

(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
25. April 2024 (25.04.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/083995 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01S 5/00 (2006.01) H01S 5/187 (2006.01)
H01S 5/10 (2021.01) G02F 1/35 (2006.01)
H01S 5/11 (2021.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/079166

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Oktober 2023 (19.10.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2022 127 877.8
21. Oktober 2022 (21.10.2022) DE

(71) Anmelder: AMS-OSRAM INTERNATIONAL GMBH
[DE/DE]; Leibnizstraße 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: HALBRITTER, Hubert; Am Arzberg 3, 92345 Dietfurt-Toeing (DE).

(74) Anwalt: SJW PATENTANWÄLTE; Goethestraße 21, 80336 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

(54) Title: OSCILLATOR ARRANGEMENT AND METHOD

(54) Bezeichnung: OSZILLATORANORDNUNG UND VERFAHREN

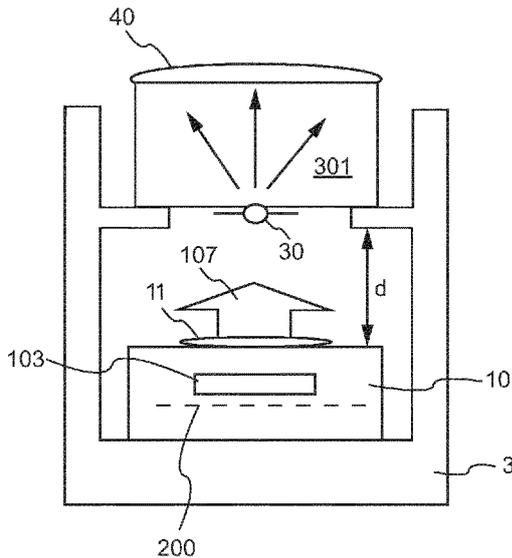


FIG. 2

(57) Abstract: The invention relates to an oscillator arrangement for generating THz radiation with an active laser layer structure (10) based on a semiconductor material for emitting laser light (107) of at least one wavelength, the main emission direction of which is substantially perpendicular to a main emission surface. A 2D grating structure (200), which is arranged substantially parallel to the main emission surface, interacts with the active laser layer structure, such that the active laser layer structure is excited to form two laser modes of different frequency (f_1 , f_2). The oscillator arrangement further comprises a mixer structure (30) arranged in the emission direction, which is designed to form a difference signal from the two laser modes, and a downstream absorption element (301) which is non-transparent for the two laser modes.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Oszillatoranordnung zur Erzeugung von THz Strahlung mit einer aktiven Laserschichtstruktur (10) basierend auf einem Halbleitermaterial zur Abgabe von Laserlicht (107) wenigstens einer Wellenlänge, deren Hauptabstrahlrichtung im Wesentlichen senkrecht zu einer Hauptabstrahlfläche liegt. Eine 2D Gitterstruktur (200), welche im Wesentlichen parallel zur Hauptabstrahlfläche angeordnet ist, wirkt mit der aktiven Laserschichtstruktur derart zusammen, dass die aktive Laserschichtstruktur zur Ausbildung von zwei Lasermoden unterschiedlicher Frequenz (f_1 , f_2) angeregt wird. Die Oszillatoranordnung umfasst weiterhin eine in Abstrahlrichtung angeordnete Mischerstruktur (30), die ausgebildet ist, ein Differenzsignal aus den zwei Lasermoden zu bilden, und ein nachgeordnetes Absorptionselement (301) welches für die zwei Lasermoden intransparent ist.

WO 2024/083995 A1

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

OSZILLATORANORDNUNG UND VERFAHREN

Die vorliegende Anmeldung nimmt die Priorität der deutschen Anmeldung DE 10 2022 127 877.8 vom 21. Oktober 2022 in Anspruch, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug vollständig aufgenommen wird.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Oszillatorschaltung insbesondere einen THz Oszillator sowie ein Verfahren zum Betreiben eines solchen.

10

HINTERGRUND

Moderne Telekommunikationssysteme benötigen wegen den zunehmenden Anforderungen an Bandbreite und Datenvolumen immer höhere Grundfrequenzen. Für den Telekommunikationsstandard der sechsten Generation (6G) ist im Gespräch, Übertragungsfrequenzen zu nutzen, die oberhalb des Mikrowellenbereichs im sogenannten THz Bereich liegen.

Mikrowellenrichtfunk existiert bereits, wobei hier eine gerichtete Abstrahlung im Bereich bis ca. 90GHz verwendet wird. Noch höhere Grundfrequenzen würden eine deutlich höhere Bandbreite und damit Datenvolumen erlauben. Von verschiedenen Instituten oder auch Unternehmen wurden daher Frequenzbereiche vorgeschlagen, die oberhalb von 300 Ghz liegen und dem THz Bereich zugeordnet sind. Dieser erstreckt sich von 300 GHz bis ca. 100 THz (in einigen Definitionen auch nur bis ca. 30 THz) und hat damit Wellenlängen von ca. 1 mm bis etwa 3 μm , d.h. bis in den mittleren infraroten Bereich des Spektrums.

Neben der Telekommunikation sind jedoch auch andere Anwendungen denkbar. So lassen sich mit THz Strahlung auch berührungslose Abtastungen vornehmen, da elektromagnetische Strahlung in diesem Bereich unter anderem Kleidung durchdringen und so Gegenstände darunter sichtbar machen kann. Anwendungen dieser Art sind als Körperscanner bekannt und unter anderem in Flughäfen im Einsatz, wobei hier lediglich ein Detektor verwendet wird, der für Strahlung in diesem Bereich sensibel ist. Ein ähnlicher Einsatz liegt in der Werkstoffprüfung, da viele Werkstoffe auf THz Strahlung in charakteristischer Weise reagieren, oder auch in der biologischen bzw. medizinischen Forschung.

35

Eine Herausforderung für diese Anwendungen liegt unter anderem in der Erzeugung von vorzugsweiser schmalbandiger Strahlung in diesem Bereich. System mit kleineren Ausgangsleistungen lassen sich zwar realisieren, für höhere Leistungen werden aber oft Laseranordnungen verwendet, deren Licht in geeigneter Weise verarbeitet wird. Beispielsweise ist es möglich, das Licht zweier Laser über eine Erbium dotierte Glasfaserverbindung zu kombinieren und zu verstärken. Dieser Aufbau ist jedoch relativ groß und die Ausgangsleistung ist dennoch beschränkt.

10

Es besteht demnach das Bedürfnis nach anderen Lösungen, mit dem eine größere Ausgangsleistung erreichbar ist.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

15

Diesem Bedürfnis wird mit den Gegenständen der unabhängigen Patentansprüche Rechnung getragen. Weiterbildungen und Ausgestaltungsformen des vorgeschlagenen Prinzips sind in den Unteransprüchen angegeben.

20

Der Erfinder schlägt vor, zur Erzeugung von THz Strahlung eine spezielle neuartige Laservorrichtung zu verwenden, und diese mit weiteren Maßnahmen zu kombinieren. Die zum Einsatz kommende Laseranordnung zeichnet sich dabei dadurch aus, dass eine 2D-Gitterstruktur verwendet wird, die das Licht linear in der Ebene und orthogonal außerhalb der Ebene streut. Die orthogonale Oberflächenemission, ähnlich einem VCSEL außerhalb der Ebene bietet jedoch mehrere Leistungsvorteile für Laser, da sich die Ausgangsleistung bei einer geeigneten Wärmeabfuhr mit der Emissionsfläche der Vorrichtung skalieren lässt.

25

30

Die Emission außerhalb der Ebene wird durch die 2D-Gitterstruktur (beispielsweise in Form eines photonischen Kristalls) ermöglicht und stabilisiert, wodurch unter anderem auch die Rückkopplung bewirkt wird. Durch eine geeignete Auswahl der Strukturelemente der Gitterstruktur sowie deren Form und Anordnung kann die Laservorrichtung zu einer Mehrmodenemission angeregt werden. Dabei lässt sich die Schwelle für die Mehrmodenemission durch die Gitterstruktur einstellen, so dass gewährleistet werden kann, dass beide zu nutzenden Moden auch anschwngen. Eine Frequenz oder Wellenlängenabstand ist durch

35

das Material der Laseranordnung selbst einstellbar. Die beiden Lasermoden lassen sich einer Mischstruktur zuführen, die wiederum ein Differenzsignal erzeugt und so die gewünschte Strahlung bereitstellt. Durch eine geeignete Auswahl der anzuschwingenden Moden mittels Ausbildung der Laservorrichtung sowie der Gitterstruktur wird die Wellenlänge oder auch die Frequenz des Differenzsignals im THz Bereich eingestellt.

Auf diese Weise wird ein Oszillator geschaffen, der zum einen eine definierte Frequenz im THz Bereich frequenzstabil bereitstellt und zum anderen eine hohe Ausgangsleistung im m-Watt bzw. sogar im Wattbereich liefert. Dabei ist die notwendige Fläche für eine derartige Realisierung deutlich geringer als für herkömmliche Lösungen. Durch eine Anpassung des Stromes oder auch eine Änderung der Mischerstruktur lässt sich das Ausgangssignal in der Amplitude modulieren.

Die Mischerstruktur kann in einigen Aspekten auch gleich als Antenne dienen. In einigen anderen Aspekten ist eine separate Antennenstruktur vorgesehen, die zur Abstrahlung von Strahlung in dem definierten Frequenzbereich ausgebildet ist. Die Antennenstruktur ist in einigen Aspekten mit der Mischerstruktur bzw. dem Material der Mischerstruktur so gekoppelt, dass die in der Mischerstruktur zur Antenne geleitet wird. Hierzu können unter anderem geeignete Wellenleiterstrukturen vorgesehen sein.

In einem Aspekt umfasst die Oszillatoranordnung, insbesondere in Form eines THz-Oszillators eine aktive Laserschichtstruktur basierend auf einem Halbleitermaterial. Die Laserschichtstruktur ist ausgeführt, Laserlicht wenigstens einer Wellenlänge abzugeben, deren Hauptabstrahlrichtung im Wesentlichen senkrecht zu einer Hauptabstrahloberfläche der Schichtstruktur liegt.

Mit der aktiven Laserschichtstruktur in Wirkverbindung ist eine Gitterstruktur, insbesondere zwei-dimensionale Gitterstruktur. Unter einer zwei-dimensionalen Gitterstruktur wird in diesem Zusammenhang eine Struktur verstanden, deren Elemente sich im Wesentlichen in einer durch zwei orthogonal zueinander verlaufenden Raumrichtungen aufge-

spannten Ebene liegen. Diese Ebene und damit die Gitterstruktur ist im Wesentlichen parallel zur Hauptoberfläche angeordnet. Sie wirkt mit der Laserschichtstruktur derart zusammen, dass die aktive Schicht in der Laserschichtstruktur im Betrieb zur Ausbildung von zwei Lasermoden unterschiedlicher Frequenz angeregt wird.

Mit anderen Worten erzeugt die Laserschichtstruktur in Zusammenwirkung mit der Gitterstruktur zwei Lasermoden, deren Frequenz sich geringfügig unterscheidet. Die beiden auf diese Weise erzeugten Signale sind relativ schmalbandig und in einigen Aspekten in die gleiche Richtung polarisiert. Nach dem vorgeschlagenen Prinzip ist weiterhin eine in Abstrahlrichtung angeordnete Mischerstruktur vorgesehen, die ausgebildet ist, ein Differenzsignal aus den zwei Lasermoden zu bilden.

Das Differenzsignal bildet die erfindungsgemäße THz Strahlung und damit das von der erfindungsgemäßen Oszillatoranordnung bereitgestellte Ausgangssignal.

Einige Aspekte beschäftigen sich mit der Anordnung der verschiedenen Elemente, d.h. der Gitterstruktur sowie der Laserschichtstruktur untereinander. Die Gitterstruktur ist in einigen Aspekten aus einem leitenden Material gefertigt, so dass sie auch zur Stromführung an eine aktive Schicht der Laserschichtstruktur dient. Dabei kann zumindest in einigen Aspekten vorgesehen sein, dass das Material der Gitterstruktur unterschiedlich zu dem Halbleitermaterial ist. Dies ist zweckmäßig, um neben Form, Ausrichtung und anderen Parametern auch Unterschiede in den verschiedenen Brechungsindizes nutzen zu können.

In einigen Aspekten ist die mit der aktiven Laserschichtstruktur zusammenwirkende Gitterstruktur auf einer der Hauptabstrahloberfläche abgewandten Seite angeordnet. Die Gitterstruktur, insbesondere in Form, einer photonischen Struktur interagiert jedoch mit der aktiven Schicht, so dass lediglich Laserlicht angeregt und senkrecht zur Ebene gestreut und damit ausgekoppelt wird, welche den Bedingungen der von der photonischen Struktur erzeugte Bandstruktur folgt. Die Anordnung der photonischen Struktur „unterhalb“ der aktiven Schicht mag darüber hinaus den Vorteil haben, dass die Auskopplung des Lichts aus

der Laserschichtstruktur von der Modenformung durch die photonische Struktur separierbar ist, so dass sich beide Aspekte getrennt voneinander optimieren lassen. Alternativ kann die mit der aktiven Laserschichtstruktur zusammenwirkende Gitterstruktur zumindest einen Teil
5 der Hauptabstrahloberfläche bilden.

In beiden Fällen kann es in einigen Ausführungen vorgesehen sein, die mit der aktiven Laserschichtstruktur zusammenwirkende Gitterstruktur zwischen einer aktiven Schicht der Laserschichtstruktur und einer
10 Halbleiterschicht zur Zuführung der Ladungsträger anzuordnen. Mit anderen Worten sind die Laserschichtstruktur und die Gitterstruktur in einem gemeinsamen Körper integriert bzw. auch als gemeinsamer Körper ausgeführt. Um die Interaktion zwischen der aktiven Schicht der Laserschichtstruktur und der Gitterstruktur zu erhöhen, kann in einigen
15 Aspekten der Abstand möglichst gering sein und im Bereich unter $1\ \mu\text{m}$ liegen. Um den Stromtransport zu gewährleisten, ist in diesen Fällen die Gitterstruktur mit leitenden Materialien ausgeführt.

In einigen Aspekten umfasst die aktive Laserschichtstruktur eine
20 Quantentopfstruktur oder eine Mehrfachquantentopfstruktur. Diese ist von der mit der Laserschichtstruktur bzw. der aktiven Schicht (d.h. der Quantentopf oder Mehrfachquantentopfstruktur) zusammenwirkenden Gitterstruktur räumlich getrennt, und zwar durch eine elektrisch leitende, jedoch eine Diffusion von Fremdatomen, insbesondere Dotieratome
25 verhindernden Blockierungsschicht. Die Blockierungsschicht ist benachbart zu der Quantentopfstruktur oder eine Mehrfachquantentopfstruktur angeordnet.

Einige Aspekte beschäftigen sich mit der Form, und Ausgestaltung der
30 Gitterstruktur. So kann die Gitterstruktur eine quantisierte Symmetrie aufweisen, d.h. eine Rotations- oder auch Translationssymmetrie, die nicht kontinuierlich ist, sondern lediglich definierte Werte besitzt. Im Fall einer Rotationssymmetrie wäre dies beispielsweise mittels eines Strukturelements erfüllt, dessen Rotationssymmetrie auf
35 diskrete Werte, beispielsweise auf einen der Werte 30° , 45° , 60° , 90° , 180° und 360° beschränkt ist. Bei einer Translationssymmetrie kann es sein, dass die Periodizität sich nicht nach jeder Struktur in

eine Raumrichtung wiederholt, sondern evtl. erst nach jeder zweiten oder einem anderen Wert. In diesem Zusammenhang kann die Gitterstruktur auch ein Übergitter aufweisen, so dass die Struktur somit mehrere Symmetrien bilden kann.

5

In einem anderen Aspekt umfasst die Gitterstruktur ein erstes sich periodisch wiederholendes Strukturelement und ein zweites sich periodisch wiederholendes Strukturelement. Beide Strukturelemente können unabhängig voneinander sein und auch die Periodizität kann sich unterscheiden. Es ist somit möglich, dass nicht nur eine Periodizität der Form ABABAB... vorkommen kann (mit A und B korrespondierend zu den jeweiligen Strukturelementen), sondern auch andere Periodizitäten, beispielsweise ABBABBABBA... oder auch ABABAABBAABABAABBAABA.... Ebenso sind weitere Strukturelemente mit weiteren Periodizitäten denkbar, so dass sich auch Übergitter bilden lassen. Die Form und auch Größe sowie Ausgestaltung können für die Strukturelemente unterschiedlich sein. Beispielsweise kann ein Strukturelement in Form einer Halbpypamide ausgebildet sein, das andere in Form einer Vollpyramide oder in einer anderen Form. Ebenso sind abwechselnde Strukturen möglich, die beispielsweise in Draufsicht ein Dreieck, oder auch ein Viereck bzw. generell Vielecke zeigen. Weitere Strukturelemente sind Zylinder, die in Draufsicht elliptisch oder rund geformt sein können.

In einigen Aspekten ist es möglich, dass das Strukturelement in eine erste Raumrichtung eine erste Periodizität aufweist und in eine zweite davon unabhängige Raumrichtung eine zweite Periodizität. Dabei sind die erste Periodizität und die zweite Periodizität unterschiedlich zueinander. Unterschiedliche Periodizitäten in die verschiedenen Raumrichtungen sind auch für unterschiedliche Strukturelemente möglich.

Damit kann das Gitter zum einen verschieden geformte oder ausgestaltete Strukturelemente aufweisen, die zudem in die verschiedenen Raumrichtungen unterschiedliche Periodizitäten besitzen können. Ebenso kann das Gitter ein Strukturelement umfassen, dass durch seine Form, aber einheitliche Periodizität in beide Raumrichtungen die gewünschten dualen Moden bewirkt. Ebenso sind je nach gewünschter Ausgestal-

tung auch Kombinationen der verschiedenen oben genannten Parameter aus Material, Form, Größe, Raumrichtung, Periodizität und Symmetrie möglich.

5 In einigen weiteren Aspekten umfasst die Oszillatoranordnung weiterhin ein optisches Element, das zwischen der Hauptabstrahloberfläche und der Mischerstruktur angeordnet ist. Das optische Element ist ausgebildet, das von der aktiven Laserschichtstruktur entlang der Hauptabstrahlrichtung abgegebene Licht auf die Mischerstruktur zu lenken. Es kann Teil der aktiven Laserschichtstruktur sein, d.h. in dessen
10 Material eingebettet oder auf der Hauptabstrahlfläche angeordnet sein. In einigen Aspekten ist das optische Element derart integriert, dass es die Hauptabstrahlfläche der aktiven Laserschichtstruktur bildet.

15 In einer weiteren Ausgestaltung umfasst die Mischerstruktur ein in Hauptabstrahlrichtung gesehen nachgeordnetes Absorptionselement, welches für die zwei Lasermoden unterschiedlicher Frequenz im Wesentlichen intransparent ist. Die Mischerstruktur kann ein oberflächenaktives Element aufweisen. In niedrigeren Frequenzbereichen wird die Mischerstruktur durch ein nichtlineares Element, beispielsweise eine
20 Diode gebildet. Auch für die Erzeugung von Strahlung im THz Bereich ist ein nichtlineares Element aus einem Halbleitermaterial oder ein solches Material aufweisend erforderlich. Dies kann unter anderem auf Ga basieren, beispielsweise GaAs.

25 Das Absorptionselement umfasst demgegenüber eine Bandlücke, die zu einer Absorption von Licht der beiden Lasermoden führt. Ein geeignetes Material wäre hierfür Si, welches für Licht im nahen und mittleren Infrarot bei Wellenlängen im Bereich von 900 nm bis 1000 nm intransparent ist, das erzeugte Differenzsignal aber durchlässt. Das
30 Absorptionselement sollte ein zu der Mischerstruktur unterschiedliches Halbleitermaterial aufweisen.

In einigen Aspekten ist die Mischerstruktur zu einer gerichteten Abgabe des Differenzsignals, insbesondere entlang einer Raumrichtung
35 oder zweier entgegengesetzter Raumrichtungen ausgeführt. Eine Wellenlänge der zwei Lasermoden liegt in einigen Ausführungen in einem inf-

raroten Teil eines Spektrums, insbesondere über 900nm und insbesondere über 950 nm. Daraus resultiert eine Wellenlänge des Differenzsignals im Bereich von 1 mm bis 3µm, insbesondere im Bereich von 1 mm bis 0,1 mm.

5

Ein weiterer Gesichtspunkt betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Oszillatoranordnung nach dem vorgeschlagenen Prinzip. Dabei wird ein Strom zur Erzeugung von Laserlicht der zwei Lasermoden moduliert. Auf diese Weise kann eine Amplitudenmodulation der erzeugten THz Strahlung bewirkt werden. Zumindest aber ist es auf diese Weise möglich, die Ausgangsleistung in einem bestimmten Bereich zu regeln und damit an die gewünschte Anwendung anzupassen.

In gleicher Weise lässt sich auch die Mischerstruktur in ihre Mischungseffizienz oder auf andere Weise verändern, so dass auch hierbei die Amplitude des Differenzsignals verändert werden kann.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Weitere Aspekte und Ausführungsformen nach dem vorgeschlagenen Prinzip werden sich in Bezug auf die verschiedenen Ausführungsformen und Beispiele offenbaren, die in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen ausführlich beschrieben werden.

Figur 1 zeigt eine erste Ausführung eines THz Oszillators basierend auf einem PCSEL nach einigen Aspekten des vorgeschlagenen Prinzips;

Figur 2 stellt eine zweite Ausführung eines THz Oszillators basierend auf einem PCSEL nach einigen Aspekten des vorgeschlagenen Prinzips dar;

30

Figur 3 zeigt eine dritte Ausführung eines THz Oszillators basierend auf einem PCSEL nach einigen Aspekten des vorgeschlagenen Prinzips;

Figur 4 ist ein Frequenz Diagramm zur Darstellung einer Frequenz des Differenzsignals aus den Frequenzen der dualen Moden nach einigen Aspekten des vorgeschlagenen Prinzips;

35

Figur 5 ist eine Ausführung einer Laserschichtstruktur für einen THz Oszillators basierend auf einem PCSEL nach einigen Aspekten des vorgeschlagenen Prinzips;

- 5 Figuren 6A bis 6C sind Draufsichten auf verschiedene Gitterstrukturen, wie sie bei einem PCSEL für einen THz Oszillators nach einigen Aspekten des vorgeschlagenen Prinzips einsetzbar sind.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

- 10 Die folgenden Ausführungsformen und Beispiele zeigen verschiedene Aspekte und ihre Kombinationen nach dem vorgeschlagenen Prinzip. Die Ausführungsformen und Beispiele sind nicht immer maßstabsgetreu. Ebenso können verschiedene Elemente vergrößert oder verkleinert dargestellt werden, um einzelne Aspekte hervorzuheben. Es versteht sich
15 von selbst, dass die einzelnen Aspekte und Merkmale der in den Abbildungen gezeigten Ausführungsformen und Beispiele ohne weiteres miteinander kombiniert werden können, ohne dass dadurch das erfindungsgemäße Prinzip beeinträchtigt wird. Einige Aspekte weisen eine regelmäßige Struktur oder Form auf. Es ist zu beachten, dass in der Praxis
20 geringfügige Abweichungen von der idealen Form auftreten können, ohne jedoch der erfinderischen Idee zu widersprechen.

- Außerdem sind die einzelnen Figuren, Merkmale und Aspekte nicht unbedingt in der richtigen Größe dargestellt, und auch die Proportionen
25 zwischen den einzelnen Elementen müssen nicht grundsätzlich richtig sein. Einige Aspekte und Merkmale werden hervorgehoben, indem sie vergrößert dargestellt werden. Begriffe wie "oben", "oberhalb", "unten", "unterhalb", "größer", "kleiner" und dergleichen werden jedoch in Bezug auf die Elemente in den Figuren korrekt dargestellt. So ist
30 es möglich, solche Beziehungen zwischen den Elementen anhand der Abbildungen abzuleiten.

- Die Figur 1 zeigt eine prinzipielle Darstellung einer ersten Ausführung eines THz Oszillators nach dem vorgeschlagenen Prinzip. Der THz
35 Oszillator ist in einem Gehäuse 3 eingebaut, so dass eine platzsparende Ausgestaltung möglich ist. Obwohl hier dargestellt der Oszillator aus mehreren separaten Baugruppen gebildet ist, ist es möglich,

diese in einen gemeinsamen Körper beispielsweise in einen Halbleiterkörper zu integrieren. Wie noch erläutert wird, gehören hierzu unter anderem eine Integration der Laserschichtstruktur mit der Gitterstruktur, aber auch eine weitere Integration mit optischen Elementen bzw. sogar mit der ebenfalls notwendigen Mischerstruktur 30.

Der Oszillator gemäß Figur 1 umfasst in seinem Gehäuse 3 eine Laserschichtstruktur 10 auf Basis eines Halbleitermaterials. Die Laserschichtstruktur 10 ist als sogenannter PCSEL ausgebildet und integriert eine Gitterstruktur mit einem aktiven Lasermaterial in einem gemeinsamen Halbleiterkörper. Der Ausdruck PCSEL steht für photonic crystal surface emitting laser, d.h. für einen oberflächenemittierenden Laser mit einer photonischen Kristallstruktur.

PCSEL Elemente verwenden eine zweidimensionale Gitterstruktur, welche das in der aktiven Schicht erzeugte Licht in einer charakteristischen und einstellbaren Weise streuen. Im Besonderen erfolgt die Streuung sowohl linear in der Ebene als auch orthogonal dazu, wobei man sich die orthogonale Streuung zu Nutze macht, da diese sich leicht integrieren und weiterverarbeiten lässt. Die Emission außerhalb der Ebene wird durch die 2D-Gitterstruktur (photonischer Kristall) ermöglicht und stabilisiert, wodurch die Rückkopplung entsteht. Durch eine besondere Ausgestaltung der Gitterstruktur wird nach dem vorgeschlagenen Prinzip erreicht, dass die aktive Schicht der Laserschichtstruktur nicht nur auf einer Mode anschwingt, sondern auf zwei verschiedenen, die allerdings aufgrund der zugrundeliegenden Gitterstruktur eine energetisch nah beieinanderliegende Einsatzschwelle zeigen. Diese Einsatzschwelle ist unter anderem durch die FSR (free spectral range) gegeben, welche wiederum von der virtuellen Bandstruktur und den Eigenwerten der zugrundeliegenden Gitterstruktur abhängt.

Es hat sich gezeigt, dass Gitterstrukturen, die lediglich eine gebrochene Rotationssymmetrie (d.h. eine Rotationssymmetrie mit nur wenigen Werten, z.B. 180° oder 360°) aufweisen, beispielsweise aufgrund ihrer Form zu einer Bandstruktur mit niedrigen Einsatzschwellen führen und so zur Erzeugung von mehreren anschwingenden Moden im Laserbetrieb führen. Wegen der Skalierbarkeit der Gitterstruktur lassen

sich bei einer ausreichenden Wärmeabfuhr auf große Laserschichtstrukturen realisieren und damit hohe Ausgangsleistungen erreichen.

Die Rückkopplung der Gitterstruktur in der Ebene bei derartigen zusammengesetzten Laserschichtstrukturen ist zweidimensional, was kohärent gekoppelte Arrays ermöglicht. Auf diese Weise kann das Licht einfacher fokussiert und damit sehr hohe Leuchtdichten von dualen Moden erreicht werden.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Laserschichtstruktur mit ihrer aktiven Zone in einen Halbleiterkörper eingebettet. Auf dessen Oberfläche befindet sich auch die Gitterstruktur in Form eines photonischen Kristalls, so dass der Emissionsbereich der Laserschichtstruktur durch die photonische Struktur gebildet ist. Die Abstrahlung von Licht mit den beiden Moden erfolgt im Wesentlichen senkrecht zur Emissionsoberfläche. Zudem ist eine hohe Kollimierung wegen der Gitterstruktur gegeben. Im Strahlengang befindet sich mit dem Gehäuse verbunden eine Optik, welche das abgegebene Laserlicht auf eine Mischerstruktur lenkt.

Die Mischerstruktur ist ein nichtlineares Element, welches mit dem Licht der beiden optischen Moden wechselwirkt. Durch die Eigenschaften des Elementes wird ein Differenzsignal, d.h. eine Strahlung mit einer Differenzfrequenz aus den Frequenzen der beiden Moden erzeugt. Die Mischerstruktur kann ein optischer Mischer sein, beispielsweise in Form eines PLC, eine Photodiode, ein Photoconductor oder ähnliches. Dazu sind optische Zuleitungen, beispielsweise Glasfaser vorgesehen, die das Licht von der Laserschichtstruktur einkoppeln und an die Mischerstruktur weiterleiten. Die Mischerstruktur ist wiederum so ausgestaltet, dass das abgegebene Differenzsignal eine Vorzugsrichtung z.B. entlang der Strahlrichtung aufweist, da dies die weitere Verarbeitung vereinfacht. Die Mischfrequenz im THz-Bereich wird in einer alternativen Ausführung über eine weitere Antenne abgestrahlt, welche an die Mischerstruktur gekoppelt ist.

Figur 4 zeigt in diesem Zusammenhang ein Frequenzdiagramm mit den beiden im Frequenzraum recht nah beieinander liegenden Moden mit den

Frequenzen f_1 und f_2 . Der Abstand ist durch die Gitterstruktur einstellbar, wobei gewährleistet sein sollte, dass auch die Einsatzschwellen zum Anschwingen recht nah beieinander liegen. Dadurch wird erreicht, dass die Amplituden der beiden Lasermoden annähernd gleich sind, welches bei der späteren Mischung von Vorteil ist.

Der optische Mischer 30 ist ein nicht lineares Element. Dadurch ergibt sich bei Zuführung von Licht mit mehreren Frequenzen auch ein Mischlicht, d.h. eine Differenz oder Summe der jeweiligen Frequenzen. Ebenso kann bei sehr hohen Intensitäten eine Frequenzvervielfachung auftreten. Im Allgemeinen ergibt sich eine Differenzfrequenz: $f_D = f_2 - f_1$, wobei f_2 die Frequenz des energiereicheren Lichts ist. Ebenso tritt die Summenfrequenz $f_2 + f_1$ auf sowie weitere Frequenzen $(f_2 - f_1)/2$, $3/2 \cdot (f_2 - f_1)$ usw. Allerdings können diese Signale durch geeignete Designs oder auch schaltungstechnische Maßnahmen unterdrückt werden.

Bei einer Wellenlänge der zwei Lasermoden in einem infraroten Teil des Spektrums, insbesondere über 900 nm und insbesondere über 950 nm wird auf diese Weise ein Differenzsignal erzeugt, deren Wellenlänge wiederum im Bereich von 1 mm bis 3 μ m liegt, insbesondere im Bereich von 1 mm bis 0,1 mm. Die korrespondierende Frequenz wäre dann 300 GHz bis ca. 30 THz.

Wieder zurückverweisend auf die Ausführung nach Figur 1 ist im Strahlengang hinter der Mischerstruktur 30 ein Absorptionselement 300 angeordnet. Dies ist transparent für das Differenzsignal mit der Frequenz im THz Bereich. Hingegen ist das Absorptionselement 300 intransparent für das von der Laserschichtstruktur 10 erzeugte Licht. Im Besonderen ist das Element 300 für Licht im sichtbaren sowie nahen Infraroten Spektrum im Bereich über 800 nm absorbierend. Ein solches Material wäre beispielsweise Silizium, welches lediglich einige μ m dick sein muss. Das Absorptionselement 300 ist zudem mit einer ausreichenden Wärmeleitung ausgebildet, um so einen Wärmetransport des absorbierten Lichts zu gewährleisten. Im Weiteren kann dieses Absorptionselement auch wellenleitende Eigenschaften für die erzeugte THz Strahlung aufweisen. Dies erlaubt es, die Mischerstruktur mit einer

Antenne über das Absorptionsmaterial zu verbinden, damit die Antenne die erzeugte Strahlung in geeigneter Weise abstrahlt.

Ein Absorptionselement 300 im Strahlengang ist zweckmäßig, um zu verhindern, dass eventuell nicht konvertiertes Licht einer der beiden Moden in ein Auge eines Betrachters gelangen oder anderweitig mit Objekten in Strahlungsrichtung interagieren kann. Andererseits sollte das Absorptionselement 300 ebenso absorbierend sein. Zwar ist auch ein reflektives Element denkbar, allerdings besteht hier die Gefahr, das reflektiertes Licht zurück in die Laserschichtstruktur und/oder die Mischerstruktur gelangen kann und dort zu einer destruktiven Interferenz oder anderen nachteiligen Effekten führt. Kann dies ausgeschlossen werden, so bietet sich ein reflektierendes Element eventuell sogar an, dieses im Strahlengang dem Mischer nachzuordnen, da in den Mischer zurückreflektiertes Licht die Konversionseffizienz erhöht.

Figur 2 zeigt eine zweite Ausführungsform eines THz Oszillators nach dem vorgeschlagenen Prinzip. Auch dieser ist in einem Gehäuse 3 integriert und besitzt auf einer Seite ein Austrittsfenster, in dem eine Kollimationsoptik 40 für die gezeigte THz Strahlung angeordnet ist. Auf der Emissionsoberfläche der Laserschichtstruktur 10 ist eine Kollimations- oder Focussieroptik 11 aufgesetzt. Diese ist etwas von der Mischerstruktur 30 mit dem Abstand d beabstandet, wobei diese ebenfalls an dem Gehäuse 3 befestigt ist. Der Abstand ist zweckmäßig, um eine ausreichende thermische Entkopplung zwischen diesen beiden Hauptelementen zu gewährleisten.

Die Gitterstruktur, d.h. die photonische Struktur, welche zur Erzeugung der dualen Moden ausgebildet ist, ist in dieser Ausführung auf der der Emissionsseite abgewandten Seite in der Laserschichtstruktur angeordnet. Mit anderen Worten befindet sich die Gitterstruktur 200 nicht mehr im Strahlengang, sondern von der Emissionsoberfläche aus betrachtet hinter, bzw. unterhalb der aktiven Schicht 102 zur Lichterzeugung. Es ist möglich, die photonische Struktur in der Laserschichtstruktur 20 nahe der aktiven Schicht, d.h. nur wenige 10 nm oder 100 nm entfernt von dieser auszuführen. Auf diese Weise interagiert die Gitterstruktur 200 mit der aktiven Schicht 103 und führt zu

der obengenannten Kopplung. Ebenso lässt sich auf diese Weise auch die Emissionsoberfläche optimieren, so dass eine Auskopplung des erzeugten Laserlichts unabhängig von der Form oder Struktur der photonischen Schicht 103 optimiert werden kann.

5

Im Strahlengang der Mischerstruktur 30 im Strahlengang nachgeordnet ist ein Absorptionselement 301 sowie die bereits erwähnte Kollimationsoptik. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Mischerstruktur 30 in einen Halbleiterkörper integriert, wobei dieser auch einen Teil des Absorptionselements 301 bildet. Beispielsweise ist dieses gemeinsam mit der Mischerstruktur 30 in einem III/V Halbleitermaterial gebildet. Geeignete Materialien wären unter anderem InP, (LT)GaAs (bei 780nm), GaN, SiGe, LTG InAlAs/InGaAs (bei 1500 nm) oder Sb. Zusätzlich eignet sich gerade für das Absorptionselement auch Si, da dieses für Licht im infraroten Teil des Spektrums stark absorbierend wirkt, für THz Strahlung aber transparent ist. Dadurch wird verhindert, dass Licht, welches von dem Mischerelement 30 nicht umgesetzt wird, von der nachgeordneten Optik 40 kollimiert wird, bzw. das Oszillatorgehäuse 3 verlässt.

20

In dem Ausführungsbeispiel gezeigt in Figur 3 ist eine weitere Miniatürisierung vorgenommen. In dieser Ausführung ist die Laserschichtstruktur 10 sowie eine auf der Emissionsfläche angeordnete Optik direkt auf einem Lichtleitelement 301' angeordnet, welches zum einen das von der Laserschichtstruktur 10 abgegebene Licht auf die Mischerstruktur leitet und zum anderen eine Rückkopplung in die Laserschichtstruktur 10 verhindert. Die Gitterstruktur ist in dem Material der Laserschichtstruktur oberhalb der aktiven Schicht 103 aber unterhalb der Emissionsfläche angeordnet.

30

Die Mischerstruktur erzeugt aus dem eingekoppelten Licht mit den beiden Moden ein Differenzsignal, welches von der Optik 40 kollimiert und abgestrahlt wird. In dieser Ausführung sind die Elemente 301' und 30 sowie 40 direkt auf dem Material der Laserschichtstruktur 10 angeordnet. Dieses leitet die Wärme jedoch in guter Weise an eine mit der Laserschichtstruktur verbundene Wärmesenke 3' ab.

35

Die Figur 5 ist ein Ausführungsbeispiel eines oberflächenemittierenden Lasers in einem Halbleitermaterial, wobei in diesem auch die Gitterstruktur integriert ist. Dabei muss die Gitterstruktur leitend ausgebildet sein, um den Stromtransport in die aktive Schicht zu gewährleisten. Die Laserschichtstruktur 10 umfasst im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein bodenseitigen p-Kontakt 100 aus einem leitenden Material, beispielsweise einem Metall. Die Kontakt 100 kann mit dem Gehäuse verbunden sein, oder auch selbst einen Teil des (hier nicht dargestellten) Gehäuses bilden.

10

Daran sich anschließend umfasst die Schichtstruktur 10 eine ebenfalls p-dotierte Kontaktschicht 101, hier aus dotiertem GaAs. Das dotierte GaAs verteilt den über den Kontakt 100 eingeprägten Strom auf die Fläche. Danach folgt eine Trennschicht (cladding) 102 auf dem die Gitterstruktur 200 aufgebracht ist. Die Gitterstruktur ist aus dem gleichen Materialsystem aufgebaut wie die bereits genannten Schichten, d.h. in diesem Fall aus GaAs oder AlGaAs, das zudem dotiert sein kann, um einen möglichst geringen Flächenwiderstand zu besitzen. Die Gitterstruktur ist nun von der aktiven Schicht 103 durch eine undotierte Blockierschicht 102 getrennt. Diese ist zwar leitend, verhindert aber die Diffusion von Dotieratomen in die aktive Schicht oder aus dieser heraus. Damit wird eine Degradation der aktiven Schicht 103 über die Zeit hinweg vermieden, bzw. reduziert.

15

20

Die aktive Schicht 103 umfasst eine Quantentopf bzw. auch eine Mehrfachquantentopfstruktur. Beispielsweise können hierzu GaAs/AlGaAs Schichten verwendet werden, wobei diese zudem dotiert sind und so eine Folge von Barriere- und Topfschichten bilden. Alternativ lassen sich auch andere ternäre Materialsysteme zur Ausbildung einer solchen Mehrfachquantentopfstruktur verwenden. Beispielsweise kann das Al im Material AlGaAs teilweise oder auch komplett durch In ersetzt werden. Dies ist dann zweckmäßig, da die Wellenlänge des abgegebenen Lichts im Wesentlichen durch die Verhältnisse in der Mehrfachquantentopfstruktur abhängig ist. Durch die Verwendung von In und Al in verschiedenen Konzentrationen lässt sich die Wellenlänge zur Lichterzeugung so einstellen (sowohl Wellenlänge als auch Breite), dass im Zusammenwirken mit der photonischen Struktur 200 zwei um einen Fre-

25

30

35

quenzbetrag verschobene Moden anschwingen, deren Differenz die gewünschte THz Strahlung ergibt.

Auf der Mehrfachquantentopfstruktur 103 ist eine n-dotierte Injektionsschicht 104 aufgebracht, z.B. aus n-dotiertem AlGaAs und auf dieser eine weitere Schicht 105, die ebenfalls aus einem Halbleitermaterial besteht. Dabei ist es möglich, die Herstellungsreihenfolge umzudrehen, so dass die Schicht 105 ein dotiertes Wachstumssubstrat bildet, auf den die folgenden Schichten und insbesondere auch die Gitterstruktur 200 epitaktisch abgeschieden wird.

Die Oberfläche der Schicht 105 bildet auch gleichzeitig die Hauptemissionsfläche der Laserschichtstruktur 10 für das Laserlicht 107. Für eine Stromzuführung ist zudem ein metallischer Kontakt 106 in Form eines Fensters auf der Oberfläche der Schicht 105 angeordnet. Der Kontakt 106 umgibt den Emissionsbereich.

In diesem Ausführungsbeispiel ist somit die photonische Strukturunterhalb der aktiven Schicht, d.h. dem Emissionsbereich auf der Oberfläche abgewandten Seite angeordnet. Allerdings kann diese auch zwischen dem Emissionsbereich und der aktiven Schicht vorgesehen werden. Ebenso ist es möglich, diese auf der Oberfläche der Schicht 105 vorzusehen. Dazu wird nach der Herstellung der einzelnen Schichten die Oberfläche der Schicht 105 freigelegt und darauf die photonische Schicht 200 als Gitterstruktur nach dem vorgeschlagenen Prinzip erzeugt. Dies kann sowohl additiv, d.h. durch Erzeugen der Struktur mittels eines strukturierten Abscheideprozesses als auch subtraktiv, d.h. durch Ätzen der Strukturen erfolgen. In der Praxis sind auch Kombinationen von Ätz- und Abscheideprozessen möglich.

30

Die Figuren 6A bis 6C zeigen verschiedene Ausführungen einer photonischen Struktur 200 in ihrer Draufsicht, wie sie beispielsweise zur Ausbildung von dualen Moden in einem oberflächenemittierenden Laser verwendet werden können. Die Strukturen besitzen jeweils einen oder mehrere Strukturelemente 210 bis 214, die wiederum periodisch angeordnet sein können. Die Größe dieser Strukturen liegt im Bereich einiger μm , beispielsweise zwischen 10 μm und 35 μm . Dabei ist es mög-

35

lich, dass die einzelnen Strukturelemente in einer Gitterstruktur eine unterschiedliche Periodizität aufweisen, wie dies beispielsweise bei den Strukturelementen 213 und 214 in Figur 6C gezeigt ist. Benachbarte Elemente 213 haben einen größeren Abstand voneinander als benachbarte Elemente 214.

Darüber hinaus kann sich die Symmetrie auch in die jeweiligen Raumrichtungen unterscheiden, d.h. es mag beispielsweise eine Translations-symmetrie in x-Richtung bestehen, die sich von einer Translations-symmetrie in y-Richtung unterscheidet. Die jeweiligen Periodizitäten können dabei komplex sein und an die jeweilige Anwendung angepasst werden.

Zudem sind die Strukturelemente selbst unterschiedlich ausgeführt, beispielsweise in den Figuren 6A und 6C. Der Aufbau der einzelnen Elemente ist dabei so ausgeführt, dass keine kontinuierliche Rotationssymmetrie existiert, sondern diese soweit vorhanden nur einige wenige diskrete Werte annehmen kann. So zeigt beispielsweise die Figur 6A eine photonische Struktur 200 mit zwei Strukturelementen 210 und 211. Während das Element 211 als kreis- oder zylinderförmige Struktur rotationssymmetrisch ist, ist diese für das Element 211 dahingehend gebrochen, als dass eine Rotation lediglich um die zentrale Achse um 180° und 360° wieder zu dem gleichen Element führt. Element 211 zeigt in Draufsicht die Form einer Ellipse.

Werden nun beide Elemente 210 und 211 zusammen als Zelle aufgefasst, so verringert sich die Rotationssymmetrie noch weiter. Lediglich bei einer Rotation um 360° gelangt man wieder zum ursprünglichen Element. Das gleiche gilt für die Ausführung der Figur 6B. Hier sind die Strukturelemente 212 als Halbpysramiden ausgebildet, so dass diese in Draufsicht ein gleichschenkliges Dreieck bilden. Auch bei diesen ist die Rotationssymmetrie gebrochen, d.h. die Strukturelemente bilden sich nur bei einer Rotation um 360° auf sich selbst ab.

Die hier gezeigten Ausführungen lassen sich auf verschiedene Weise kombinieren. Das zugrundeliegende Prinzip, THz Strahlung durch Mischen aus Licht zu bilden, die durch einen PCSEL als dual Mode Laser

erzeugt werden, bleibt davon unberührt. Der THz Oszillator nach dem vorgeschlagenen Prinzip kann zudem zu einer Amplitudenmodulation weitergebildet werden. Hierzu lässt sich der Laserstrom variieren. Dadurch werden die Amplituden des erzeugten Lichts verändert und somit eine Amplitudenmodulation der erzeugten THz Strahlung erreicht.

Als eine Alternative ist es auch möglich, die Mischerstruktur in ihrer Konversionseffizienz, d.h. ihrer Effizienz hinsichtlich der Umwandlung und Bildung des Differenzsignals zu variieren, so dass sich die Intensität des Differenzsignals und damit die Amplitude der THz Strahlung variieren lässt. Allerdings ist die erste Lösung wegen einer größeren Konversionseffizienz präferiert, da im Gegensatz zu der zweiten Lösung nicht die Effizienz der Konversion in THz Strahlung als solches moduliert wird, sondern lediglich die Ausgangsleistung des Laserlichtes.

Die vorgeschlagene Lösung bildet einen THz Oszillator, der sich besonders einfach in seiner Größe und damit der Ausgangsleistung skalieren lässt. Die vorgeschlagene Lösung kann platzsparend realisiert werden. Bei guter Wärmeabfuhr ist eine große Ausgangsleistung im Bereich von mW bis einigen W erreichbar.

BEZUGSZEICHENLISTE

	3, 3'	Gehäuse
	10	Laserlichtstruktur
5	11	Optik
	30	Mischerstruktur
	40	Optik
	100	Kontakt
10	101	Kontaktschicht
	102	Trennschicht
	102'	Blockierschicht
	103	aktive Schicht
	104	Injektionsschicht
15	105	Schicht
	106	Kontakt
	107	Laserlicht
	200	Gitterstruktur
	210	Strukturelement
20	211	Strukturelement
	212	Strukturelement
	213	Strukturelement
	301	Absorptionselement

PATENTANSPRÜCHE

1. Oszillatoranordnung, insbesondere THz-Oszillator, umfassend:

- 5 - eine aktive Laserschichtstruktur (10) basierend auf einem Halbleitermaterial zur Abgabe von Laserlicht wenigstens einer Wellenlänge, deren Hauptabstrahlrichtung im Wesentlichen senkrecht zu einer Hauptabstrahloberfläche liegt;
- 10 - eine mit der aktiven Laserschichtstruktur (10) zusammenwirkende Gitterstruktur (200), insbesondere 2D Gitterstruktur, welche im Wesentlichen parallel zur Hauptoberfläche angeordnet ist, die derart ausgebildet ist, dass die aktive Laserschichtstruktur (10) zur Ausbildung von zwei Lasermoden unterschiedlicher Frequenz (f_1 , f_2) angeregt wird;
- 15 - eine in Abstrahlrichtung angeordnete Mischerstruktur (30), die ausgebildet ist, ein Differenzsignal aus den zwei Lasermoden zu bilden mit einer Frequenz aus der Differenz der beiden Lasermoden;
- 20 - ein der Mischerstruktur (30) in Hauptabstrahlrichtung gesehen nachgeordnetes Absorptionselement (301), insbesondere umfassend Silizium, welches für die zwei Lasermoden unterschiedlicher Frequenz im Wesentlichen intransparent ist.

2. Oszillatoranordnung nach Anspruch 1, bei der die mit der aktiven Laserschichtstruktur (10) zusammenwirkende Gitterstruktur (200) auf einer der Hauptabstrahloberfläche abgewandten Seite angeordnet ist; oder
30 bei der die mit der aktiven Laserschichtstruktur (10) zusammenwirkende Gitterstruktur (200) zumindest einen Teil der Hauptabstrahloberfläche bildet.

3. Oszillatoranordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei der die mit der aktiven Laserschichtstruktur (10) zusammenwirkende Gitterstruktur (200) zwischen einer aktiven Schicht (103) der Laserschichtstruktur und einer Halbleiterschicht zur Zuführung der Ladungsträger angeordnet ist.
35

4. Oszillatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die aktive Laserschichtstruktur (10) eine Quantentopfstruktur oder eine Mehrfachquantentopfstruktur aufweist, und die mit der aktiven Laserschichtstruktur zusammenwirkende Gitterstruktur (200) getrennt durch eine elektrisch leitende, jedoch eine Diffusion von Fremdatomen, insbesondere Dotieratome verhindernden Blockierungsschicht benachbart zu der Quantentopfstruktur oder eine Mehrfachquantentopfstruktur angeordnet ist
- 5
- 10 5. Oszillatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Gitterstruktur (200) ein sich periodisch wiederholendes Strukturelement umfasst, dessen Rotationssymmetrie insbesondere auf einen der Werte 30° , 45° , 60° , 90° , 180° und 360° beschränkt ist.
- 15
6. Oszillatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Gitterstruktur ein erstes sich periodisch wiederholendes Strukturelement (210) und ein zweites sich periodisch wiederholendes Strukturelement (211) umfasst, dessen Größe und/oder Form von dem ersten Strukturelement unterscheidet.
- 20
7. Oszillatoranordnung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, bei dem eine Periodizität des Strukturelements in eine erste Raumrichtung unterschiedlich zu einer Periodizität in eine zweite Raumrichtung ist.
- 25
8. Oszillatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend:
- ein optisches Element (11), das zwischen der Hauptabstrahlfläche und der Mischerstruktur (30) angeordnet und ausgebildet ist, das von der aktiven Laserschichtstruktur entlang der Hauptabstrahlrichtung abgegebene Licht auf die Mischerstruktur zu lenken.
- 30
- 35 9. Oszillatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Absorptionselement (301) ein zu der Mischerstruktur (30) unterschiedliches Halbleitermaterial, insbesondere Silizium aufweist.

10. Oszillatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Mischerstruktur (30) zu einer gerichteten Abgabe des Differenzsignals, insbesondere entlang einer Raumrichtung oder zweier entgegengesetzter Raumrichtungen ausgeführt ist.

5

11. Oszillatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der eine Wellenlänge der zwei Lasermoden in einem infraroten Teil eines Spektrums liegt, insbesondere über 750nm, insbesondere über 900nm und insbesondere über 950 nm; und/oder

10

bei der eine Wellenlänge des Differenzsignals im Bereich von 1 mm bis 3µm liegt, insbesondere im Bereich von 1 mm bis 0,1 mm.

12. Oszillatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend eine Antennenstruktur, die mit der Mischerstruktur gekoppelt ist zur Weiterleitung und Transmission der erzeugten Strahlung.

15

13. Verfahren zum Betreiben einer Oszillatoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

20

bei der ein Strom, zur Erzeugung von Laserlicht der zwei Lasermoden moduliert wird; oder

bei der die Mischerstruktur in ihre Mischungseffizienz zur Erzeugung einer amplitudenmodulierten Differenzsignals verändert wird.

1/3

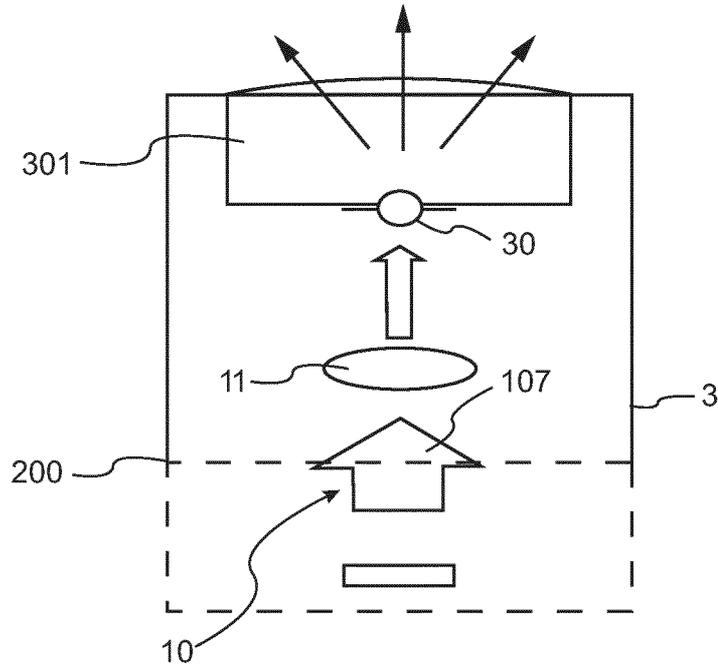


FIG. 1

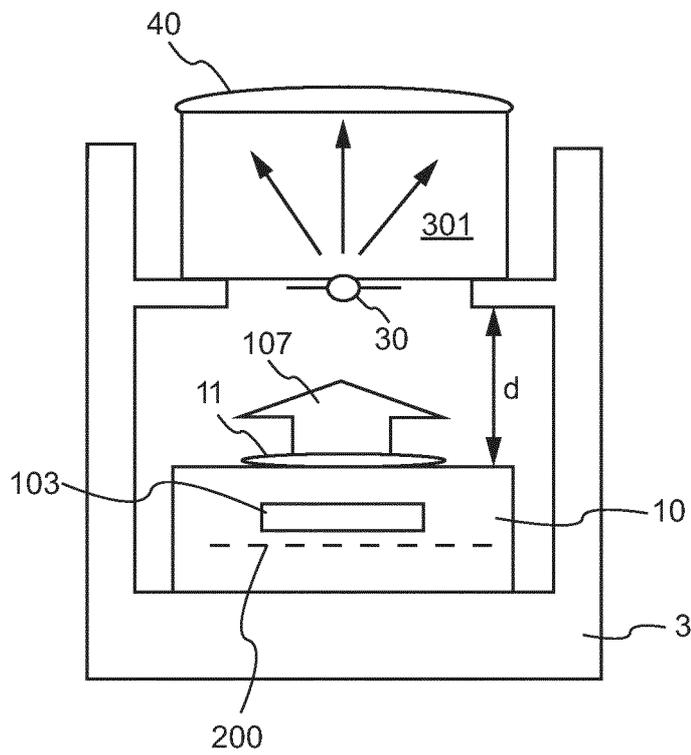


FIG. 2

2/3

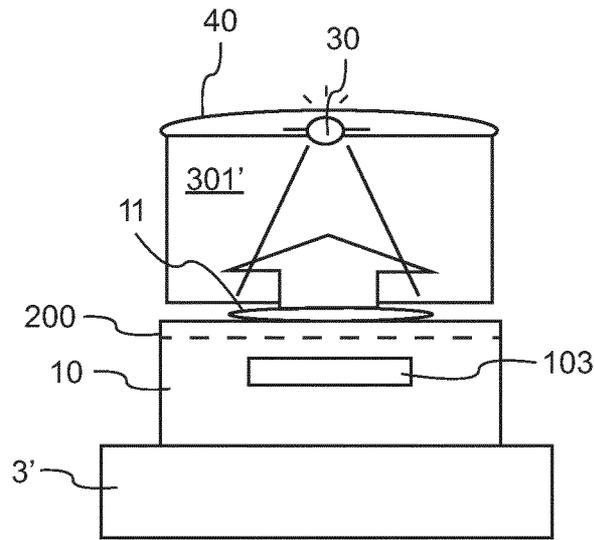


FIG. 3

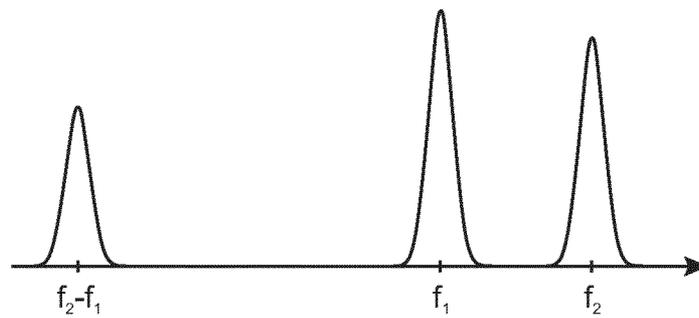


FIG. 4

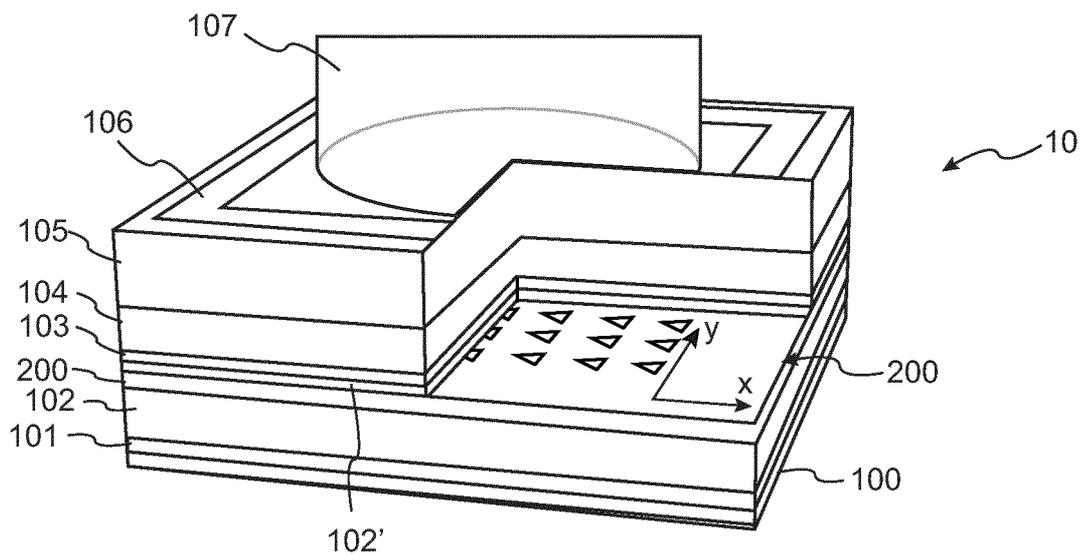


FIG. 5

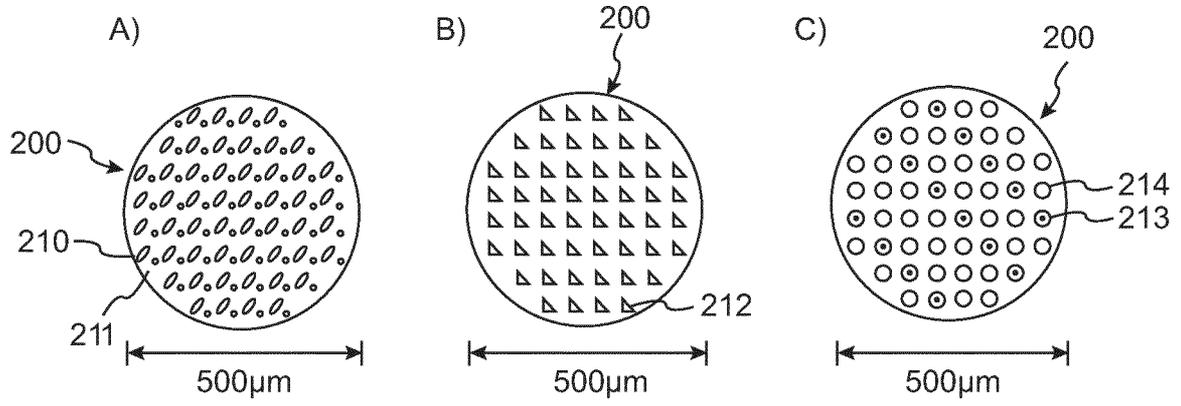


FIG. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/079166

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01S 5/00 (2006.01)i; H01S 5/10 (2021.01)i; H01S 5/11 (2021.01)i; H01S 5/187 (2006.01)i; G02F 1/35 (2006.01)n		
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; G02F		
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.
A	US 2019148912 A1 (HASHIMOTO REI [JP] ET AL) 16 May 2019 (2019-05-16) paragraphs [0015] - [0050], [0055] - [0057]; figures 1-4,6A-6D	1-13
A	LI ZONG-LIN ET AL. "Dual-wavelength GaSb-based mid infrared photonic crystal surface emitting lasers" <i>JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, 2 HUNTINGTON QUADRANGLE, MELVILLE, NY 11747,</i> Vol. 123, No. 9, 02 March 2018 (2018-03-02), [retrieved on 2018-03-02] DOI: 10.1063/1.5012113 ISSN: 0021-8979, XP012226782 page 1, left-hand column, paragraph 3 - page 2, left-hand column, paragraph 3; figures 1,2, 6	1, 13
A	GU PING ET AL. "Generation of cw-Terahertz Radiation Using a Two-Longitudinal-Mode Laser Diode" <i>JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, JP,</i> Vol. 37, No. 8B, 15 August 1998 (1998-08-15), pages L976-978 DOI: 10.1143/jjap.37.L976 ISSN: 0021-4922, XP093124544 page L976, left-hand column, paragraph 1 - page L977, left-hand column	1, 13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 26 January 2024		Date of mailing of the international search report 09 February 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Riechel, Stefan Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/079166

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2019148912	A1	16 May 2019	JP	6774400	B2	21 October 2020
				JP	2019091838	A	13 June 2019
				US	2019148912	A1	16 May 2019

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>GU PING ET AL: "Generation of cw-Terahertz Radiation Using a Two-Longitudinal-Mode Laser Diode", JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Bd. 37, Nr. 8B, 15. August 1998 (1998-08-15), Seiten L976-978, XP093124544, JP ISSN: 0021-4922, DOI: 10.1143/jjap.37.L976 Seite L976, linke Spalte, Absatz 1 - Seite L977, linke Spalte</p> <p>-----</p>	1, 13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/079166

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2019148912 A1	16-05-2019	JP 6774400 B2	21-10-2020
		JP 2019091838 A	13-06-2019
		US 2019148912 A1	16-05-2019
