



(10) **DE 10 2017 100 997 A1** 2018.07.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 100 997.3**

(22) Anmeldetag: **19.01.2017**

(43) Offenlegungstag: **19.07.2018**

(51) Int Cl.: **H01S 5/026** (2006.01)

H01S 5/18 (2006.01)

(71) Anmelder:

**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93055
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE**

(72) Erfinder:

**Halbritter, Hubert, Dr., 92345 Dietfurt, DE; Plöchl,
Andreas, Dr., 93051 Regensburg, DE; Enzmann,
Roland Heinrich, Dr., 93055 Regensburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

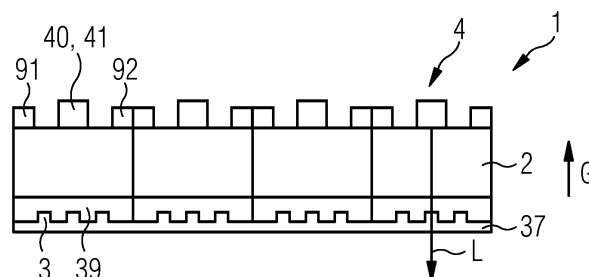
DE	10 2004 063 569	A1
DE	60 2004 013 234	T2
US	2005 / 0 067 681	A1
US	2008 / 0 232 418	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Halbleiterlaser und Verfahren zur Herstellung eines solchen Halbleiterlasers**

(57) Zusammenfassung: In einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterlaser (1) einen oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchip (4), der eine Halbleiterschichtenfolge (40) mit einer aktiven Zone (41) zur Erzeugung von Laserstrahlung (L) und eine Lichtaustrittsfläche (44), die senkrecht zu einer Wachstumsrichtung (G) der Halbleiterschichtenfolge (40) orientiert ist, aufweist. Ferner beinhaltet der Halbleiterlaser (1) ein diffraktives optisches Element (3), das zur Aufweitung und Verteilung der Laserstrahlung (L) eingerichtet ist, so dass der Halbleiterlaser (1) bevorzugt augensicher ist. Eine optisch wirksame Struktur (33) des diffraktiven optischen Elements (3) ist aus einem Material mit einem Brechungsindex von mindestens 1,65 oder 2,0.



Beschreibung

[0001] Es wird ein Halbleiterlaser angegeben. Darüber hinaus wird ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Halbleiterlasers angegeben.

[0002] Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, einen Halbleiterlaser anzugeben, der augensicher und effizient herstellbar ist.

[0003] Diese Aufgabe wird unter anderem durch einen Halbleiterlaser und durch ein Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0004] Gemäß zumindest einer Ausführungsform beinhaltet der Halbleiterlaser einen oder mehrere Halbleiterlaserchips. Der mindestens eine Halbleiterlaserchip umfasst eine Halbleiterschichtenfolge. Die Halbleiterschichtenfolge beinhaltet eine oder mehrere aktive Zonen zur Erzeugung von Laserstrahlung. Außerdem weist der Halbleiterlaserchip eine Lichtaustrittsfläche auf. An der Lichtaustrittsfläche erfolgt die Emission der Laserstrahlung.

[0005] Gemäß zumindest einer Ausführungsform handelt es sich bei dem zumindest einen Halbleiterlaserchip um einen Oberflächenemitter. Dies bedeutet insbesondere, dass der Halbleiterlaserchip die im Betrieb erzeugte Laserstrahlung an einer vergleichsweise großen Oberfläche emittiert. Die Oberfläche, also die Lichtaustrittsfläche, an der der Halbleiterlaserchip die Laserstrahlung emittiert, ist bevorzugt senkrecht oder näherungsweise senkrecht zu einer Wachstumsrichtung der Halbleiterschichtenfolge orientiert, sodass eine Resonatorrichtung parallel oder näherungsweise parallel zur Wachstumsrichtung verläuft. Näherungsweise bedeutet hier und im Folgenden insbesondere mit einer Toleranz von höchstens 15° oder 5° oder 2° . Im Gegensatz zu Oberflächenemittern weisen Kantenemitter dagegen eine Emissionsrichtung und Resonatorrichtung in Richtung senkrecht zur Wachstumsrichtung auf.

[0006] Die Halbleiterschichtenfolge basiert bevorzugt auf einem 13-15-Verbindungshalbleitermaterial. Bei dem Halbleitermaterial handelt es sich zum Beispiel um ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{N}$ oder um ein Phosphid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{P}$ oder auch um ein Arsenid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{As}$ oder wie $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{As}_k\text{P}_{1-k}$, wobei jeweils $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n + m \leq 1$ sowie $0 \leq k < 1$ ist. Bevorzugt gilt dabei für zumindest eine Schicht oder für alle Schichten der Halbleiterschichtenfolge $0 < n \leq 0,8$, $0,4 \leq m < 1$ und $n + m \leq 0,95$ sowie $0 < k \leq 0,5$. Dabei kann die Halbleiterschichtenfolge Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber sind jedoch nur

die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters der Halbleiterschichtenfolge, also Al, As, Ga, In, N oder P, angegeben, auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können.

[0007] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterlaser zumindest ein diffraktives optisches Element, kurz DoE. Das oder die diffraktiven optischen Elemente sind zur Aufweitung und zu einer Verteilung der Laserstrahlung eingerichtet, insbesondere zur Verteilung der Laserstrahlung über einen größeren Raumwinkelbereich hinweg. Über das diffraktive optische Element ist erreichbar, dass der Halbleiterlaser aufgrund der damit verbundenen Divergenz der Laserstrahlung für das menschliche Auge nicht besonders gefährlich ist, so dass der Halbleiterlaser ohne weitere Maßnahmen augensicher ist und die hierfür erforderlichen gesetzlichen Bestimmungen erfüllt.

[0008] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist eine optisch wirksame Struktur des diffraktiven optischen Elements aus einem Material mit einem hohen Brechungsindex gebildet. Insbesondere liegt der Brechungsindex dieses Materials bei mindestens 1,65 oder 1,75 oder 1,8 oder 2,0 oder 2,2. Die genannten Werte für den Brechungsindex gelten bevorzugt bei einer Betriebstemperatur des Halbleiterlasers und bei einer Wellenlänge maximaler Intensität der im Betrieb erzeugten Laserstrahlung. Der Brechungsindex liegt ferner bevorzugt oberhalb dem von Epoxiden. Hochbrechende Epoxide erreichen etwa einen Wert von bis zu 1,6.

[0009] Bei der optisch wirksamen Struktur handelt es sich insbesondere um eine gitterartige Struktur, die ähnlich wie ein Beugungsgitter und/oder ein Hologramm für die Laserstrahlung wirkt. Über die optisch wirksame Struktur wird die Laserstrahlung aufgeweitet und verteilt, wobei die Aufweitung und Verteilung bevorzugt maßgeblich oder ausschließlich auf Lichtbeugung zurückgeht.

[0010] Die optisch wirksame Struktur ist beispielsweise aus einem 13-15-Verbindungshalbleitermaterial gefertigt. Ebenso können 12-16-Halbleiter wie ZnO , ZnS oder ZnTe oder Ga_2O_3 , In_2O_3 verwendet werden. Weiterhin können anstelle von einkristallinen Halbleiterschichten, über metallorganische Gasphasenabscheidung hergestellt, auch andere Halbleiterschichten eingesetzt werden. Insbesondere sind etwa amorphe Schichten von Metalloxiden mit hohem Brechungsindex wie ZnO , SnO_2 oder Ta_2O_5 für die optisch wirksame Struktur verwendbar.

[0011] Weitere Beispiele für Materialien für die optisch wirksame Struktur sind Al_2O_3 , speziell als Saphir-Kristall, GaAs oder GaN, insbesondere, wenn die optisch wirksame Struktur in das Wachstumssub-

strat des Lasers oder der Halbleiterschichtenfolge getätigt wird. Soll die optisch wirksame Struktur aus einer auf die Laserscheibe abgeschiedenen Schicht hergestellt werden, können auch Schichten von Dielektrika wie Aluminiumoxid oder Siliziumnitrid, jeweils nicht unbedingt genau stöchiometrisch zusammengesetzt und/oder meist amorph, praktikabel sein.

[0012] In mindestens einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterlaser wenigstens einen oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchip, der eine Halbleiterschichtenfolge mit mindestens einer aktiven Zone zur Erzeugung von Laserstrahlung und eine Lichtaustrittsfläche, die senkrecht zu einer Wachstumsrichtung der Halbleiterschichtenfolge orientiert ist, aufweist. Ferner beinhaltet der Halbleiterlaser ein diffraktives optisches Element, das zur Aufweitung und Verteilung der Laserstrahlung eingerichtet ist, so dass der Halbleiterlaser bevorzugt augensicher ist. Eine optisch wirksame Struktur des diffraktiven optischen Elements ist aus einem Material mit einem Brechungsindex von mindestens 1,65 oder 2,0, bezogen auf eine Wellenlänge maximaler Intensität der Laserstrahlung.

[0013] Für viele Anwendungen ist es erforderlich, dass eine Lichtquelle augensicher für das menschliche Auge ist. Bei Halbleiterlasern sind hierzu zusätzliche Maßnahmen zu treffen, insbesondere kann eine Aufweitung und Verteilung von Laserstrahlung über diffraktive optische Elemente erfolgen. Ist ein solches diffraktives optisches Element aus einem Material mit einem relativ niedrigen Brechungsindex gebildet, so kann der Augenschutz abhängig von den Umgebungsbedingungen eingeschränkt sein.

[0014] Beispielsweise im Falle einer Betauung oder Kondenswasserbildung oder Feuchteniederschlag auf dem diffraktiven optischen Element kann aufgrund des dann reduzierten Brechungsindexunterschieds zwischen der Umgebung und der optischen wirksamen Struktur die strahlaufweitende Wirkung des diffraktiven optischen Elements verloren gehen. Bei dem hier beschriebenen Halbleiterlaser ist dieses Problem behoben, da selbst im Falle einer Betauung des diffraktiven optischen Elements ein hinreichend großer Brechungsindexunterschied besteht, um die Augensicherheit über die Strahlformung durch das diffraktive optische Element zu gewährleisten.

[0015] Ferner ist es möglich, das hier beschriebene diffraktive optische Element über ein Verbindungsmittel an dem Halbleiterlaserchip zu befestigen. Dabei können als Klebstoff etwa organische Kunststoffe verwendet werden oder auch anorganische Materialien mit einem vergleichsweise niedrigen Brechungsindex wie SiO_2 . Solche Materialien können in die optisch wirksame Struktur eindringen und die etwa gitterähnliche optisch wirksame Struktur auch ausfüllen, da aufgrund des immer noch vorhandenen, signi-

fikanten Brechungsindexunterschieds das diffraktive optische Element nach wie vor funktioniert.

[0016] Durch die Verwendung entsprechender Materialien ist es zudem möglich, dass das diffraktive optische Element über einen entsprechenden Fügeprozess entweder auf Wafer-Ebene auf die noch nicht vereinzelt Halbleiterlaserchips aufgebracht wird oder bereits vereinzelt Halbleiterlaserchips gemeinsam oder in Gruppen zugeordnet wird. Durch die optisch wirksame Struktur mit dem hohen Brechungsindex sind solche Verfahren effizient ermöglicht.

[0017] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der Halbleiterlaser oberflächenmontierbar. Das heißt, der Halbleiterlaser ist bevorzugt mit bleifreien Lötprozessen oder auch Klebprozessen zur Oberflächenmontage, englisch Surface Mount Technology oder kurz SMT, geeignet. Der Halbleiterlaser kann insbesondere durchdringungsfrei mechanisch und/oder elektrisch auf einem Montageträger wie einer Platine angebracht werden.

[0018] Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich das diffraktive optische Element an der Lichtaustrittsfläche. Zwischen dem diffraktiven optischen Element und der Lichtaustrittsfläche befindet sich bevorzugt lediglich ein Verbindungsmittel, über das das diffraktive optische Element mit dem Halbleiterlaserchip verbunden ist. Insbesondere befindet sich das Verbindungsmittel ganzflächig zwischen der Lichtaustrittsfläche und dem diffraktiven optischen Element. Somit ist es möglich, dass die gesamte Lichtaustrittsfläche von dem Verbindungsmittel und dem diffraktiven optischen Element bedeckt ist. Das Verbindungsmittel ist in diesem Fall bevorzugt durchlässig, insbesondere transparent für die erzeugte Laserstrahlung.

[0019] Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich die optisch wirksame Struktur des diffraktiven optischen Elements an einer dem Halbleiterlaser zugewandten Seite des diffraktiven optischen Elements. Insbesondere steht die optisch wirksame Struktur stellenweise oder ganzflächig in direktem Kontakt mit dem Verbindungsmittel und/oder ist die optisch wirksame Struktur teilweise oder vollständig von dem Verbindungsmittel ausgefüllt und/oder planarisiert.

[0020] Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich das Verbindungsmittel zwischen dem Halbleiterlaserchip und dem diffraktiven optischen Element lediglich an einem Rand des diffraktiven optischen Elements. Insbesondere ist die Lichtaustrittsfläche frei oder überwiegend frei von dem Verbindungsmittel. Zwischen der Lichtaustrittsfläche und dem diffraktiven optischen Element kann stellenweise oder ganzflächig an der Lichtaustrittsfläche ein

Spalt gebildet sein. Spalt bedeutet in diesem Zusammenhang etwa, dass kein Feststoff und keine Flüssigkeit vorhanden sind. Der Spalt kann mit einem oder mehreren Gasen gefüllt oder evakuiert sein. In diesem Fall kann das Verbindungsmittel auch undurchlässig für die erzeugte Laserstrahlung sein und ist beispielsweise ein Metall oder eine Metalllegierung.

[0021] Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich das diffraktive optische Element direkt an der Lichtaustrittsfläche. Dies gilt bevorzugt ganzflächig über die gesamte Lichtaustrittsfläche hinweg. Dabei kann sich die optisch wirksame Struktur an einer der Lichtaustrittsfläche zugewandten Seite des diffraktiven optischen Elements oder auch an einer der Lichtaustrittsfläche abgewandten Seite des diffraktiven optischen Elements befinden.

[0022] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das diffraktive optische Element ein Trägersubstrat auf. Bei dem Trägersubstrat handelt es sich beispielsweise um ein Halbleitersubstrat etwa aus Galliumnitrid oder Galliumarsenid oder um ein transparentes Material wie Saphir oder Siliciumcarbid. Bevorzugt ist das Trägersubstrat durchlässig für die im Betrieb erzeugte Laserstrahlung.

[0023] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die optisch wirksame Struktur in dem Trägersubstrat gebildet. Beispielsweise kann das Trägersubstrat etwa photolithographisch entsprechend strukturiert sein.

[0024] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die optisch wirksame Struktur aus einer Rohmaterialschicht gebildet, die auf dem Trägersubstrat aufgebracht ist. Mit anderen Worten wird in diesem Fall nicht das Trägersubstrat selbst, sondern die Rohmaterialschicht strukturiert, beispielsweise photolithographisch oder über ein Nanoimprintverfahren.

[0025] Gemäß zumindest einer Ausführungsform durchdringt die optisch wirksame Struktur das diffraktive optische Element nur zum Teil. Insbesondere bleiben das Trägersubstrat und/oder die Rohmaterialschicht als durchgehende, ununterbrochene Schicht erhalten. Mit anderen Worten reicht die optisch wirksame Struktur dann nur unvollständig durch das Trägersubstrat und/oder die Rohmaterialschicht hindurch. Alternativ ist es möglich, dass das diffraktive optische Element gänzlich von der optisch wirksamen Struktur durchdrungen ist, sodass die optisch wirksame Struktur durchgehende Löcher oder Öffnungen in dem diffraktiven optischen Element ausbildet.

[0026] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die optisch wirksame Struktur ein oder mehrere Halbleitermaterialien auf oder besteht aus einem oder mehreren Halbleitermaterialien. Es ist möglich,

dass die optisch wirksame Struktur aus dem gleichen oder aus anderen Halbleitermaterialien hergestellt ist wie die Halbleiterschichtenfolge des Halbleiterlaserchips. Umfasst oder besteht die optisch wirksame Struktur aus zumindest einem Halbleitermaterial, so stellt das Trägersubstrat des diffraktiven optischen Elements bevorzugt ein Aufwachssubstrat für dieses Halbleitermaterial der optisch wirksamen Struktur dar.

[0027] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterlaserchip ein Aufwachssubstrat für die Halbleiterschichtenfolge. Die Halbleiterschichtenfolge ist bevorzugt epitaktisch auf dem Aufwachssubstrat aufgewachsen und das Aufwachssubstrat ist in dem fertigen Halbleiterlaser bevorzugt noch vorhanden.

[0028] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das diffraktive optische Element in dem Aufwachssubstrat des Halbleiterlaserchips geformt. Dabei befindet sich das diffraktive optische Element, insbesondere dessen optisch wirksame Struktur, bevorzugt an einer der Halbleiterschichtenfolge mit der aktiven Zone abgewandten Seite des Aufwachssubstrats.

[0029] Gemäß zumindest einer Ausführungsform bildet das diffraktive optische Element die Lichtaustrittsfläche des Halbleiterlaserchips. Mit anderen Worten verlässt die erzeugte Laserstrahlung den Halbleiterlaserchip an dem diffraktiven optischen Element, insbesondere an der optisch wirksamen Struktur.

[0030] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind das diffraktive optische Element und der Halbleiterlaserchip einstückig ausgebildet. Dies bedeutet beispielsweise, dass sich zwischen dem Halbleiterlaserchip und dem diffraktiven optischen Element keine Fügezone oder Verbindungsmittelschicht befindet. Insbesondere weisen der Halbleiterlaserchip und das diffraktive optische Element eine gemeinsame Komponente auf, die speziell durch das Aufwachssubstrat der Halbleiterschichtenfolge gebildet ist.

[0031] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind der Halbleiterlaserchip und ein Verbindungsmittel für das diffraktive optische Element auf einem gemeinsamen Montageträger angebracht. Dabei befindet sich das Verbindungsmittel in Draufsicht auf die Lichtaustrittsfläche gesehen bevorzugt ausschließlich neben der Halbleiterschichtenfolge und/oder neben dem Halbleiterlaserchip und/oder neben der aktiven Zone. Insbesondere berühren sich das Verbindungsmittel und der Halbleiterlaserchip nicht.

[0032] Gemäß zumindest einer Ausführungsform steht das Verbindungsmittel in direktem Kontakt mit dem Montageträger und/oder dem diffraktiven opti-

schen Element. Dabei kann das Verbindungsmittel in die optisch wirksame Struktur des diffraktiven optischen Elements greifen und diese Struktur zum Teil ausfüllen.

[0033] Gemäß zumindest einer Ausführungsform bedeckt das diffraktive optische Element die Lichtaustrittsfläche und/oder die Halbleiterschichtenfolge und/oder den Halbleiterlaserchip vollständig. Dies gilt insbesondere in Draufsicht gesehen.

[0034] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Halbleiterlaser mehrere der Halbleiterlaserchips auf. Die Halbleiterlaserchips können zueinander baugleich sein und Strahlung derselben Wellenlänge emittieren oder voneinander verschieden gestaltet sein.

[0035] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Halbleiterlaserchip oder zumindest einer der Halbleiterlaserchips mehrere Laserbereiche auf. In diesem Fall umfasst der Halbleiterlaser bevorzugt genau einen Halbleiterlaserchip. Insbesondere im Fall von Lasern der Art von VCSEL, Vertical-Cavity Surface Emitting Laser, beinhaltet der Halbleiterlaserchip mehrere Laserbereiche, auch als Einzellaser bezeichnet, die bevorzugt parallel zueinander ausgerichtet sind und/oder Resonatorachsen in Richtung parallel zur Wachstumsrichtung der Halbleiterschichtenfolge aufzeigen. Die Einzellaser können einzelne VCSEL bilden, sodass der betreffende Halbleiterlaserchip ein VCSEL-Array darstellt. Über ein solches VCSEL-Feld kann eine ausreichende oder besonders hohe optische Ausgangsleistung erzielt werden. Die Einzellaser sind bevorzugt matrixartig in dem Halbleiterlaserchip angeordnet und können bevorzugt parallel betrieben werden. Die Einzellaser können elektrisch parallel zueinander geschaltet sein und/oder nur gemeinsam betreibbar sein. Ebenso können die Einzellaser einzeln oder in Gruppen elektrisch unabhängig voneinander ansteuerbar sein.

[0036] Es ist möglich, dass ein diffraktives optisches Element mehrere Halbleiterlaserchips und/oder mehrere Einzellaser gemeinsam überspannt und zu einem Bauteil zusammenfasst.

[0037] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Halbleiterlaserchips des Halbleiterlasers gemeinsam und bevorzugt vollständig von dem diffraktiven optischen Element überdeckt. Insbesondere können alle Lichtaustrittsflächen der Halbleiterlaserchips jeweils vollständig von dem diffraktiven optischen Element abgedeckt sein. Dabei erstreckt sich das diffraktive optische Element bevorzugt zusammenhängend, einstückig und/oder lückenlos über alle Halbleiterlaserchips hinweg.

[0038] Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich das diffraktive optische Element nahe

an dem Halbleiterlaserchip und/oder an der Lichtaustrittsfläche. Bevorzugt beträgt ein Abstand zwischen dem diffraktiven optischen Element und dem Halbleiterlaserchip höchstens ein 20-Faches oder 10-Faches oder 5-Faches und/oder mindestens ein 1-Faches oder 2-Faches oder 4-Faches der Wellenlänge maximaler Intensität der Laserstrahlung. Alternativ oder zusätzlich liegt der Abstand zwischen dem Halbleiterlaserchip und dem diffraktiven optischen Element bei höchstens 0,5 mm oder 0,2 mm oder 0,05 mm oder 20 µm. Das heißt, zwischen dem diffraktiven optischen Element und dem Halbleiterlaserchip liegt keine oder keine signifikante räumliche Trennung vor.

[0039] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das diffraktive optische Element und/oder der mindestens eine Halbleiterlaserchip stellenweise oder ganzflächig unmittelbar von einem Vergussmaterial umschlossen. Das Vergussmaterial ist bevorzugt aus einem Kunststoff mit einem vergleichsweise niedrigen Brechungsindex gebildet, etwa einem Silikon oder einem Epoxid oder einem Acrylat oder einem Polycarbonat. Das Vergussmaterial ist bevorzugt transparent für die erzeugte Laserstrahlung.

[0040] Gemäß zumindest einer Ausführungsform berührt das Vergussmaterial die optisch wirksame Struktur. Das Vergussmaterial kann die optisch wirksame Struktur lediglich an einem Rand berühren oder auch vollflächig über die gesamte Lichtaustrittsfläche hinweg.

[0041] Darüber hinaus wird ein Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterlasers angegeben. Mit dem Verfahren wird bevorzugt ein Halbleiterlaser hergestellt, wie in Verbindung mit einer oder mehrerer der oben genannten Ausführungsformen angegeben. Merkmale des Verfahrens sind daher auch für den Halbleiterlaser offenbart und umgekehrt.

[0042] In mindestens einer Ausführungsform umfasst das Verfahren die folgenden Schritte, bevorzugt in der angegebenen Reihenfolge:

- Bereitstellen des Halbleiterlaserchips, und
- Anbringen des diffraktiven optischen Elements an dem Halbleiterlaserchip und/oder Formen des diffraktiven optischen Elements in dem Halbleiterlaserchip.

[0043] Bei dem hier beschriebenen Verfahren und dem hier beschriebenen Halbleiterlaser kann eine kostenintensive und/oder materialintensive aktive Justage auf Komponentenebene entfallen. Durch die Verwendung von Halbleiterprozessen, insbesondere durch eine passive Justage auf Wafer-Ebene, kann zudem eine Kostenreduktion bei der Herstellung erfolgen. Beispielsweise ist es möglich, eine Erzeugung einer Komponente des Halbleiterlasers bereits auf Wafer-Ebene auf kundenspezifische Ab-

strahlcharakteristika abzustellen, etwa um eine kollimiertere Abstrahlung zur einfacheren Weiterverarbeitung auf Kundenseite zu ermöglichen.

[0044] Weiterhin lassen sich Schichten oder Materialien mit hohem Brechungsindex meist mit den in der Halbleiterfertigung verfügbaren Prozessen effizient strukturieren. Insbesondere lassen sich diffraktive optische Elemente bereits auf Wafer-Ebene mit den Halbleiterlaserchips kombinieren. Dies erlaubt es wirtschaftlich, diffraktive optische Elemente und Halbleiterlaserchips präzise zueinander zu justieren, sofern dies benötigt wird. Dabei wird speziell ein Bestückungsaufwand signifikant reduziert. Außerdem kann bereits ein Testen der Halbleiterlaser auf Wafer-Ebene erfolgen und schon auf Wafer-Ebene kann die Wirkung der diffraktiven optischen Elemente analysiert und überprüft werden.

[0045] Bei dem hier beschriebenen diffraktiven optischen Element, das innig mit dem Halbleiterlaserchip verbunden ist, entfällt ein nachträgliches Abdecken der Halbleiterlaserchips mit einem separaten diffraktiven optischen Element. Außerdem kann das diffraktive optische Element bei dem hier beschriebenen Halbleiterlaser als Schutzschicht für den Halbleiterlaserchip dienen. Wird das diffraktive optische Element beispielsweise auf den Halbleiterlaserchip aufgeklebt, so kann das Trägersubstrat des diffraktiven optischen Elements bereits ausreichenden mechanischen Schutz für den Halbleiterlaser gewährleisten. Aufgrund des hohen Brechungsindex der optisch wirksamen Struktur ist es außerdem möglich, dass sich die optisch wirksame Struktur an einer dem Halbleiterlaserchip abgewandten Seite des diffraktiven optischen Elements befindet und dass das diffraktive optische Element mit einem Einhausungskunststoff überzogen wird, um einen zusätzlichen Schutz zu erreichen.

[0046] Nachfolgend werden ein hier beschriebener Halbleiterlaser und ein hier beschriebenes Verfahren unter Bezugnahme auf die Zeichnung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen geben dabei gleiche Elemente in den einzelnen Figuren an. Es sind dabei jedoch keine maßstäblichen Bezüge dargestellt, viel mehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

[0047] Es zeigen:

Fig. 1 bis Fig. 4 schematische Schnittdarstellungen von Verfahrensschritten von Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen Verfahren,

Fig. 5 bis Fig. 13 und Fig. 14B schematische Schnittdarstellungen von Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen Halbleiterlasern,

spielen von hier beschriebenen Halbleiterlasern, und

Fig. 14A eine schematische Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen Halbleiterlasers.

[0048] In **Fig. 1** ist ein Ausführungsbeispiel eines Herstellungsverfahrens für einen hier beschriebenen oberflächenmontierbaren Halbleiterlaser **1** illustriert. Gemäß **Fig. 1A** wird ein Trägersubstrat **32** für ein diffraktives optisches Element **3** bereitgestellt. Bei dem Trägersubstrat **32** handelt es sich beispielsweise um ein Saphirsubstrat.

[0049] Auf dem Trägersubstrat **32** wird eine Trennschicht **34** erzeugt, etwa epitaktisch gewachsen. Die Trennschicht **34** ist beispielsweise eine GaN-Schicht. Weiterhin wird auf der Trennschicht **34** eine Rohmaterialschicht **35** abgeschieden, beispielsweise epitaktisch oder mittels Sputtern. Die Rohmaterialschicht **35** ist beispielsweise aus Aluminiumnitrid.

[0050] Im Verfahrensschritt der **Fig. 1B** wird in der Rohmaterialschicht **35** eine optisch wirksame Struktur **33** gebildet. Die optisch wirksame Struktur **33** wird etwa über Lithographie und Ätzen erzeugt. Beispielsweise weist die optisch wirksame Struktur **33**, in **Fig. 1** durch eine Schraffur symbolisiert, in Draufsicht gesehen eine gitterähnliche Form auf. Strukturgrößen der optisch wirksamen Struktur **33** liegen in Draufsicht gesehen beispielsweise im Bereich eines Viertels oder einer halben Wellenlänge der im Betrieb des fertigen Halbleiterlasers **1** erzeugten Laserstrahlung **L**. Gleiches kann für eine Dicke der optisch wirksamen Struktur **33** gelten, wobei die Dicke alternativ oder zusätzlich kleiner oder gleich $2\ \mu\text{m}$ oder $1\ \mu\text{m}$ ist. Die optisch wirksame Struktur **33** durchdringt die Rohmaterialschicht **35** nur zum Teil. Hier und im Folgenden ist die optisch wirksame Struktur **33** lediglich stark vereinfacht veranschaulicht.

[0051] In Draufsicht weist die optisch wirksame Struktur **33** bevorzugt Strukturelemente mit einer mittleren Größe von mindestens $0,5\ \mu\text{m}$ bis $1\ \mu\text{m}$ auf. Eine Höhe der Strukturelemente richtet sich nach dem geplanten Brechungsindexunterschied zwischen der optisch wirksamen Struktur **33** und einer Umgebung und soll ausreichend groß sein, um über eine Phasenverschiebung den erforderlichen optischen Gangunterschied zu bewerkstelligen.

[0052] Im Verfahrensschritt der **Fig. 1C** wird ein Halbleiterlaserchip **4** bereitgestellt. Bei dem Halbleiterlaserchip **4** handelt es sich um einen oberflächenemittierenden Laser. Der Halbleiterlaserchip **4** weist ein Aufwachssubstrat **2** für eine Halbleiterschichtenfolge **40** auf. Die Halbleiterschichtenfolge **40** weist eine Wachstumsrichtung **G** in Richtung weg von dem Aufwachssubstrat **2** auf. Ferner beinhaltet die Halbleiterschichtenfolge **40** zumindest eine aktive Zone

41 zum Erzeugen der Laserstrahlung **L**. Eine Lichtaustrittsfläche **44** des Halbleiterlasers **4** ist durch die Halbleiterschichtenfolge **40** gebildet und ist senkrecht zur Wachstumsrichtung **G** orientiert.

[0053] Bei dem Aufwachssubstrat **2** handelt es sich zum Beispiel um ein GaAs-Substrat. Die Halbleiterschichtenfolge **40** basiert insbesondere auf dem Materialsystem AlInGaAs. Abweichend von der Darstellung in **Fig. 1** ist es möglich, dass anstelle des Aufwachssubstrats **2** ein Ersatzsubstrat verwendet wird, auf dem die Halbleiterschichtenfolge **40** nach einem Wachsen aufgebracht wird. In diesem Fall ist das Aufwachssubstrat **2** entfernt.

[0054] Im Verfahrensschritt der **Fig. 1D** wird die Komponente aus **Fig. 1B** auf den Halbleiterlaserchip **4** aus **Fig. 1C** aufgebracht. Dies erfolgt über eine Schicht eines Verbindungsmittels **5**. Das für die Laserstrahlung **L** durchlässige Verbindungsmittel **5** erstreckt sich ganzflächig und durchgehend zwischen den Halbleiterlaserchip **4** und der Komponente aus **Fig. 1B**. Das Verbindungsmittel **5** ist beispielsweise ein organischer Klebstoff. Es ist möglich, dass das Verbindungsmittel **5** die optisch wirksame Struktur **33** aus dem hochbrechenden Material ausfüllt. Aufgrund des hohen Brechungsindex der optisch wirksamen Struktur **33** bleibt ein ausreichend großer Brechungsindexunterschied zu dem Verbindungsmittel **5** hin erhalten, so dass die optisch wirksame Struktur **33** die gewünschte Wirkung erzielt.

[0055] Gemäß **Fig. 1E** verbleibt lediglich die optisch wirksame Struktur **33** an dem Halbleiterlaser **4**. Dies erfolgt insbesondere über ein Laserabhebeverfahren durch das Trägersubstrat **32** hindurch. Insbesondere wird durch das Trägersubstrat **32** hindurch eine Laserstrahlung eingestrahlt, die die Trennschicht **34** zersetzt, so dass das Trägersubstrat **32** abhebbar ist. Alternativ oder zusätzlich zu einem Laserabhebeverfahren kann auch ein Ätzen und/oder Schleifen und/oder Polieren erfolgen. Optional werden eventuelle Reste der Trennschicht **34** an der optisch wirksamen Struktur **33** entfernt. Die überzählige Rohmaterialschiicht **35** wird optional ebenso vollständig entfernt.

[0056] Die Trennschicht **34** dient letztlich dazu, das Trägersubstrat **32** mittels eines Abhebeverfahrens wie ein Laserabhebeverfahren zu entfernen. Dazu kann die Trennschicht **34** wie erläutert eine Halbleiterschicht sein, jedoch ist dies nicht zwingend erforderlich. Zum Ablösen ist nur erforderlich, dass die Trennschicht **34** mit einer Methode wie Laserzersetzen oder Ätzen teilweise oder vollständig zersetzbar ist. Für die Trennschicht **34** kann damit auch ein Dielektrikum und/oder ein organisches Material wie polymerisiertes Bisbenzocyclobuten, kurz BCB, zum Einsatz kommen.

[0057] Im Verfahrensschritt der **Fig. 1F** ist gezeigt, dass die Halbleiterschichtenfolge **40** stellenweise freigelegt wird, wobei das Verbindungsmittel **5** und die optisch wirksame Struktur **33**, die das diffraktive optische Element **3** bildet, stellenweise entfernt werden. In dem freigelegten Bereich der Halbleiterschichtenfolge **40** können elektrische Kontakte **91**, **92**, in **Fig. 1F** nur stark vereinfacht illustriert, angebracht werden, um die aktive Zone **41** zu bestromen.

[0058] Alternativ zur Darstellung in **Fig. 1** kann das diffraktive optische Element **3** bereits vor dem Verfahrensschritt der **Fig. 1D**, etwa beim Schritt der **Fig. 1B**, die in **Fig. 1F** gezeigte Aussparung für die elektrischen Kontakte **91**, **92** aufweisen. Entsprechendes gilt für alle anderen Ausführungsbeispiele.

[0059] Beim Verfahren der **Fig. 2** wird zuerst ein Halbleiterlaserchip **4** bereitgestellt, siehe **Fig. 2A**. Nachfolgend wird die Rohmaterialschiicht **35** auf der Lichtaustrittsfläche **44** abgeschieden, siehe **Fig. 2B**. Die Rohmaterialschiicht **35** ist beispielsweise aus abgeschiedenem amorphem Aluminiumoxid.

[0060] Daraufhin wird, siehe **Fig. 2C**, die optisch wirksame Struktur **33** in der Rohmaterialschiicht **35** erzeugt. Die optisch wirksame Struktur **33** reicht nicht bis zur Lichtaustrittsfläche **44**. Alternativ, anders als in **Fig. 2C** gezeigt, kann die optisch wirksame Struktur **33** auch bis zur Halbleiterschichtenfolge **40** reichen.

[0061] In **Fig. 2D** ist gezeigt, dass die Halbleiterschichtenfolge **40** stellenweise freigelegt wird, um eine elektrische Kontaktierung zu ermöglichen, analog zu **Fig. 1F**.

[0062] In **Fig. 3A** wird in einem weiteren beispielhaften Herstellungsverfahren der Halbleiterlaserchip **4** bereitgestellt. Ferner wird die optisch wirksame Struktur **33** an dem Trägersubstrat **32** bereitgestellt. Die optisch wirksame Struktur **33** kann aus zwei Teilstrukturen **33a**, **33b** zusammengesetzt sein, die in **Fig. 3** durch unterschiedliche Schraffuren symbolisiert sind. Eine solche optisch wirksame Struktur **33** mit mehreren Teilstrukturen kann auch in allen anderen Ausführungsbeispielen verwendet werden. Dabei können mehr als zwei Teilstrukturen vorhanden sein.

[0063] In **Fig. 3B** ist gezeigt, dass die beiden Komponenten aus **Fig. 3A** über das Verbindungsmittel **5** aneinander angebracht sind und dass ein Teil der Halbleiterschichtenfolge **40** zur elektrischen Kontaktierung freigelegt ist.

[0064] Anders als in den **Fig. 1** und **Fig. 2** weist das diffraktive optische Element **3** in dem fertigen Halbleiterlaser **1** der **Fig. 3** noch die verbleibende Rohmaterialschiicht **35**, die Trennschicht **34**, die optional ist, und das Trägersubstrat **32** auf. Die Laserstrahlung **L** wird durch die Schicht mit dem Verbindungs-

mittel **5**, die optisch wirksame Struktur **33**, die Rohmaterialschicht **35**, die optionale Halbleiterschicht **34** sowie durch das Trägersubstrat **32** hindurch emittiert. Bei dem Trägersubstrat **32** handelt es sich bevorzugt um Saphir oder um Siliciumcarbid. Auch in allen anderen Ausführungsbeispielen ist es prinzipiell möglich, dass das Trägersubstrat **32** in dem fertigen Halbleiterlaser **1** noch vorhanden ist.

[0065] Beim Verfahren der **Fig. 4** wird die Rohmaterialschicht **35** direkt auf dem Trägersubstrat **32** erzeugt. Bei dem Trägersubstrat **32** handelt es sich beispielsweise um GaAs, die Rohmaterialschicht **35** ist beispielsweise aus AIP.

[0066] Gemäß **Fig. 4B** wird in der Rohmaterialschicht **35** die optisch wirksame Struktur **33** erzeugt.

[0067] In **Fig. 4C** ist zu sehen, dass zur Planarisierung der optisch wirksamen Struktur **33** eine Planarisierungsschicht **37** aufgebracht wird. Die Planarisierungsschicht **37**, 5a wird zur nachfolgenden Verbindung mit dem in **Fig. 4D** bereitgestellten Halbleiterlaserchip **4** benötigt. Die beiden Schichten 5a, 5b an dem diffraktiven optischen Element **3** sowie an dem Halbleiterlaserchip **4** sind etwa aus SiO₂ und werden beispielsweise chemomechanisch poliert, bevor bevorzugt ein Ansprennen erfolgt, siehe **Fig. 4E**. Damit bilden die Schichten 5a, 5b zusammen die Verbindungsmittelschicht **5** aus.

[0068] Optional, siehe **Fig. 4F**, wird das Trägersubstrat **32** entfernt. Wie auch in **Fig. 1F** wird die Halbleiterschichtenfolge **40** stellenweise zur elektrischen Kontaktierung freigelegt.

[0069] Gemäß **Fig. 4** wird also insbesondere eine AIP-Schicht direkt auf dem GaAs-Substrat strukturiert, nachfolgend eingeebnet und über einen Prozess wie Direct Bonding mit dem Halbleiterlaserchip **4** verbunden. Als Material für das Verbindungsmittel **5** können wie auch in allen anderen Ausführungsbeispielen etwa flussfähige Oxide, englisch flowable oxids oder kurz FOX, verwendet werden. Ebenso können organische Materialien wie vernetzte Dibenzycklobuthen-Schichten Verwendung finden.

[0070] In den **Fig. 1** bis **Fig. 4** ist das Aufbringen je nur eines diffraktiven optischen Elements **3** auf nur einen Halbleiterlaserchip **4** illustriert. Abweichend davon kann in den **Fig. 1** bis **Fig. 4** je auch ein Wafer-zu-Wafer-Prozess verwendet werden, um eine Vielzahl von diffraktiven optischen Elementen **3** gleichzeitig auf eine Vielzahl von Halbleiterlaserchips **4** aufzubringen. Die jeweiligen Verfahren der **Fig. 1** bis **Fig. 4** sind also sowohl in einem Wafer-zu-Wafer-Prozess als auch in einem Chip-zu-Wafer-Prozess oder in einem Chip-zu-Chip-Prozess durchführbar. Hierbei ist ein Wafer-zu-Wafer-Prozess aus Effizienzgründen bevorzugt.

[0071] Weiterhin, anders als in **Fig. 4** dargestellt, ist es möglich, dass analog zu **Fig. 1** anstelle des Direct Bondings ein Klebstoff verwendet wird, um die beiden Komponenten aus den **Fig. 4C** und **Fig. 4D** miteinander zu verbinden. In diesem Fall ist die Schicht mit dem Verbindungsmittel **5** bevorzugt durch eine einzige Schicht realisiert. Kleben oder Ansprennen oder Direct Bonding können auch in allen anderen Ausführungsbeispielen als alternative Methoden des Verbindens der beiden Komponenten miteinander verwendet werden.

[0072] Als weitere Alternative zum Verfahren der **Fig. 4** ist es möglich, dass die Rohmaterialschicht **35** an dem Trägersubstrat **32** zuerst an dem Halbleiterlaserchip **4** angebracht wird, siehe **Fig. 4G**, und dass erst nach dem Ablösen des Trägersubstrats **32** die optisch wirksame Struktur **33** erzeugt wird, siehe **Fig. 4H**. Da das Erzeugen der optisch wirksamen Struktur **33** erst an dem Halbleiterchip **4** erfolgt, ist nur eine vergleichsweise grobe Vorjustage der Komponente aus **Fig. 4G** relativ zum Halbleiterlaser **4** nötig.

[0073] Im Ausführungsbeispiel der **Fig. 5** ist gezeigt, dass mehrere der Halbleiterlaserchips **4** vorhanden sind. Das diffraktive optische Element **3** erstreckt sich einstückig und gemeinsam über die Halbleiterlaserchips **4** hinweg. Beispielsweise werden das diffraktive optische Element **3** sowie die Halbleiterlaserchips **4** über Waferbonden noch im Waferverbund miteinander kontaktiert, so dass ein Fügebereich **39** gebildet wird. Dabei befindet sich das diffraktive optische Element **3** an einer der Halbleiterschichtenfolge **40** abgewandten Seite des Aufwachssubstrats **2**. Seitlich neben der Halbleiterschichtenfolge **40** mit der aktiven Zone **41** befinden sich die elektrischen Kontakte **91**, **92**. Optional kann ein nicht gezeichnetes Vereinzeln zu separaten Halbleiterlasern **1** mit je einem oder mehreren Halbleiterlaserchips **4** durchgeführt werden.

[0074] Optional ist an einer der Halbleiterschichtenfolge **40** abgewandten Seite des diffraktiven optischen Elements **3** die Planarisierungsschicht **37** vorhanden, wie auch in allen anderen Ausführungsbeispielen möglich, bei denen sich die optisch wirksame Struktur **33** an einer Außenseite befindet.

[0075] In den **Fig. 6** und **Fig. 7** ist illustriert, dass die optisch wirksame Struktur **33** direkt in dem Aufwachssubstrat **2** gebildet ist. Gemäß **Fig. 6** sind die elektrischen Kontakte **91**, **92** so gestaltet, dass sie zum Teil innerhalb der Halbleiterschichtenfolge **40** verlaufen, wobei einer der Kontakte **92** die Ebene mit der aktiven Zone **41** durchdringt. Wie in allen anderen Ausführungsbeispielen ist es möglich, dass sich zwischen dem Bereich mit der aktiven Zone **41** und dem Aufwachssubstrat **2** ein Bragg-Spiegel **46** befindet. Optional ist wiederum die Planarisierungsschicht **37** vorhanden.

[0076] Der Brechungsindex von Siliziumnitrid wird oftmals oberhalb von 2 taxiert. Bei plasmaunterstützter chemischer Dampfphasenabscheidung können SiN:H-Schichten mit niedrigerem Brechungsindex erzeugt werden, zum Beispiel bei 633 nm ungefähr 1,85. Die optisch wirksame Struktur **33** der **Fig. 6** ist insbesondere aus SiN:H oder auch aus Saphir.

[0077] In **Fig. 7** sind das Aufwachssubstrat **2** und das diffraktive optische Element **3** monolithisch integriert, anstatt separate diffraktive optische Elemente zu verwenden, wie etwa in Verbindung mit den **Fig. 1**, **Fig. 3**, **Fig. 4** oder **Fig. 5** illustriert.

[0078] In **Fig. 8** ist illustriert, dass sich die elektrischen Kontakte **91**, **92** an unterschiedlichen Seiten des Aufwachssubstrats **2** befinden. Eine entsprechende Gestaltung kann auch in allen anderen Ausführungsbeispielen Verwendung finden.

[0079] In **Fig. 9** ist gezeigt, dass das diffraktive optische Element **3** an der Seite mit der Halbleiterschichtenfolge **40** aufgebracht ist. Dabei ist es möglich, dass das diffraktive optische Element **3** die jeweils zugeordnete Halbleiterschichtenfolge **40** lateral, also in Richtung senkrecht zur Wachstumsrichtung **G**, überragt oder anders als gezeichnet bündig mit der Halbleiterschichtenfolge **40** abschließt. Weiterhin ist es möglich, wie auch in allen anderen Ausführungsbeispielen, dass einer der elektrischen Kontakte **92** flächig aufgebracht ist.

[0080] Beim Ausführungsbeispiel der **Fig. 10** ist zusätzlich ein Vergussmaterial **7** vorhanden. Dabei ist das diffraktive optische Element **3** primär über das Verbindungsmittel **5**, beispielsweise ein Kleber oder ein flussfähiges Oxid, befestigt. Das Vergussmaterial **7** reicht stellenweise bis an eine dem Halbleiterlaserchip **4** zugewandte Seite des diffraktiven optischen Elements **3** und steht stellenweise in direktem Kontakt mit der optisch wirksamen Struktur **33**.

[0081] Demgegenüber ist gemäß **Fig. 10B** das diffraktive optische Element **3** über das Vergussmaterial **7**, das gleichzeitig das Verbindungsmittel **5** darstellt, befestigt. Über das Vergussmaterial **7** ist der Halbleiterlaser **1** gegen äußere Einflüsse schützbar. Aufgrund des hohen Brechungsindex der optisch wirksamen Struktur **33** ist es unschädlich, wenn das Vergussmaterial **7** die optisch wirksame Struktur **33** bedeckt und/oder ausfüllt.

[0082] In den **Fig. 10A** und **Fig. 10B** weist die optisch wirksame Struktur **33** zu dem Halbleiterlaserchip **4** hin oder von dem Halbleiterlaserchip **4** weg. Beide Anordnungsmöglichkeiten der optisch wirksamen Struktur **33** sind in analoger Weise verwendbar.

[0083] In **Fig. 11A** ist gezeigt, dass das Verbindungsmittel **5** rahmenförmig auf der Lichtaustrittsflä-

che **44** aufgebracht ist, wobei ein Bereich direkt oberhalb der zur Erzeugung der Laserstrahlung eingerichteten aktiven Zone **41** bevorzugt frei von dem Verbindungsmittel **5** ist. Beispielsweise handelt es sich bei dem Verbindungsmittel **5** um eine Metallschicht, so dass ein Fügen des diffraktiven optischen Elements **3** an den Halbleiterlaserchip **4** beispielsweise durch Löten, etwa eutektisch, quasi-eutektisch oder isotherm erstarrend, erfolgt. Das Verbindungsmittel **5** kann aus mehreren Teilschichten zusammengesetzt sein.

[0084] In **Fig. 11A** greift dabei das Verbindungsmittel **5** stellenweise in die optisch wirksame Struktur **33** ein. Demgegenüber ist gemäß **Fig. 11B** die optisch wirksame Struktur **33** auf einen Bereich oberhalb der aktiven Zone **41** begrenzt. Damit ist das Verbindungsmittel **5** von der optischen wirksamen Struktur **33** beabstandet.

[0085] In **Fig. 11A** wie auch in **Fig. 11B** befindet sich zwischen dem diffraktiven optischen Element **3** und dem Halbleiterlaserchip **4** ein Spalt **6**. Der Spalt **6** ist vergleichsweise dünn und beispielsweise mit Luft gefüllt.

[0086] Gemäß **Fig. 11** erfolgt eine vergleichsweise genaue Justage, um eine exakte Abstimmung des diffraktiven optischen Elements **3** auf das Verbindungsmittel **5**, das insbesondere als Metallrahmen gestaltet ist, zu erzielen.

[0087] In **Fig. 12** ist dargestellt, dass das Verbindungsmittel **5** von der Halbleiterschichtenfolge **40** beabstandet ist. Das Verbindungsmittel **5**, beispielsweise Metallpodeste, steht in direktem Kontakt mit dem Aufwachssubstrat **2** und mit dem diffraktiven optischen Element **3**.

[0088] Demgegenüber, siehe **Fig. 12B**, ist das Verbindungsmittel **5** auf einem Montageträger **8** angebracht und steht nicht in direktem Kontakt mit dem Halbleiterlaserchip **4**. Das diffraktive optische Element **3** überdeckt den Halbleiterlaserchip **4** vollständig. Zwischen dem Verbindungsmittel **5**, dem Halbleiterlaserchip **4**, sowie zwischen dem Halbleiterlaserchip **4** und dem diffraktiven optischen Element **3** ist je ein Spalt **6** gebildet.

[0089] Gemäß **Fig. 13A** sind mehrere der Halbleiterlaserchips **4** auf den Montageträger **8** angebracht. Die Halbleiterlaserchips **4** sind gemeinsam von dem einstückigen, zusammenhängenden diffraktiven optischen Element **3** abgedeckt. Dabei kann das diffraktive optische Element **3** die Halbleiterlaserchips **4** seitlich überragen.

[0090] Demgegenüber bildet gemäß **Fig. 13B** das diffraktive optische Element **3** selbst einen Träger für die Halbleiterlaserchips **4**. Hierzu kann das diffrakti-

ve optische Element **3** mit elektrischen Kontaktstrukturen, nicht gezeichnet, versehen sein.

[0091] Gemäß **Fig. 13** weist der Halbleiterlaser **1** mehrere der Halbleiterlaserchips **4** auf, wie dies auch in allen anderen Ausführungsbeispielen der Fall sein kann. Genauso ist es in den Ausführungsbeispielen jeweils möglich, dass nur ein oder auch mehrere Halbleiterlaserchips **4** vorhanden sind, die mehrere Laserbereiche oder Einzellaser **47** aufweisen können, zum Beispiel ein Feld aus oberflächenemittierenden Vertikalresonatorlasern, auch als VCSEL-Array bezeichnet, siehe die Draufsicht in **Fig. 14A** und die Schnittdarstellung in **Fig. 14B**. Die Einzellaser **47**, die in Draufsicht beispielsweise in einem hexagonalen oder rechteckigen oder quadratischen Muster angeordnet sind, können dabei einzeln ansteuerbar sein oder auch nur alle gemeinsam betreibbar sein.

[0092] Die in den Figuren gezeigten Komponenten folgen, sofern nicht anders kenntlich gemacht, bevorzugt in der angegebenen Reihenfolge jeweils unmittelbar aufeinander. Sich in den Figuren nicht berührende Schichten sind voneinander beabstandet. Soweit Linien parallel zueinander gezeichnet sind, sind die entsprechenden Flächen ebenso parallel zueinander ausgerichtet. Ebenfalls soweit nicht anders kenntlich gemacht, sind die relativen Dickenverhältnisse, Längenverhältnisse und Positionen der gezeichneten Komponenten zueinander in den Figuren korrekt wiedergegeben.

[0093] Die hier beschriebene Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele 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	Halbleiterlaser
2	Aufwachssubstrat
3	diffraktives optisches Element
32	Trägersubstrat
33	optisch wirksame Struktur
34	Halbleiterschicht
35	Rohmaterialschiicht
37	Planarisierungsschicht
39	Fügebereich
4	Halbleiterlaserchip
40	Halbleiterschichtenfolge

41	aktive Zone
44	Lichtaustrittsfläche
46	Bragg-Spiegel
47	Einzellaser
5	Verbindungsmittel
6	Spalt
7	Vergussmaterial
8	Montageträger
91	Anodenkontakt
92	Kathodenkontakt
G	Wachstumsrichtung
L	Laserstrahlung

Patentansprüche

- Halbleiterlaser (1) mit
 - mindestens einem oberflächenemittierenden Halbleiterlaserchip (4), umfassend eine Halbleiterschichtenfolge (40) mit mindestens einer aktiven Zone (41) zur Erzeugung von Laserstrahlung (L) und umfassend eine Lichtaustrittsfläche (44), die senkrecht zu einer Wachstumsrichtung (G) der Halbleiterschichtenfolge (4) orientiert ist, und
 - einem diffraktiven optischen Element (3), das zur Aufweitung und Verteilung der Laserstrahlung (L) eingerichtet ist, wobei eine optisch wirksame Struktur (33) des diffraktiven optischen Elements (3) aus einem Material mit einem Brechungsindex von mindestens 1,65 ist, bezogen auf eine Wellenlänge maximaler Intensität der Laserstrahlung (L).
- Halbleiterlaser (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem sich das diffraktive optische Element (3) an der Lichtaustrittsfläche (44) befindet, sodass sich zwischen dem diffraktiven optischen Element (3) und dem Halbleiterlaserchip (4) zumindest stellenweise lediglich ein Verbindungsmittel (5) für das diffraktive optische Element (3) befindet.
- Halbleiterlaser (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem sich das Verbindungsmittel (5) ganzflächig zwischen der Lichtaustrittsfläche (44) und dem diffraktiven optischen Element (3) befindet, sodass das Verbindungsmittel (5) die Lichtaustrittsfläche (44) vollständig bedeckt.
- Halbleiterlaser (1) nach Anspruch 2, bei dem sich das Verbindungsmittel (5) an einem Rand des diffraktiven optischen Elements (3) befindet, sodass die Lichtaustrittsfläche (44) frei von dem Verbindungsmittel (5) ist und sodass zwischen dem diffraktiven optischen Element (3) und der Lichtaustrittsfläche (44) zumindest stellenweise ein Spalt (6) gebildet ist.

5. Halbleiterlaser (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem das Verbindungsmittel (5) zumindest stellenweise in die optisch wirksame Struktur (33) greift und die optisch wirksame Struktur (33) zumindest stellenweise vollständig ausfüllt.

6. Halbleiterlaser (1) nach Anspruch 1, bei dem sich das diffraktive optische Element (3) direkt und ganzflächig an der Lichtaustrittsfläche (44) befindet.

7. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das diffraktive optische Element (3) ein Trägersubstrat (32) umfasst, wobei sich die optisch wirksame Struktur (33) an einer der Lichtaustrittsfläche (44) zugewandten Seite des Trägersubstrats (32) befindet.

8. Halbleiterlaser (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die optisch wirksame Struktur (33) aus einem Halbleitermaterial ist, wobei das Trägersubstrat (32) ein Aufwachssubstrat für das Halbleitermaterial der optisch wirksamen Struktur (33) ist.

9. Halbleiterlaser (1) nach Anspruch 1, bei dem der Halbleiterlaserchip (4) ein Aufwachssubstrat (2) der Halbleiterschichtenfolge (4) umfasst und das diffraktive optische Element (3) in einer der Halbleiterschichtenfolge (4) abgewandten Seite des Aufwachssubstrats (2) geformt ist, wobei das diffraktive optische Element (3) die Lichtaustrittsfläche (44) bildet, sodass das diffraktive optische Element (3) und der Halbleiterlaserchip (4) einstückig ausgebildet sind.

10. Halbleiterlaser (1) nach Anspruch 1, bei dem der Halbleiterlaserchip (4) und ein Verbindungsmittel (5) für das diffraktive optische Element (3) auf einem gemeinsamen Montageträger (8) angebracht sind, sodass sich das Verbindungsmittel (5) in Draufsicht gesehen nur neben dem Halbleiterlaserchip (4) befindet und den Halbleiterlaserchip (4) nicht berührt, wobei das Verbindungsmittel (5) in direktem Kontakt mit dem Montageträger (8) und dem diffraktiven optischen Element (3) steht und das diffraktive optische Element (3) den Halbleiterlaserchip (4) vollständig bedeckt.

11. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend mehrere der Halbleiterlaserchips (4), wobei die Halbleiterlaserchips (4) gemeinsam und vollständig von dem diffraktiven optischen Element (3) überdeckt sind, das zusammenhängend und einstückig geformt ist.

12. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Abstand zwischen dem diffraktiven optischen Element (3) und dem Halbleiterlaserchip (4) höchstens ein Zehnfaches der

Wellenlänge maximaler Intensität der Laserstrahlung (L) beträgt.

13. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das diffraktive optische Element (3) zumindest stellenweise unmittelbar von einem Vergussmaterial (7) umschlossen ist, wobei das Vergussmaterial (7) die optisch wirksame Struktur (33) berührt.

14. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die optisch wirksame Struktur (33) des diffraktiven optischen Elements (3) aus einem Material mit einem Brechungsindex von mindestens 2,0 ist, und wobei der Halbleiterlaser (1) aufgrund einer Aufweitung und Verteilung der Laserstrahlung (L) durch das diffraktive optische Element (3) augensicher ist.

15. Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterlasers (1) nach einem der vorherigen Ansprüche mit den Schritten:

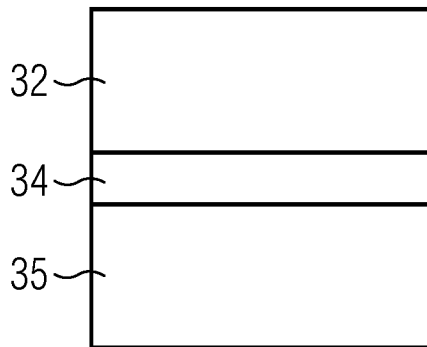
- Bereitstellen des Halbleiterlaserchips (4), und
- Anbringen des diffraktiven optischen Elements (3) an dem Halbleiterlaserchip (4) oder Formen des diffraktiven optischen Elements (3) in dem Halbleiterlaserchip (4).

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

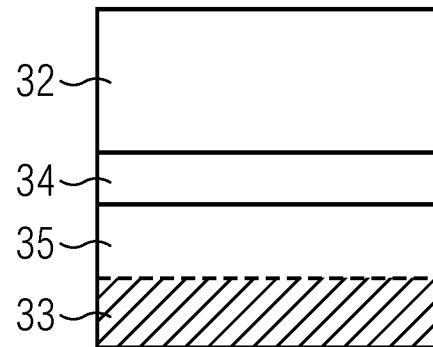
Anhängende Zeichnungen

FIG 1

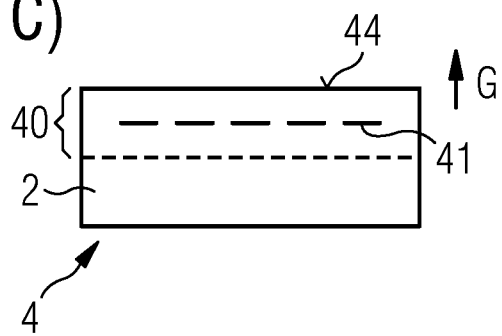
A)



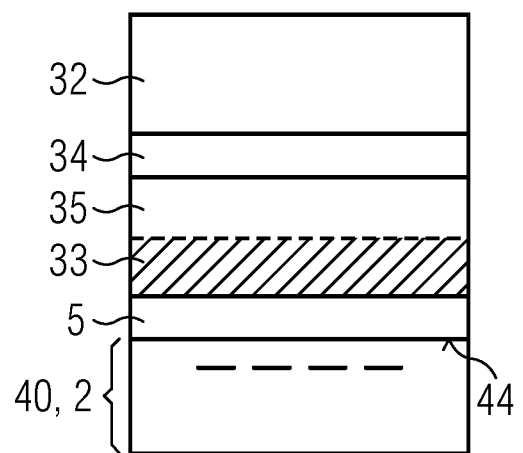
B)



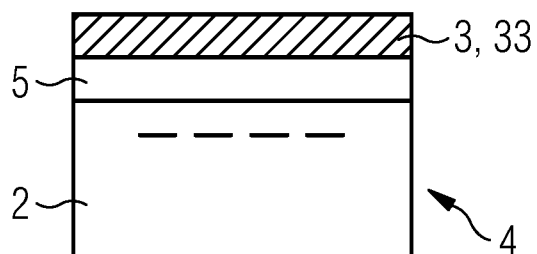
C)



D)



E)



F)

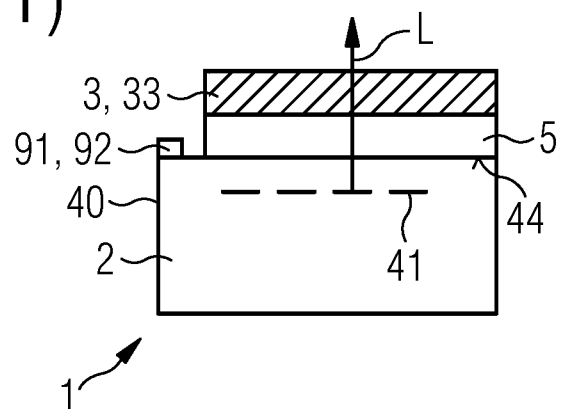


FIG 2

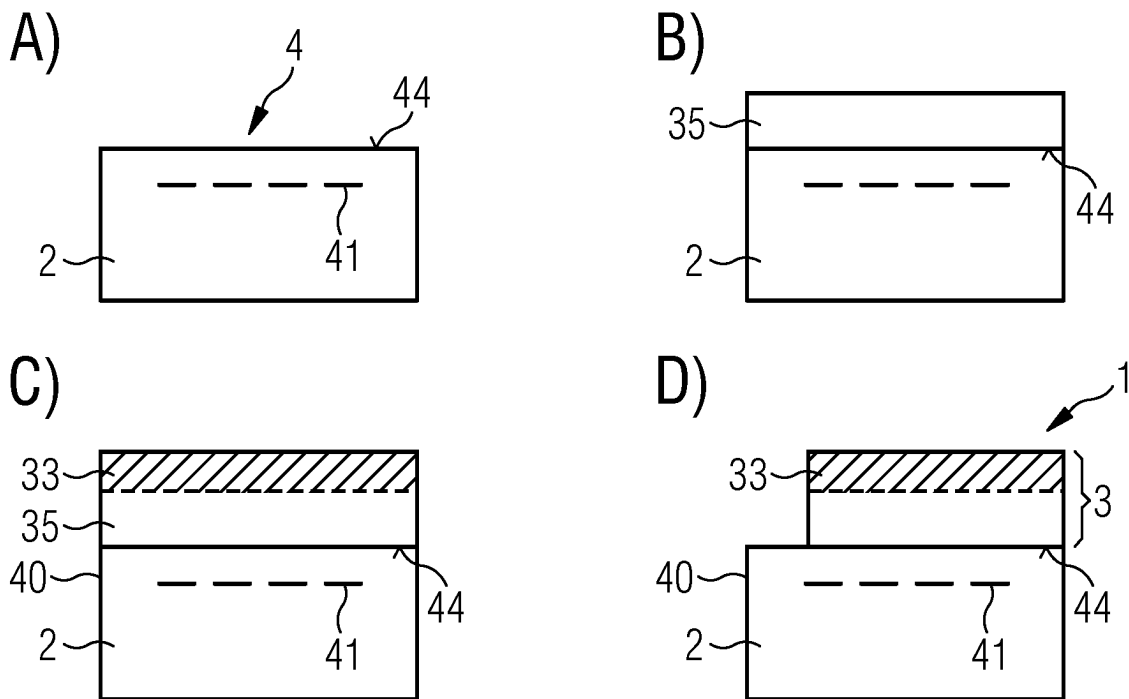


FIG 3

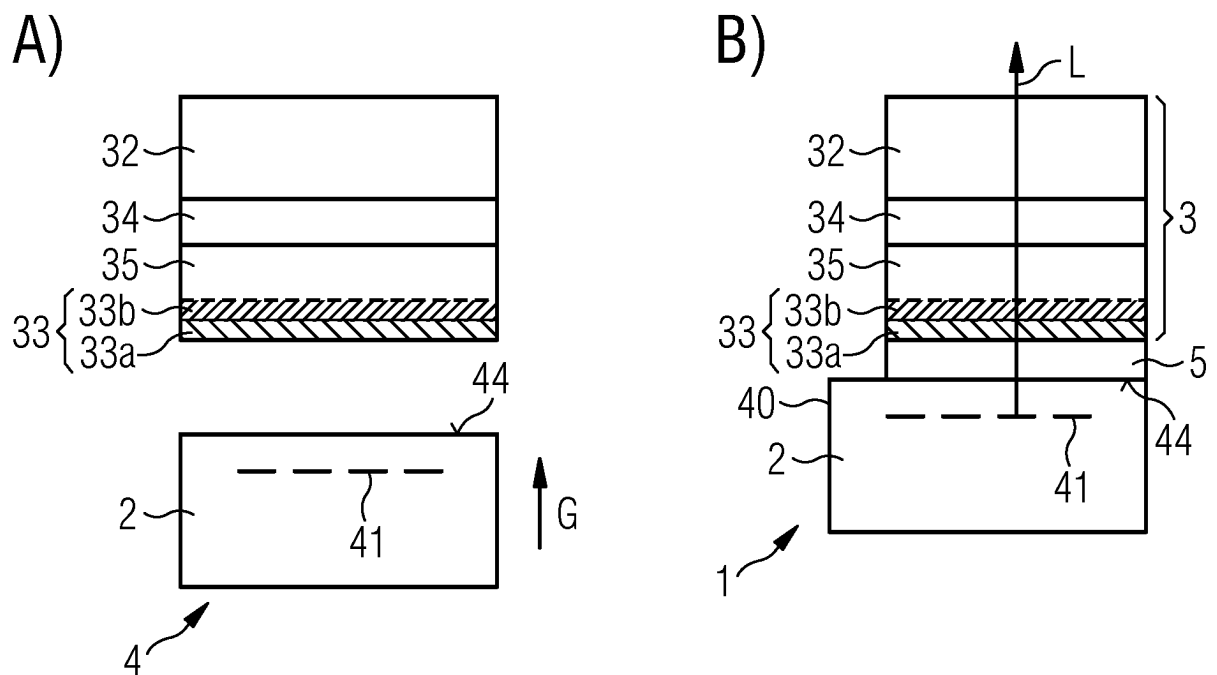
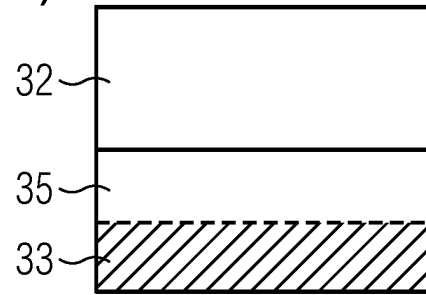


FIG 4

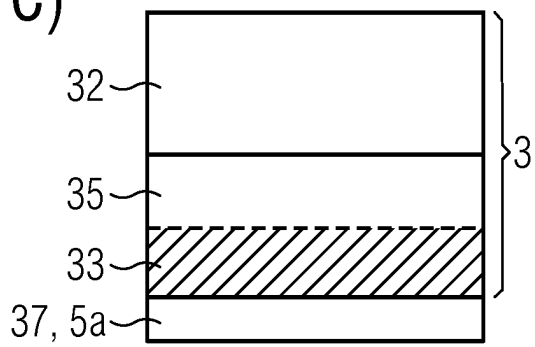
A)



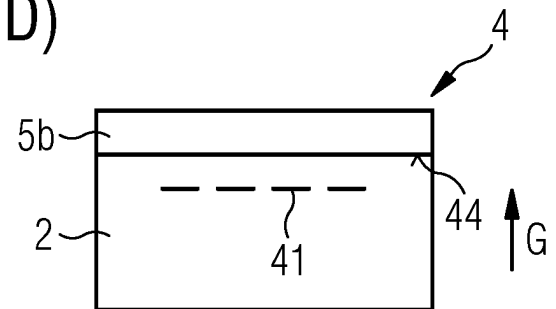
B)



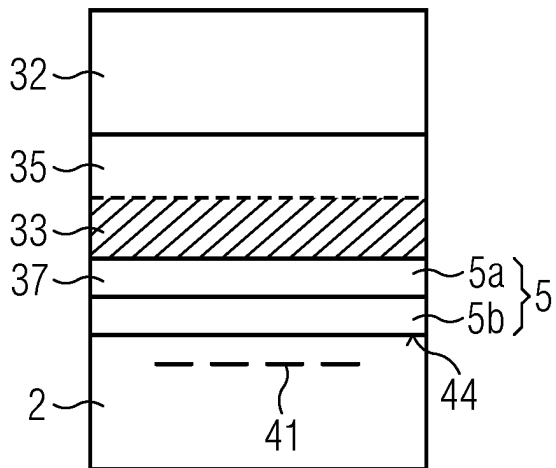
C)



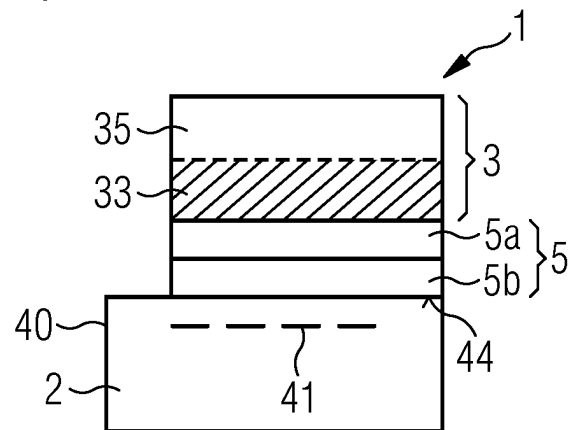
D)



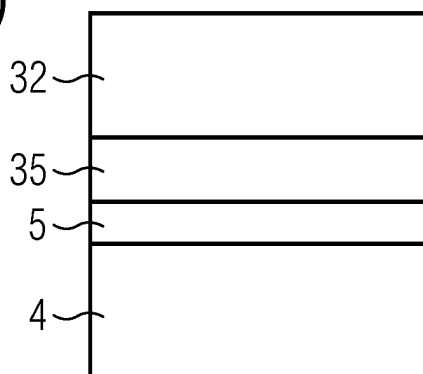
E)



F)



G)



H)

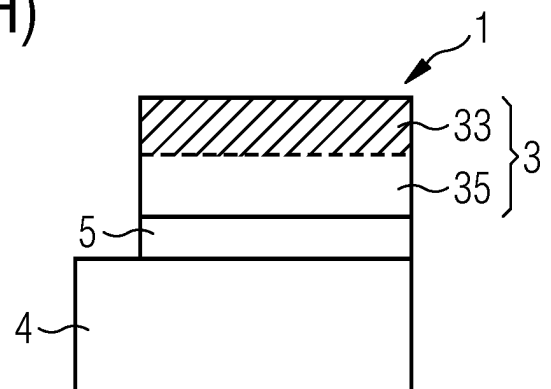


FIG 5

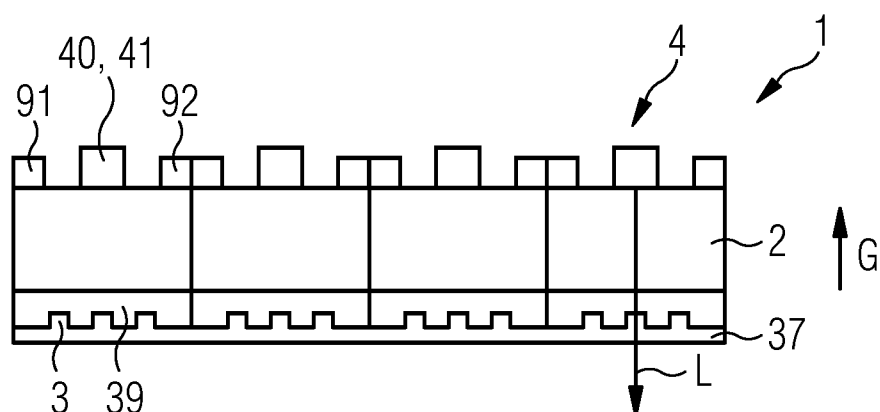


FIG 6

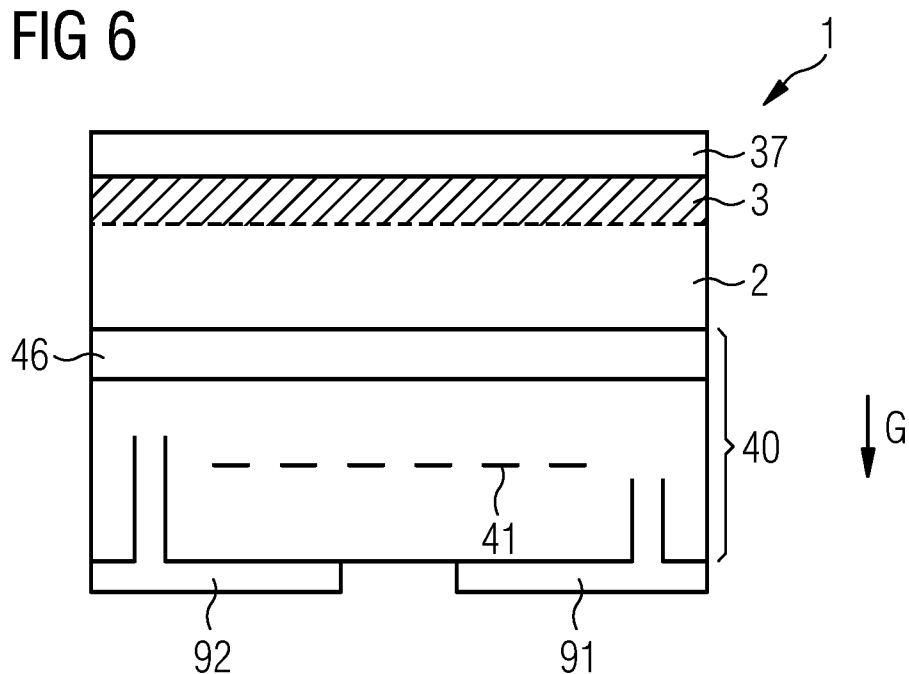


FIG 7

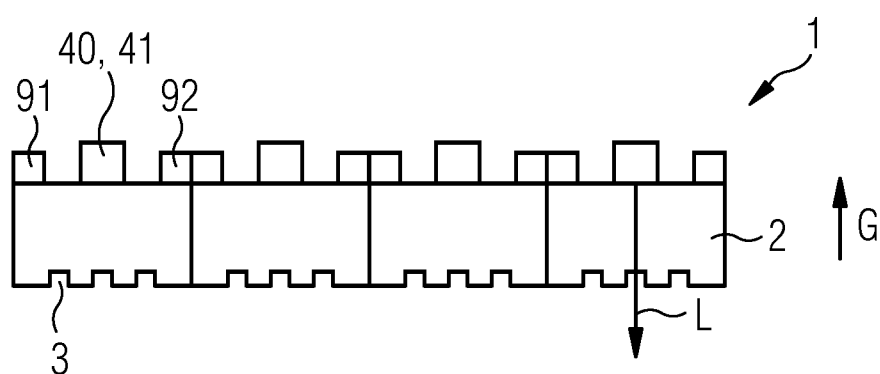


FIG 8

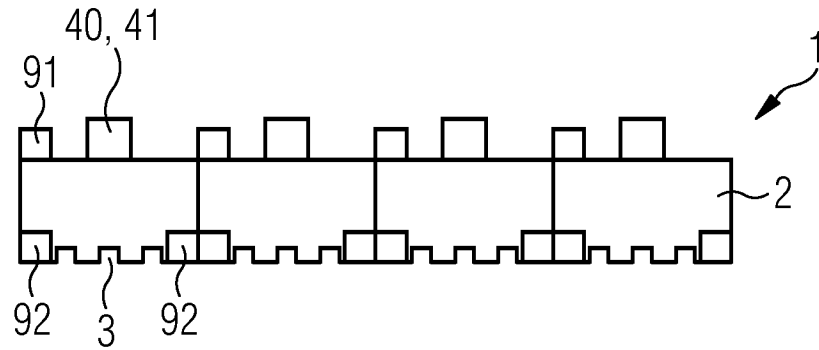


FIG 9

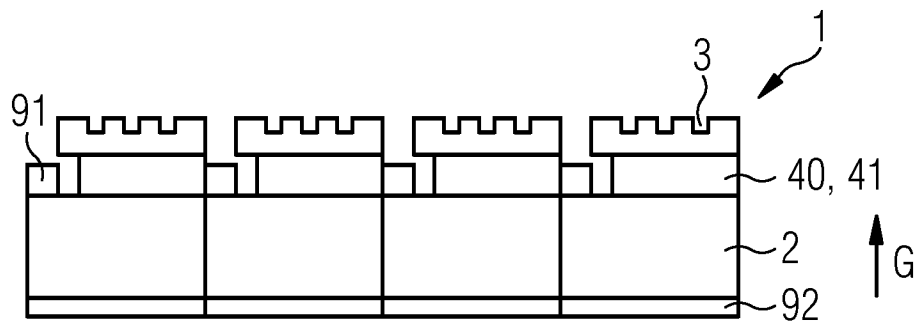


FIG 10

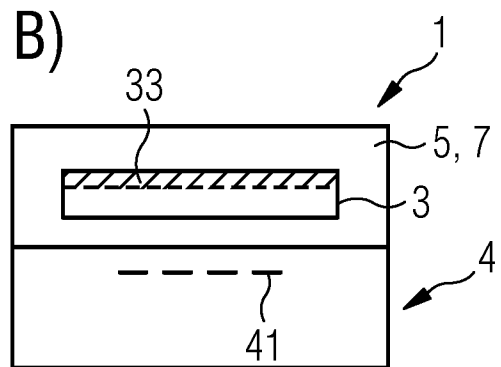
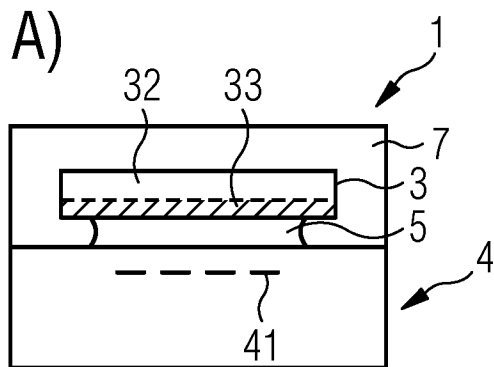


FIG 11

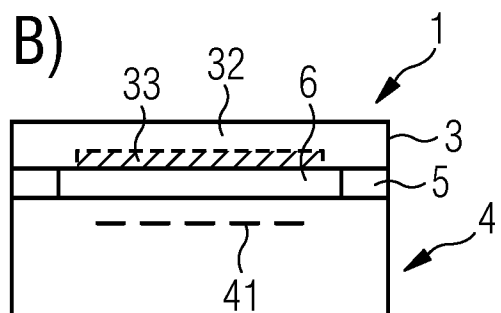
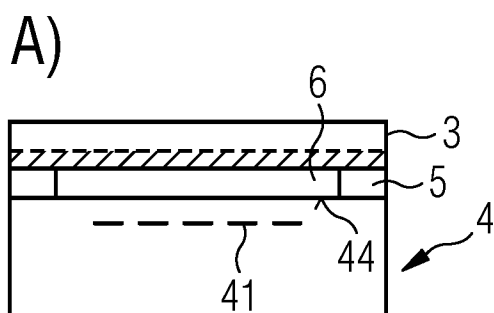


FIG 12

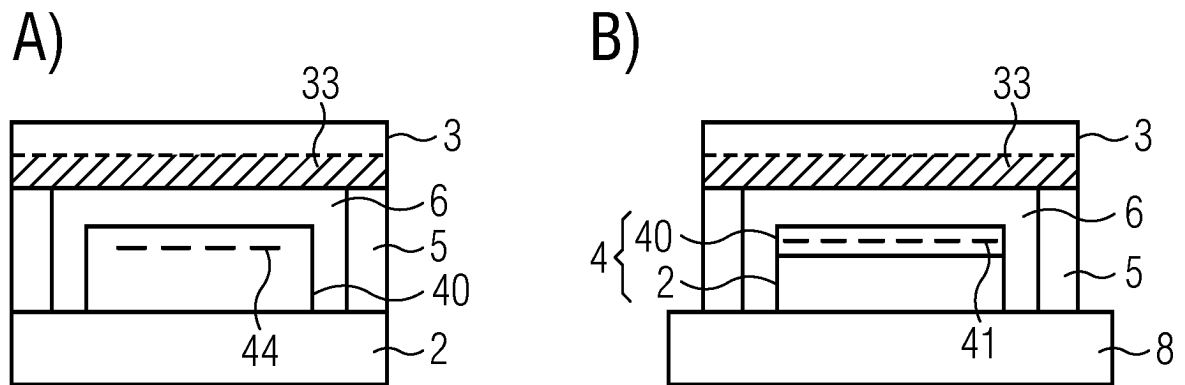


FIG 13

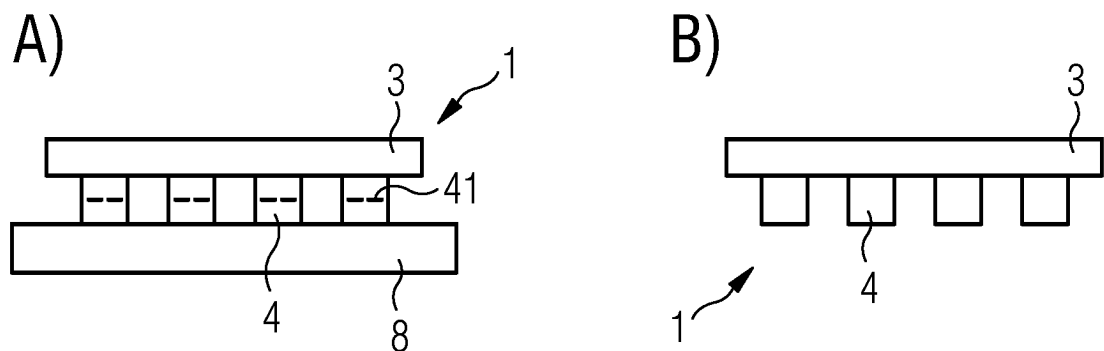


FIG 14

