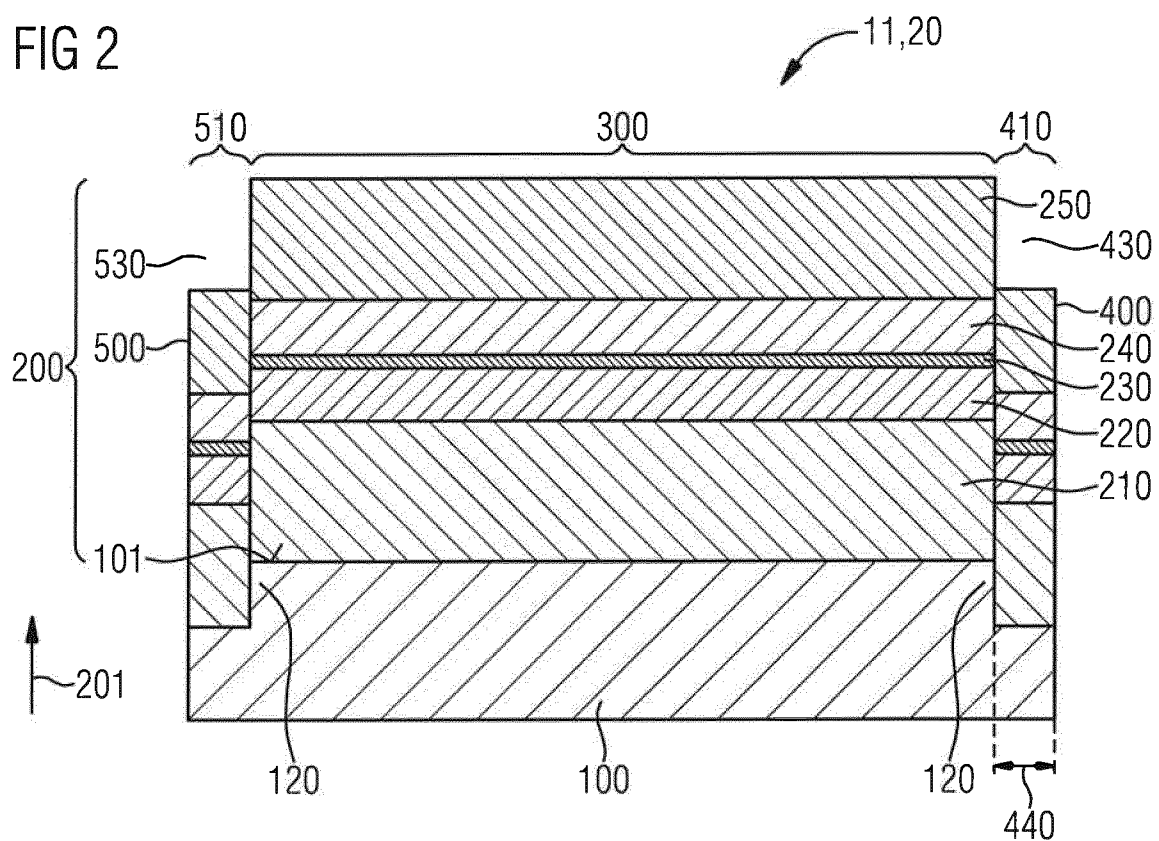


FIG 3

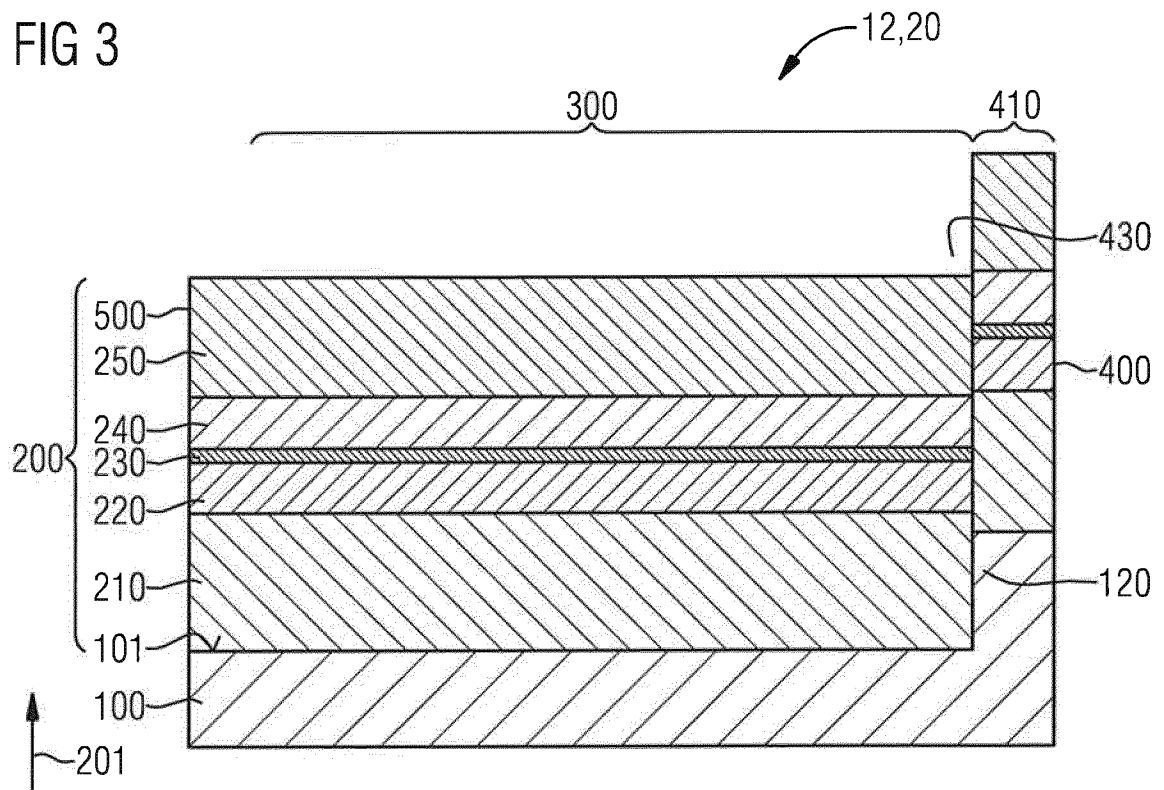


FIG 4

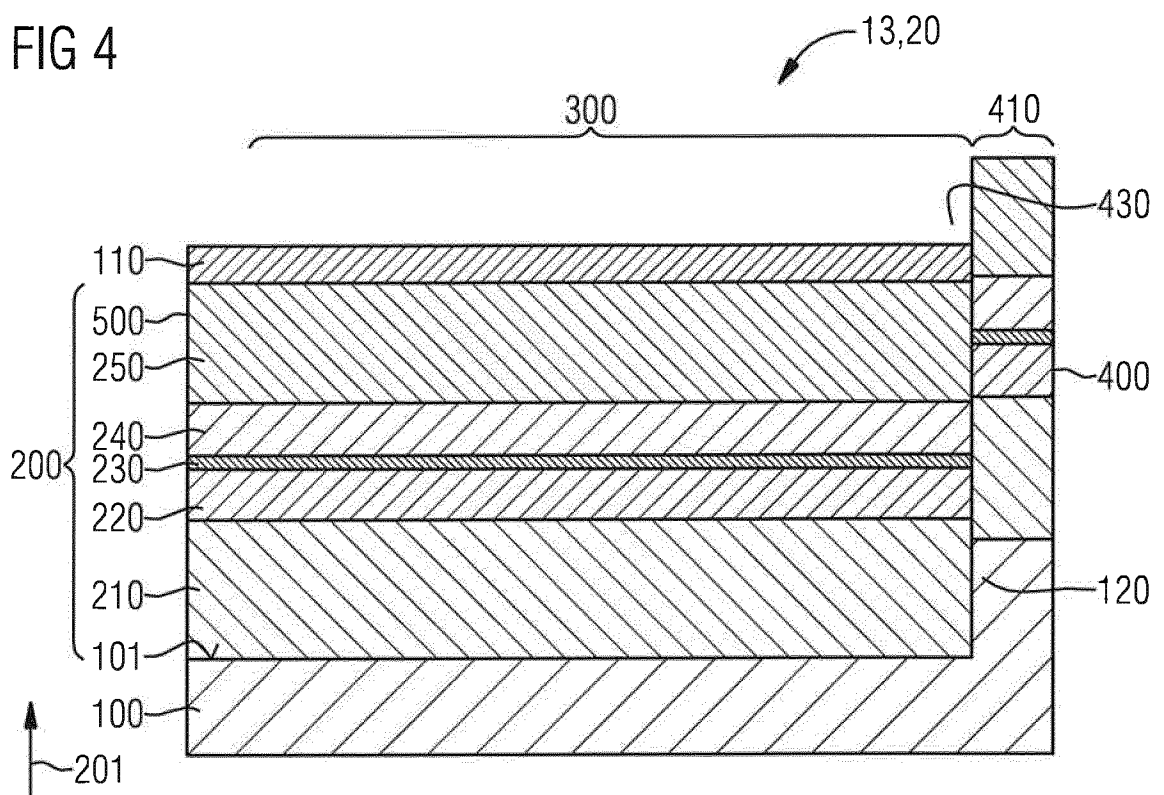
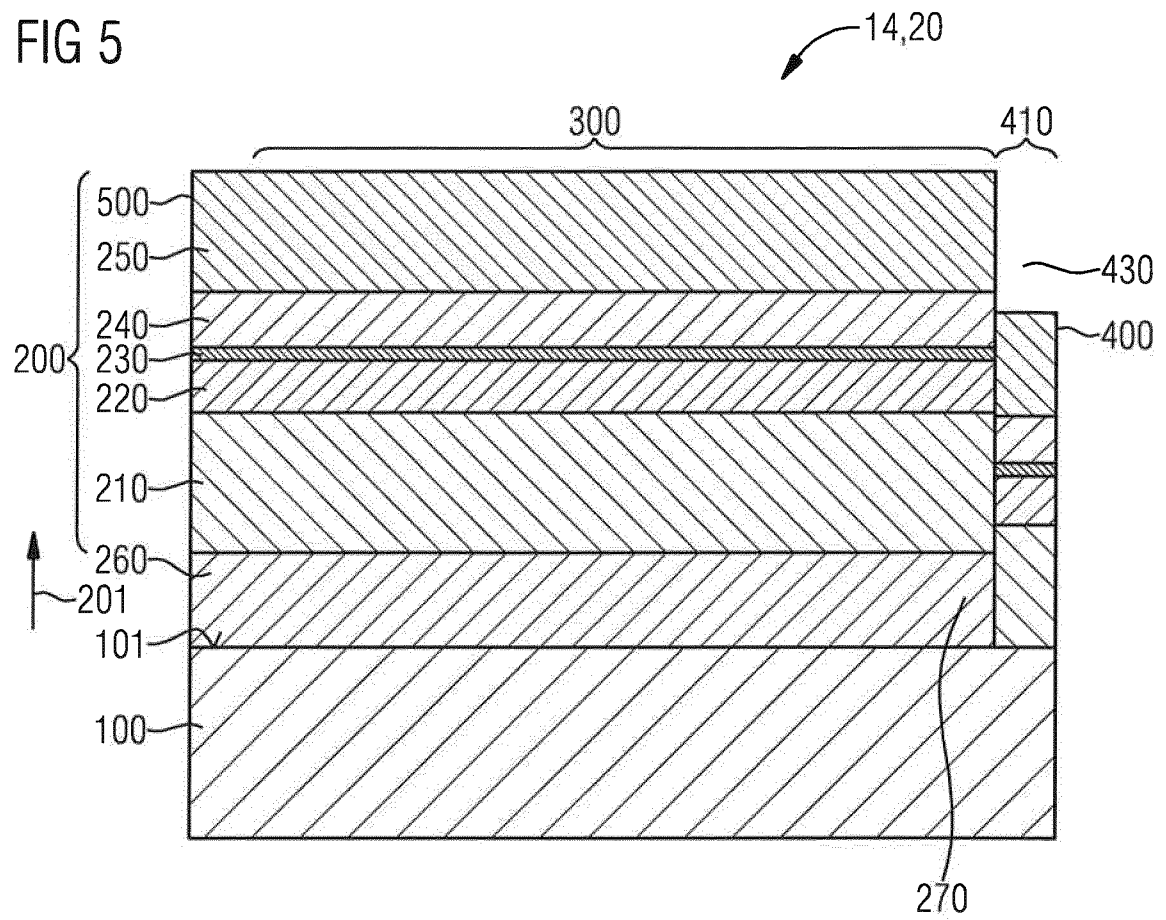


FIG 5



4/5

FIG 6

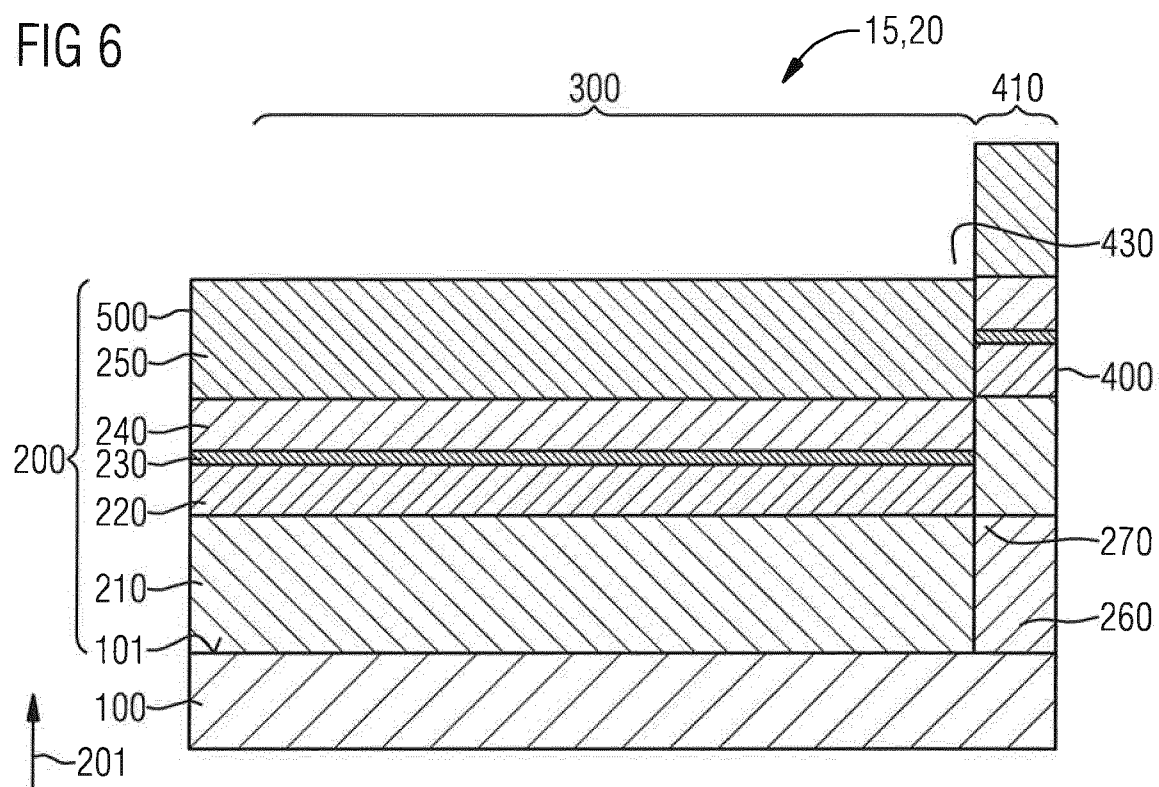


FIG 7

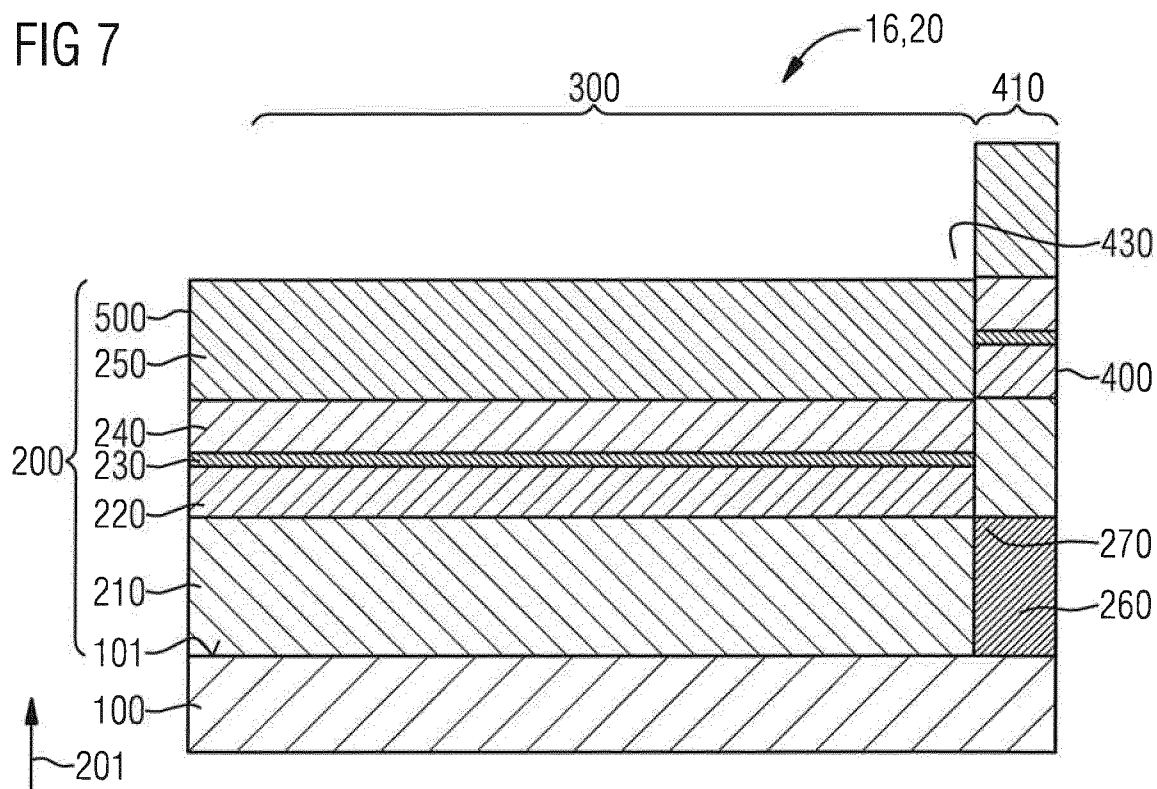
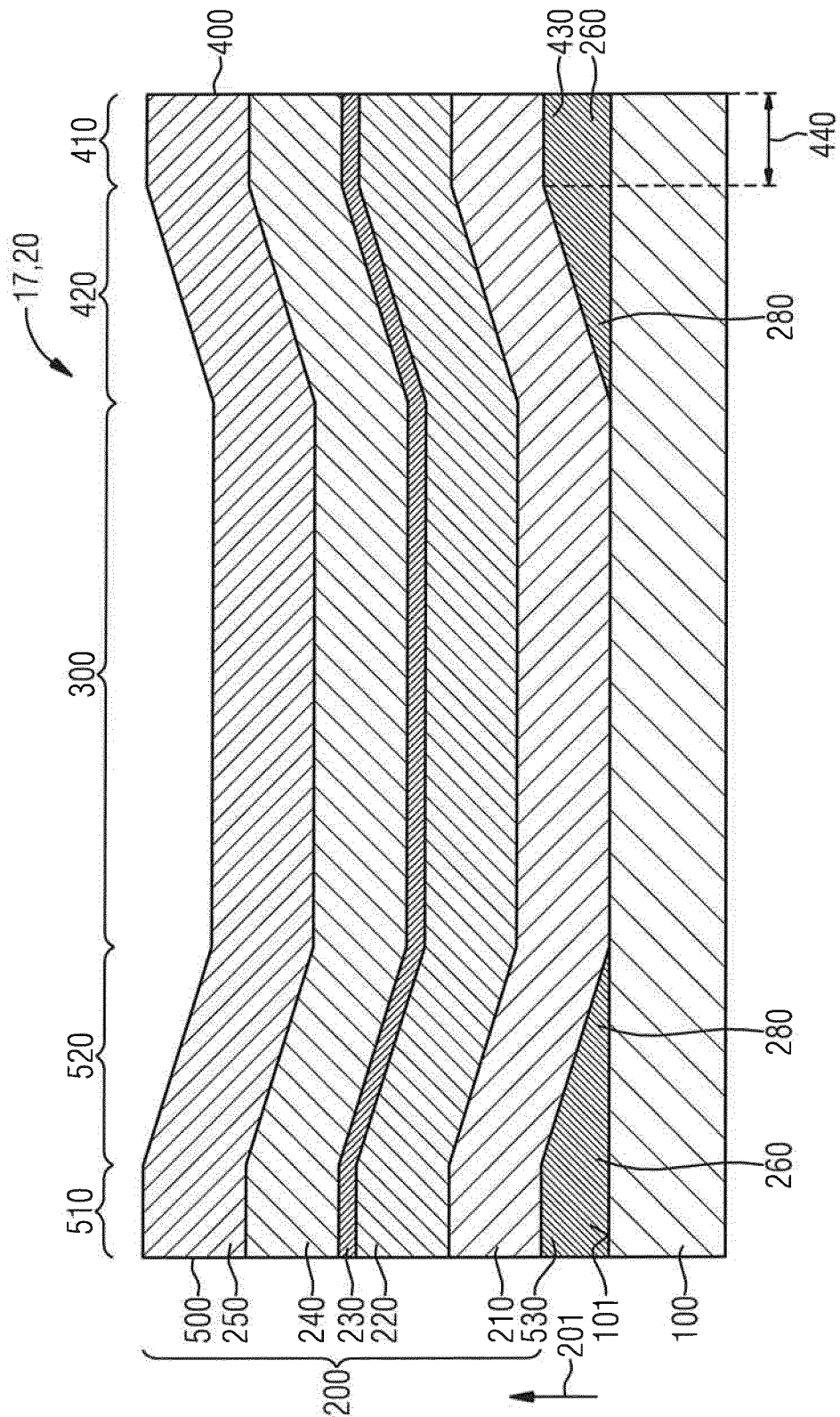


FIG 8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/055937

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01S5/16

ADD. H01S5/02 H01S5/32

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, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                        | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | JP 2000 196188 A (TOSHIBA CORP)<br>14 July 2000 (2000-07-14)                                                                                              | 1-3,5-9               |
| Y         | paragraphs [0033] - [0066]; figures<br>1,3,5,9                                                                                                            | 1-9                   |
| Y         | -----<br>US 2004/115847 A1 (HASEGAWA YOSHIKI [JP]<br>ET AL) 17 June 2004 (2004-06-17)<br>paragraphs [0066] - [0101], [0112] -<br>[0116]; figures 10,14,17 | 1-9                   |
| Y         | -----<br>JP 2008 181928 A (SONY CORP)<br>7 August 2008 (2008-08-07)<br>paragraphs [0009], [0013] - [0047];<br>figures 1,2,6,10,11                         | 1-9                   |
|           | -----                                                                                                                                                     |                       |



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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 June 2016

Date of mailing of the international search report

24/06/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Laenen, Robert

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/055937

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date         |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| JP 2000196188                             | A                   | 14-07-2000                 | NONE                        |
| -----                                     |                     |                            |                             |
| US 2004115847                             | A1                  | 17-06-2004                 | CN 1579040 A 09-02-2005     |
|                                           |                     |                            | US 2004115847 A1 17-06-2004 |
|                                           |                     |                            | US 2005156190 A1 21-07-2005 |
|                                           |                     |                            | WO 03038956 A1 08-05-2003   |
| -----                                     |                     |                            |                             |
| JP 2008181928                             | A                   | 07-08-2008                 | NONE                        |
| -----                                     |                     |                            |                             |

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01S5/16

ADD. H01S5/02 H01S5/32

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, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                           | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| X          | JP 2000 196188 A (TOSHIBA CORP)<br>14. Juli 2000 (2000-07-14)                                                                                                | 1-3,5-9            |
| Y          | Absätze [0033] - [0066]; Abbildungen<br>1,3,5,9                                                                                                              | 1-9                |
| Y          | -----<br>US 2004/115847 A1 (HASEGAWA YOSHIAKI [JP]<br>ET AL) 17. Juni 2004 (2004-06-17)<br>Absätze [0066] - [0101], [0112] - [0116];<br>Abbildungen 10,14,17 | 1-9                |
| Y          | -----<br>JP 2008 181928 A (SONY CORP)<br>7. August 2008 (2008-08-07)<br>Absätze [0009], [0013] - [0047];<br>Abbildungen 1,2,6,10,11                          | 1-9                |
|            | -----                                                                                                                                                        |                    |



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

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Juni 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/06/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Laenen, Robert



**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/055937

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| JP 2000196188 A                                    | 14-07-2000                    | KEINE                             |                               |
| US 2004115847 A1                                   | 17-06-2004                    | CN 1579040 A                      | 09-02-2005                    |
|                                                    |                               | US 2004115847 A1                  | 17-06-2004                    |
|                                                    |                               | US 2005156190 A1                  | 21-07-2005                    |
|                                                    |                               | WO 03038956 A1                    | 08-05-2003                    |
| JP 2008181928 A                                    | 07-08-2008                    | KEINE                             |                               |