

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. November 2017 (16.11.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/194320 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01S 5/0683 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/060082

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. April 2017 (27.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 108 700.9
11. Mai 2016 (11.05.2016) DE

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

(72) Erfinder: **GERHARD, Sven**; Bischof-Ketteler-Str. 36,
93087 Alteglofsheim (DE). **VIERHEILIG, Clemens**; Lu-

therstr. 19, 93105 Tegernheim (DE). **LÖFFLER, Andreas**;
Breslauer Str. 39, 93073 Neutraubling (DE).

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

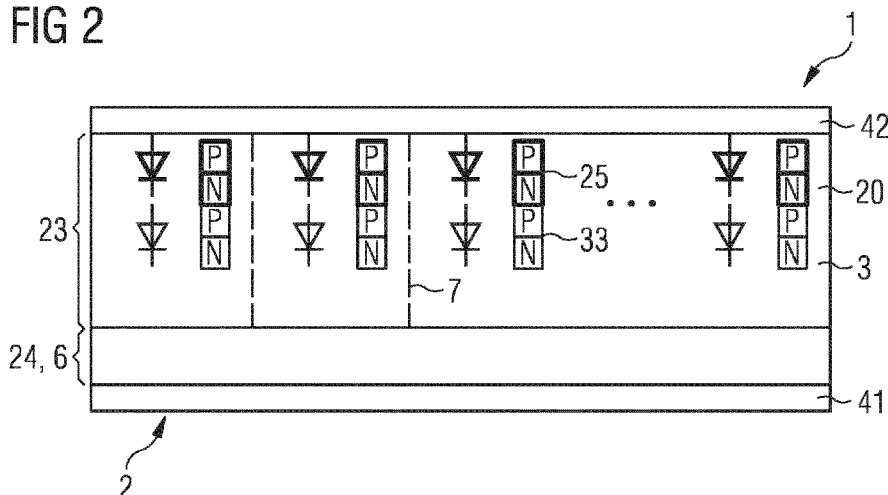
(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR,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

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) **Title:** LASER ASSEMBLY AND OPERATING METHOD

(54) **Bezeichnung:** LASERANORDNUNG UND BETRIEBSVERFAHREN

FIG 2



(57) **Abstract:** The invention relates to a laser assembly, wherein, in one embodiment, the laser assembly (1) comprises a plurality of laser groups (2) each having at least one semiconductor laser (20). Furthermore, the laser assembly (1) contains a plurality of photothyristors (3), each laser group (2) being clearly assigned one of the photothyristors (3). The photothyristors (3) are each connected electrically in series with the associated laser group (2) and/or integrated in the associated laser group (2). Furthermore, the photothyristors (3) are each optically coupled to the associated laser group (2). A dark breakdown voltage (U_t) of each photothyristor (3) lies above an intended operating voltage (U_b) of the associated laser group (2).

(57) **Zusammenfassung:** In einer Ausführungsform umfasst die Laseranordnung (1) mehrere Lasergruppen (2) mit je mindestens einem Halbleiterlaser (20). Ferner beinhaltet die Laseranordnung (1) mehrere Fotothyristoren (3), sodass jeder der Lasergruppen (2) einer der Fotothyristoren (3) eindeutig zugeordnet ist. Die Fotothyristoren (3) sind jeweils mit der zugehörigen Lasergruppe (2) elektrisch in Serie geschaltet und/oder in die zugehörige Lasergruppe (2) integriert. Ferner sind die Fotothyristoren (3) je mit der zugehörigen Lasergruppe (2) optisch gekoppelt. Eine Dunkeldurchbruchspannung (U_t) der Fotothyristoren (3) liegt jeweils oberhalb einer bestimmungsgemäßen Betriebsspannung (U_b) der zugehörigen Lasergruppe (2).

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

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Beschreibung

Laseranordnung und Betriebsverfahren

Es wird eine Laseranordnung angegeben. Darüber hinaus wird ein Betriebsverfahren für eine solche Laseranordnung angegeben.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, eine Laseranordnung mit mehreren Halbleiterlasern anzugeben, die auch mit einzelnen defekten Halbleiterlasern effizient betreibbar ist.

Diese Aufgabe wird unter anderem durch eine Laseranordnung und durch ein Betriebsverfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der übrigen Ansprüche.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform emittiert die Laseranordnung im bestimmungsgemäßen Betrieb eine Laserstrahlung. Dabei kann die Laseranordnung gepulst oder kontinuierlich, englisch continuous wave oder kurz cw, betreibbar sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Laseranordnung mehrere Lasergruppen. Jede der Lasergruppen umfasst einen oder mehrere Halbleiterlaser. Bevorzugt bestehen die Lasergruppen je aus genau einem Halbleiterlaser, sodass die Begriffe Lasergruppe und Halbleiterlaser Synonyme sein können. Halbleiterlaser bedeutet, dass die im Betrieb der Laseranordnung erzeugte Laserstrahlung auf eine Ladungsträgerrekombination in einem insbesondere anorganischen Halbleitermaterial zurückgeht. Die

Halbleiterlaser sind Festkörperlaser. Die Halbleiterlaser können auch als Emitter oder Laseremitter bezeichnet werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Laseranordnung mehrere Fotothyristoren. Ein Fotothyristor zeigt, wie auch ein normaler Thyristor, einen spannungsabhängigen Widerstand auf. Oberhalb einer Durchbruchspannung ist der Fotothyristor elektrisch leitend, unterhalb der Durchbruchspannung nur schlecht leitend. Bei einem Fotothyristor hängt die Durchbruchspannung zusätzlich von einer Beleuchtungsstärke ab. Mit zunehmender Beleuchtungsstärke des Fotothyristors oder einer fotoempfindlichen Schicht des Fotothyristors sinkt die Durchbruchspannung. Ohne Lichteinstrahlung ist somit die Durchbruchspannung am höchsten, vorliegend auch als Dunkeldurchbruchspannung bezeichnet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist jeder der Lasergruppen einer der Fotothyristoren eindeutig zugeordnet. Insbesondere besteht eine 1:1-Zuordnung zwischen den Halbleiterlasern und den Fotothyristoren.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Fotothyristoren je mit der zugehörigen Lasergruppe, insbesondere mit dem zugehörigen Halbleiterlaser, elektrisch in Serie geschaltet und/oder in die zugehörige Lasergruppe integriert. Integriert kann bedeuten, dass sich die Lasergruppe und der Fotothyristor zumindest einige Komponenten teilen, beispielsweise halbleitende Schichten.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Fotothyristoren je mit der zugehörigen Lasergruppe optisch gekoppelt. Das bedeutet, im bestimmungsgemäßen Betrieb in der

jeweiligen Lasergruppe erzeugte Strahlung kann zumindest zum Teil zu dem zugehörigen Fotothyristor gelangen. Insbesondere sind der Fotothyristor und die zugehörige Lasergruppe monolithisch und/oder einstückig gestaltet, sodass sich zwischen dem Fotothyristor und der zugehörigen Lasergruppe keine separaten optischen Komponenten wie Umlenkspiegel oder Linsen befinden und sodass die Strahlung von der Lasergruppe zu dem Fotothyristor nur Feststoffe, insbesondere nur Halbleitermaterialien, zu durchlaufen hat.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt die Dunkeldurchbruchspannung der Fotothyristoren jeweils oberhalb einer bestimmungsgemäßen Betriebsspannung der zugehörigen Lasergruppe. Die bestimmungsgemäße Betriebsspannung ist etwa diejenige Spannung, bei der die Laseranordnung bei den vorgesehenen Leistungsparametern zu betreiben ist. Beispielsweise liegt die bestimmungsgemäße Betriebsspannung um mindestens 0,3 V oder 0,5 V oder 0,7 V oberhalb einer Laserschwelspannung, ab der Laserstrahlung erzeugt wird.

In mindestens einer Ausführungsform umfasst die Laseranordnung mehrere Lasergruppen mit je mindestens einem Halbleiterlaser. Ferner beinhaltet die Laseranordnung mehrere Fotothyristoren, sodass jeder der Lasergruppen einer der Fotothyristoren eindeutig zugeordnet ist. Die Fotothyristoren sind jeweils mit der zugehörigen Lasergruppe elektrisch in Serie geschaltet und/oder in die zugehörige Lasergruppe integriert. Ferner sind die Fotothyristoren je mit der zugehörigen Lasergruppe optisch gekoppelt. Eine Dunkeldurchbruchspannung der Fotothyristoren liegt jeweils oberhalb einer bestimmungsgemäßen Betriebsspannung der zugehörigen Lasergruppe.

Aufgrund der vergleichsweise hohen Defektdichte im Halbleitermaterial bei Lasern, die auf AlInGaN basieren, ist die Ausbeute an Emittern mit guten elektrooptischen Daten deutlich geringer als etwa im InGaAs-Materialsystem. Dies ist ein wesentliches Problem bei der Herstellung von Laserbarren für Hochleistungsanwendungen wie Materialbearbeitung oder Projektionsanwendungen, insbesondere bei Laserwellenlängen im Bereich von 350 nm bis 590 nm. Daher befinden sich auf einem AlInGaN-Barren häufig einer oder mehrere Emitter, welche die Laserschwelle nicht erreichen oder deren elektrooptische Daten außerhalb der Spezifikationen liegen. Dies setzt die Ausbeute an Laserbarren im AlInGaN-Materialsystem auf relativ geringe Werte herab, sofern alle Barren mit nicht wie spezifiziert funktionierenden Emittern ausgesondert würden. Eine Herstellung von Laserbarren in diesem Materialsystem wäre hierdurch in seiner Wirtschaftlichkeit stark beeinträchtigt.

Belässt man die nicht ordnungsgemäß funktionierenden Emitter jedoch in dem Barren, werden diese bei einer üblichen Parallelschaltung aller Emitter mit bestromt, tragen jedoch nicht zu einer Laserlichtausbeute bei. Dadurch wird die Effizienz des Laserbarrens stark herabgesetzt. Zusätzlich heizen sich die nicht ordnungsgemäß funktionierenden Emitter durch den Stromfluss durch diese Emitter hindurch noch mehr als die funktionierenden Emitter auf, was eine Gesamteffizienz des Laserbarrens zusätzlich reduziert. Zudem wird damit eine technische Umsetzung von Laserbarren im sichtbaren Spektralbereich wegen einer thermischen Überhitzung des Bauelements sehr erschwert oder unmöglich gemacht.

In der hier beschriebenen Laseranordnung wird durch den Fotothyristor, der in der epitaktisch gewachsenen Struktur für die Halbleiterlaser integrierbar ist, eine elektrische Trennung der nicht ordnungsgemäß funktionierenden Emitter auf dem Laserbarren von einer Bestromung erreicht.

Derzeit sind keine Laserbarren mit Emissionswellenlängen im Bereich zwischen 350 nm und 590 nm am Markt verfügbar. Üblich sind einzelne Laserdioden in Gehäusen insbesondere der TO-Bauart. Solche TO-Laserdioden sind aber in der optischen Ausgangsleistung limitiert und reichen üblicherweise nur bis zu optischen Ausgangsleistungen von deutlich unter 10 W. Für viele Anwendungsbereiche wie in der Projektion oder bei der Materialbearbeitung sind jedoch optische Ausgangsleistungen von 10 W oder mehr oder, bevorzugt, von mindestens 100 W erforderlich.

Alternativ werden mehrere einzelne Emitter auf oder in einem Kühlkörper montiert. Hierdurch sind hohe Ausgangsleistungen etwa im blauen Spektralbereich realisierbar. Durch die einzelne Montage der Emitter entstehen jedoch Kostennachteile durch eine kompliziertere Herstellung der Einzelemitter sowie durch die aufwändigere Montage und durch die Notwendigkeit einer Justierung und von komplizierteren Optiken, um die erzeugten Laserstrahlen weiter zu verarbeiten.

Bei der hier beschriebenen Laseranordnung sind die Halbleiterlaser bevorzugt in einem Laserbarren angeordnet, sodass die Halbleiterlaser gemeinsam ohne Justage relativ zueinander montierbar sind. So weisen die Halbleiterlaser auch sehr ähnliche Abstrahleigenschaften auf, was die weitere Handhabung der Laserstrahlung erheblich vereinfacht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen die Halbleiterlaser je eine Halbleiterschichtenfolge auf. In dieser Halbleiterschichtenfolge ist besonders bevorzugt der zugehörige Fotothyristor integriert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegen in den Halbleiterschichtenfolgen je eine pnpn-Abfolge vor, die den zugehörigen Fotothyristor und die zugehörige aktive Zone des entsprechenden Halbleiterlasers umfasst. Die Buchstaben n sowie p stehen hierbei für n-leitende und p-leitende Gebiete. Alternativ ist es möglich, dass die Halbleiterschichtenfolgen je eine pipn-Abfolge oder eine ninp-Abfolge aufweisen, wobei der Buchstabe i für ein intrinsisch leitendes Gebiet der Halbleiterschichtenfolge steht. Die verschiedenartig leitenden Gebiete der Halbleiterschichtenfolge sind bevorzugt durch dezidierte Schichten oder Schichtenstapel in der Halbleiterschichtenfolge realisiert.

Die Halbleiterschichtenfolge basiert bevorzugt auf einem III-V-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. Insbesondere 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. Besonders bevorzugt basiert die Halbleiterschichtenfolge auf dem Materialsystem AlInGaN.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind alle Halbleiterlaser der Laseranordnung aus einer gemeinsamen Halbleiterschichtenfolge erzeugt. Dabei kann sich die Halbleiterschichtenfolge zusammenhängend und durchgehend über alle Halbleiterlaser erstrecken. Alternativ ist die Halbleiterschichtenfolge zwischen benachbarten Halbleiterlasern teilweise oder vollständig entfernt, wobei eine relative Position der Halbleiterlaser zueinander durch das Entfernen von Halbleitermaterial zwischen den Halbleiterlasern bevorzugt nicht verändert ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform befinden sich die Halbleiterlaser auf einem gemeinsamen Aufwachssubstrat. Bei dem Aufwachssubstrat handelt es sich beispielsweise um ein GaN-Substrat, auf dem die Halbleiterschichtenfolge epitaktisch gewachsen ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Laseranordnung dazu eingerichtet, sichtbare Laserstrahlung zu erzeugen. Eine Scheitelwellenlänge, auch als Wellenlänge maximaler Intensität oder Peakwavelength bezeichnet, liegt bevorzugt bei mindestens 400 nm oder 420 nm oder 440 nm und/oder bei höchstens 590 nm oder 540 nm oder 495 nm oder 470 nm. Alternativ liegt die Scheitelwellenlänge im nahen ultravioletten Spektralbereich, beispielsweise bei mindestens 350 nm oder 370 nm oder 385 nm und/oder bei höchstens 400 nm.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfassen die Fotothyristoren je eine Absorberschicht. Die Absorberschicht ist dazu eingerichtet, einen Teil der im Betrieb der zugehörigen Lasergruppe erzeugten Strahlung zu absorbieren. Über diese absorbierte Laserstrahlung wird eine Leitfähigkeit des Fotothyristors, insbesondere der Absorberschicht, erhöht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich die Absorberschicht an oder in einer Mantelschicht des zugehörigen Halbleiterlasers. Mit anderen Worten ist die Absorberschicht des Fotothyristors in eine funktionale Schicht des Halbleiterlasers eingebettet. Im Vergleich zu der Schicht, in die die Absorberschicht eingebettet ist, weist die Absorberschicht eine gegenteilige oder eine intrinsische Leitfähigkeit auf. Handelt es sich bei der Mantelschicht beispielsweise um eine n-dotierte Schicht, so ist die Absorberschicht p-dotiert oder intrinsisch leitend.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterlaser zumindest eine Wellenleiterschicht. Die Wellenleiterschicht grenzt bevorzugt unmittelbar an die aktive Zone an, insbesondere beiderseits der aktiven Zone. In den bevorzugt genau zwei Wellenleiterschichten, zusammen mit der aktiven Zone, erfolgt eine Führung der erzeugten Laserstrahlung.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform reicht ein evaneszentes Feld der in der zumindest einen Wellenleiterschicht geführten Laserstrahlung bis an die Absorberschicht heran. Die Absorberschicht absorbiert somit Anteile der geführten Laserstrahlung aus dem evaneszenten Feld heraus. Somit wird die Laserstrahlung nicht direkt auf die Absorberschicht gelenkt, sondern wird bevorzugt parallel zur Absorberschicht

geführt. Es ist möglich, dass die Absorberschicht ausschließlich aus dem evaneszenten Feld heraus Strahlung absorbiert und/oder dass Streustrahlung der Laserstrahlung zur Absorberschicht gelangt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Absorberschicht eine Absorptionskante auf. Die Absorptionskante entspricht einer Bandlücke eines Halbleitermaterials der Absorberschicht. Für die Absorptionskante E_g gilt bevorzugt einer der folgenden Zusammenhänge: $E_g \leq h c / (\lambda_p - 5 \text{ nm})$ oder $E_g \leq h c / \lambda_p$ oder $E_g \leq h c / (\lambda_p + 5 \text{ nm})$. Dabei steht λ_p für die Scheitelwellenlänge der zugehörigen Laserstrahlung, h bezeichnet das Planck'sche Wirkungsquantum und c steht für die Vakuumlichtgeschwindigkeit. Bevorzugt liegt also die Absorptionskante E_g bei der Scheitelwellenlänge oder bei größeren Wellenlängen. Alternativ ist es möglich, dass die Absorptionskante E_g in einer blauen, also kurzwelligen Flanke des Emissionsspektrums der zugehörigen Lasergruppe liegt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform absorbiert die Absorberschicht einen relativ kleinen Anteil der Laserstrahlung. Der Anteil der Laserstrahlung, der von der Absorberschicht absorbiert wird, liegt bevorzugt bei höchstens 5 % oder 2 % oder 0,3 %. Insbesondere liegt dieser Anteil bei mindestens 0,01 % oder 0,1 % oder 0,25 %.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform gilt für einen Abstand D zwischen der Absorberschicht und der Wellenleiterschicht hinsichtlich der Scheitelwellenlänge λ_p und einem Brechungsindex n der zugehörigen Mantelschicht: $0,1 n \lambda_p \leq D$ oder $0,25 n \lambda_p \leq D$ oder $0,4 n \lambda_p \leq D$ und/oder $D \leq n \lambda_p$ oder $D \leq 0,75 n \lambda_p$ oder $D \leq 0,5 n \lambda_p$.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Absorberschicht eine Dicke von mindestens 10 nm oder 20 nm oder 30 nm oder 50 nm auf. Alternativ oder zusätzlich liegt die Dicke der Absorberschicht bei höchstens 1 μm oder 500 nm oder, bevorzugt, 150 nm. Insbesondere ist die Absorberschicht um mindestens einen Faktor 2 oder 5 oder 10 dünner als die Mantelschicht, in die die Absorberschicht eingebracht ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Absorberschicht p-dotiert oder intrinsisch leitend. Dabei ist die Mantelschicht n-dotiert. Alternativ ist die Absorberschicht n-dotiert oder intrinsisch leitend und die Mantelschicht p-dotiert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Absorberschicht aus dem Materialsystem $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$. Alternativ oder zusätzlich ist die Mantelschicht aus dem Materialsystem $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$. Dabei gilt bevorzugt $0 \leq x, y, z$ oder $0 < x, z$ oder $0,01 \leq x, y, z$ oder $0,04 \leq x, y, z$ und/oder mit $x, y, z \leq 0,2$ oder $x, y, z \leq 0,1$ oder $x, y, z \leq 0,06$, jeweils für x, y, z gemeinsam oder je unabhängig voneinander nur für x oder nur für y oder nur für z oder nur für x und z oder nur für y und z oder nur für x und y .

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Dunkeldurchbruchspannung des Fotothyristors um mindestens 0,2 V oder 0,3 V oder 0,4 V und/oder um höchstens 1,5 V oder 1 V oder 0,8 V größer als die bestimmungsgemäße Betriebsspannung der zugehörigen Lasergruppe. Dabei liegt die bestimmungsgemäße Betriebsspannung bevorzugt bei mindestens 3,5 V und/oder bei höchstens 8 V oder 6 V.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind benachbarte Lasergruppen und/oder benachbarte Halbleiterlaser optisch voneinander isoliert. Durch eine optische Isolierung ist verhinderbar, dass die Fotothyristoren im Betrieb Strahlung von benachbarten Lasergruppen und/oder Halbleiterlasern empfangen. Durch die optische Isolierung ist ein optisches Übersprechen bevorzugt um mindestens einen Faktor 5 oder 10 oder 100 reduziert, im Vergleich zu einer Laseranordnung ohne entsprechende optische Isolierungen. Die optische Isolierung ist etwa durch einen Graben in der Halbleiterschichtenfolge gebildet, der zusätzlich mit einem Reflektor und/oder einem Absorber für die Laserstrahlung versehen sein kann.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Laseranordnung kantenemittierend gestaltet. Eine Abstrahlrichtung der Laserstrahlung ist damit bevorzugt senkrecht zu einer Wachstumsrichtung der Halbleiterschichtenfolge orientiert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform handelt es sich bei der Laseranordnung um einen Laserbarren. Die Halbleiterlaser befinden sich bevorzugt noch auf dem gemeinsamen Aufwachssubstrat und sind mechanisch fest aneinander gekoppelt. Die Laseranordnung ist somit als einzelnes Bauteil insbesondere aus einem Wafer heraus erzeugt und handhabbar.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind alle Lasergruppen und/oder Halbleiterlaser in Draufsicht gesehen nebeneinander angeordnet. Resonatoren der einzelnen Lasergruppen und/oder Halbleiterlaser sind bevorzugt parallel zueinander ausgerichtet, sodass alle Halbleiterlaser die Laserstrahlung parallel zueinander abstrahlen. Bevorzugt sind keine Halbleiterlaser hintereinander angeordnet, bezogen auf eine Richtung parallel zu Resonatorachsen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind pro Lasergruppe genau zwei elektrische Anschlüsse vorhanden. Insbesondere ist kein separater elektrischer Anschluss für den Fotothyristor vorgesehen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Laseranordnung, insbesondere der Laserbarren, mindestens 2 oder 5 oder 10 oder 15 der Lasergruppen. Alternativ oder zusätzlich weist die Laseranordnung höchstens 150 oder 100 oder 60 oder 40 der Lasergruppen und/oder der Halbleiterlaser auf.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Laseranordnung bei der bestimmungsgemäßen Betriebsspannung dazu eingerichtet, eine optische Leistung der Laserstrahlung von mindestens 10 W oder 15 W abzustrahlen. Bei einer gepulsten Laserstrahlung gilt dies bevorzugt im zeitlichen Mittel.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Laseranordnung $n \times m$ der Lasergruppen. Die Lasergruppen sind bevorzugt in einer $n \times m$ -Matrix angeordnet. n und m sind natürliche Zahlen. Bevorzugt gilt $n < m$ oder $n \leq \sqrt{m}$. Weiterhin ist bevorzugt $2 \leq n \leq 6$ und/oder $5 \leq m \leq 25$.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist ein Teil der Lasergruppen oder sind alle Lasergruppen elektrisch parallel zueinander geschaltet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind jeweils n der Lasergruppen elektrisch in Serie geschaltet. Dabei liegen bevorzugt m Serienschaltungen vor, die insbesondere jeweils n

Lasergruppen aufweisen. Die m Serienschaltungen können zueinander elektrisch parallel geschaltet sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird im bestimmungsgemäßen Betrieb der Laseranordnung nur ein Teil der Lasergruppen betrieben. Das heißt, wenn die bestimmungsgemäße Betriebsspannung angelegt wird, wird nur in einem Teil der Lasergruppen Laserstrahlung erzeugt. Die nicht Laserstrahlung erzeugenden Lasergruppen und/oder Halbleiterlaser sind dabei defekt und/oder weisen eine erhöhte Laserschwelle auf. Die defekten Lasergruppen sind durch den zugehörigen Fotothyristor elektrisch abgekoppelt, sodass durch die zumindest eine abgekoppelte Lasergruppe im Betrieb kein oder kein signifikanter Strom fließt. Dies kann bedeuten, dass ein Stromfluss durch die zumindest eine abgekoppelte, defekte Lasergruppen bei der Betriebsspannung um mindestens einen Faktor 2 oder 5 oder 10 oder 25 oder 100 gegenüber dem Stromfluss einer der normal funktionierenden Lasergruppen reduziert ist. Mit anderen Worten wirkt der Fotothyristor als Schalter, der defekte Lasergruppen elektrisch abkoppelt und einen signifikanten Stromfluss durch die defekten Lasergruppen hindurch unterbindet.

Darüber hinaus wird ein Betriebsverfahren angegeben. Mit dem Betriebsverfahren wird zumindest eine Laseranordnung betrieben, wie in Verbindung mit einer oder mehrerer der oben genannten Ausführungsformen angegeben. Merkmale für das Betriebsverfahren sind daher auch für die Laseranordnung offenbart und umgekehrt.

Gemäß dem Betriebsverfahren umfasst die Laseranordnung zumindest eine defekte Lasergruppe mit einer erhöhten Laserschwellschwellspannung oder Laserschwelle. Die erhöhte

Laserschwellspannung ist größer als die bestimmungsgemäße Betriebsspannung, insbesondere ist die Laserschwellspannung bei den defekten Lasergruppen um mindestens 0,3 V oder 0,5 V oder 0,7 V größer als die bestimmungsgemäße Betriebsspannung. Die erhöhte Laserschwellspannung kann kleiner oder auch größer sein als die Dunkeldurchbruchspannung des zugehörigen Fotothyristors. Eine normale Laserschwellspannung der ordnungsgemäß funktionierenden Lasergruppen, ab der diese Laserstrahlung erzeugen, liegt unterhalb der bestimmungsgemäßen Betriebsspannung, beispielsweise um mindestens 0,2 V oder 0,3 V oder 0,5 V oder 0,7 V. Somit wird der zugehörige Fotothyristor nur bei solchen Lasergruppen mit der erzeugten Laserstrahlung, insbesondere aus dem evaneszenten Feld, beleuchtet und durchgeschaltet, die ordnungsgemäß funktionieren. Demgegenüber wird bei der zumindest einen defekten Lasergruppe bei der bestimmungsgemäßen Betriebsspannung keine oder nur sehr wenig Laserstrahlung erzeugt, sodass der zugehörige Fotothyristor nicht oder nicht hinreichend beleuchtet wird. Dadurch ist erreicht, dass die zumindest eine defekte Lasergruppe jedenfalls bis hin zur bestimmungsgemäßen Betriebsspannung elektrisch abgekoppelt bleibt und ein Stromfluss durch die zumindest eine defekte Lasergruppe zum Beispiel um mindestens einen Faktor 10 geringer ist als durch jede der ordnungsgemäß funktionierenden Lasergruppen.

Nachfolgend werden eine hier beschriebene Laseranordnung und ein hier beschriebenes Betriebsverfahren 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, vielmehr können einzelne

Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

Es zeigen:

Figuren 1, 2 und 5 schematische Darstellungen von Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen Laseranordnungen,

Figuren 3 und 4 schematische Schnittdarstellungen von Ausführungsbeispielen von Halbleiterlasern für hier beschriebene Laseranordnungen,

Figur 6 schematische Darstellungen von elektrischen Kenndaten von hier beschriebenen Laseranordnungen, und

Figur 7 eine schematische Darstellung eines Emissionsspektrums einer hier beschriebenen Laseranordnung.

In Figur 1A ist in einer Seitenansicht und in Figur 1B in einer Draufsicht ein Ausführungsbeispiel einer Laseranordnung 1 dargestellt. Die Laseranordnung 1 weist eine Halbleiterschichtenfolge 23 auf einem Aufwachssubstrat 24 auf. Ferner ist ein Träger 6 vorhanden, der zu einer elektrischen Verschaltung und/oder als Wärmesenke dient.

Die Halbleiterschichtenfolge 23 ist in mehrere Lasergruppen 2 unterteilt, wobei jede Lasergruppe 2 durch einen Halbleiterlaser 20 gebildet ist. In Richtung senkrecht zur Zeichenebene und in Richtung senkrecht zu einer Wachstumsrichtung G erfolgt in einem Emissionsbereich 26 eine

Emission einer Laserstrahlung L, siehe Figur 1A. Eine Resonatorrichtung R der Halbleiterlaser 20 ist parallel zur Zeichenebene und senkrecht zur Wachstumsrichtung G orientiert, siehe Figur 1B.

Die Laseranordnung 1 der Figur 1 ist als Laserbarren gestaltet. Die einzelnen Halbleiterlaser 20 sind zumindest über das Aufwachssubstrat 24 fest miteinander mechanisch gekoppelt und gegenüber einem Aufwuchsprozess relativ zueinander nicht bewegt worden.

Optional befindet sich bevorzugt, wie auch in allen anderen Ausführungsbeispielen, zwischen benachbarten Lasergruppen 2 eine optische Isolierung 7. Die optische Isolierung 7 ist beispielsweise durch einen Graben in der Halbleiterschichtenfolge 23 gebildet, evakuiert oder mit einem Gas wie Luft oder Stickstoff oder Argon gefüllt ist. Die Gräben können alternativ teilweise oder vollständig mit einem reflektierenden oder absorbierenden Material aufgefüllt sein.

Gemäß Figur 1A reichen die optischen Isolierungen 7 und somit insbesondere die Gräben durchgehend bis auf den Träger 6. Bevorzugt jedoch trennen die optischen Isolierungen 7 und somit die Gräben die Halbleiterschichtenfolge 23 und das optionale Aufwachssubstrat 24 nicht komplett. Beispielsweise trennen die optischen Isolierungen 7, von einer dem Träger 7 abgewandten Seite her, die Halbleiterschichtenfolge 23 zu mindestens 25 % und/oder zu höchstens 90 %. Alternativ trennen die optischen Isolierungen 7, von der dem Träger 7 abgewandten Seite her, die Halbleiterschichtenfolge 23 zusammen mit dem Aufwachssubstrat 24 zu mindestens 5 % oder

15 % oder 25 % oder 50 % und/oder zu höchstens 80 % oder 50 % oder 25 %.

Bei den Halbleiterlasern 20, wie in Figur 1A gezeigt, kann es sich um sogenannte gewinngeführte Laser handeln. Alternativ, wie auch in allen Ausführungsbeispielen, können die Halbleiterlaser 20 als Stegwellenleiterlaser, englisch ridge waveguide laser, ausgeführt sein.

Abweichend von der Darstellung in Figur 1 können die Lasergruppen 2 je mehrere der Halbleiterlaser 20 beinhalten. Bevorzugt sind alle Lasergruppen 2 und Halbleiterlaser 20 der Laseranordnung 1 baugleich und emittieren bei derselben Wellenlänge. Alternativ können verschiedenfarbig emittierende Lasergruppen 2 oder Halbleiterlaser 20 vorhanden sein.

In Figur 2 ist ein einer schematischen Schnittdarstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel der Laseranordnung 1 gezeigt. Das Aufwachssubstrat 24 kann gleichzeitig als Träger 6 fungieren. An der Halbleiterschichtenfolge 23 sowie an dem Träger 6 befinden sich elektrische Anschlüsse 41, 42, die beispielsweise durch flächige Metallisierungen gestaltet sind. Somit ist jede der Lasergruppen 2 mit genau zwei elektrischen Kontaktflächen versehen und die Lasergruppen 2 sind elektrisch parallel geschaltet. Anders als in Figur 2 dargestellt ist es dabei nicht zwingend erforderlich, dass es sich bei den elektrischen Anschlüssen 41, 42 um durchgehende Flächen handelt. So kann insbesondere der zweite elektrische Anschluss 42 an der Halbleiterschichtenfolge 23 strukturiert aufgebracht sein, sodass die Lasergruppen 2 elektrisch unabhängig voneinander ansteuerbar sein können.

In jeder der Lasergruppen 2 ist eine npnp-Abfolge von verschiedenartig dotierten Gebieten vorhanden. Somit ist in der Halbleiterschichtenfolge 23 selbst einerseits ein Fotothyristor 3 und andererseits der Halbleiterlaser 20 mit einer aktiven Zone 25 realisiert. Der Fotothyristor 3 umfasst eine Absorberschicht 33, die in einer n-Seite des Halbleiterlasers 20 eingebettet ist und gemäß Figur 2 p-dotiert gestaltet ist. Dabei sind die aktive Zone 25 und die Absorberschicht 33 optisch unmittelbar aneinander gekoppelt und durch keine für die Laserstrahlung L undurchlässige Zwischenschicht voneinander separiert. Somit dient die aktive Zone 25 als Lichtquelle zum Schalten des Fotothyristors 3. Damit ist der Fotothyristor 3 ein automatischer Schalter, der nicht funktionierende Lasergruppen 2 selbsttätig elektrisch abtrennt und einen Stromfluss durch defekte Lasergruppen 2 verhindert oder zumindest stark reduziert.

Dieses Funktionsprinzip ist anhand von Figur 6A näher erläutert. In Figur 6A ist die Spannung U gegenüber einem Strom I angetragen. Durch einen Doppelpfeil entlang der U -Achse ist eine Beleuchtungsstärke symbolisiert.

Erfolgt keine Beleuchtung des Fotothyristors 3, so ist eine Dunkeldurchbruchspannung U_t relativ groß. Wie bei einem Thyristor üblich, schaltet der Fotothyristor 3 bei Erreichen der Dunkeldurchbruchspannung U_t durch und wird elektrisch leitend.

Ordnungsgemäß funktionierende Halbleiterlaser 20 erzeugen ab einer normalen Laserschwelspannung U_n signifikant Licht, sodass die Absorberschicht 33 beleuchtet wird und bereits bei niedrigeren Spannungen ein Schalten des Fotothyristors 3 auf eine normale Diodenkennlinie erfolgt. Insbesondere ist der

Fotothyristor 3 bei der bestimmungsgemäßen Betriebsspannung U_b durch die Absorption von Strahlung in der Absorberschicht 33 durchgeschaltet. Somit fließt bei der Betriebsspannung U_b ein Betriebsstrom I_b . Bei der normalen Laserschwelspannung U_n fließt ein Schwellstrom I_n .

Ist ein Halbleiterlaser 20 defekt und weist eine erhöhte Laserschwelspannung U_d auf, die oberhalb der Betriebsspannung U_b liegt, so wird die zugehörige Absorberschicht 33 nicht oder nicht signifikant beleuchtet. Da das Durchschalten des Fotothyristors 3 in diesem Fall erst bei der erhöhten Laserschwelspannung U_d erfolgen würde, diese Spannung aber oberhalb der Betriebsspannung U_b liegt, sind die defekten Halbleiterlaser 20 elektrisch abgekoppelt und werden nicht oder nur schwach bestromt.

Die entsprechenden Kennlinien sind in Figur 6A dargestellt. Eine Laserleistung P in Abhängigkeit vom Strom I ist in Figur 6B schematisch illustriert. Eine Betriebsleistung P_b der ordnungsgemäß funktionierenden Halbleiterlaser 20 liegt beim Betriebsstrom I_b vor, die defekten Halbleiterlaser zeigen keine signifikante Leistungsaufnahme.

In Figur 3 ist ein Aufbau der Halbleiterschichtenfolge 23 detaillierter illustriert. An dem Aufwachssubstrat 24 befindet sich eine n-leitende Mantelschicht 22 mit einem relativ niedrigen Brechungsindex, gefolgt von einer n-Wellenleiterschicht 21, auf der sich die aktive Zone 25 befindet. Der aktiven Zone 25 folgt eine p-Wellenleiterschicht 21 nach, wiederum gefolgt von einer p-Mantelschicht 22. Auf der p-Mantelschicht 22 befindet sich der zweite elektrische Anschluss 42, der aus mehreren Metallschichten zusammengesetzt sein kann, etwa aus Au, Ni,

Pd, Pt und/oder Rh. Pufferschichten oder elektrische Kontaktschichten der Halbleiterschichtenfolge 23 an dem Aufwachssubstrat 24 oder an dem zweiten elektrischen Anschluss 42 sind zur Vereinfachung der Darstellung nicht gezeichnet.

An der p-Seite der Halbleiterschichtenfolge 23 befindet sich bevorzugt eine Elektronenblockierschicht 27. Gemäß Figur 3 liegt die Elektronenblockierschicht 27 zwischen der p-Wellenleiterschicht 21 und der p-Mantelschicht 22. Abweichend hiervon, wie auch in allen anderen Ausführungsbeispielen, kann sich die Elektronenblockierschicht 27 näher an der aktiven Zone 25 in der p-Wellenleiterschicht 21 befinden oder auch weiter von der aktiven Zone 25 entfernt in der p-Mantelschicht 22.

Innerhalb der n-Mantelschicht 22 befindet sich die Absorberschicht 33 des Fotothyristors 3. Ein Abstand D der Absorberschicht 33 zu der n-Wellenleiterschicht 21 liegt bevorzugt bei ungefähr einer Scheitelwellenlänge der erzeugten Laserstrahlung L geteilt durch das Doppelte des Brechungsindex der n-Mantelschicht 22. Durch einen solchen Abstand D ist erzielbar, dass die Absorberschicht 33 einerseits ausreichend Laserstrahlung L absorbiert, jedoch die Leistungsparameter des Halbleiterlasers 20 nicht signifikant beeinträchtigt. Dabei ist die Absorberschicht 33 p-dotiert. Somit ist eine npnp-Abfolge an dotierten Gebieten in der Halbleiterschichtenfolge 23 realisiert.

Die Halbleiterschichtenfolge 23 basiert bevorzugt auf AlInGa_N. Die beiden Mantelschichten 22 sind aus AlGa_N gebildet, insbesondere mit einem Aluminiumanteil zwischen 1 % und 10 % oder zwischen 4 % und 6 %. Die Wellenleiterschichten

21 sind aus InGa_N geformt, wobei ein Indiumanteil bevorzugt zwischen 1 % und 10 % oder zwischen 2 % und 6 % liegt.

Alternativ können die Mantelschichten 22 auch aus Ga_N geformt sein.

Bei der aktiven Zone 25 handelt es sich um eine Einfachquantentopfstruktur oder um eine Mehrfachquantentopfstruktur. Die Elektronenblockierschicht 27 ist etwa aus AlGa_N geformt und weist eine relativ geringe Dicke von bevorzugt mindestens 1 nm und/oder höchstens 20 nm auf. Eine Dicke der Wellenleiterschichten 21 liegt bevorzugt je bei mindestens 100 nm und/oder bei höchstens 500 nm, wobei die Wellenleiterschichten 21 unterschiedlich dick sein können. Die n-Mantelschicht 22 weist, inklusive der Absorberschicht 33, bevorzugt eine Dicke von 1 µm bis 4 µm, bevorzugt ungefähr 2 µm, auf. Eine Dicke der Absorberschicht 33 liegt insbesondere bei mindestens 20 nm und/oder bei höchstens 500 nm. Die Absorberschicht 33 ist aus AlInGa_N gebildet, wobei eine Absorptionskante der Absorberschicht 33 so eingestellt ist, dass die Laserstrahlung L absorbiert werden kann.

Eine Dicke der Absorberschicht 33 liegt bevorzugt bei mindestens einem 0,001-Fachen oder 0,01-Fachen oder 0,1-Fachen einer Gesamtdicke aus der n-Mantelschicht 22 und der n-Wellenleiterschicht 21. Alternativ oder zusätzlich beträgt die Dicke der Absorberschicht 33 höchstens ein 0,5-Faches oder ein 0,2-Faches oder ein 0,1-Faches dieser Gesamtdicke.

Die n-Mantelschicht 22 ist beispielsweise mit Silizium n-dotiert. Die in der n-Mantelschicht 22 liegende Absorberschicht 33 ist entweder frei von der n-Dotierung der n-Mantelschicht 22 oder eine n-Dotierstoffkonzentration ist

um mindestens einen Faktor 2 oder 5 oder 10 reduziert. Die Absorberschicht 33 ist beispielsweise mit Magnesium dotiert oder weist eine Codotierung aus Kohlenstoff und Magnesium auf. Bei der Absorberschicht 23 kann es sich ebenso um eine oder mehrere undotierte Schichten oder niedrig n-dotierte Schichten mit einer Si-Konzentration $< 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ handeln, die bei einem MOVPE-Wachstum mit Kohlenstoff codotiert werden können, sodass effektiv eine p-Leitfähigkeit resultiert. Das heißt, die C-Konzentration liegt dann höher als die Si-Konzentration. Ebenso ist für die Absorberschicht eine gezielte Mg-Dotierung mit einer Konzentration von $\text{Mg} > 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ möglich. Alle diese Werte gelten bevorzugt entsprechend auch in allen anderen Ausführungsbeispielen.

In Figur 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel des Halbleiterlasers 20 gezeigt. Abweichend von Figur 3 befindet sich die Absorberschicht 33 in der p-Mantelschicht 22a und ist somit n-dotiert. Die Elektronenblockierschicht 27 liegt innerhalb der p-Wellenleiterschicht 21. Im Übrigen entspricht das Ausführungsbeispiel der Figur 4 dem der Figur 3, das zur Figur 3 Beschriebene gilt entsprechend.

Wie auch in allen Ausführungsbeispielen kann die p-Mantelschicht aus der Halbleiterschicht 22a und einer Schicht 22b zusammengesetzt sein, wobei die Schicht 22b aus einem transparenten leitfähigen Oxid wie ITO gebildet ist.

Beim Ausführungsbeispiel der Figur 5 liegt kein Laserbarren vor, sondern es sind separate Laserdiodenchips mit den einzelnen Lasergruppen 2 in mehreren zueinander parallel geschalteten Serienschaltungen vorhanden. Jede der Lasergruppen 2 umfasst einen der Fotothyristoren 3. Es sind bevorzugt deutlich mehr Parallelschaltungen vorhanden, als

jeweils Lasergruppen 2 in den Serienschaltungen arrangiert sind.

Aufgrund der Fotothyristoren 3 werden Serienschaltungen, die eine defekte Lasergruppe 2 umfassen, blockiert. Somit funktionieren die Serienschaltungen nur, wenn alle Fotothyristoren 3 in einer der Serienschaltungen beleuchtet werden und durchschalten. Die einzelnen Lasergruppen 2 und Laserdiodenchips sind beispielsweise auf einem gemeinsamen Träger und/oder Wärmesenke nebeneinander montiert.

In Figur 7 ist gezeigt, dass die Absorptionskante E_g der Absorberschicht 33 bevorzugt an einer roten, also langwelligen Flanke des Emissionsspektrums der Laserstrahlung L liegt. Somit kann von der Absorberschicht 33 im Wesentlichen die gesamte Laserstrahlung L hinsichtlich deren Wellenlängenverteilung absorbiert werden. Abweichend davon ist es möglich, dass die Absorptionskante E_g an der blauen Flanke oder in der Scheitelwellenlänge λ_p liegt.

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.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2016 108 700.9, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

	1	Lasieranordnung
	2	Lasergruppe
5	20	Halbleiterlaser
	21	Wellenleiterschicht
	22	Mantelschicht
	23	Halbleiterschichtenfolge
	24	Aufwachssubstrat
10	25	aktive Zone
	26	Emissionsbereich
	27	Elektronenblockierschicht
	3	Fotothyristor
	33	Absorberschicht
15	41	erster elektrischer Anschluss
	42	zweiter elektrischer Anschluss
	6	Träger
	7	optische Isolierung
	D	Abstand Absorberschicht - Wellenleiterschicht
20	Eg	Absorptionskante der Absorberschicht
	G	Wachstumsrichtung
	I	Strom in willkürlichen Einheiten
	L	Laserstrahlung
	n, p	n-dotiertes bzw. p-dotiertes Gebiet
25	P	Laserleistung in willkürlichen Einheiten
	R	Resonatorrichtung
	U	Spannung in willkürlichen Einheiten
	Ub	Betriebsspannung
	Ud	erhöhte Laserschwellspannung defekter Halbleiterlaser
30	Un	normale Laserschwellspannung
	Ut	Dunkeldurchbruchspannung
	λ	Wellenlänge in willkürlichen Einheiten
	λ_p	Scheitelwellenlänge der Laserstrahlung

Patentansprüche

1. Laseranordnung (1) mit

- mehreren Lasergruppen (2) mit je mindestens einem Halbleiterlaser (20), und
- mehreren Fotothyristoren (3), sodass jeder der Lasergruppen (2) einer der Fotothyristoren (3) eindeutig zugeordnet ist, wobei

- die Fotothyristoren (3) jeweils mit der zugehörigen Lasergruppe (2) elektrisch in Serie geschaltet und/oder in die zugehörige Gruppe (2) integriert sind,
- die Fotothyristoren (3) jeweils mit der zugehörigen Lasergruppe (2) optisch gekoppelt sind, und
- die Fotothyristoren (3) jeweils eine Dunkeldurchbruchspannung (U_t) aufweisen, die oberhalb einer bestimmungsgemäßen Betriebsspannung (U_b) der zugehörigen Lasergruppe (2) liegt.

2. Laseranordnung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei

- benachbarte Lasergruppen (2) optisch voneinander isoliert sind,
- die Fotothyristoren (3) je eine Absorberschicht (33) umfassen, die dazu eingerichtet ist, einen Teil einer im Betrieb der zugehörigen Lasergruppe (2) erzeugten Laserstrahlung (L) zu absorbieren und so eine Leitfähigkeit des zugehörigen Fotothyristors (3) zu erhöhen, und
- jede der Lasergruppen (2) mit genau zwei elektrischen Kontaktflächen versehen ist.

3. Laseranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei der die Lasergruppen (2) je aus genau einem Halbleiterlaser (20) bestehen,
5 wobei die Halbleiterlaser (20) je eine Halbleiterschichtenfolge (23) aufweisen, in die der zugehörige Fotothyristor (3) integriert ist, sodass in den Halbleiterschichtenfolgen (23) je eine pnpn-Abfolge vorliegt, die den zugehörigen Fotothyristor (3) und
10 eine aktive Zone (25) des entsprechenden Halbleiterlasers (20) umfasst.
4. Laseranordnung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei der alle Halbleiterlaser (20) aus der gemeinsamen Halbleiterschichtenfolge (23) erzeugt sind und auf
15 einem gemeinsamen Aufwachssubstrat (24) vorliegen, wobei die Halbleiterschichtenfolge (23) auf dem Materialsystem AlInGa_N beruht und die Halbleiterlaser (20) dazu eingerichtet sind, sichtbare Laserstrahlung (L) zu erzeugen.
- 20 5. Laseranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei der ein evaneszentes Feld aus einer in einer Wellenleiterschicht (21) geführten Laserstrahlung (L) bis an die Absorberschicht (33) reicht.
- 25 6. Laseranordnung (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei der für einen Abstand D zwischen der Absorberschicht (33) und der Wellenleiterschicht (21) hinsichtlich der Scheitelwellenlänge λ_p und einem Brechungsindex n der Mantelschicht (22) jeweils gilt:
30 $0,25 \cdot n \cdot \lambda_p \leq D \leq 0,75 \cdot n \cdot \lambda_p$,

wobei eine Dicke (T) der Absorberschicht (33) zwischen einschließlich 20 nm und 150 nm beträgt.

7. Laseranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

5 bei der die Absorberschicht (33) eine Absorptionskante E_g aufweist, wobei gilt: $E_g \leq h c / (\lambda_p - 5 \text{ nm})$ mit λ_p gleich einer Scheitelwellenlänge der zugehörigen Laserstrahlung (L),
wobei die Absorberschicht (33) insgesamt höchstens 5 %
10 der Laserstrahlung (L) absorbiert.

8. Laseranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

bei der die Absorberschicht (33) p-dotiert und aus dem Materialsystem $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ist,
15 wobei die Mantelschicht (22) n-dotiert aus dem Materialsystem $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ist mit $0,01 \leq y, z \leq 0,1$ und $0 \leq x \leq 0,1$.

9. Laseranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

20 bei der die Absorberschicht (33) n-dotiert und aus dem Materialsystem $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ist,
wobei die Mantelschicht (22) p-dotiert aus dem Materialsystem $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ist mit $0,01 \leq y, z \leq 0,1$ und $0 \leq x \leq 0,1$.

25 10. Laseranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

bei der die Dunkeldurchbruchspannung (U_t) um mindestens 0,3 V und um höchstens 1 V größer ist als die bestimmungsgemäße Betriebsspannung (U_b),

wobei die bestimmungsgemäße Betriebsspannung (U_b) zwischen einschließlich 3,5 V und 8 V beträgt.

11. Laseranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

5 bei der benachbarte Lasergruppen (2) optisch voneinander isoliert sind, sodass benachbarte Fotothyristoren (3) im Betrieb nicht oder nicht signifikant bestrahlt werden.

12. Laseranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

10 die als kantenemittierender Laserbarren gestaltet ist, wobei alle Lasergruppen (2) in Draufsicht gesehen nebeneinander angeordnet sind, wobei pro Lasergruppe (2) genau zwei elektrische

15 Anschlüsse (41, 42) vorhanden sind, und wobei die Laseranordnung (1) mindestens 5 und höchstens 100 der Lasergruppen (2) und/oder der Halbleiterlaser (20) umfasst und eine optische Ausgangsleistung bestimmungsgemäß bei mindestens 10 W liegt.

20 13. Laseranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

die $n \times m$ der Lasergruppen (2) umfasst, wobei m Serienschaltungen mit n in Serie geschalteten Lasergruppen (2) vorliegen und die m Serienschaltungen

25 elektrisch parallel zueinander verschaltet sind, wobei n, m natürliche Zahlen sind und $n \leq m^{0,5}$.

14. Laseranordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

bei der im Betrieb nur ein Teil der Lasergruppen (2)

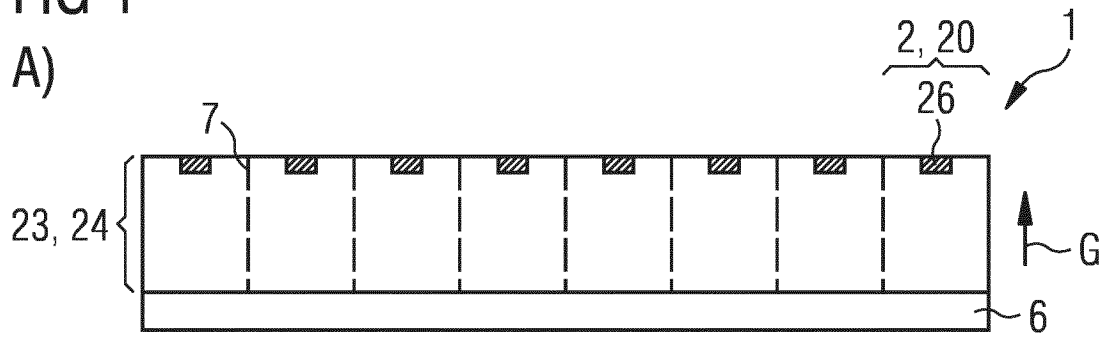
30 bei der bestimmungsgemäßen Betriebsspannung (U_b) die

Laserstrahlung (L) erzeugt und zumindest eine Lasergruppe (2) durch den zugehörigen Fotothyristor (3) elektrisch abgekoppelt sind, sodass durch die zumindest eine abgekoppelte Lasergruppe (2) im Betrieb der Laseranordnung kein oder kein signifikanter Strom fließt.

15. Betriebsverfahren, mit dem eine Laseranordnung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche betrieben wird, wobei die Laseranordnung (1) zumindest eine defekte Lasergruppe (2) mit einer erhöhten Laserschwellspannung (U_d) umfasst und die erhöhte Laserschwellspannung (U_d) größer als die bestimmungsgemäße Betriebsspannung (U_b) ist,
- wobei eine normale Laserschwellspannung (U_n) der ordnungsgemäß funktionierenden Lasergruppen (2) unterhalb der bestimmungsgemäßen Betriebsspannung (U_b) liegt, sodass bei diesen Lasergruppen (2) im Betrieb der zugehörige Fotothyristor (3) mit der erzeugten Laserstrahlung (L) beleuchtet und durchgeschaltet wird, wohingegen bei der zumindest einen defekten Lasergruppe (2) keine oder nur sehr wenig Laserstrahlung (L) erzeugt und der zugehörige Fotothyristor (3) nicht hinreichend beleuchtet wird, sodass die zumindest eine defekte Lasergruppe (2) bis hin zur bestimmungsgemäßen Betriebsspannung (U_b) elektrisch abgekoppelt bleibt und ein Stromfluss durch die zumindest eine defekte Lasergruppe (2) um mindestens einen Faktor 10 geringer ist als je durch die ordnungsgemäß funktionierenden Lasergruppen (2).

FIG 1

A)



B)

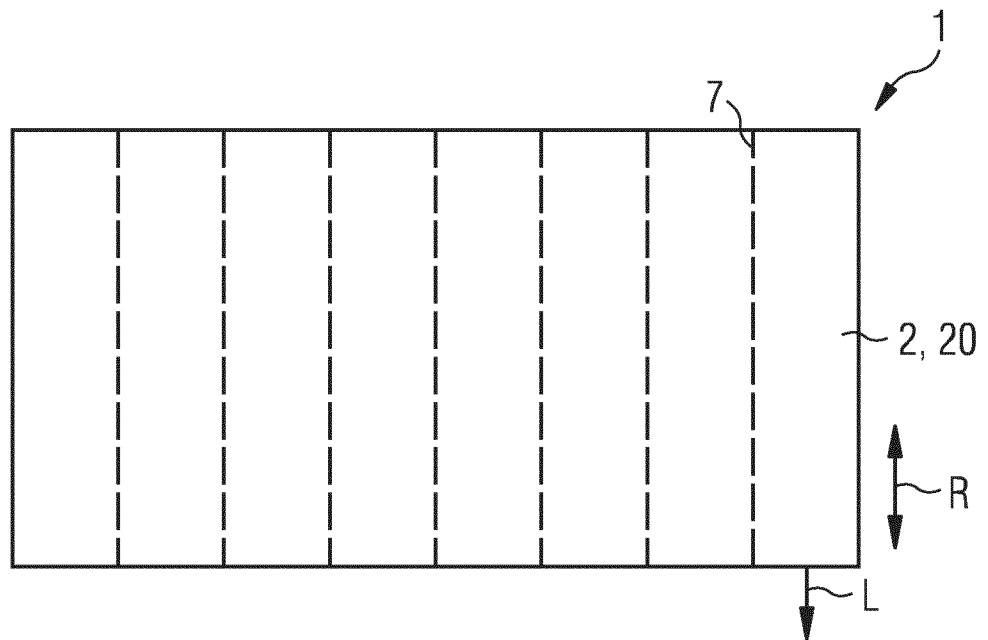


FIG 2

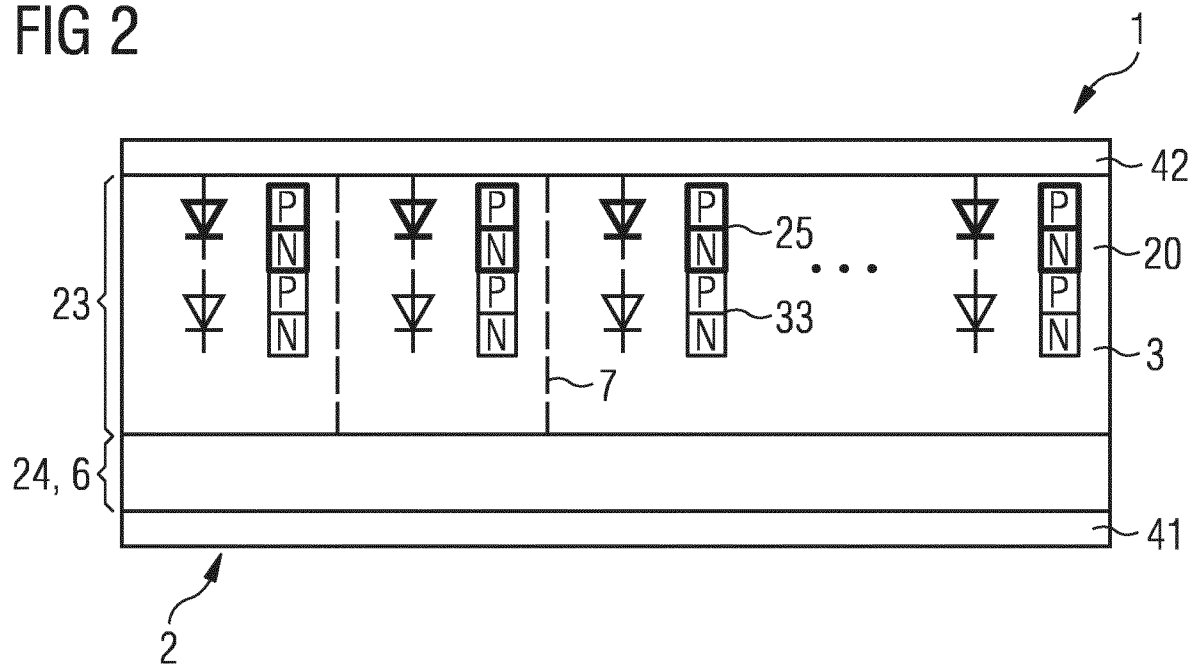


FIG 3

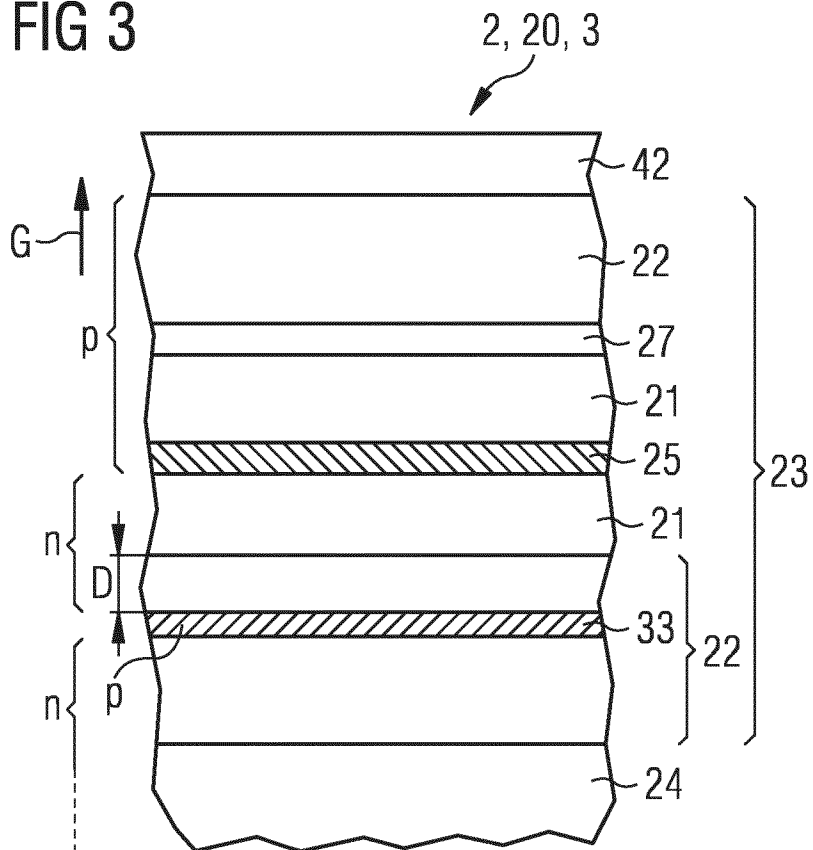


FIG 4

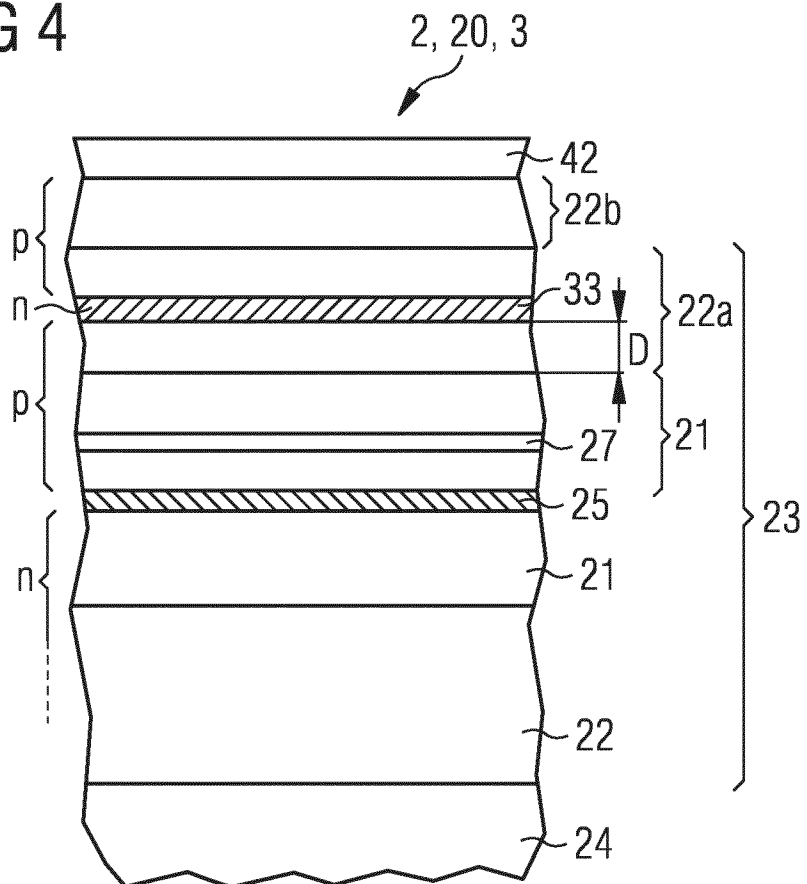


FIG 5

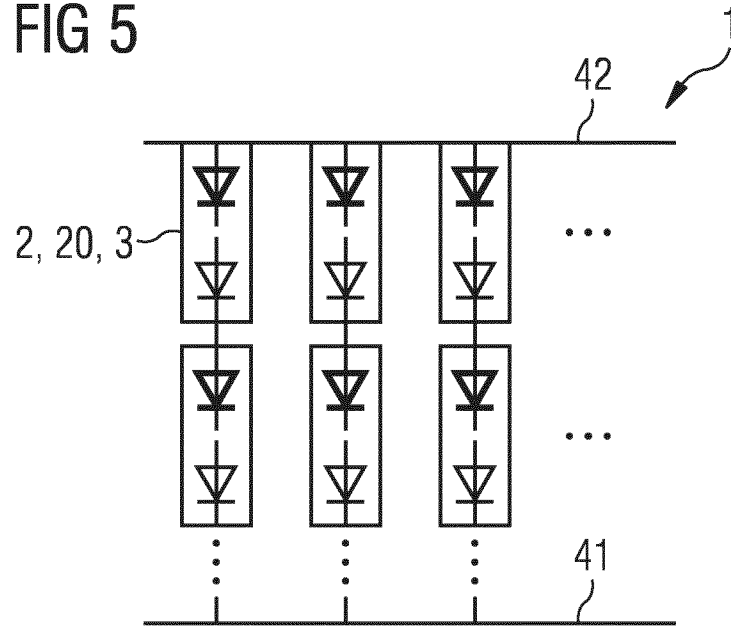


FIG 6

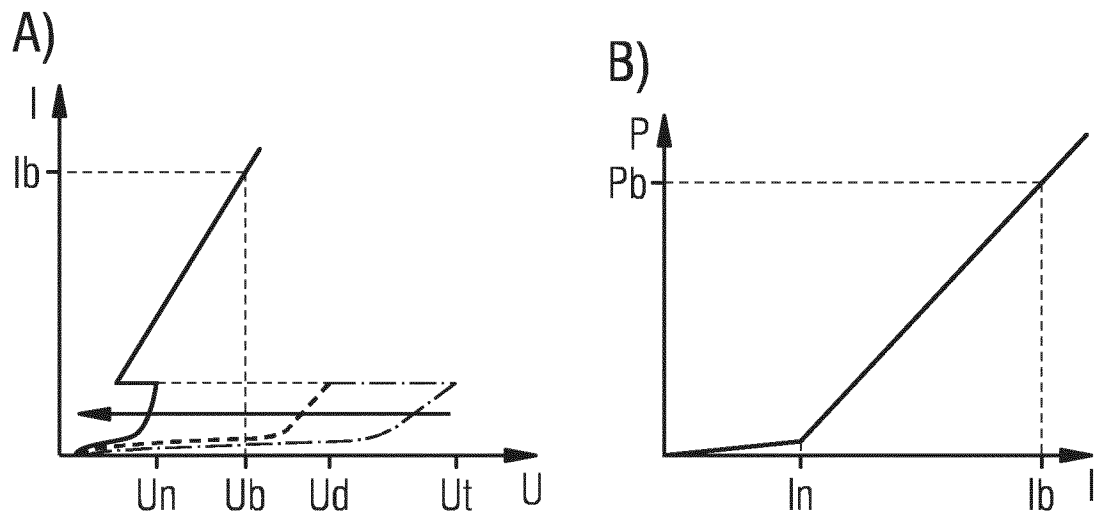
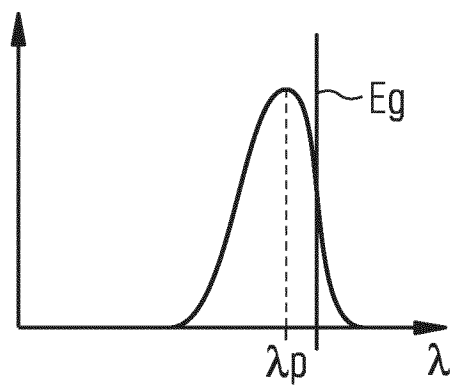


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/060082

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01S5/0683
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 572 540 A (CHENG JULIAN [US]) 5 November 1996 (1996-11-05) column 15 - column 16; figure 22 -----	1-15
X	DE 10 2004 056621 A1 (DILAS DIODENLASER GMBH [DE]) 23 February 2006 (2006-02-23) page 5; figure 3 -----	1,15
X	US 5 404 373 A (CHENG JULIAN [US]) 4 April 1995 (1995-04-04) page 1; figure 1 -----	1,15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 July 2017

Date of mailing of the international search report

19/07/2017

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Flierl, Patrik

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/060082

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5572540	A	05-11-1996	NONE	

DE 102004056621	A1	23-02-2006	NONE	

US 5404373	A	04-04-1995	US 5404373 A	04-04-1995
			US 5550856 A	27-08-1996
			US 5666376 A	09-09-1997

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01S5/0683
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01S

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 572 540 A (CHENG JULIAN [US]) 5. November 1996 (1996-11-05) Spalte 15 - Spalte 16; Abbildung 22 -----	1-15
X	DE 10 2004 056621 A1 (DILAS DIODENLASER GMBH [DE]) 23. Februar 2006 (2006-02-23) Seite 5; Abbildung 3 -----	1,15
X	US 5 404 373 A (CHENG JULIAN [US]) 4. April 1995 (1995-04-04) Seite 1; Abbildung 1 -----	1,15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. Juli 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/07/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Flierl, Patrik

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/060082

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5572540 A	05-11-1996	KEINE	
DE 102004056621 A1	23-02-2006	KEINE	
US 5404373 A	04-04-1995	US 5404373 A	04-04-1995
		US 5550856 A	27-08-1996
		US 5666376 A	09-09-1997