



(10) **DE 10 2017 113 389 B4** 2021.07.29

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 113 389.5**
(22) Anmeldetag: **19.06.2017**
(43) Offenlegungstag: **20.12.2018**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **29.07.2021**

(51) Int Cl.: **H01S 5/20 (2006.01)**
H01S 5/22 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**OSRAM Opto Semiconductors Gesellschaft mit
beschränkter Haftung, 93055 Regensburg, DE**

(74) Vertreter:
**Epping Hermann Fischer
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE**

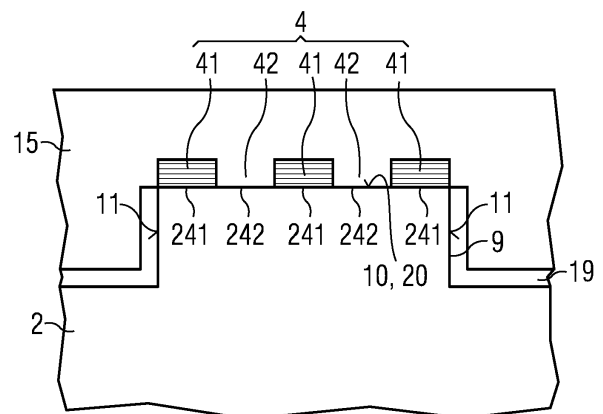
(72) Erfinder:
**Gerhard, Sven, Dr., 93087 Alteglofsheim, DE;
Eichler, Christoph, Dr., 93093 Donaustauf, DE;
Lell, Alfred, 93142 Maxhütte-Haidhof, DE; Stojetz,
Bernhard, Dr., 93109 Wiesent, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2016 125 857	A1
US	2004 / 0 184 497	A1
US	2009 / 0 092 163	A1
US	2011 / 0 051 768	A1

(54) Bezeichnung: **Halbleiterlaserdiode**

(57) Hauptanspruch: Halbleiterlaserdiode (100) mit einer Halbleiterschichtenfolge (2) mit einer aktiven Schicht (3), die eine Hauptstreckungsebene aufweist und die dazu eingerichtet ist, im Betrieb in einem aktiven Bereich (5) Licht (8) zu erzeugen und über eine Lichtauskoppelfläche (6) abzustrahlen, wobei sich der aktive Bereich (5) von einer der Lichtauskoppelfläche (6) gegenüberliegenden Rückseitenfläche (7) zur Lichtauskoppelfläche (6) entlang einer longitudinalen Richtung (93) in der Hauptstreckungsebene erstreckt, wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) einen Oberflächenbereich (20) aufweist, auf dem in unmittelbarem Kontakt eine erste Mantelschicht (4) aufgebracht ist, wobei die erste Mantelschicht (4) ein transparentes Material aus einem von der Halbleiterschichtenfolge (2) verschiedenen Materialsystem aufweist und wobei die erste Mantelschicht (4) strukturiert ist und eine erste Struktur aufweist, wobei die erste Mantelschicht (4) zumindest zwei unterschiedliche transparente leitende Oxide aufweist, und wobei die zumindest zwei unterschiedlichen transparenten leitenden Oxide in einem alternierenden Schichtenstapel auf dem Oberflächenbereich (20) aufgebracht sind.



Beschreibung

[0001] Es wird eine Halbleiterlaserdiode angegeben.

[0002] In den folgenden Druckschriften sind Halbleiterlaserdioden beschrieben: US 2011/0051768 A1, US 2009/0092163 A1, US 2004/0184497 A1, DE 10 2016 125 857 A1.

[0003] Bei einer kantenemittierenden Laserdiode ist die Licht erzeugende Schicht zwischen Mantelschichten angeordnet, die aufgrund ihres Brechungsindex eine Wellenführung in Schichtstapelrichtung bewirken und somit zur Ausbildung von Lasermoden beitragen. Die Mantelschichten bestehen üblicherweise aus dem dotierten Halbleitermaterial der Diode, da dadurch zusätzlich zur Modenführung ein guter elektrischer Widerstand erreicht werden soll. Materialien wie beispielsweise AlGaN, das für Mantelschichten von auf nitridischen Verbindungshalbleitermaterialien basierenden Laserdioden verwendet wird, sind jedoch schwer mit einer hohen p-Dotierung und damit nur schwer mit einer guten Leitfähigkeit herstellbar, so dass stets ein Kompromiss zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und der optischen Absorption gefunden werden muss.

[0004] Weiterhin führen Hochleistungslaserdioden üblicherweise mehrere longitudinale und laterale Lasermoden, so dass die optische Intensität auf der Auskoppelfacetten durch die Summe aller im Laser anschwingenden Lasermoden bewirkt wird. Dies kann jedoch zu einer inhomogenen Intensitätsverteilung, insbesondere in lateraler Richtung, führen, was Intensitätsüberhöhungen und damit verbunden eine Facettenüberbelastung an solchen Stellen zur Folge haben kann. Hierdurch kann es zu einem Facettenschaden und der Zerstörung des Lasers kommen. Um dieses Problem zu umgehen, ist es im Stand der Technik bekannt, Teile der für den elektrischen Anschluss des Halbleitermaterials vorgesehenen Kontaktmaterialien mit einer isolierenden Schicht vom Halbleitermaterial zu isolieren und diese nur in bestimmten Bereichen zu öffnen. Auf diese Weise wird nur an den geöffneten Stellen Strom in das Halbleitermaterial eingeprägt, der sich lediglich über die Querleitfähigkeit der Halbleitermaterialien verteilen kann. Dies führt dazu, dass Bereiche weit weg von den Öffnungen geringer bestromt werden als solche direkt unter den Öffnungen. Dadurch kann zwar die Modendynamik gesteuert werden, jedoch sind die Designfreiheit solcher Maßnahmen und gleichzeitig auch die Größe der erzielten Effekte deutlich eingeschränkt.

[0005] Zumindest eine Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, eine Halbleiterlaserdiode anzugeben.

[0006] Diese Aufgabe wird durch Gegenstände gemäß der unabhängigen Patentansprüche 1 und 15

gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Gegenstands sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet und gehen weiterhin aus der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen hervor.

[0007] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist eine Halbleiterlaserdiode zumindest eine aktive Schicht auf, die dazu vorgesehen und eingerichtet ist, im Betrieb der Laserdiode in einem aktiven Bereich Licht zu erzeugen. Die aktive Schicht kann insbesondere Teil einer Halbleiterschichtenfolge mit einer Mehrzahl von Halbleiterschichten sein und eine Hauptstreckungsebene aufweisen, die senkrecht zu einer Anordnungsrichtung der Schichten der Halbleiterschichtenfolge ist. Das in der aktiven Schicht und insbesondere im aktiven Bereich im Betrieb der Halbleiterlaserdiode erzeugte Licht kann über eine Lichtauskoppelfläche abgestrahlt werden.

[0008] Beispielsweise kann die aktive Schicht genau einen aktiven Bereich aufweisen. Der aktive Bereich kann zumindest teilweise durch eine Kontaktfläche von elektrisch leitenden Schichten mit der Halbleiterschichtenfolge definiert sein, also zumindest teilweise durch eine Fläche, über die eine Stromeinprägung in die Halbleiterschichtenfolge und damit in die aktive Schicht erfolgt. Weiterhin kann der aktive Bereich zusätzlich zumindest teilweise auch durch eine Stegwellenleiterstruktur definiert sein, also durch einen in Form einer länglichen Erhöhung gebildeten Steg im Halbleitermaterial der Halbleiterschichtenfolge.

[0009] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird bei einem Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterlaserdiode eine aktive Schicht hergestellt, die dazu eingerichtet und vorgesehen ist, im Betrieb der Halbleiterlaserdiode Licht, insbesondere im infraroten bis ultravioletten Spektrum, zu erzeugen. Insbesondere kann eine Halbleiterschichtenfolge mit der aktiven Schicht hergestellt werden. Die vorab und im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele und Merkmale gelten gleichermaßen für die Halbleiterlaserdiode wie auch für das Verfahren zur Herstellung der Halbleiterlaserdiode.

[0010] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Halbleiterlaserdiode zusätzlich zur Lichtauskoppelfläche eine der Lichtauskoppelfläche gegenüberliegende Rückseitenfläche auf. Die Lichtauskoppelfläche und die Rückseitenfläche, die auch als sogenannte Facetten bezeichnet werden können, können insbesondere Seitenflächen der Halbleiterlaserdiode und insbesondere zumindest teilweise der Halbleiterschichtenfolge sein. Auf der Lichtauskoppelfläche und der Rückseitenfläche können geeignete optische Beschichtungen, insbesondere reflektierende oder teilreflektierende Schichten oder Schichtenfolgen, aufgebracht sein, die einen optischen Resonator für das in der aktiven Schicht erzeugte Licht

bilden können. Der aktive Bereich kann sich zwischen der Rückseitenfläche und der Lichtauskoppel­fläche entlang einer Richtung erstrecken, die hier und im Folgenden als longitudinale Richtung bezeichnet wird. Die longitudinale Richtung kann insbesondere parallel zur Haupterstreckungsebene der aktiven Schicht sein. Die Anordnungsrichtung der Schichten übereinander, also eine Richtung senkrecht zur Haupterstreckungsebene der aktiven Schicht, wird hier und im Folgenden als vertikale Richtung bezeichnet. Eine Richtung senkrecht zur longitudinalen Richtung und senkrecht zur vertikalen Richtung wird hier und im Folgenden als transversale Richtung oder als laterale Richtung bezeichnet. Die longitudinale Richtung und die transversale/laterale Richtung können somit eine Ebene aufspannen, die parallel zur Haupterstreckungsebene der aktiven Schicht ist.

[0011] Die Halbleiterschichtenfolge kann insbesondere als Epitaxieschichtenfolge, also als epitaktisch gewachsene Halbleiterschichtenfolge, ausgeführt sein. Hierzu kann eine Mehrzahl von Halbleiterschichten einschließlich der aktiven Schicht aufeinander aufgewachsen werden, wobei die Halbleiterschichten jeweils auf einem Verbindungshalbleitermaterialsystem basieren.

[0012] Beispielsweise kann die Halbleiterschichtenfolge auf der Basis von InAlGaN ausgeführt sein. Unter InAlGaN-basierte Halbleiterschichtenfolgen fallen insbesondere solche, bei denen die epitaktisch hergestellte Halbleiterschichtenfolge in der Regel eine Schichtenfolge aus unterschiedlichen Einzelschichten aufweist, die mindestens eine Einzelschicht enthält, die ein Material aus dem III-V-Verbindungshalbleitermaterialsystem $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufweist. Insbesondere kann die aktive Schicht auf einem solchen Material basieren. Halbleiterschichtenfolgen, die zumindest eine aktive Schicht auf Basis auf InAlGaN aufweisen, können beispielsweise bevorzugt elektromagnetische Strahlung in einem ultravioletten bis grünen oder sogar gelben Wellenlängenbereich emittieren.

[0013] Alternativ oder zusätzlich kann die Halbleiterschichtenfolge auch auf InAlGaP basieren, das heißt, dass die Halbleiterschichtenfolge unterschiedliche Einzelschichten aufweisen kann, wovon mindestens eine Einzelschicht, beispielsweise die aktive Schicht, ein Material aus dem III-V-Verbindungshalbleitermaterialsystem $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufweist. Halbleiterschichtenfolgen, die zumindest eine aktive Schicht auf Basis von InAlGaP aufweisen, können beispielsweise bevorzugt elektromagnetische Strahlung mit einer oder mehreren spektralen Komponenten in einem grünen bis roten Wellenlängenbereich emittieren.

[0014] Alternativ oder zusätzlich kann die Halbleiterschichtenfolge auch andere III-V-Verbindungshalb-

leitermaterialsysteme, beispielsweise ein InAlGaAs-basiertes Material, oder II-VI-Verbindungshalbleitermaterialsysteme aufweisen. Insbesondere kann eine aktive Schicht eines Licht emittierenden Halbleiterchips, die ein InAlGaAs-basiertes Material aufweist, geeignet sein, elektromagnetische Strahlung mit einer oder mehreren spektralen Komponenten in einem roten bis infraroten Wellenlängenbereich zu emittieren.

[0015] Ein II-VI-Verbindungshalbleitermaterial kann wenigstens ein Element aus der zweiten Hauptgruppe, wie beispielsweise Be, Mg, Ca, Sr, und ein Element aus der sechsten Hauptgruppe, wie beispielsweise O, S, Se, aufweisen. Beispielsweise gehören zu den II-VI-Verbindungs-Halbleitermaterialien: ZnO, ZnMgO, CdS, ZnCdS, MgBeO.

[0016] Die aktive Schicht und insbesondere die Halbleiterschichtenfolge mit der aktiven Schicht können auf einem Substrat aufgebracht sein. Das Substrat kann ein Halbleitermaterial, beispielsweise ein oben genanntes Verbindungshalbleitermaterialsystem, oder ein anderes Material umfassen. Insbesondere kann das Substrat Saphir, GaAs, GaP, GaN, InP, SiC, Si, Ge und/oder ein Keramikmaterial wie beispielsweise SiN oder AlN umfassen oder aus einem solchen Material sein. Beispielsweise kann das Substrat als Aufwachssubstrat ausgebildet sein, auf dem die Halbleiterschichtenfolge aufgewachsen wird. Die aktive Schicht und insbesondere eine Halbleiterschichtenfolge mit der aktiven Schicht können mittels eines Epitaxieverfahrens, beispielsweise mittels metallorganischer Gasphasenepitaxie (MOVPE) oder Molekularstrahlepitaxie (MBE), auf dem Aufwachssubstrat aufgewachsen und weiterhin mit elektrischen Kontakten versehen werden. Weiterhin kann es auch möglich sein, dass das Aufwachssubstrat nach dem Aufwuchsprozess entfernt wird. Hierbei kann die Halbleiterschichtenfolge beispielsweise nach dem Aufwachsen auf ein als Trägersubstrat ausgebildetes Substrat übertragen werden.

[0017] Die aktive Schicht kann beispielsweise einen herkömmlichen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, eine Einfach-Quantentopfstruktur (SQW-Struktur) oder eine Mehrfach-Quantentopfstruktur (MQW-Struktur) zur Lichterzeugung aufweisen. Die Halbleiterschichtenfolge kann zusätzlich zur aktiven Schicht weitere funktionale Schichten und funktionelle Bereiche umfassen, etwa p- oder n-dotierte Ladungsträgertransportschichten, also Elektronen- oder Löchertransportschichten, hoch p- oder n-dotierte Halbleiterkontaktschichten, undotierte oder p- oder n-dotierte Confinement-, Mantel- oder Wellenleiterschichten, Barrierschichten, Planarisierungsschichten, Pufferschichten, Schutzschichten und/oder Elektroden sowie Kombinationen daraus. Darüber hinaus können zusätzliche Schichten, etwa Pufferschichten, Barrierschichten und/oder Schutz-

schichten, auch senkrecht zur Aufwachsrichtung der Halbleiterschichtenfolge beispielsweise um die Halbleiterschichtenfolge herum angeordnet sein, also etwa auf den Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge.

[0018] Weiterhin weist die Halbleiterlaserdiode einen Oberflächenbereich auf, auf dem unmittelbar eine erste Mantelschicht aufgebracht ist. Der Oberflächenbereich der Halbleiterlaserdiode ist insbesondere ein Oberflächenbereich der Halbleiterschichtenfolge. Mit anderen Worten weist die Halbleiterschichtenfolge eine Oberfläche auf, mit der die Halbleiterschichtenfolge auf einer Seite, insbesondere in vertikaler Richtung, abschließt. Zumindest ein Teil dieser Oberfläche bildet den Oberflächenbereich, auf dem die erste Mantelschicht in direktem Kontakt aufgebracht ist. Die erste Mantelfläche ist somit in unmittelbarem Kontakt mit dem Oberflächenbereich der Halbleiterschichtenfolge angeordnet und grenzt ohne ein weiteres dazwischenliegendes Material direkt an das Halbleitermaterial der Halbleiterschichtenfolge an.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Halbleiterschichtenfolge eine Stegwellenleiterstruktur auf. Die Stegwellenleiterstruktur kann beispielsweise auf einer einem Substrat abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge ausgebildet sein. Die Stegwellenleiterstruktur kann eine Stegobenseite und daran angrenzende Stegseitenflächen aufweisen und kann insbesondere durch Entfernung eines Teils des Halbleitermaterials von der dem Substrat abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge erzeugt werden. Die Stegwellenleiterstruktur verläuft in longitudinaler Richtung und ist in lateraler Richtung beidseitig durch die Stegseitenflächen sowie in vertikaler Richtung auf der der aktiven Schicht abgewandten Seite durch die Stegobenseite begrenzt. Die Stegseitenflächen sowie die übrige, an die Stegwellenleiterstruktur angrenzende Oberseite der Halbleiterschichtenfolge kann beispielsweise durch ein Passivierungsmaterial bedeckt sein. Durch den Brechungsindexsprung an den Stegseitenflächen der Stegwellenleiterstruktur durch den Übergang vom Halbleitermaterial zum Passivierungsmaterial kann eine so genannte Indexführung des in der aktiven Schicht erzeugten Lichts bewirkt werden, was die Ausbildung eines aktiven Bereichs fördern kann. Der durch die erste Mantelschicht unmittelbar kontaktierte Oberflächenbereich der Halbleiterschichtenfolge kann durch einen Teil oder besonders bevorzugt durch die gesamte Stegobenseite gebildet werden. Alternativ hierzu kann die Halbleiterlaserdiode auch als so genannte Breitstreifenlaserdiode ohne Stegwellenleiterstruktur ausgebildet sein, wobei in diesem Fall der durch die erste Mantelschicht unmittelbar kontaktierte Oberflächenbereich insbesondere durch einen Teil einer einem Substrat gegenüberliegende Oberseite der Halbleiterschichtenfolge gebildet werden kann.

Der übrige Teil der Oberseite kann durch ein Passivierungsmaterial abgedeckt sein.

[0020] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird der Oberflächenbereich, auf dem die erste Mantelschicht aufgebracht ist, durch eine Halbleiterkontaktschicht der Halbleiterschichtenfolge gebildet. Die Halbleiterkontaktschicht kann durch eine hochdotierte Halbleiterschicht gebildet werden, die einen geringen elektrischen Kontaktwiderstand zu einem angrenzenden elektrisch leitenden Material ausbildet. Ist die erste Mantelschicht auf der p-Seite angeordnet, kann es sich bei der Halbleiterkontaktschicht insbesondere um eine p⁺-dotierte Halbleiterschicht handeln.

[0021] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die erste Mantelschicht ein transparentes Material aus einem von der Halbleiterschichtenfolge verschiedenem Materialsystem auf. Das kann insbesondere bedeuten, dass die erste Mantelschicht kein Material aus dem Verbindungshalbleitermaterialsystem aufweist, aus dem die Halbleiterschichten der Halbleiterschichtenfolge gebildet werden. Darüber hinaus kann die erste Mantelschicht mit einem Herstellungsverfahren auf dem Oberflächenbereich aufgebracht werden, das verschieden vom zur Herstellung der Halbleiterschichtenfolge verwendeten Epitaxieverfahren ist. Beispielsweise kann das Herstellungsverfahren zur Herstellung der ersten Mantelschicht ein nicht-epitaktisches Verfahren sein. Die erste Mantelschicht kann beispielsweise mittels Aufdampfen, Sputtern oder chemischer Gasphasenabscheidung hergestellt werden.

[0022] Mit „transparent“ wird hier und im Folgenden eine Schicht, die auch eine Folge von Schichten sein kann, bezeichnet, die zumindest durchlässig für elektromagnetische Strahlung ist, beispielsweise mit einer oder mehreren spektralen Komponenten im Bereich von infrarotem, sichtbarem und/oder ultraviolettem Licht. In Verbindung mit der hier beschriebenen Halbleiterlaserdiode kann eine transparente Schicht insbesondere für solches Licht vollständig oder zumindest teilweise durchlässig sein, das im Betrieb der Halbleiterlaserdiode erzeugt wird. Dass die erste Mantelschicht ein transparentes Material aufweist, hat zur Folge, dass das im aktiven Bereich im Betrieb der Halbleiterlaserdiode erzeugte Licht in die erste Mantelschicht reicht. Besonders bevorzugt kann das im aktiven Bereich erzeugte Licht aufgrund des sich ausbildenden Lasermodenprofils in vertikaler Richtung ein Intensitätsprofil mit einem Maximum aufweisen, wobei die Intensität an der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschichtenfolge und der ersten Mantelschicht auf einen Wert von größer oder gleich 1% oder größer oder gleich 5% oder größer oder gleich 10% abgefallen sein kann.

[0023] Zusätzlich zur ersten Mantelschicht kann die Halbleiterlaserdioden eine zweite Mantelschicht auf einer der ersten Mantelschicht gegenüber liegenden Seite der aktiven Schicht aufweisen. Die zweite Mantelschicht kann insbesondere durch einen Teil der Halbleiterschichtenfolge, also eine oder mehrere Halbleiterschichten, gebildet werden. Die erste und zweite Mantelschicht, die folglich Materialien aus unterschiedlichen Materialsystemen aufweisen, weisen jeweils einen Brechungsindex auf, der niedriger als der Brechungsindex der aktiven Schicht ist. Dadurch kann in vertikaler Richtung eine Wellenführung des in der aktiven Schicht im Betrieb erzeugten Lichts erreicht werden. Der Brechungsindex der ersten und zweiten Mantelschicht kann dabei gleich oder verschieden sein. Zusätzlich kann die aktive Schicht zwischen einer ersten und zweiten Wellenleiterschicht angeordnet sein, die durch Halbleiterschichten gebildet werden können. Die Wellenleiterschichten sind in diesem Fall zusammen mit der aktiven Schicht zwischen der ersten und zweiten Mantelschicht angeordnet, wobei die erste Wellenleiterschicht auf einer der ersten Mantelschicht zugewandten Seite der aktiven Schicht und die zweite Wellenleiterschicht auf einer der ersten Mantelschicht abgewandten Seite der aktiven Schicht angeordnet ist. Der Brechungsindex jeder der Wellenleiterschichten kann bevorzugt kleiner als der Brechungsindex der aktiven Schicht und größer als der Brechungsindex der auf der jeweiligen Seite angeordneten Mantelschicht sein. Durch ein derartig gestuftes Brechungsindexprofil in vertikaler Richtung kann die Wellenführung verbessert werden. Weiterhin kann zwischen der aktiven Schicht und der ersten Mantelschicht eine Halbleiterschicht in Form einer Mantelteilschicht vorhanden sein, die zumindest teilweise als Mantelschicht wirkt, die jedoch alleine nicht dick genug ist, um eine ausreichende Wellenführung ohne die erste Mantelschicht zu gewährleisten.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die erste Mantelschicht ein Oxid auf. Insbesondere kann die erste Mantelschicht ein transparentes leitendes Oxid aufweisen.

[0025] Transparente leitende Oxide („transparent conductive oxide“, TCO) sind transparente, elektrisch leitende Materialien, in der Regel Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Aluminiumzinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid und Indiumzinnoxid (ITO). Neben binären Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise ZnO, SnO₂ oder In₂O₃ gehören auch ternäre Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise Zn₂SnO₄, CdSnO₃, ZnSnO₃, MgIn₂O₄, GaInO₃, Zn₂In₂O₅ oder In₄Sn₃O₁₂ oder Mischungen unterschiedlicher transparenter leitender Oxide zu der Gruppe der TCOs. Weiterhin entsprechen die TCOs nicht zwingend einer stöchiometrischen Zusammensetzung und können auch p- oder n-dotiert sein. Weiterhin kann die erste Mantel-

schicht zumindest zwei unterschiedliche TCOs aufweisen. Beispielsweise können die unterschiedlichen TCOs in einem alternierenden Schichtenstapel auf dem Oberflächenbereich aufgebracht sein. Darüber hinaus kann die erste Mantelschicht lateral und/oder longitudinal zueinander benachbarte Bereiche aufweisen, in denen unterschiedliche TCOs angeordnet sind.

[0026] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die erste Mantelschicht strukturiert und weist eine erste Struktur auf. Das bedeutet, dass die erste Mantelschicht nicht als gleichmäßige, durchgehende Schicht ausgebildet ist, wie dies üblicherweise für durch Halbleiterschichten gebildete Mantelschichten der Fall ist. Vielmehr weist die erste Mantelschicht lateral und/oder longitudinal zueinander benachbarte Bereiche auf, die sich im Hinblick auf deren Dicke und/oder Material voneinander unterscheiden. Die Dicke der ersten Mantelschicht kann in einem oder mehreren Bereichen auch einen Wert von 0 aufweisen. Mit anderen Worten kann die erste Mantelschicht eine erste Struktur mit zumindest einer Leerstelle aufweisen, die frei vom Material der ersten Mantelschicht sind. Die hier und im Folgenden beschriebenen Strukturmerkmale können einzeln oder auch in einer Mehrzahl vorhanden sein.

[0027] Beispielsweise kann der Oberflächenbereich zumindest einen ersten Oberflächenteilbereich und zumindest einen unmittelbar daran angrenzenden zweiten Oberflächenteilbereich aufweisen und die erste Mantelschicht kann im ersten Oberflächenteilbereich eine erste Dicke und im zweiten Oberflächenteilbereich eine zweite Dicke aufweisen, wobei die erste Dicke größer als die zweite Dicke ist. Die erste Mantelschicht kann somit zueinander vertiefte und/oder erhöhte Bereiche aufweisen, wobei Parameter wie Dicke, Höhe und Tiefe von Bereichen der ersten Mantelschicht soweit nicht anders beschrieben in vertikaler Richtung gemessen zu verstehen sind. Alternativ oder zusätzlich kann die erste Mantelschicht im ersten Oberflächenteilbereich ein erstes Material und im zweiten Oberflächenteilbereich zusätzlich oder alternativ ein zweites Material aufweisen, wobei das erste und zweite Material, die beide insbesondere TCOs sein können, voneinander verschieden sind. Hierbei kann die erste Mantelschicht auf einem ersten Oberflächenteilbereich des Oberflächenbereichs der Halbleiterschichtenfolge nur ein erstes Material aufweisen, während die erste Mantelschicht auf einem an den ersten Oberflächenteilbereich angrenzenden zweiten Oberflächenteilbereich nur ein zweites, vom ersten Material verschiedenes Material aufweist. Weiterhin kann die erste Mantelschicht auf einem ersten Oberflächenteilbereich nur ein erstes Material aufweisen, während die erste Mantelschicht auf einem an den ersten Oberflächenteilbereich angrenzenden zweiten Oberflächenteilbereich zumindest einen vertieften Bereich in einem ersten Material auf-

weisen kann, in dem ein zweites Material angeordnet ist.

[0028] Weiterhin kann die erste Mantelschicht zumindest eine Leerstelle aufweisen, die beispielsweise im zweiten Oberflächenteilbereich angeordnet ist und die durch eine Öffnung oder eine Lücke gebildet wird. Eine Öffnung kann insbesondere durch ein in einer Ebene senkrecht zur vertikalen Richtung vollständig vom Material der ersten Mantelschicht umgebenes Loch im Material der ersten Mantelschicht gebildet sein, das in vertikaler Richtung vollständig durch die erste Mantelschicht hindurchreicht. Eine Lücke kann beispielsweise durch einen Graben gebildet werden, der zwei oder mehr durch Material der ersten Mantelschicht gebildete Bereiche in longitudinaler und/oder lateraler Richtung vollständig voneinander trennt. Entsprechend kann die erste Mantelschicht eine Mehrzahl von Bereichen aufweisen, zwischen denen Leerstellen vorhanden sind. Die durch Material der ersten Mantelschicht gebildeten Bereiche, die durch eine oder mehrere Lücken voneinander getrennt sind, können beispielsweise als longitudinal und/oder transversal verlaufende Streifen und/oder inselförmig ausgebildet sein.

[0029] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist auf zumindest einem Bereich der ersten Mantelschicht ein metallisches Material aufgebracht. Das metallische Material kann insbesondere zum elektrischen Anschluss der Oberfläche der Halbleiterschichtenfolge mit dem Oberflächenbereich, auf dem die erste Mantelschicht aufgebracht ist, vorgesehen und eingerichtet sein. Entsprechend kann der elektrische Anschluss über das metallische Material mittels der ersten Mantelschicht erfolgen. Weiterhin kann die Mantelschicht zumindest eine Leerstelle aufweisen, in der ein metallisches Material aufgebracht ist. Das metallische Material kann hierbei besonders bevorzugt bis zum Oberflächenbereich der Halbleiterschichtenfolge reichen und in direktem Kontakt mit der Halbleiterschichtenfolge stehen. Entsprechend kann ein elektrischer Anschluss des Oberflächenbereichs auch unmittelbar in den Leerstellen der ersten Mantelschicht erfolgen. Hierbei kann das metallische Material im Vergleich zum Material der ersten Mantelschicht einen unterschiedlichen Kontaktwiderstand zum Oberflächenbereich der Halbleiterschichtenfolge und/oder eine unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit aufweisen, so dass die Stromeinprägung in den Oberflächenbereich der Halbleiterschichtenfolge durch die Wahl der Materialien und der Struktur der ersten Mantelschicht und des metallischen Materials in gewünschter Weise eingestellt werden kann. Weiterhin kann das metallische Material eine Absorption für das in der Halbleiterschichtenfolge im Betrieb erzeugte Licht aufweisen.

[0030] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das metallische Material eine Bondschicht auf oder wird dadurch gebildet. Die Bondschicht kann auf der ersten Mantelschicht aufgebracht sein und zum externen elektrischen Anschluss der Halbleiterlaserdiode vorgesehen sein. Beispielsweise kann die Bondschicht ein Auflöten der Halbleiterlaserdiode auf einer Wärmesenke oder einem anderen Träger ermöglichen. Alternativ hierzu kann die Bondschicht dazu vorgesehen und eingerichtet sein, über einen Bonddraht kontaktiert und elektrisch angeschlossen zu werden. Die Bondschicht kann insbesondere zumindest Teilbereiche oder auch die gesamte erste Mantelschicht unmittelbar kontaktieren.

[0031] Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das metallische Material eine metallische Kontaktschicht auf, die zusätzlich zur Bondschicht auf der ersten Mantelschicht aufgebracht sein kann. Die metallische Kontaktschicht kann insbesondere zwischen der Halbleiterschichtenfolge und der Bondschicht angeordnet sein. Weiterhin kann die metallische Kontaktschicht strukturiert sein und eine zweite Struktur aufweisen. Die zweite Struktur kann gleich oder ähnlich der ersten Struktur der ersten Mantelschicht sein. Hierzu kann die metallische Kontaktschicht deckungsgleich mit dem Material der ersten Kontaktschicht aufgebracht sein. Weiterhin können die erste und zweite Struktur voneinander verschieden sein.

[0032] Bei der hier beschriebenen Halbleiterlaserdiode kann durch die beschriebene laterale und/oder longitudinale Strukturierung der ersten Mantelschicht das Modenverhalten im aktiven Bereich gezielt gesteuert werden. In Kombination mit dem darauf aufgetragenen metallischen Material kann dieser Effekt noch besser eingestellt werden, so dass das Modenverhalten lateral und longitudinal gezielt und in einem sehr weiten Bereich genau gesteuert werden kann. Hierbei kann bei Halbleiterlaserdioden mit oder ohne Stegwellenleiterstruktur insbesondere derart gesteuert werden, dass einzelne Lasermoden gezielt ausgewählt und verstärkt oder auch unterdrückt werden können. Anstelle von üblichen Maßnahmen wie einem teilweisen Abdecken der Halbleiteroberseite mit dielektrischen Schichten ist dies bei der hier beschriebenen Halbleiterlaserdiode durch gezielt eingestellte Bereiche mit unterschiedlicher Absorption und Leitfähigkeit möglich. Hierdurch sind die erzielbaren Effekte größer und genauer steuerbar. Zudem ergibt sich eine größere Designfreiheit und eine höhere Prozessstabilität aufgrund der besseren Kontrollierbarkeit der Absorption auf Basis der direkten Strukturierung.

[0033] Weitere Vorteile, vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen.

[0034] Es zeigen:

Fig. 1A bis Fig. 1E schematische Darstellungen einer Halbleiterlaserdiode gemäß einem Ausführungsbeispiel,

Fig. 2A und Fig. 2B schematische Darstellungen von Halbleiterlaserdioden gemäß weiteren Ausführungsbeispielen,

Fig. 3A bis Fig. 3H schematische Darstellungen von Halbleiterlaserdioden gemäß weiteren Ausführungsbeispielen,

Fig. 4A bis Fig. 6B schematische Darstellungen von Halbleiterlaserdioden gemäß weiteren Ausführungsbeispielen und

Fig. 7A bis Fig. 9E schematische Darstellungen von Halbleiterlaserdioden gemäß weiteren Ausführungsbeispielen.

[0035] In den Ausführungsbeispielen und Figuren können gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen sein. Die dargestellten Elemente und deren Größenverhältnisse untereinander sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können einzelne Elemente, wie zum Beispiel Schichten, Bauteile, Bauelemente und Bereiche, zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

[0036] In den **Fig. 1A bis Fig. 1E** ist ein Ausführungsbeispiel für eine Halbleiterlaserdiode **100** gezeigt, wobei **Fig. 1A** eine Schnittdarstellung mit einer Schnittebene parallel zu einer lateralen Richtung **91** und zu einer vertikalen Richtung **92** und **Fig. 1C** eine Schnittdarstellung mit einer Schnittebene parallel zur vertikalen Richtung **92** und zu einer longitudinalen Richtung **93** zeigen. Die **Fig. 1B** und **Fig. 1D** zeigen jeweils einen Ausschnitt der Ansicht der **Fig. 1A**, während **Fig. 1E** eine Aufsicht auf die Stegobenseite **10** der Halbleiterlaserdiode **100** zeigt, in der die darüber aufgebachte Bondschicht **15** nicht dargestellt ist. Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich gleichermaßen auf die **Fig. 1A bis Fig. 1E**.

[0037] Die Halbleiterlaserdiode **100** weist ein Substrat **1** auf, das beispielsweise ein Aufwachssubstrat für eine darauf epitaktisch aufgewachsene Halbleiterschichtenfolge **2** ist. Alternativ hierzu kann das Substrat **1** auch ein Trägersubstrat sein, auf das eine auf einem Aufwachssubstrat aufgewachsene Halbleiterschichtenfolge **2** nach dem Aufwachsen übertragen wird. Beispielsweise kann das Substrat **1** GaN aufweisen oder aus GaN sein, auf dem eine auf einem InAlGaN-Verbindungshalbleitermaterial basierende Halbleiterschichtenfolge **2** aufgewachsen ist. Das bedeutet, dass die im Folgenden beschriebenen Halbleiterschichten der Halbleiterschichtenfolge **2** jeweils ein Halbleitermaterial aus dem InAlGaN-Verbindungshalbleitermaterialsystem aufweisen. Darüber

hinaus sind auch andere Materialien, insbesondere wie im allgemeinen Teil beschrieben, für das Substrat **1** und die Halbleiterschichtenfolge **2** möglich. Weiterhin ist es auch möglich, dass die Halbleiterlaserdiode **100** frei von einem Substrat ist. In diesem Fall kann die Halbleiterschichtenfolge **2** auf einem Aufwachssubstrat aufgewachsen sein, das anschließend entfernt wird. Weiterhin kann die Halbleiterschichtenfolge **2** nach dem Ablösen des Aufwachssubstrats auf ein Hilfssubstrat umgebondet werden. Bevorzugt kann das in p-down-Technologie erfolgen, bevorzugt auf ein hochwärmeleitendes Substrat. Mögliche Substratmaterialien können insbesondere Siliziumcarbid, Aluminiumnitrid, Silizium, Germanium, Saphir, Diamant, diamantähnlicher Kohlenstoff (DLC: „diamond-like carbon“) und Cu-Verbundmaterialien sein.

[0038] Die Halbleiterschichtenfolge **2** weist eine aktive Schicht **3** auf, die Teil der Halbleiterschichtenfolge **2** ist und geeignet ist, im Betrieb Licht **8**, insbesondere bei Überschreiten der Laserschwelle Laserlicht, zu erzeugen und über eine Lichtauskoppelfläche **6** abzustrahlen. Wie in den **Fig. 1A** und **Fig. 1C** angedeutet ist, wird hier und im Folgenden als transversale oder laterale Richtung **91** eine Richtung bezeichnet, die parallel zu einer Hauptstreckungsrichtung der Schichten der Halbleiterschichtenfolge **2** bei einer Schnittansicht mit einer Schnittebene parallel zur Lichtauskoppelfläche **6** verläuft. Die Anordnungsrichtung der Schichten der Halbleiterschichtenfolge **2** aufeinander sowie der Halbleiterschichtenfolge **2** auf dem Substrat **1** wird hier und im Folgenden als vertikale Richtung **92** bezeichnet. Die zur lateralen Richtung **91** und zur vertikalen Richtung **92** senkrecht ausgebildete Richtung, die der Richtung entspricht, entlang derer das Licht **8** abgestrahlt wird, wird hier und im Folgenden als longitudinale Richtung **93** bezeichnet.

[0039] An einer dem Substrat **1** abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge **2** ist auf einem Oberflächenbereich **20** eine erste Mantelschicht **4** aufgebracht. Darüber ist ein metallisches Material in Form einer Bondschicht **15** aufgebracht, die zur elektrischen Kontaktierung der Halbleiterschichtenfolge **2** und insbesondere zur Stromeinprägung von der dem Substrat **1** abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge **2** her vorgesehen ist. Die Bondschicht **15** kann beispielsweise eines oder mehrere Materialien in Form einer Legierung oder eines Schichtenstapels aufweisen, die ausgewählt sein können aus Au, Pt, Ti, Cr, Al. Beispielsweise kann die Bondschicht **15** durch einen Ti/Pt/Au-Schichtenstapel gebildet sein. Die Halbleiterlaserdiode **100** kann eine weitere Elektrodenschicht zur elektrischen Kontaktierung der anderen Seite der Halbleiterschichtenfolge **2** aufweisen, die der Übersichtlichkeit halber nicht gezeigt ist.

[0040] Die Halbleiterschichtenfolge **2** kann zusätzlich zur aktiven Schicht **3** weitere Halbleiterschichten aufweisen. Rein beispielhaft sind eine hoch-dotierte Halbleiterkontaktschicht **21**, darunter eine erste und eine zweite Wellenleiterschicht **22**, **23**, zwischen denen die aktive Schicht angeordnet ist, sowie eine zweite Mantelschicht **24** auf der der ersten Mantelschicht **4** abgewandten Seite der aktiven Schicht **3** gezeigt. Die Halbleiterkontaktschicht **21** dient der Herstellung eines guten elektrischen Kontakts insbesondere zur Bondschicht **15**. Darüber hinaus können alternativ oder zusätzlich weitere Halbleiterschichten wie etwa Mantelschichten, Wellenleiterschichten, Barrierschichten, Stromaufweitungsschichten und/oder Strombegrenzungsschichten vorhanden sein, die zur Vereinfachung der Darstellung jeweils nicht gezeigt sind. Beispielsweise kann über der ersten Wellenleiterschicht **22**, also etwa zwischen der Halbleiterkontaktschicht **21** und der ersten Wellenleiterschicht **22**, eine Mantelteilschicht angeordnet sein, also eine Halbleiterschicht, die im Hinblick auf den Brechungsindex als Mantelschicht ausgebildet ist, die aber zu dünn ist, um alleine als Mantelschicht im Bereich der Halbleiterschichtenfolge **2** über der aktiven Schicht **3** zu wirken. Die Mantelteilschicht und die erste Mantelschicht **4** wirken in diesem Fall gemeinsam als Mantelschicht im Bereich der Halbleiterschichtenfolge **2** über der aktiven Schicht **3**. Weiterhin kann es auch möglich sein, dass die Halbleiterschichtenfolge **2** keine Halbleiterkontaktschicht **21** aufweist, so dass die erste Wellenleiterschicht **22** oder gegebenenfalls eine Mantelteilschicht direkt an die erste Mantelschicht **4** angrenzt.

[0041] Die dem Substrat **1** abgewandte Oberseite der Halbleiterschichtenfolge **2** ist bis auf den Oberflächenbereich **20**, in dem die erste Mantelschicht **4** die Halbleiterschichtenfolge **2** kontaktiert, mit einem Passivierungsmaterial **19** bedeckt, das beispielsweise ein elektrisch isolierendes Oxid, Nitrid oder Oxinitrid, etwa Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxinitrid, Aluminiumoxid, Tantaloxid, Rhodiumoxid, Niobiumoxid und/oder Titandioxid, aufweisen oder sein kann. Darüber hinaus sind auch andere Oxide, Nitride und Oxinitride mit einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus Al, Ce, Ga, Hf, In, Mg, Nb, Rh, Sb, Si, Sn, Ta, Ti, Zn und Zr möglich.

[0042] Weiterhin können auf der Lichtauskoppelfläche **6** und der gegenüberliegenden Rückseitenfläche **7**, die Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge **2** und des Substrats **1** bilden, reflektierende oder teilreflektierende Schichten oder Schichtenfolgen aufgebracht sein, die ebenfalls der Übersichtlichkeit halber nicht gezeigt sind und die zur Ausbildung eines in longitudinaler Richtung **93** verlaufenden optischen Resonators in der Halbleiterschichtenfolge **2** vorgesehen und eingerichtet sind.

[0043] In der dem Substrat **1** abgewandten Oberseite der Halbleiterschichtenfolge **2** ist im gezeigten Ausführungsbeispiel eine Stegwellenleiterstruktur **9** durch Entfernung eines Teils des Halbleitermaterials von der dem Substrat **1** abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge **2** ausgebildet. Die Stegwellenleiterstruktur **9** verläuft in longitudinaler Richtung **93** und weist auf der dem Substrat **1** abgewandten Seite eine Stegobenseite **10** auf, die den Oberflächenbereich **20** bildet, auf dem in unmittelbarem Kontakt die erste Mantelschicht **4** aufgebracht ist. Weiterhin ist die Stegwellenleiterstruktur **9** in lateraler Richtung **91** beidseitig durch Stegseitenflächen **11** begrenzt. Die Stegseitenflächen **11** sind wie die daneben angeordneten Oberseitenbereiche ebenfalls durch das Passivierungsmaterial **19** bedeckt. Durch den Brechungsindexsprung an den Stegseitenflächen **11** durch den Übergang vom Halbleitermaterial zum Passivierungsmaterial **19** kann eine so genannte Indexführung des in der aktiven Schicht **3** erzeugten Lichts bewirkt werden, was zusammen mit der Stromeinprägung zur Ausbildung eines aktiven Bereichs **5** beitragen kann, der den Bereich in der Halbleiterschichtenfolge **2** angibt, in dem das erzeugte Licht geführt und im Laserbetrieb verstärkt wird. Wie in **Fig. 1A** gezeigt ist, kann die Stegwellenleiterstruktur **9** durch vollständiges Entfernen des Halbleitermaterials lateral beidseitig neben dem Steg gebildet werden. Alternativ hierzu kann auch ein so genanntes „Dreibein“ ausgebildet werden, bei dem lateral neben dem Steg nur entlang zweier Rinnen das Halbleitermaterial entfernt ist. Hierbei können sich diese Rinnen insbesondere von der Lichtauskoppelfläche **6** bis zur Rückseitenfläche **7** erstrecken.

[0044] Weiterhin ist auch eine unter dem Begriff „Buried Heterostructure“ bekannte Struktur möglich.

[0045] Die auf der Oberseite der Halbleiterlaserdiode **100** zum externen elektrischen Anschluss vorgesehene Bondschicht **15** ist im gezeigten Ausführungsbeispiel großflächig aufgebracht. Beispielsweise kann die Bondschicht **15** dazu vorgesehen und eingerichtet sein, dass die Halbleiterlaserdiode **100** auf einer Wärmesenke oder einem anderen externen Träger aufgelötet werden kann. Durch das Passivierungsmaterial **19** kann erreicht werden, dass durch die Bondschicht **15** dennoch nur der dafür vorgesehene Oberflächenbereich **20** elektrisch kontaktiert wird. Die der ersten Mantelschicht **4** zugewandte Seite der Halbleiterschichtenfolge **2** kann insbesondere p-dotiert sein, so dass durch ein solches Auflöten mittels der Bondschicht **15** eine sogenannte p-down-Montage der Halbleiterlaserdiode **100** erreicht werden kann.

[0046] Die erste Mantelschicht **4** ist in unmittelbarem Kontakt auf dem Oberflächenbereich **20** aufgebracht und ist in Form einer ersten Struktur strukturiert. Hierzu weist die erste Mantelschicht **4** erste Bereiche **41**

und zweite Bereiche **42** auf, die sich voneinander unterscheiden. Die ersten Bereiche **41** sind auf ersten Oberflächenteilbereichen **241** des Oberflächenbereichs **20** angeordnet, während die zweiten Bereiche **42** auf zweiten Oberflächenteilbereichen **242** des Oberflächenbereichs **20** angeordnet sind. Wie aus den **Fig. 1A** und **Fig. 1E** erkennbar ist, sind die ersten Bereiche **41** der ersten Mantelschicht **4** im gezeigten Ausführungsbeispiel in Form von longitudinal verlaufenden Streifen ausgebildet, die durch die als Leerstellen in Form von Gräben ausgebildeten zweiten Bereiche **42** voneinander getrennt sind. Alternativ hierzu können die Leerstellen beispielsweise auch als Öffnungen ausgebildet sein, die in einer Ebene parallel zur lateralen Richtung **91** und zur longitudinalen Richtung **93** vollständig vom Material der ersten Mantelschicht **4** und damit von ersten Bereichen **41** umgeben sind.

[0047] Die ersten Mantelschicht **4** und insbesondere die ersten Bereiche **41** weisen ein transparentes Material aus einem von der Halbleiterschichtenfolge **2** verschiedenen Materialsystem auf. Im oben beschriebenen Fall, dass die Halbleiterschichtenfolge auf einem InAlGaN-Material basiert, ist die erste Mantelschicht **4** somit frei von einem Material aus dem InAlGaN-Materialsystem. Insbesondere kann die erste Mantelschicht generell frei von Material aus den III-V- und den II-VI-Verbindungshalbleitermaterialsystemen sein. Um als effektive Mantelschicht zu wirken, weist das transparente Material der ersten Mantelschicht **4** einen Brechungsindex auf, der niedriger als der Brechungsindex der aktiven Schicht **3** ist. Ist wie im gezeigten Ausführungsbeispiel zwischen der aktiven Schicht und der ersten Mantelschicht **4** noch die erste Wellenleiterschicht **22** angeordnet, so weist die erste Wellenleiterschicht **22** bevorzugt einen Brechungsindex auf, der zwischen dem Brechungsindex der aktiven Schicht **3** und der ersten Mantelschicht **4** liegt. Wie weiter oben beschrieben ist, kann die Halbleiterschichtenfolge **2** über der ersten Wellenleiterschicht **22** noch eine Mantelteilerschicht aufweisen, so dass in diesem Fall die Wellenführung teilweise durch die Mantelteilerschicht und teilweise durch die erste Mantelschicht **4** erfolgt. Weiterhin ist das Material der ersten Mantelschicht **4** elektrisch leitend, so dass der Oberflächenbereich **20** in den ersten Oberflächenteilbereichen **241** über die Bereiche **41** der ersten Mantelschicht **4** elektrisch kontaktiert wird. Insbesondere weist die Mantelschicht **4** ein TCO auf, bevorzugt beispielsweise ITO.

[0048] ITO ist im Allgemeinen ein Mischoxid mit einem Anteil von größer oder gleich 50% und kleiner oder gleich 99% Indium(III)-oxid (In_2O_3) und mit einem Anteil von größer oder gleich 1% und kleiner oder gleich 50% Zinn(IV)-oxid (SnO_2). Bevorzugt betragen der Anteil von In_2O_3 mehr als 80% und besonders bevorzugt mehr als 90% und der Anteil von SnO_2 weniger als 20% und besonders bevorzugt weniger

als 10%. Die SnO_2 -Komponente generiert Störstellen im In_2O_3 -Kristallgitter, wodurch primär die elektrische Leitfähigkeit der ITO-Schicht bewirkt wird. Alternativ zu ITO sind beispielsweise auch reines Zinnoxid, reines Indiumoxid, Zinkoxid, Magnesiumoxid oder ein anderes oben im allgemeinen Teil genanntes Material möglich.

[0049] In den zweiten Bereichen **42** ragt das durch die Bondschicht **15** gebildete metallische Material durch die erste Mantelschicht **4** hindurch bis zum Oberflächenbereich **20** der Halbleiterschichtenfolge **20**, so dass der Oberflächenbereich **20** in den zweiten Oberflächenteilbereichen **242** direkt von der Bondschicht **15** elektrisch kontaktiert wird.

[0050] Die Dicke der Halbleiterschichten über der aktiven Schicht **3** sowie auch die Dicke der ersten Mantelschicht **4**, die beispielsweise einige 10 nm betragen kann, sind so ausgebildet, dass ein Teil des im Betrieb in der aktiven Schicht **3** erzeugten Lichts **8** in die erste Mantelschicht **4** reicht. Insbesondere kann das in der aktiven Schicht **3** erzeugte Licht **8** in vertikaler Richtung ein Intensitätsprofil mit einem Maximum aufweisen, wobei die Intensität an der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschichtenfolge **2** und der ersten Mantelschicht **4**, insbesondere ersten Bereichen **41** der ersten Mantelschicht **4**, auf einen Wert von größer oder gleich 1% oder größer oder gleich 5% oder größer oder gleich 10% abgefallen sein kann.

[0051] Durch die beschriebene Struktur der ersten Mantelschicht **4** weist diese erste Bereiche **41** und zweite Bereiche **42** auf, die sich in ihren optischen und elektrischen Eigenschaften unterscheiden. Während das Material der ersten Mantelschicht **4** in den ersten Bereichen **41** transparent ist und somit ein Eindringen der Lasermoden erlaubt, sind die zweiten Bereiche **42** der ersten Mantelschicht **4** dadurch, dass diese im beschriebenen Ausführungsbeispiel mit dem metallischen Material der Bondschicht **15** verfüllt sind, lichtabsorbierend. Dadurch können die lateralen Lasermoden beeinflusst werden. Weiterhin kann die Bondschicht **15** beispielsweise mit einer Ti-Schicht in den zweiten Oberflächenteilbereichen **242** an die Halbleiterschichtenfolge **2** angrenzen. Da Ti einen höheren Kontaktwiderstand zur Halbleiterkontaktschicht **21**, die wie oben beschrieben auf InAlGaN basiert und beispielsweise aus p^+ -GaN sein kann, aufweist als ITO, kann die lokale Stromeinprägung in den Oberflächenbereich **20** gesteuert werden. Daneben wirken sich die unterschiedlichen an den Oberflächenbereich **20** angrenzenden Materialien der ersten Mantelschicht **4** und der Bondschicht **15** auf die lokale Entwärmung der Halbleiterschichtenfolge **2** aus. Durch diese Effekte ergibt sich eine zusätzliche Steuerungsmöglichkeit des Modenverhaltens des in der aktiven Schicht **3** erzeugten Lichts. Rein beispielhaft ist in **Fig. 1B** ein typisches Lateral-

modenprofil schematisch angedeutet. Durch die beschriebenen Effekte, die insbesondere durch die ersten Mantelschicht **4** sowie auch durch die Stegwellenleiterstruktur **9** hervorgerufen werden, bildet sich somit der in **Fig. 1A** angedeutete aktive Bereich **5** in der aktiven Schicht **3** aus, in dem dann die Laserlichterzeugung im Betrieb der Halbleiterlaserdiode **100** stattfindet. Wie aus dem in **Fig. 1B** angedeuteten lateralen Lasermodenprofil ersichtlich ist, kann das Modenverhalten derart gesteuert werden, dass keine sogenannten „hot spots“ entstehen, so dass die Zuverlässigkeit und die Effizienz verbessert werden können.

[0052] In den **Fig. 2A** und **Fig. 2B** sind Ausschnitte von weiteren Ausführungsbeispielen gezeigt, bei denen die Halbleiterlaserdiode **100** im Vergleich zum in den **Fig. 1A** bis **Fig. 1E** gezeigten Ausführungsbeispiel als so genannte Breitstreifenlaserdioden ohne Stegwellenleiterstruktur ausgebildet sind. Der Oberflächenbereich **20**, auf dem die strukturierte erste Mantelschicht **4** aufgebracht ist, wird dabei durch denjenigen Teil der Oberseite der Halbleiterschichtenfolge **2** definiert, der nicht durch das Passivierungsmaterial **19** bedeckt ist. Die vorherige Beschreibung gilt entsprechend auch für diese Ausführungsbeispiele.

[0053] In den nachfolgenden Figuren sind Modifikationen und Weiterbildungen der Halbleiterlaserdiode **100** anhand von Ausschnitten und Aufsichten, die den Ansichten der **Fig. 1B** und **Fig. 1D** beziehungsweise der **Fig. 1E** entsprechen, gezeigt. Auch wenn die weiteren Figuren Halbleiterlaserdioden mit Stegwellenleiterstruktur **9** zeigen, gelten die beschriebenen Merkmale auch für Halbleiterlaserdioden ohne Stegwellenleiterstruktur.

[0054] In den **Fig. 3A** bis **Fig. 3H** sind Ausführungsbeispiele für verschiedene erste Strukturen der ersten Mantelschicht **4** auf dem Oberflächenbereich **20** anhand einer schematischen Darstellung der ersten und zweiten Bereiche **41**, **42** gezeigt. Die dargestellten Beispiele sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern zeigen lediglich einige bevorzugte Varianten. Alternativ zu den gezeigten Verteilungen der ersten und zweiten Bereiche **41**, **42** können diese auch miteinander kombiniert sein oder die Anordnung der ersten und zweiten Bereiche **41**, **42** kann auch umgekehrt sein. Weiterhin gelten die in Verbindung mit den **Fig. 3A** bis **Fig. 3H** beschriebenen Strukturen der ersten Mantelschicht **4** auch für die übrigen Ausführungsbeispiele.

[0055] In den **Fig. 3A**, **Fig. 3B** und **Fig. 3C** sind wie schon im Ausführungsbeispiel der **Fig. 1A** bis **Fig. 1E** erste Bereiche **41** gezeigt, die stegförmig als sich in longitudinale Richtung erstreckende Streifen ausgebildet sind, die durch als Gräben ausgebildete zweite Bereiche **42** voneinander getrennt sind. Die ers-

ten Bereich können dabei bis an Ränder des Oberflächenbereichs **20** heranreichen oder auch von diesen beabstandet sein. Weiterhin können die ersten Bereiche **41** gleiche oder unterschiedliche Breiten in lateraler Richtung aufweisen.

[0056] In **Fig. 3A** sind weiterhin Abstände **94**, **95** und **96** der ersten Bereiche **41** zu den Rändern des Oberflächenbereichs **20** und zueinander sowie die Streifenbreite **97** in lateraler Richtung eingezeichnet. Die im Folgenden angegebenen Werte gelten auch für die in den anderen Figuren gezeigten ersten Strukturen der ersten Mantelschicht **4**. Vorteilhafte Werte für den Abstand **94** der ersten Bereiche **41** zu den Facetten sind größer oder gleich $2\ \mu\text{m}$ oder größer oder gleich $5\ \mu\text{m}$ oder besonders bevorzugt größer oder gleich $10\ \mu\text{m}$ sowie kleiner oder gleich $200\ \mu\text{m}$ oder besonders bevorzugt kleiner oder gleich $50\ \mu\text{m}$, vorteilhafte Werte für den Abstand **95** zu den Seiten des Oberflächenbereichs **20**, im Falle einer Stegwellenleiterstruktur somit zu den Stegseitenflächen, sind größer oder gleich $0\ \mu\text{m}$ und kleiner oder gleich $100\ \mu\text{m}$ oder kleiner oder gleich $5\ \mu\text{m}$ oder besonders bevorzugt kleiner oder gleich $3\ \mu\text{m}$. Vorteilhafte Werte für den lateralen Abstand **96** unmittelbar benachbarter erster Kontaktbereiche **241** sind größer oder gleich $1\ \mu\text{m}$ und kleiner oder gleich $30\ \mu\text{m}$. Vorteilhafte Werte für die laterale Breite **97** sind größer oder gleich $5\ \mu\text{m}$ und kleiner oder gleich $30\ \mu\text{m}$. Typische Maße des Oberflächenbereichs **20**, im Falle einer Stegwellenleiterstruktur also der Stegobenseite, können für die Länge in longitudinaler Richtung ein Bereich von größer oder gleich $200\ \mu\text{m}$ oder bevorzugt größer oder gleich $400\ \mu\text{m}$ oder besonders bevorzugt größer oder gleich $600\ \mu\text{m}$ und kleiner oder gleich $5\ \text{mm}$ oder bevorzugt kleiner oder gleich $3\ \text{mm}$ oder besonders bevorzugt kleiner oder gleich $2\ \text{mm}$ sein, weiterhin für die Breite in lateraler Richtung ein Bereich von größer oder gleich $1\ \mu\text{m}$ und kleiner oder gleich $300\ \mu\text{m}$.

[0057] In **Fig. 3D** ist eine Ausgestaltung gezeigt, bei der die laterale Breite des ersten Bereichs **41** variiert, also wie gezeigt beispielsweise von den Facetten in longitudinaler Richtung zur Mitte hin abnimmt. Hierdurch kann die Modenverteilung nahe an den Facetten und im Zentrum des Resonators unabhängig voneinander eingestellt werden. Alternativ ist beispielsweise auch eine Verbreiterung des ersten Bereichs **41** von den Facetten zur Mitte hin möglich.

[0058] Alternativ zu den in den **Fig. 1A** bis **Fig. 3D** gezeigten Varianten mit einem, zwei oder drei ersten Bereichen **41** können beispielsweise auch mehr erste Bereiche **41** vorhanden sein, beispielsweise in Form von sich longitudinal erstreckenden Streifen (**Fig. 3E**), in Form von Inseln (**Fig. 3F**) oder in Form von schmalen oder breiten sich lateral erstreckenden Streifen (**Fig. 3G** und **Fig. 3H**).

[0059] Anstelle von den vorab gezeigten zweiten Bereichen **42**, die als Leerstellen in der ersten Mantelschicht **4** ausgebildet sind, kann die erste Mantelschicht **4** auch zumindest einen ersten und einen zweiten Bereich **41**, **42** aufweisen, die jeweils ein Material enthalten und die unterschiedliche Dicken in vertikaler Richtung aufweisen, so dass die erste Mantelschicht **4** als Erhebungen und Vertiefungen ausgebildete erste und zweite Bereiche **41** **42** aufweisen kann. In den **Fig. 4A** bis **Fig. 4C** sind dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 1A** bis **Fig. 1E** entsprechende Ausführungsbeispiele gezeigt, bei denen die zweiten Bereiche **42** das Material der ersten Mantelschicht **4** mit einer geringeren Dicke als die ersten Bereiche **41** aufweisen. Durch die Überformung der ersten Mantelschicht **4** mit einem metallischen Material wie etwa der Bondschicht **15** können die lokale Stärke der Absorption des in der aktiven Schicht **3** erzeugten Lichts in den ersten und zweiten Bereichen **41**, **42** und somit auch die Kopplung der Lasermoden an die entsprechenden Absorptionsstrukturen eingestellt werden. Im Falle von Strukturen gemäß der **Fig. 3G** und **Fig. 3H** mit einer longitudinal variierenden Struktur kann somit beispielsweise auch der Kopplungsfaktor für einen DFB-Laser (DFB: „distributed feedback“) eingestellt werden.

[0060] In den **Fig. 5A** und **Fig. 5B** sind Ausführungsbeispiele für Halbleiterlaserdioden **100** gezeigt, bei denen die erste Mantelschicht **4** erste und zweite Bereiche **41**, **42** aufweist, die sich im Hinblick auf das die Bereiche **41**, **42** bildende Material unterscheiden. So können in einem ersten Oberflächenteilbereich **241** ein erstes Material und in einem zweiten Oberflächenteilbereich **242** ein zweites Material aufgebracht sein, die sich voneinander unterscheiden. Wie in **Fig. 5A** gezeigt ist, können die in vorherigen Ausführungsbeispielen als Leerstellen ausgebildeten zweiten Bereiche **42** mit einem weiteren Material gefüllt sein. Ebenso können, wie in **Fig. 5B** gezeigt ist, als Vertiefungen ausgebildete Bereiche mit einem weiteren Material aufgefüllt sein. Die unterschiedlichen Materialien können insbesondere beispielsweise unterschiedliche TCOs oder unterschiedlich dotierte TCOs sein. Mit anderen Worten können die in den vorherigen Ausführungsbeispielen freigelassenen oder vertieften Bereiche der ersten Mantelschicht **4** mit einem TCO mit beispielsweise anderer Zusammensetzung oder Dotierung befüllt werden. Hierdurch werden sowohl die elektrischen als auch die optischen Eigenschaften der ersten Mantelschicht **4** über den Oberflächenbereich **20** moduliert. Je nach Anordnung der Bereiche **41**, **42** führen die dadurch hervorgerufenen unterschiedlichen Absorptionskoeffizienten je nach Anordnung der Bereiche **41**, **42** für laterale und/oder longitudinale Moden unterschiedlicher Ordnung zu einer unterschiedlichen Dämpfung. Durch das Auffüllen mit einem TCO anstelle eines metallischen Materials kann es möglich sein, die lokale Absorption genauer zu steuern. Wei-

terhin kann eine Modulation der Stromeinprägung über verschiedene Kontaktwiderstände der verschiedenen Bereiche **41**, **42** erreicht werden.

[0061] Wie in den **Fig. 6A** und **Fig. 6B** gezeigt ist, können einer, mehrere oder alle ersten Bereiche **41** sowie alternativ oder zusätzlich auch zweite Bereiche **42** unterschiedliche Materialien in Form von unterschiedlichen TCOs, beispielsweise mit In_2O_3 - und SnO_2 -Schichten, in einem alternierenden Schichtenstapel aufweisen. Wie in **Fig. 6A** gezeigt ist, können beispielsweise alle ersten Bereiche **41** durch solche Schichtenstapel gebildet sein. Wie in **Fig. 6B** gezeigt ist, können auch nur einige erste Bereiche **41** durch solche Schichtenstapel gebildet werden, während einer oder mehrere weitere erste Bereiche **41** durch nur ein TCO gebildet werden.

[0062] In den **Fig. 7A** bis **Fig. 9E** sind weitere Ausführungsbeispiele für Halbleiterlaserdioden **100** gezeigt, bei denen das metallische Material, das auf der ersten Mantelschicht **4** und/oder in durch Leerstellen gebildete Bereiche dieser aufgebracht ist, eine metallische Kontaktschicht **14** aufweist, die zusätzlich zur Bondschicht **15** aufgebracht ist. Wie in **Fig. 7A** gezeigt ist, kann beispielsweise in den durch Leerstellen gebildeten zweiten Bereichen **42** der ersten Mantelschicht **4** unmittelbar auf den Oberflächenteilbereichen **242** eine metallische Kontaktschicht **14** aufgebracht werden, die im Vergleich zum Material der ersten Mantelschicht **4** beispielsweise einen niedrigeren oder gleichen elektrischen Kontaktwiderstand aufweist, so dass eine gute Stromeinprägung in Kombination mit einer hohen optischen Absorption in diesen Bereichen erreicht werden kann. Beispielsweise kann die elektrische Kontaktschicht **14** hierzu eines oder mehrere Materialien ausgewählt aus Pd, Pt und Rh aufweisen oder daraus sein. Weiterhin kann die elektrische Kontaktschicht **14** ein Material aufweisen oder daraus sein, das einen höheren elektrischen Kontaktwiderstand als das Material der ersten Mantelschicht **4** aufweist, so dass eine schlechte Stromeinprägung in Kombination mit einer hohen optischen Absorption in diesen Bereichen erreicht werden kann. Beispielsweise kann die elektrische Kontaktschicht **14** hierzu eines oder mehrere Materialien ausgewählt aus Ni, Ti, TiWN, Ag aufweisen oder daraus sein. Ein ähnlicher Effekt kann beispielsweise auch in einer dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 5** entsprechenden Modifikation mit ITO in ersten Bereichen **41** und ZnO in zweiten Bereichen **42** erreicht werden.

[0063] Um den Kontaktwiderstand zwischen dem Material der ersten Mantelschicht **4** und der Bondschicht **15** zu verbessern, kann alternativ oder zusätzlich auch auf dem Material der ersten Mantelschicht **4** eine metallische Kontaktschicht **14** aufgebracht werden, wie in den **Fig. 7B** bis **Fig. 7D** gezeigt ist. Die metallische Kontaktschicht **14** kann hierbei bevorzugt eines oder mehrere Materialien ausge-

wählt aus Ti, Pt, Pd, Ni, Cr und Rh aufweisen oder daraus sein. Die metallische Kontaktschicht **14** kann beispielsweise auf dem Material der ersten Mantelschicht **4** aufgebracht und mit diesem strukturiert werden, so dass die Kontaktschicht **14** nur auf den ersten Bereichen **41** angeordnet sein kann, wie in **Fig. 7B** gezeigt ist. Die erste Mantelschicht **4** und insbesondere die ersten Bereiche **41** können auch ganz oder teilweise von der Kontaktschicht **14** bedeckt und umschlossen sein, wie in **Fig. 7C** gezeigt ist, wodurch ein noch geringerer Serienwiderstand erreicht werden kann. Wird die Kontaktschicht **14** gezielt nur auf einigen bestimmten Bereichen **41** der ersten Mantelschicht **4** angebracht, wie in **Fig. 7D** gezeigt ist, kann dadurch die Stromeinprägung noch feiner eingestellt werden.

[0064] In den **Fig. 8A** bis **8H** sind Ausführungsbeispiele für Anordnungsvarianten der Kontaktschicht **14** auf zweiten Bereichen **42** der ersten Mantelschicht **4**, also in Leerstellen der zweiten Mantelschicht **4** oder auf Bereichen, die sich im Hinblick auf das Material und/oder die Dicke von den ersten Bereichen **41** unterscheiden, gezeigt. Die geometrischen Ausgestaltungen entsprechend dabei den in den in Verbindung mit den **Fig. 3A** bis **Fig. 3H** beschriebenen Anordnungen. Alternativ hierzu kann auch eine entsprechende Anordnung der Kontaktschicht **14** auf den ersten Bereichen **41** der ersten Mantelschicht **4** möglich sein.

[0065] Weiterhin kann die Kontaktschicht **14** auch eine zweite Struktur aufweisen, die sich von der ersten Struktur der ersten Mantelschicht **4** unterscheidet, wie in den **Fig. 9A** bis **Fig. 9E** gezeigt ist.

[0066] Auch wenn in den gezeigten Ausführungsbeispielen die erste Mantelschicht lediglich mit einem transparenten Material oder zwei verschiedenen transparenten Materialien beschrieben sind, können auch mehr als zwei verschiedene Materialien in entsprechenden strukturierten Bereichen vorhanden sein. Die in Verbindung mit den vorherigen Ausführungsbeispielen beschriebenen Merkmale gelten somit gleichermaßen auch für eine erste Mantelschicht mit mehr als zwei verschiedenen Materialien.

[0067] Die in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele und insbesondere die jeweils beschriebenen Merkmale sind nicht auf die in den Figuren jeweils gezeigten Kombinationen beschränkt. Vielmehr können die gezeigten Ausführungsbeispiele sowie einzelne Merkmale dieser miteinander kombiniert werden, auch wenn nicht alle Kombinationsmöglichkeiten explizit beschrieben sind. Darüber hinaus können die in den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele alternativ oder zusätzlich weitere Merkmale gemäß der Beschreibung im allgemeinen Teil aufweisen.

[0068] Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

1	Substrat
2	Halbleiterschichtenfolge
3	aktive Schicht
4	erste Mantelschicht
5	aktiver Bereich
6	Lichtauskoppelfläche
7	Rückseitenfläche
8	Licht
9	Stegwellenleiterstruktur
10	Stegoberseite
11	Stegseitenfläche
14	Kontaktschicht
15	Bondschiicht
19	Passivierungsmaterial
20	Oberflächenbereich
21	Halbleiterkontaktschicht
22, 23	Wellenleiterschicht
24	zweite Mantelschicht
41	erster Bereich
42	zweiter Bereich
91	laterale Richtung
92	vertikale Richtung
93	longitudinale Richtung
94, 95, 96	Abstand
97	Breite
100	Halbleiterlaserdiode
241	erster Oberflächenteilbereich
242	zweiter Oberflächenteilbereich

Patentansprüche

1. Halbleiterlaserdiode (100) mit einer Halbleiterschichtenfolge (2) mit einer aktiven Schicht (3), die eine Haupterstreckungsebene aufweist und die dazu eingerichtet ist, im Betrieb in einem aktiven Bereich

(5) Licht (8) zu erzeugen und über eine Lichtauskoppelfläche (6) abzustrahlen, wobei sich der aktive Bereich (5) von einer der Lichtauskoppelfläche (6) gegenüberliegenden Rückseitenfläche (7) zur Lichtauskoppelfläche (6) entlang einer longitudinalen Richtung (93) in der Haupterstreckungsebene erstreckt, wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) einen Oberflächenbereich (20) aufweist, auf dem in unmittelbarem Kontakt eine erste Mantelschicht (4) aufgebracht ist, wobei die erste Mantelschicht (4) ein transparentes Material aus einem von der Halbleiterschichtenfolge (2) verschiedenen Materialsystem aufweist und wobei die erste Mantelschicht (4) strukturiert ist und eine erste Struktur aufweist, wobei die erste Mantelschicht (4) zumindest zwei unterschiedliche transparente leitende Oxide aufweist, und wobei die zumindest zwei unterschiedlichen transparenten leitenden Oxide in einem alternierenden Schichtenstapel auf dem Oberflächenbereich (20) aufgebracht sind.

2. Halbleiterlaserdiode (100) nach Anspruch 1, wobei im Betrieb der Halbleiterlaserdiode (100) das im aktiven Bereich (5) erzeugte Licht (8) in die erste Mantelschicht (4) reicht.

3. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) auf einem III-V-Verbindungshalbleitermaterial basiert.

4. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Oberflächenbereich (20) zumindest einen ersten Oberflächenteilbereich (241) und zumindest einen unmittelbar daran angrenzenden zweiten Oberflächenteilbereich (242) aufweist und wobei die erste Mantelschicht (4)

- im ersten Oberflächenteilbereich (241) eine erste Dicke und im zweiten Oberflächenteilbereich (242) eine zweite Dicke aufweist, wobei die erste Dicke größer als die zweite Dicke ist, und/oder
- im ersten Oberflächenteilbereich (241) ein erstes Material und im zweiten Oberflächenteilbereich (242) ein zweites Material aufweist, wobei das erste und zweite Material voneinander verschieden sind.

5. Halbleiterlaserdiode (100) nach Anspruch 4, wobei die erste Mantelschicht (4) im zweiten Oberflächenteilbereich (242) eine Leerstelle aufweist, die durch eine Öffnung oder Lücke gebildet wird.

6. Halbleiterlaserdiode (100) nach dem vorherigen Anspruch, wobei in der Leerstelle ein metallisches Material aufgebracht ist.

7. Halbleiterlaserdiode (100) nach dem vorherigen Anspruch, wobei das metallische Material in der Leerstelle bis zum Oberflächenbereich (20) der Halbleiter-

schichtenfolge (2) reicht und in direktem Kontakt mit der Halbleiterschichtenfolge (2) steht.

8. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei auf zumindest einem Bereich (41, 42) der ersten Mantelschicht (4) ein metallisches Material aufgebracht ist.

9. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei das metallische Material durch eine metallische Kontaktschicht (14) und/oder durch eine Bondschicht (15) gebildet wird.

10. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei die metallische Kontaktschicht (14) strukturiert ist und eine zweite Struktur aufweist und die erste und zweite Struktur voneinander verschieden sind.

11. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Mantelschicht (4) eine Mehrzahl von ersten Bereichen (41) aufweist, zwischen denen als Leerstellen ausgebildete zweite Bereiche (42) vorhanden sind.

12. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Mantelschicht (4) eine Mehrzahl von Bereichen (41, 42) aufweist, die als longitudinal oder transversal verlaufende Streifen ausgebildet sind.

13. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Mantelschicht (4) eine Mehrzahl von Bereichen (41, 42) aufweist, die inselförmig ausgebildet sind.

14. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) eine Stegwellenleiterstruktur (9) mit einer Stegobenseite (10) und daran angrenzenden Stegseitenflächen (11) aufweist und der Oberflächenbereich (20) durch die Stegobenseite (10) gebildet wird.

15. Halbleiterlaserdiode (100) mit einer Halbleiterschichtenfolge (2) mit einer aktiven Schicht (3), die eine Haupterstreckungsebene aufweist und die dazu eingerichtet ist, im Betrieb in einem aktiven Bereich (5) Licht (8) zu erzeugen und über eine Lichtauskoppelfläche (6) abzustrahlen, wobei sich der aktive Bereich (5) von einer der Lichtauskoppelfläche (6) gegenüber liegenden Rückseitenfläche (7) zur Lichtauskoppelfläche (6) entlang einer longitudinalen Richtung (93) in der Haupterstreckungsebene erstreckt, wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) einen Oberflächenbereich (20) aufweist, auf dem in unmittelbarem Kontakt eine erste Mantelschicht (4) aufgebracht ist, wobei die erste Mantelschicht (4) ein transparentes Material aus einem von der Halbleiterschichtenfolge (2) verschiedenen Materialsystem aufweist und

wobei die erste Mantelschicht (4) strukturiert ist und eine erste Struktur aufweist,
wobei der Oberflächenbereich (20) zumindest einen ersten Oberflächenteilbereich (241) und zumindest einen unmittelbar daran angrenzenden zweiten Oberflächenteilbereich (242) aufweist und
wobei die erste Mantelschicht (4)
- im ersten Oberflächenteilbereich (241) eine erste Dicke und im zweiten Oberflächenteilbereich (242) eine zweite Dicke aufweist, wobei die erste Dicke größer als die zweite Dicke ist,
und/oder
- im ersten Oberflächenteilbereich (241) ein erstes Material und im zweiten Oberflächenteilbereich (242) ein zweites Material aufweist, wobei das erste und zweite Material voneinander verschieden sind,
wobei die erste Mantelschicht (4) im zweiten Oberflächenteilbereich (242) eine Leerstelle aufweist, die durch eine Öffnung oder Lücke gebildet wird,
wobei in der Leerstelle ein metallisches Material aufgebracht ist,
wobei die metallische Kontaktschicht (14) strukturiert ist und eine zweite Struktur aufweist und die erste und zweite Struktur voneinander verschieden sind.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1A

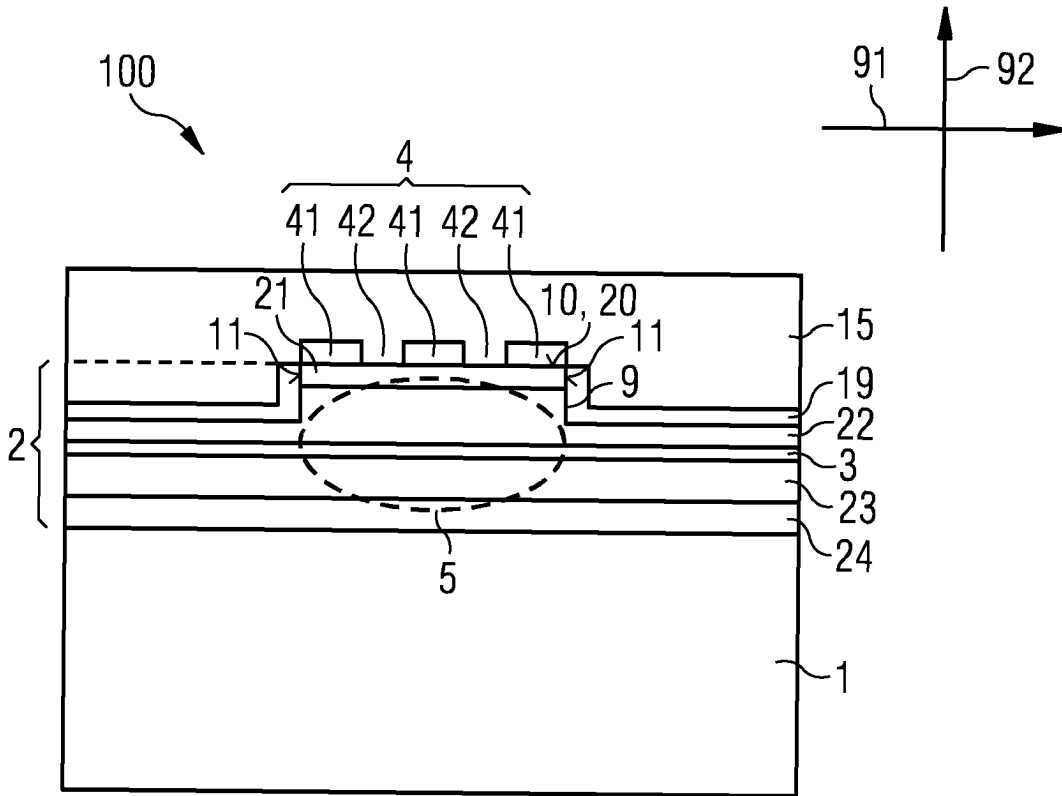


FIG 1B

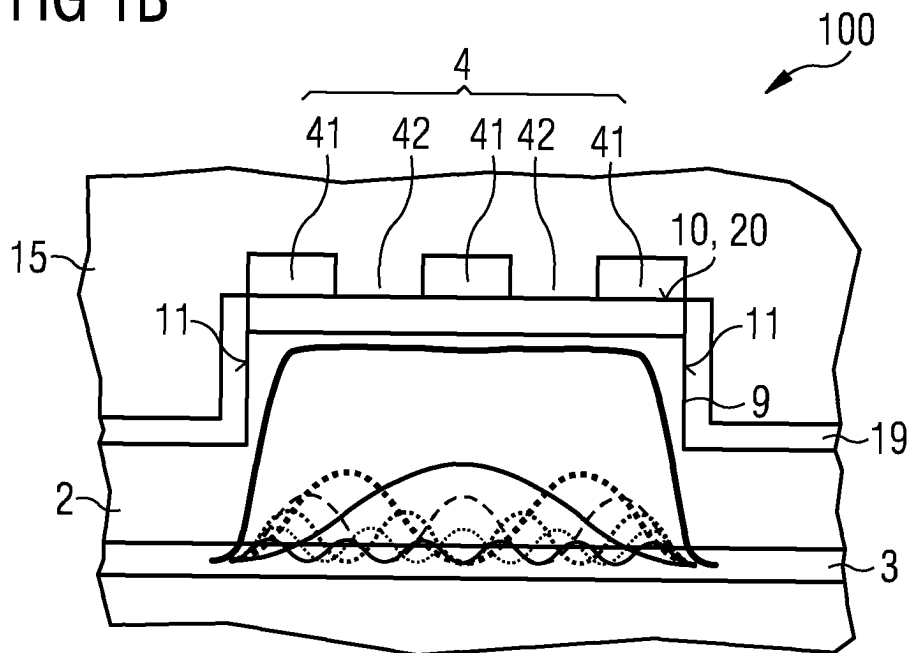


FIG 1C

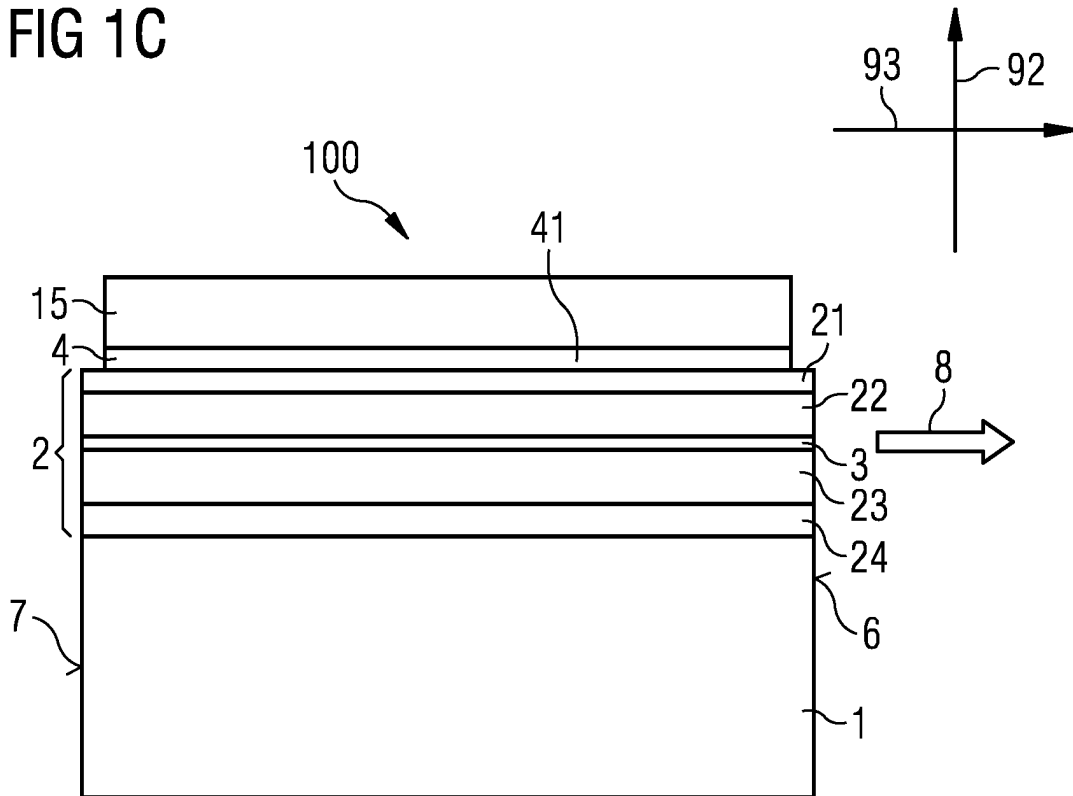


FIG 1D

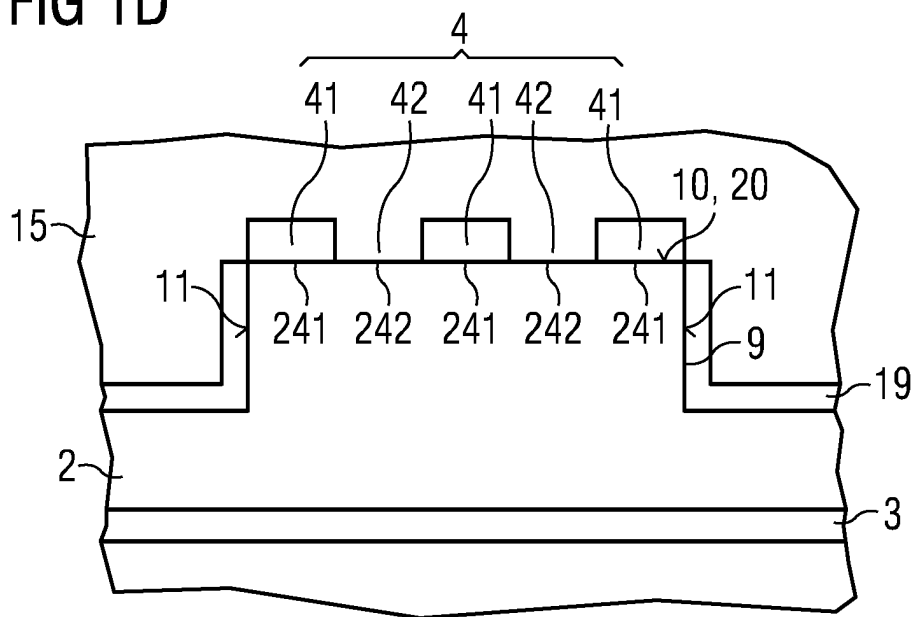


FIG 1E

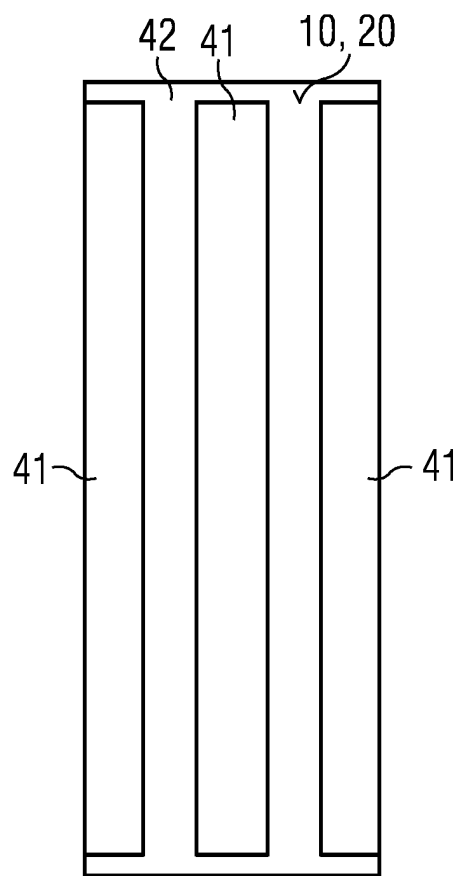


FIG 2A

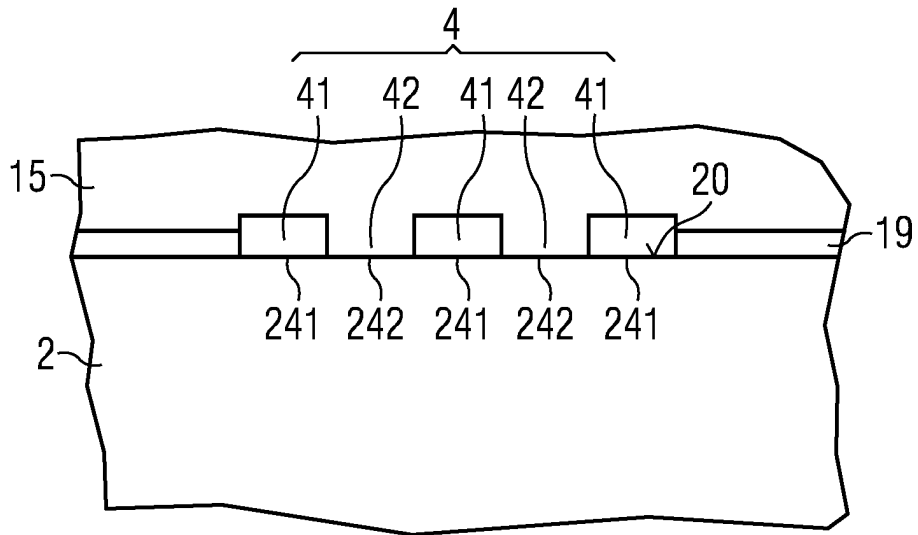


FIG 2B

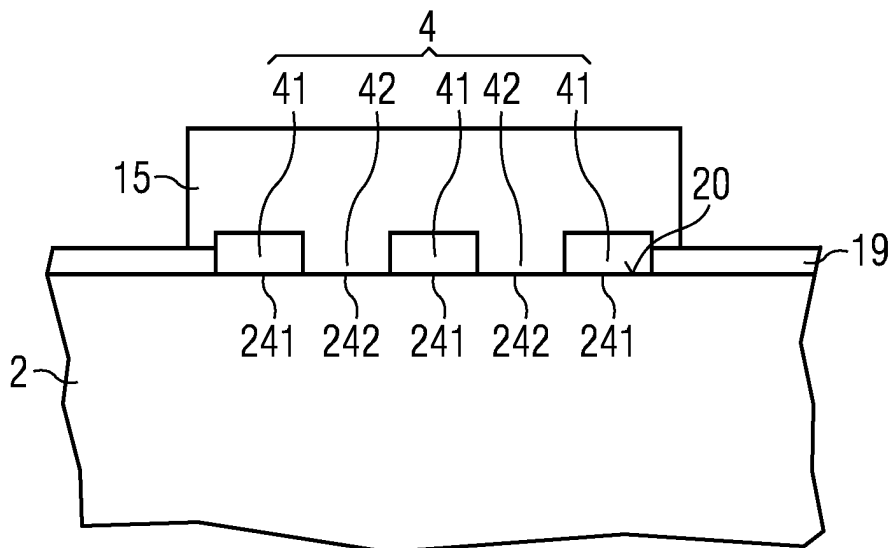


FIG 3A

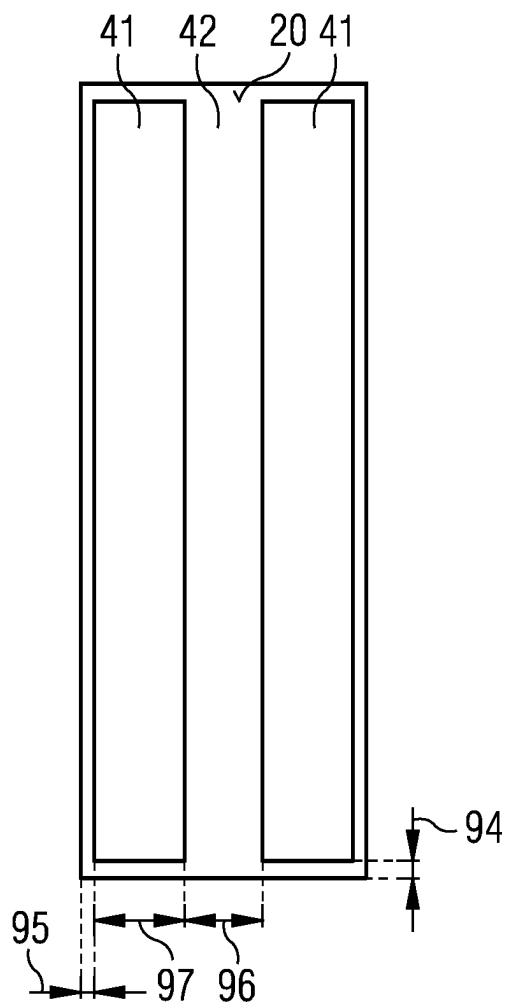


FIG 3B

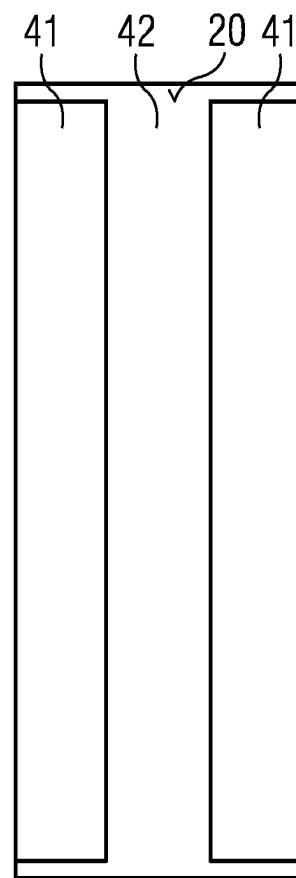


FIG 3C

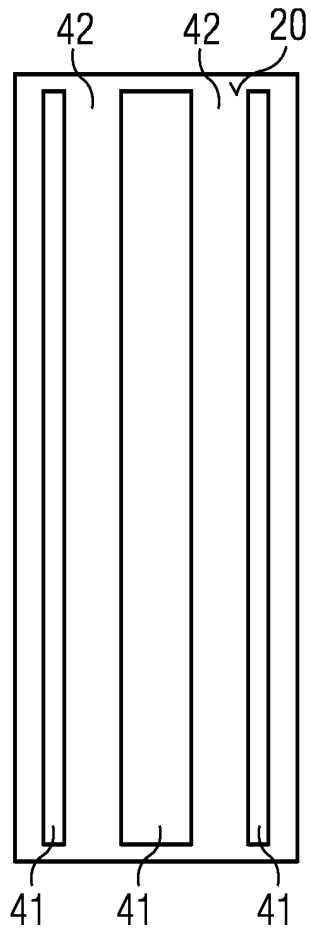


FIG 3D

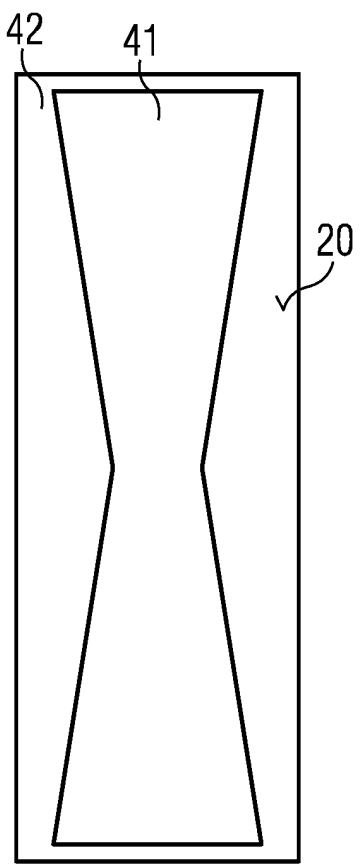


FIG 3E

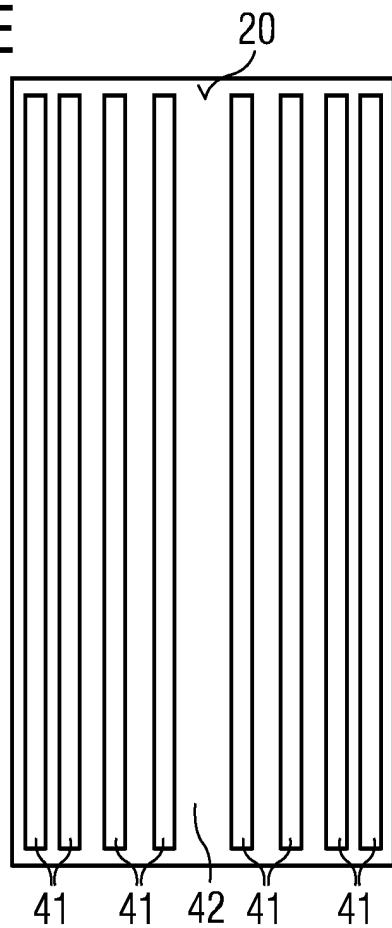


FIG 3F

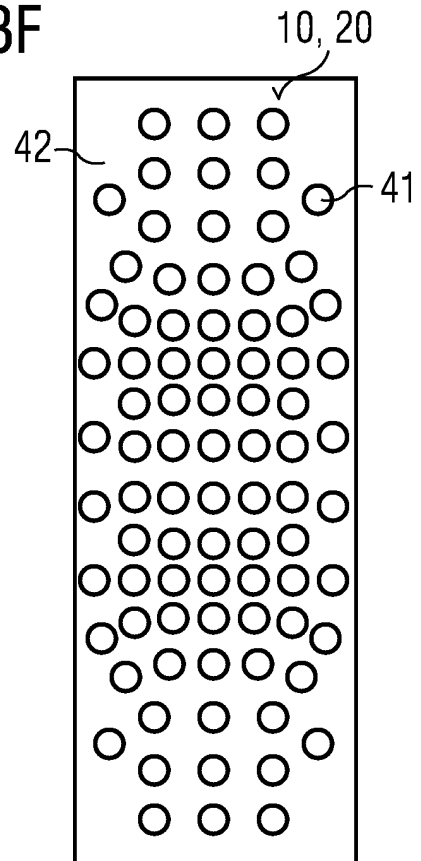


FIG 3G

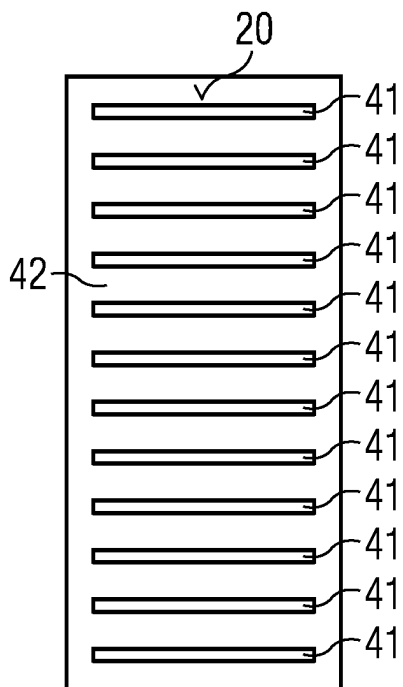


FIG 3H

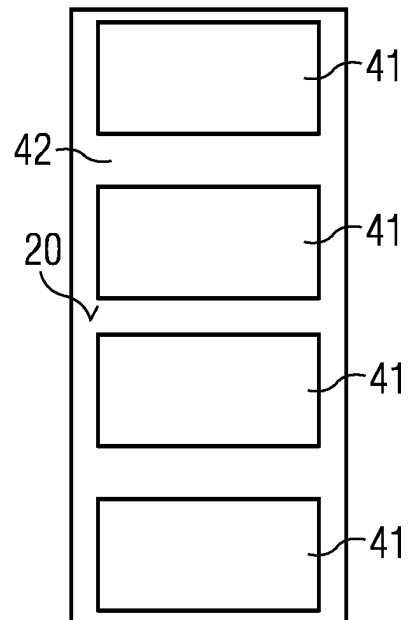


FIG 4A

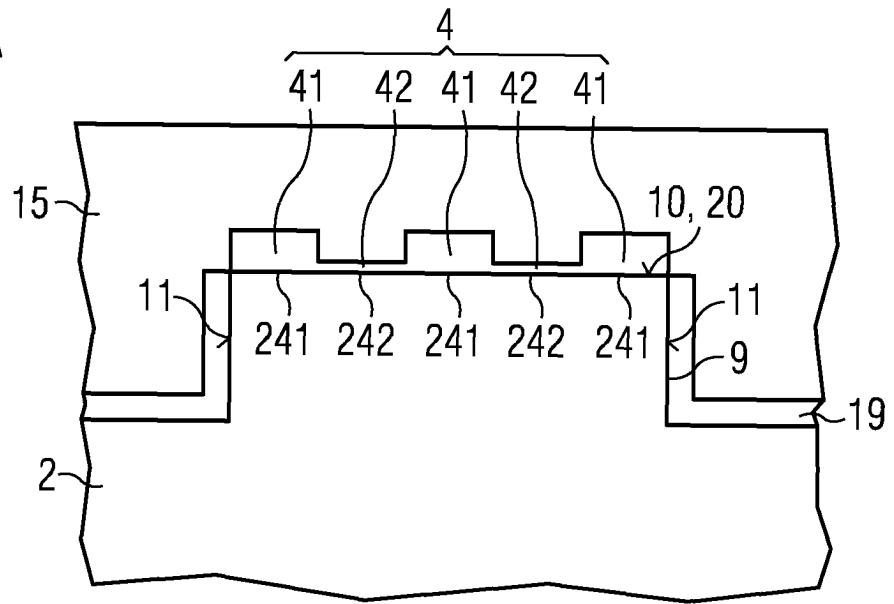


FIG 4B

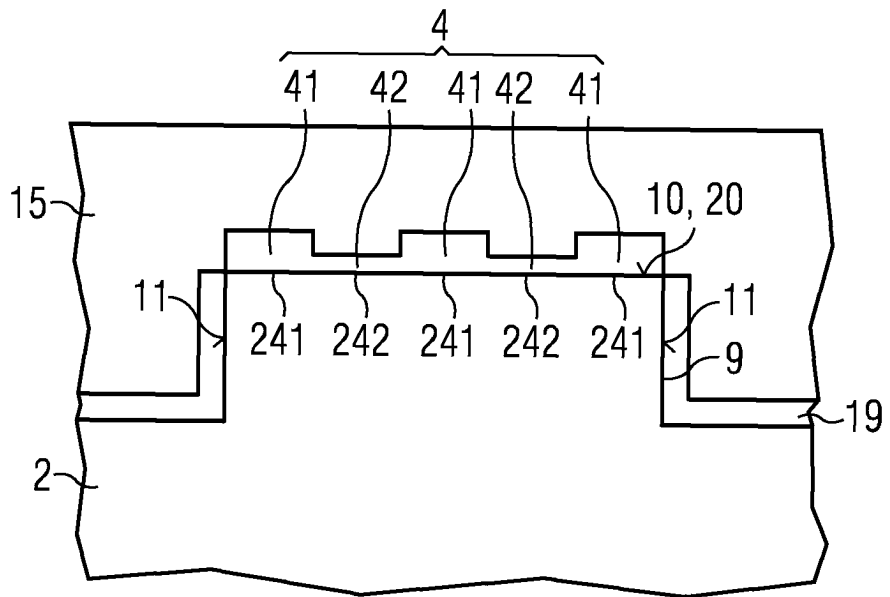


FIG 4C

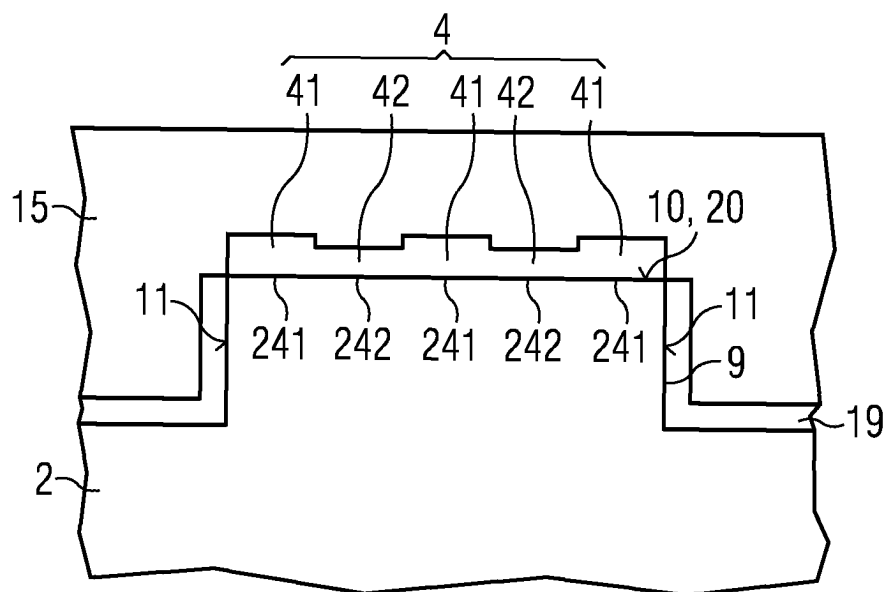


FIG 5A

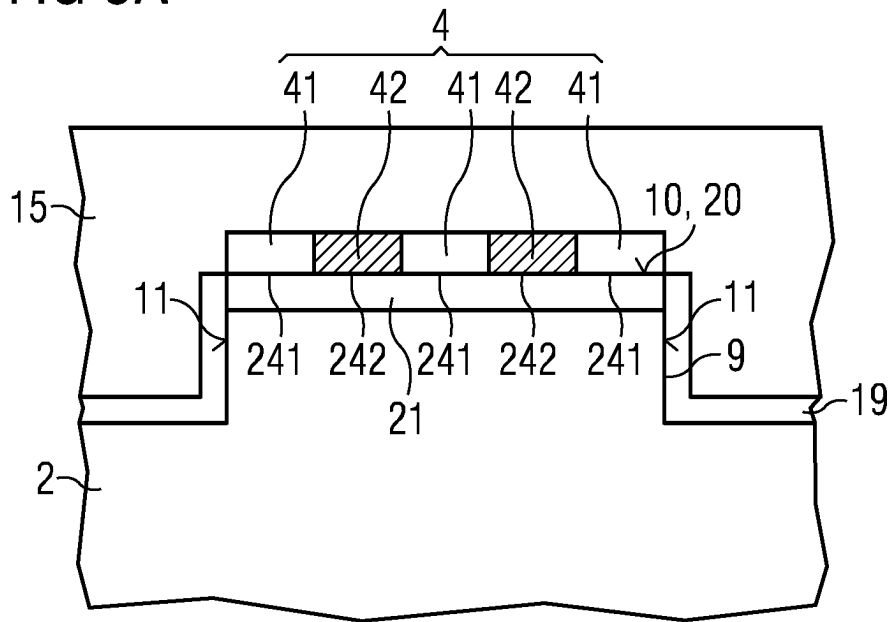


FIG 5B

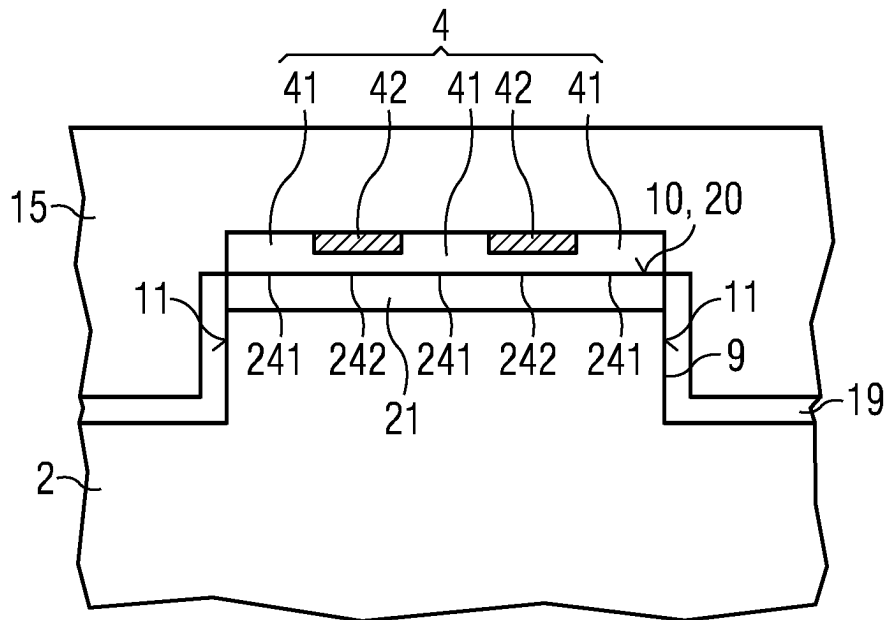


FIG 7A

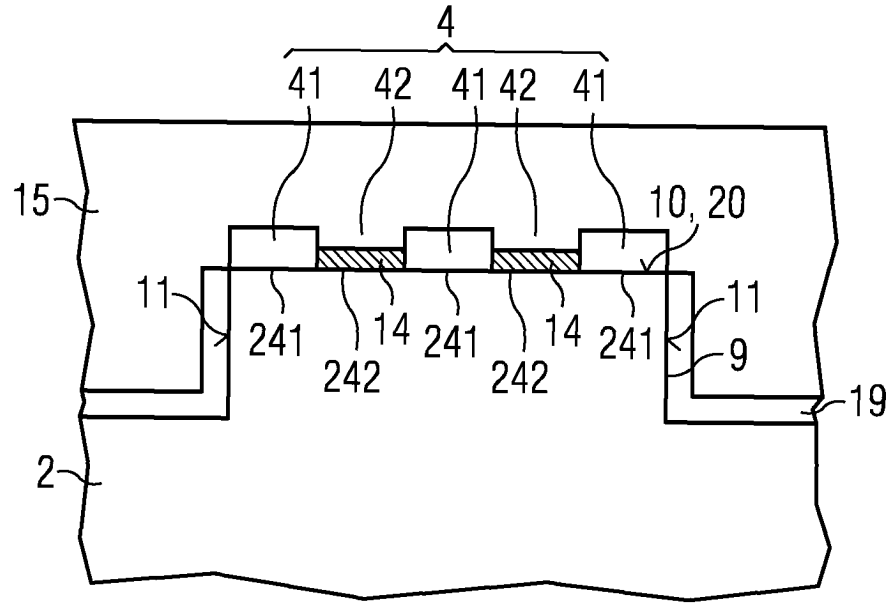


FIG 7B

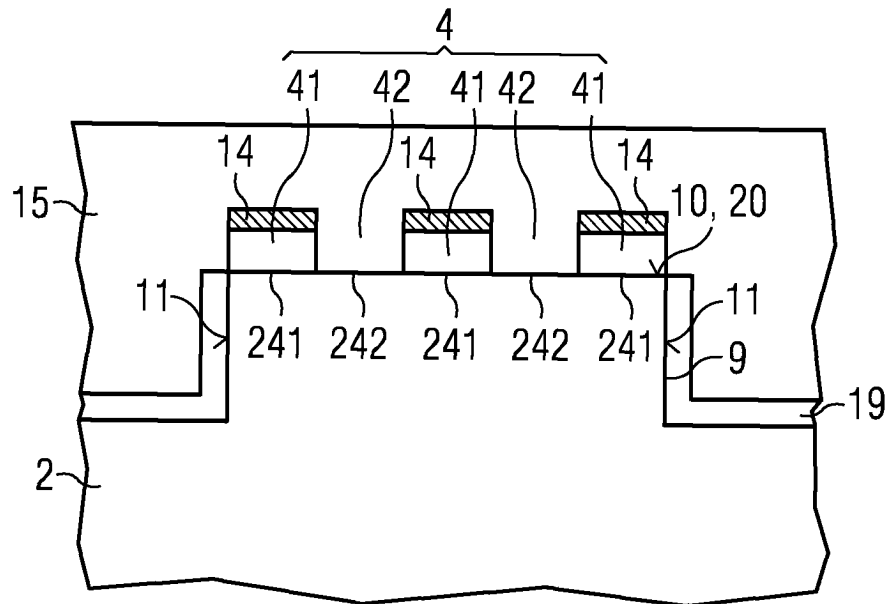


FIG 7C

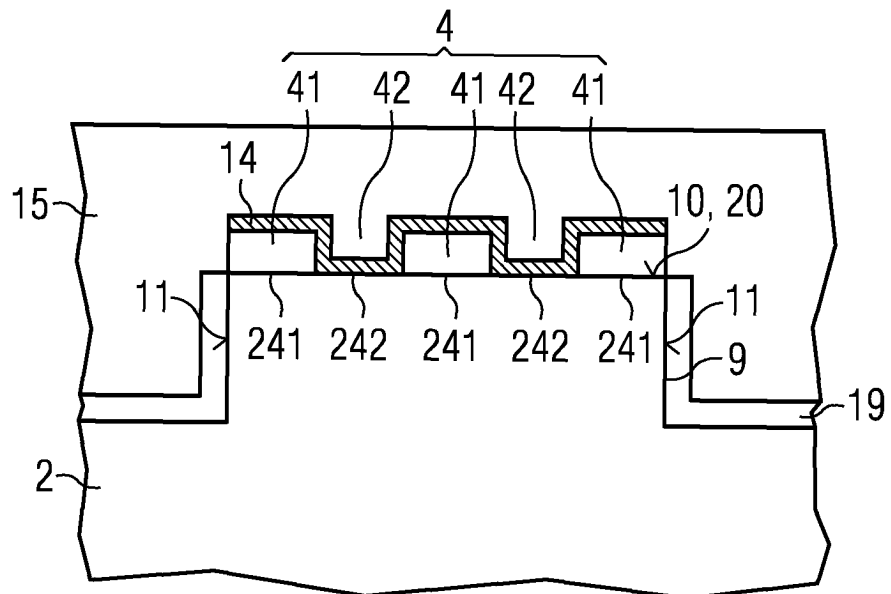


FIG 7D

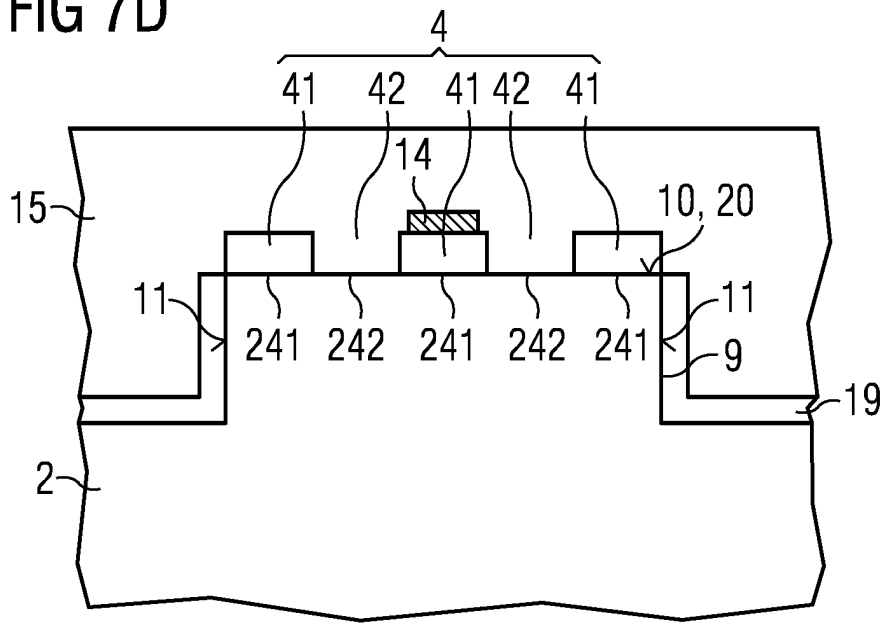


FIG 8A

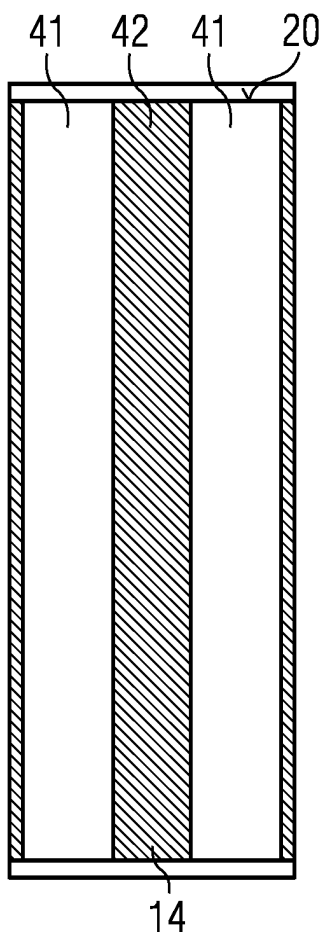


FIG 8B

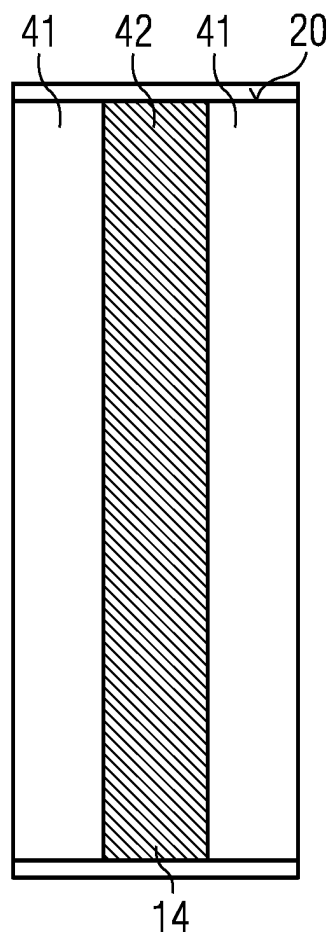


FIG 8C

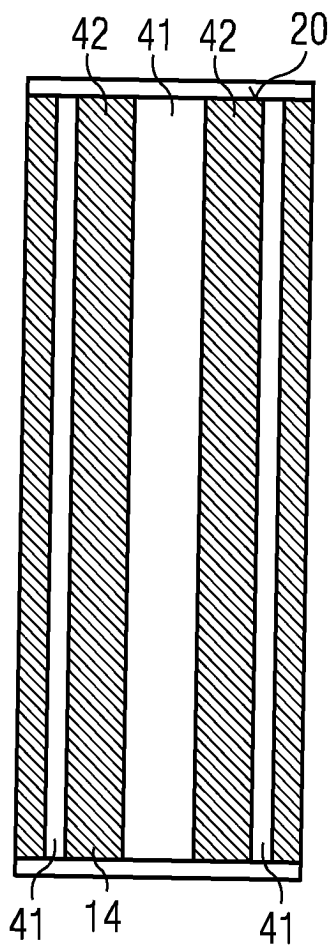


FIG 8D

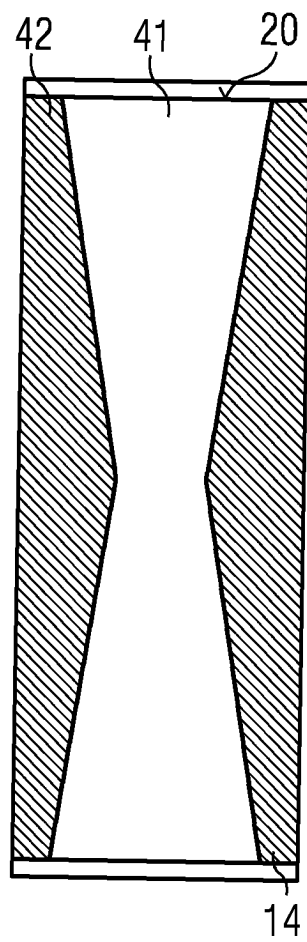


FIG 8E

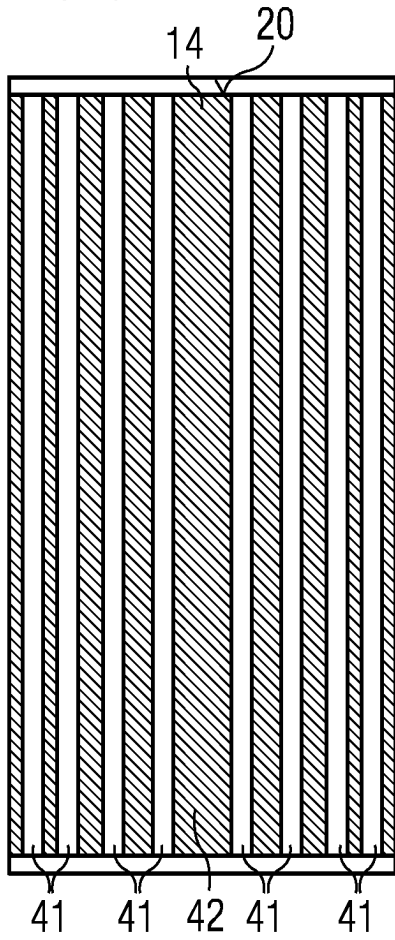


FIG 8F

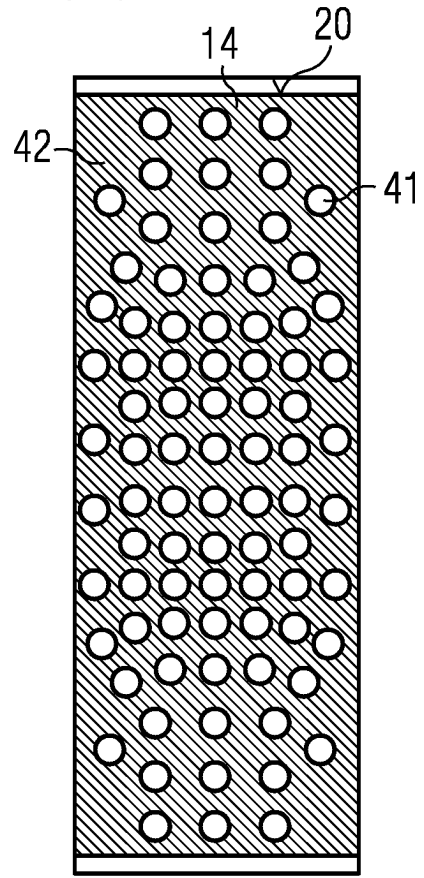


FIG 8G

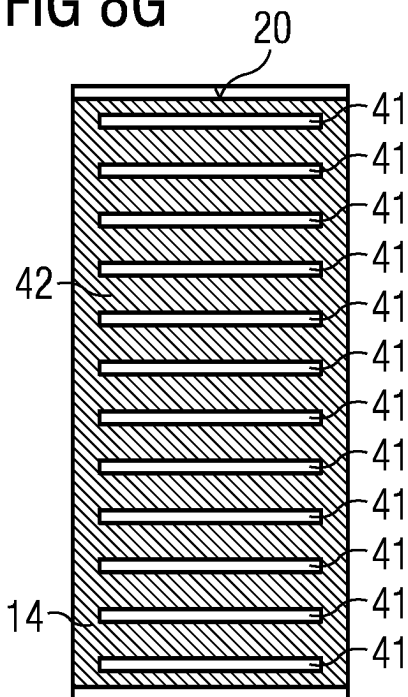


FIG 8H

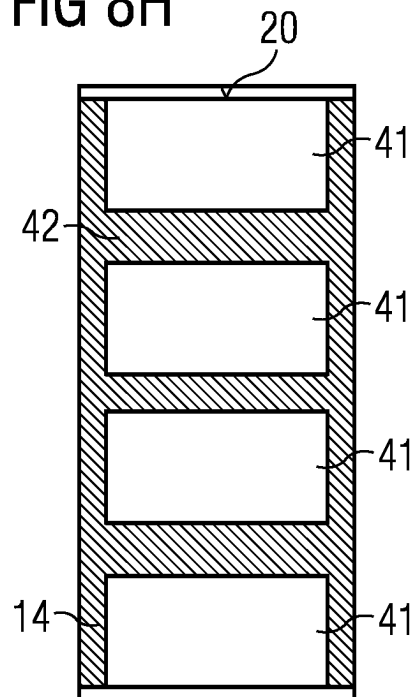


FIG 9A

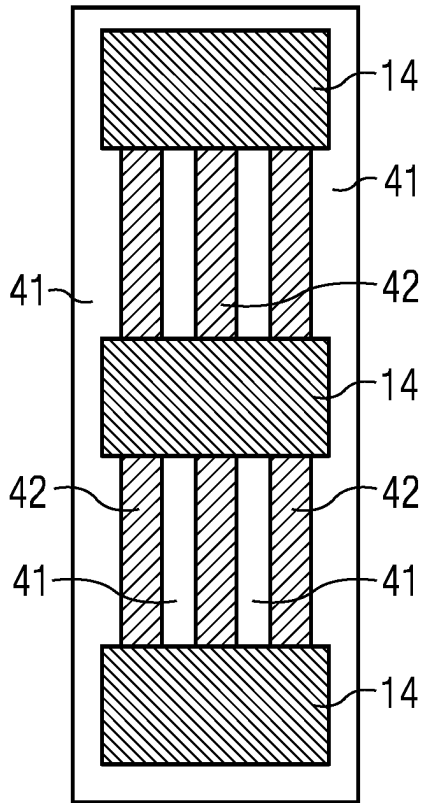


FIG 9B

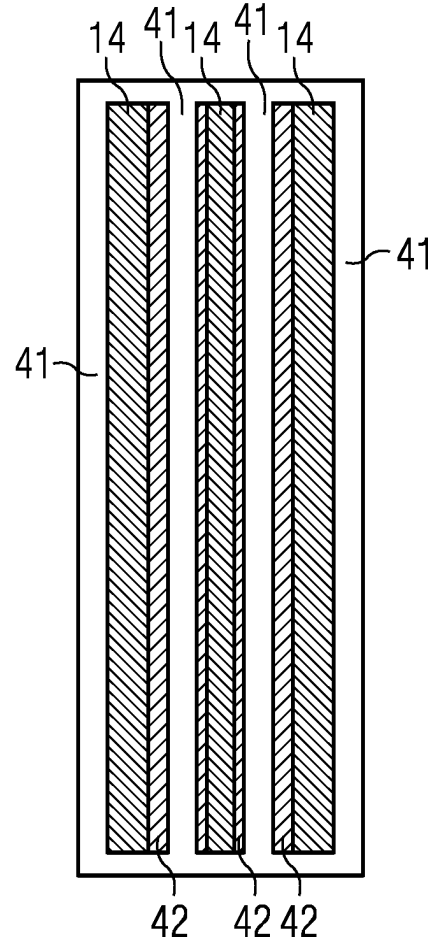


FIG 9C

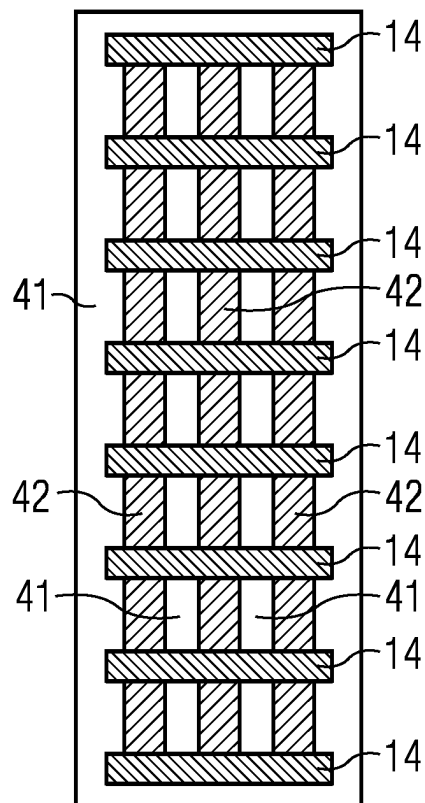


FIG 9D

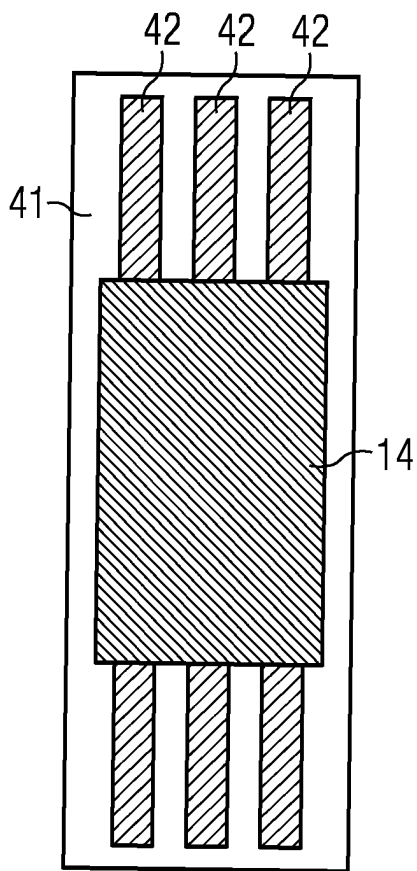


FIG 9E

