

(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
21. September 2023 (21.09.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/174752 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G02B 6/12 (2006.01) G02F 1/21 (2006.01)
G02B 6/43 (2006.01) G02F 1/225 (2006.01)
G02B 6/293 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/055711

(22) Internationales Anmeldedatum:
07. März 2023 (07.03.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2022 106 271.6
17. März 2022 (17.03.2022) DE

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

(72) Erfinder: RICHTER, Daniel; Hebbergring 1, 93077 Bad
Abbach (DE).

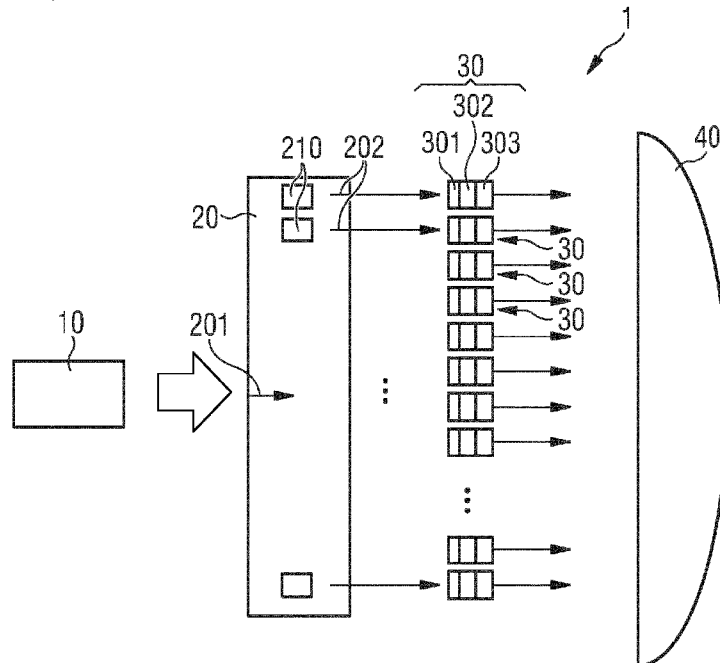
(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-
WALTSGESELLSCHAFT MBH; Schloßschmidstr. 5,
80639 München (DE).

(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, 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, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,

(54) Title: OPTOELECTRONIC MODULE AND METHOD FOR OPERATING AN OPTOELECTRONIC MODULE

(54) Bezeichnung: OPTOELEKTRONISCHES MODUL UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES OPTOELEKTRONISCHEN
MODULS

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to an optoelectronic module comprising: a semiconductor component (10) designed to emit electromagnetic radiation; a distribution structure (20) having a plurality of distribution elements (210), at least one input waveguide (201) and a plurality of output waveguides (202); and a plurality of conversion structures (30). The electromagnetic radiation emitted by the semiconductor component (10) enters the distribution structure (20) through the input waveguide (201). The electromagnetic radiation exits the distribution structure (20) through the output waveguide (202). One conversion structure (30) is arranged downstream of each output waveguide (202). The invention also relates to a method for operating an optoelectronic module (1).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein optoelektronisches Modul umfassend ein zur Emission von elektromagnetischer Strahlung ein-

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



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).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

gerichtetes Halbleiterbauelement (10), eine Verteilstruktur (20) mit einer Mehrzahl von Verteilelementen (210), zumindest einem Eingangswellenleiter (201) und einer Mehrzahl von Ausgangswellenleitern (202), und eine Mehrzahl von Konversionsstrukturen (30) angegeben. Die von dem Halbleiterbauelement (10) emittierte elektromagnetische Strahlung tritt durch den Eingangswellenleiter (201) in die Verteilstruktur (20) ein. Die elektromagnetische Strahlung tritt durch die Ausgangswellenleiter (202) aus der Verteilstruktur (20) aus. Je einem Ausgangswellenleiter (202) ist eine Konversionsstruktur (30) nachgeordnet. Es wird ferner ein Verfahren zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls (1) angegeben.

Beschreibung

OPTOELEKTRONISCHES MODUL UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES
OPTOELEKTRONISCHEN MODULS

5

Es wird ein optoelektronisches Modul und ein Verfahren zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls angegeben. Das optoelektronische Modul ist insbesondere zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung, beispielsweise von für das menschliche Auge wahrnehmbarem Licht, eingerichtet.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein optoelektronisches Modul anzugeben, das eine Mehrzahl von Ausgangswellenleitern mit einer besonders hohen Leuchtdichte aufweist.

15

Eine weitere zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls anzugeben, das eine vereinfachte Ansteuerung einer Mehrzahl von Ausgangswellenleitern ermöglicht.

20

Diese Aufgaben werden durch die Vorrichtung und die Verfahren gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Vorrichtung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche und gehen weiterhin aus der nachfolgenden Beschreibung und den Figuren hervor.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das optoelektronische Modul ein zur Emission von elektromagnetischer Strahlung eingerichtetes Halbleiterbauelement. Die elektromagnetische Strahlung umfasst bevorzugt eine spektrale Verteilung mit einer Hauptwellenlänge im sichtbaren Spektralbereich. Eine Hauptwellenlänge ist hier und im Folgenden eine Wellenlänge

30

einer elektromagnetischen Strahlung, bei der ein Spektrum der Strahlung ein globales Maximum aufweist.

Das Halbleiterbauelement umfasst beispielsweise zumindest

5 einen Halbleiteremitter. Insbesondere umfasst der Halbleiteremitter einen ersten Bereich einer ersten Leitfähigkeit, einen zweiten Bereich einer zweiten Leitfähigkeit und einen aktiven Bereich, der zur Emission von elektromagnetischer Strahlung eingerichtet ist. Vorteilhaft
10 unterscheidet sich die erste Leitfähigkeit von der zweiten Leitfähigkeit. Beispielsweise sind der erste Bereich und der zweite Bereich jeweils mit einem dotierten Halbleitermaterial gebildet. Der aktive Bereich weist insbesondere einen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, eine
15 Einfachquantentopfstruktur (SQW, single quantum well) oder eine Mehrfachquantentopfstruktur (MQW, multi quantum well) zur Strahlungserzeugung auf. Bei dem Halbleiteremitter handelt es sich beispielsweise um eine Lumineszenzdiode, insbesondere um eine Leucht- oder Laserdiode.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das optoelektronische Modul eine Verteilstruktur mit einer Mehrzahl von Verteilelementen, zumindest einem Eingangswellenleiter und einer Mehrzahl von
25 Ausgangswellenleitern. Die Verteilstruktur umfasst beispielsweise eine planare Wellenleiterstruktur. Bevorzugt sind die Verteilelemente, der zumindest eine Eingangswellenleiter und die Ausgangswellenleiter monolithisch auf einem Substrat integriert. Dies ermöglicht
30 eine besonders kompakte Bauform mit vorteilhaft geringen optischen Koppelverlusten.

- Die Verteilstruktur ist insbesondere dazu eingerichtet, eine elektromagnetische Strahlung aus dem zumindest einen Eingangswellenleiter in einem vorgegebenen Intensitätsverhältnis auf die Ausgangswellenleiter zu
- 5 verteilen. Die in die Verteilstruktur eingekoppelte elektromagnetische Strahlung kann so in einem gewünschten Verhältnis aus den Ausgangswellenleitern austreten. Die Verteilelemente sind beispielsweise in Form von optischen Schaltern bereitgestellt. Bevorzugt umfasst jedes
- 10 Verteilelement einen Eingang und zumindest zwei Ausgänge. Insbesondere beeinflusst jedes Verteilelement eine Aufteilung der Strahlungsintensität einer durch den Eingang eintretenden elektromagnetischen Strahlung auf die Ausgänge.
- 15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das optoelektronische Modul eine Mehrzahl von Konversionsstrukturen. Eine Konversionsstruktur ist insbesondere zur Konversion von elektromagnetischer Strahlung einer ersten Wellenlänge zu elektromagnetischer Strahlung mit
- 20 einer von der ersten Wellenlänge verschiedenen zweiten Wellenlänge eingerichtet. Die Konversionsstruktur bewirkt beispielsweise eine teilweise oder vollständige Konversion der eintretenden elektromagnetischen Strahlung. Insbesondere konvertiert die Konversionsstruktur einen Teil der in sie
- 25 eintretenden elektromagnetischen Strahlung und emittiert folglich eine Mischstrahlung. Vorteilhaft ruft die Mischstrahlung einen weißen Farbeindruck bei einem Betrachter hervor.
- 30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls tritt die von dem Halbleiterbauelement emittierte elektromagnetische Strahlung durch den Eingangswellenleiter in die Verteilstruktur ein. Der Eingangswellenleiter weist

vorteilhaft einen Kernbereich und einen Mantelbereich auf.
Der Mantelbereich umgibt den Kernbereich zumindest teilweise.
Der Kernbereich weist vorteilhaft einen höheren
Brechungsindex als der Mantelbereich auf.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen
Moduls tritt die elektromagnetische Strahlung durch die
Ausgangswellenleiter aus der Verteilstruktur aus. An den
Ausgangswellenleitern kann eine gewünschte Verteilung der
elektromagnetischen Strahlung eingestellt sein.

10

Beispielsweise tritt die elektromagnetische Strahlung aus
jedem Ausgangswellenleiter in einer Austrittsrichtung aus.
Bevorzugt sind die Austrittsrichtungen aller
Ausgangswellenleiter parallel zueinander ausgerichtet.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen
Moduls ist je einem Ausgangswellenleiter eine
Konversionsstruktur nachgeordnet. Eine Anordnung von jeweils
einer Konversionsstruktur an einem Ausgangswellenleiter
ermöglicht ein besonders hohes Kontrastverhältnis zwischen
benachbarten Konversionsstrukturen.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das
optoelektronische Modul:

25

- ein zur Emission von elektromagnetischer Strahlung
eingerichtetes Halbleiterbauelement,
- eine Verteilstruktur mit einer Mehrzahl von
Verteilelementen, zumindest einem Eingangswellenleiter und
einer Mehrzahl von Ausgangswellenleitern, und
- eine Mehrzahl von Konversionsstrukturen, wobei
- die von dem Halbleiterbauelement emittierte
elektromagnetische Strahlung durch den Eingangswellenleiter
in die Verteilstruktur eintritt,

30

- die elektromagnetische Strahlung durch die Ausgangswellenleiter aus der Verteilstruktur austritt,
- je einem Ausgangswellenleiter eine Konversionsstruktur nachgeordnet ist.

5

Einem hier beschriebenen optoelektronischen Modul liegen unter anderem die folgenden Überlegungen zugrunde: Zur Herstellung von pixelierten Lichtquellen mit hoher Leuchtdichte können mehrere einzelne Halbleiterbauelemente in einem Array nebeneinander angeordnet werden. Zur Emission von weißem Licht kann den Halbleiterbauelementen jeweils ein Konverterelement nachgeordnet werden. Eine solche Anordnung erschwert jedoch eine effektive Entwärmung der Halbleiterbauelemente und der Konverterelemente, da sowohl in den Halbleiterbauelementen als auch in den Konverterelementen im Betrieb eine Abwärme entsteht. Eine maximal erreichbare Leuchtdichte der einzelnen Halbleiterbauelemente kann so limitiert sein. Ferner kann eine präzise Anordnung einer Mehrzahl von Halbleiterbauelementen in einem Array mit einem erhöhten Herstellungsaufwand verbunden sein.

Das hier beschriebene optoelektronische Modul macht unter anderem von der Idee Gebrauch, eine räumliche Trennung zwischen einer Erzeugung einer elektromagnetischen Strahlung und der Konversion der elektromagnetischen Strahlung vorzunehmen. Ferner wird durch die Verwendung einer Verteilstruktur nur ein Halbleiterbauelement benötigt, um eine Mehrzahl von Emissionsbereichen anzusteuern. Eine in dem Halbleiterbauelement erzeugte elektromagnetische Strahlung wird in die Verteilstruktur eingekoppelt und dort auf eine Mehrzahl von Ausgangswellenleitern verteilt. Jedem Ausgangswellenleiter ist eine Konversionsstruktur nachgeordnet, die zumindest einen Teil der

elektromagnetischen Strahlung konvertiert. Durch die räumliche Trennung zwischen dem Halbleiterbauelement und den Konversionsstrukturen kann eine getrennte Entwärmung der beiden Strukturen erfolgen. Vorteilhaft können das

5 Halbleiterbauelement und die Konversionsstrukturen so bei unterschiedlichen Betriebstemperaturen arbeiten. Ferner kann mit nur einem Halbleiterbauelement eine Mehrzahl von Konversionsstrukturen angesteuert werden. Eine aufwändige Justage einer Mehrzahl von Halbleiterbauelementen in einem

10 Array kann vorteilhaft vermieden werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls sind die Verteilelemente passiv und wellenlängenselektive Filterelemente. Beispielsweise sind die

15 Verteilelemente als Mach-Zehnder-Interferometer, als dielektrische Interferenz-Dünnschichtfilter, als Wellenleiter-Gitterrouter oder als Mikroringresonatoren ausgeführt. Vorteilhaft benötigen passive Verteilelemente keine zusätzliche Steuerung. Die Verteilelemente sind dazu

20 eingerichtet, eine elektromagnetische Strahlung entsprechend ihrer Hauptwellenlänge auszuwählen. Insbesondere kann eine Verteilung der Ausgangscharakteristik eines Verteilelements beispielsweise durch ein im Betrieb konstant angelegtes elektrisches Feld an einem Strahlteiler oder einer konstant

25 eingestellten Phasenverschiebung an einem Mach-Zehnder-Interferometer eingestellt sein. So können beispielsweise Herstellungsbedingte Abweichungen in den Verteilelementen kompensiert werden. Hier und im Folgenden sind Verteilelemente, mit einer solchen im Betrieb statischen

30 Korrektur ebenfalls als passive Filterelemente zu betrachten, da sie während des Betriebs keine aktiv modulierte Ansteuerung benötigen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls weisen die Verteilelemente einen Durchlassbereich mit einer Bandbreite von höchstens 2 nm, bevorzugt höchstens 1 nm auf. Insbesondere weisen die Verteilelemente in dem

5 Durchlassbereiche eine hohe Strahlungsdurchlässigkeit auf. Beispielsweise wird eine elektromagnetische Strahlung außerhalb des Durchlassbereichs von dem Verteilelement reflektiert oder absorbiert. Eine geringe Bandbreite ermöglicht eine Ansteuerung einer vorteilhaft hohen Anzahl
10 von Verteilelementen mit einem Halbleiterbauelement, das eine elektromagnetische Strahlung mit einer begrenzten Bandbreite emittiert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen
15 Moduls ist das Halbleiterbauelement zur Emission von kohärenter Strahlung mit einer modulierbaren Hauptwellenlänge eingerichtet. Durch die Modulation der Hauptwellenlänge kann eine Verteilung der elektromagnetischen Strahlung durch die wellenlängenselektive Verteilstruktur beeinflusst werden.

20 Insbesondere umfasst das Halbleiterbauelement ein Laserbauelement mit einem gesampelten Gitter und einem verteilten Bragg Reflektor (englisch: Sample Grating Distributed Bragg Reflector Laser, kurz: SG-DBR). Alternativ ist das Halbleiterbauelement mit einem Laserbauelement mit
25 einem externen Resonator gebildet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls ist die Hauptwellenlänge der von dem Halbleiterbauelement emittierten elektromagnetischen
30 Strahlung in einem Spektralbereich über eine Bandbreite von mindestens 25 nm, bevorzugt von mindestens 50 nm und besonders bevorzugt von mindestens 100 nm modulierbar, wobei der Spektralbereich eine Wellenlänge von 447 nm beinhaltet.

Bevorzugt emittiert das Halbleiterbauelement eine kohärente elektromagnetische Strahlung. Insbesondere emittiert das Halbleiterbauelement eine elektromagnetische Strahlung mit einer Hauptwellenlänge zwischen 390 nm bis 480 nm.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls ist die Hauptwellenlänge mit einer Frequenz von mindestens 500 Hz, bevorzugt mindestens 1 kHz und besonders bevorzugt mindestens 2 kHz modulierbar. Eine hohe

10 Modulationsfrequenz ermöglicht eine vorteilhaft geringe Zeitspanne, in der eine bestimmte Hauptwellenlänge emittiert werden kann. Insbesondere wird durch eine hohe Modulationsfrequenz auch eine Anzahl von verschiedenen Hauptwellenlängen erhöht, die in einem vorgegebenen
15 Darstellungszeitraum bereitgestellt werden können. Folglich kann eine Anzahl von ansteuerbaren Verteilelementen und Ausgangswellenleitern erhöht werden.

Ein Darstellungszeitraum beschreibt hier und im Folgenden
20 einen Zeitraum, in dem eine gewünschte Intensitätsverteilung der elektromagnetischen Strahlung an den Ausgangswellenleitern bereitgestellt wird. Vorteilhaft ist der Darstellungszeitraum so kurz, dass für einen menschlichen Betrachter kein Eindruck eines Flimmerns entsteht.
25 Beispielsweise ist der Darstellungszeitraum höchstens 1/30 s, bevorzugt höchstens 1/60 s und besonders bevorzugt höchstens 1/100 s lang.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen
30 Moduls umfasst das Halbleiterbauelement zumindest zwei Halbleiteremitter, wobei der erste Halbleiteremitter zur Emission einer elektromagnetischen Strahlung mit einer variablen Hauptwellenlänge in einem ersten Spektralbereich

eingerrichtet ist und ein zweiter Halbleiteremitter zur Emission einer elektromagnetischen Strahlung mit einer variablen Hauptwellenlänge in einem zweiten Spektralbereich eingerrichtet ist. Die erste Hauptwellenlänge ist insbesondere
5 verschieden von der zweiten Hauptwellenlänge. Beispielsweise überlappen sich die Spektralbereiche der ersten elektromagnetischen Strahlung und der zweiten elektromagnetischen Strahlung nicht. Durch die Verwendung von mehreren Halbleiteremittern kann das Halbleiterbauelement
10 elektromagnetische Strahlung über eine größere Bandbreite emittieren.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls ist jedem Halbleiteremitter ein Eingangswellenleiter
15 zugeordnet. Vorteilhaft kann so eine benötigte Anzahl von Verteilelementen reduziert werden. Beispielsweise sind einem ersten Halbleiteremitter eine erste Anzahl von Ausgangswellenleitern zugeordnet und einem zweiten Halbleiteremitter eine zweite Anzahl von
20 Ausgangswellenleitern zugeordnet. Vorteilhaft ist die erste Hauptwellenlänge des ersten Halbleiteremitters identisch mit der zweiten Hauptwellenlänge des zweiten Halbleiteremitters.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen
25 Moduls ist jedem Ausgangswellenleiter genau ein Verteilelement zugeordnet. Vorteilhaft sind nur so viele Verteilelemente wie Ausgangswellenleiter nötig. Jedes Verteilelement ist insbesondere dazu eingerrichtet, genau einen Ausgangswellenleiter anzusteuern.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls sind die Verteilelemente aktiv und steuerbare Koppellemente. Aktive Verteilelemente sind vorteilhaft

besonders genau steuerbar. Beispielsweise sind die Verteilelemente als steuerbare Richtkoppler oder als steuerbare Richtkoppler mit Phasenumkehr ausgebildet. Insbesondere umfasst jedes Verteilelement ein Mach-Zehnder-
5 Interferometer. Vorteilhaft sind die Verteilelemente als elektrooptisch steuerbare Bauelemente ausgeführt. Mit anderen Worten, eine Intensitätsverteilung auf den Ausgängen eines Verteilelements ist mittels eines elektrischen Steuersignals einstellbar. Insbesondere ist jedem Verteilelement eine
10 Steuerleitung zugeordnet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls sind die Verteilelemente mit einer Frequenz von mindestens 0,5 GHz, bevorzugt 1 GHz, besonders bevorzugt
15 10 GHz modulierbar. Als Modulation eines Verteilelements gilt hier und im Folgenden ein vollständiger Schaltvorgang. Eine besonders hohe Modulationsfrequenz ermöglicht eine vorteilhaft erhöhte Anzahl an Ausgangswellenleitern, die innerhalb eines vorgegebenen Darstellungszeitraumes
20 angesteuert werden können.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls ist das Halbleiterbauelement zur Emission von kohärenter Strahlung mit einer Hauptwellenlänge im blauen
25 Spektralbereich eingerichtet. Insbesondere ist die Hauptwellenlänge größer oder gleich 450 nm und kleiner oder gleich 475 nm. Eine Hauptwellenlänge im blauen Spektralbereich eignet sich besonders gut zur Erzeugung von weißem Mischlicht.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls umfasst jede Konversionsstruktur ein Auskoppelement. Das Auskoppelement ist beispielsweise ein optischer

Gitterkoppler (englisch: grating coupler). Gitterkoppler ermöglichen eine vorteilhaft hohe Effizienz, mit der eine elektromagnetische Strahlung aus einem Wellenleiter in einen Bereich ausgekoppelt wird.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls umfasst jede Konversionsstruktur ein Diffusorelement. Das Diffusorelement ist bevorzugt dem Auskoppелеlement nachgeordnet. Insbesondere homogenisiert das Diffusorelement eine aus dem Auskoppелеlement austretende elektromagnetische Strahlung. Das Diffusorelement besitzt beispielsweise eine große Anzahl kleiner Streuzentren. Treffen parallel laufende Lichtstrahlen an verschiedenen Stellen des Diffusorelements auf, werden sie insbesondere in unterschiedliche Richtung verteilt und erzeugen so diffuses Licht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls ist jedem Eingangswellenleiter ein Einkoppелеlement zugeordnet. Das Einkoppелеlement ist beispielsweise ein Gitterkoppler. Das Einkoppелеlement ermöglicht insbesondere eine verbesserte Koppелеffizienz zwischen dem Halbleiterbauelement und einem Eingangswellenleiter.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls ist das Halbleiterbauelement mit einem III/V-Verbindungs-Halbleitermaterial gebildet. Ein III/V-Verbindungs-Halbleitermaterial weist wenigstens ein Element aus der dritten Hauptgruppe, wie beispielsweise B, Al, Ga, In, und ein Element aus der fünften Hauptgruppe, wie beispielsweise N, P, As, auf. Insbesondere umfasst der Begriff "III/V-Verbindungs-Halbleitermaterial" die Gruppe der binären, ternären oder quaternären Verbindungen, die wenigstens ein Element aus der dritten Hauptgruppe und

wenigstens ein Element aus der fünften Hauptgruppe enthalten, beispielsweise Nitrid- und Phosphid-Verbindungshalbleiter.

Eine solche binäre, ternäre oder quaternäre Verbindung kann zudem zum Beispiel ein oder mehrere Dotierstoffe sowie

5 zusätzliche Bestandteile aufweisen. Bevorzugt sind zumindest die aktiven Bereiche des Halbleiterbauelements mit einem III/V-Verbindungs-Halbleitermaterial gebildet. Das Halbleiterbauelement umfasst insbesondere auch weitere Materialien, beispielsweise in Form von Metallisierungen
10 und/oder Trägermaterialien.

Bevorzugt basiert das Halbleiterbauelement auf einem Phosphid-Verbindungs-Halbleitermaterial. "Auf Phosphid-Verbindungs-Halbleitermaterial basierend" bedeutet in diesem

15 Zusammenhang, dass das Halbleiterbauelement oder zumindest ein Teil davon, besonders bevorzugt zumindest der aktive Bereich und/oder ein Aufwachssubstratwafer, vorzugsweise $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{P}$ oder $\text{As}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{P}$ umfasst, wobei $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n+m \leq 1$. Dabei muss dieses Material nicht
20 zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es ein oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters (Al
25 beziehungsweise As, Ga, In, P), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt sein können. Beispielsweise ist das Halbleiterbauelement mit InGaAsP gebildet.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls ist die Verteilstruktur mit einem der folgenden Materialien gebildet: III/V-Verbindungshalbleitermaterial, Silizium auf einem Isolator (englisch: Silicon-on-Insulator,

kurz SOI), Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Indiumphosphid, Galliumarsenid, Diamant, Diamant auf einem Isolator (englisch: Diamond-on-Insulator, kurz DOI), Lithiumniobat, Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid, Galliumnitrid. Bevorzugt ist die Verteilstruktur mit dem gleichen Material gebildet wie das Halbleiterbauelement. Vorteilhaft entsteht so kein Brechungsindexsprung zwischen dem Halbleiterbauelement und der Verteilstruktur.

10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Moduls umfasst das optoelektronische Modul mindestens 10, bevorzugt mindestens 30, besonders bevorzugt mindestens 100 Ausgangswellenleiter. Eine erhöhte Anzahl an Ausgangswellenleitern erhöht eine erreichbare Auflösung des
15 optoelektronischen Moduls. Beispielsweise umfasst das optoelektronische Modul höchstens 200 Ausgangswellenleiter.

Es wird weiter ein Verfahren zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls angegeben. Das optoelektronische
20 Modul kann insbesondere mittels dem hier beschriebenen Verfahren betrieben werden. Das heißt, sämtliche im Zusammenhang mit dem optoelektronischen Modul offenbarten Merkmale sind auch für das Verfahren zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls offenbart und umgekehrt.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls werden die Verteilelemente als passive und wellenlängenselektive Filterelemente bereitgestellt. Beispielsweise sind die
30 Verteilelemente als Mach-Zehnder-Interferometer, als dielektrische Interferenz-Dünnschichtfilter, als Wellenleiter-Gitterrouter oder als Mikroringresonatoren ausgeführt. Vorteilhaft benötigen passive Verteilelemente

keine zusätzliche Steuerung. Die Verteilelemente wählen eine elektromagnetische Strahlung entsprechend ihrer Hauptwellenlänge aus. Insbesondere lassen die Verteilelemente eine elektromagnetische Strahlung mit einer Hauptwellenlänge
5 in einem Durchlassbereich transmittieren und absorbieren oder reflektieren elektromagnetische Strahlung in dem Spektralbereich außerhalb des Durchlassbereichs.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum
10 Betrieb eines optoelektronischen Moduls emittiert das Halbleiterbauelement elektromagnetische Strahlung mit verschiedenen diskreten Hauptwellenlängen. Insbesondere entsprechen die diskreten Hauptwellenlängen jeweils einem Durchlassbereich eines Verteilelements. Die Hauptwellenlänge
15 der elektromagnetischen Strahlung bestimmt, durch welches Verteilelement die elektromagnetische Strahlung transmittiert werden kann. Mit anderen Worten, jeder Hauptwellenlänge ist ein Verteilelement zugeordnet.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls werden in einem Darstellungszeitraum verschiedene Hauptwellenlängen für jeweils einen von der Hauptwellenlänge abhängigen Zeitraum emittiert. Die Emission einer elektromagnetischen Strahlung
25 einer bestimmten Hauptwellenlänge für einen von der Hauptwellenlänge abhängigen Zeitraum ermöglicht eine gewünschte Intensitätsverteilung der elektromagnetischen Strahlung an den Ausgangswellenleitern.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls ist eine optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements in dem

Darstellungszeitraum konstant. Dies ermöglicht eine besonders einfache Ansteuerung des Halbleiterbauelements.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum
5 Betrieb eines optoelektronischen Moduls werden in einem Darstellungszeitraum verschiedene Hauptwellenlängen für einen jeweils identischen Zeitraum emittiert. Vorteilhaft kann eine Veränderung der Hauptwellenlänge mit einer konstanten Geschwindigkeit erfolgen.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls wird eine optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements in dem Darstellungszeitraum synchron zu der Modulation der
15 Hauptwellenlängen moduliert. Eine gewünschte Intensitätsverteilung an den Ausgangswellenleitern kann so durch eine Modulation der Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements erzielt werden.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls werden die Verteilelemente (210) als aktive und steuerbare Koppellemente bereitgestellt. Aktive Verteilelemente sind vorteilhaft besonders genau steuerbar. Beispielsweise sind
25 die Verteilelemente als steuerbare Richtkoppler oder als steuerbare Richtkoppler mit Phasenumkehr ausgebildet. Insbesondere umfasst jedes Verteilelement ein Mach-Zehnder-Interferometer. Vorteilhaft sind die Verteilelemente als elektrooptisch steuerbare Bauelemente ausgeführt. Mit anderen
30 Worten, eine Intensitätsverteilung auf den Ausgängen eines Verteilelements wird mittels eines elektrischen Steuersignals eingestellt. Insbesondere ist jedem Verteilelement eine Steuerleitung zugeordnet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls emittiert das Halbleiterbauelement elektromagnetische Strahlung mit einer konstanten Hauptwellenlänge. Dies ermöglicht eine besonders einfache Ausführung des Halbleiterbauelements.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls ist eine optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements in einem Darstellungszeitraum konstant. Die Ansteuerung des Halbleiterbauelements ist folglich vereinfacht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls wirken die Verteilelemente als variabel modulierbare Strahlteiler, deren Aufteilung über den Darstellungszeitraum konstant ist. Insbesondere können die Verteilelemente beliebige Aufteilungen der in sie eintretenden optischen Leistung auf die Ausgänge bewirken. Eine über den Darstellungszeitraum konstante Aufteilung ermöglicht eine vorteilhaft geringe Anforderung an eine minimale Schaltzeit der Verteilelemente und vereinfacht deren Ansteuerung.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls wirken die Verteilelemente als optische Schalter und werden in einem Darstellungszeitraum mehrmals geschaltet. Als Schalter ist hier und im Folgenden ein Bauelement mit idealerweise nur zwei Schaltzuständen verstanden. Ein Verteilelement kann somit die gesamte eintretende elektromagnetische Strahlung entweder auf einen ersten Ausgang oder auf einen zweiten Ausgang verteilen. Dies ermöglicht eine vereinfachte Ansteuerung der Verteilelemente.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls wird eine optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements in dem Darstellungszeitraum synchron zu den Verteilelementen 5 moduliert wird. Eine Modulation der optischen Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements ermöglicht eine Darstellung einer gewünschten Intensitätsverteilung an den Ausgangswellenleitern bei der Verwendung von optischen Schaltern als Verteilelementen.

10

Ein hier beschriebenes optoelektronisches Modul eignet sich insbesondere zum Einsatz als pixelierte Lichtquellen mit einer hohen Leuchtdichte. Insbesondere als Scheinwerfer für Kraftfahrzeuge.

15

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des optoelektronischen Moduls ergeben sich aus den folgenden, im Zusammenhang mit den in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen.

20

Es zeigen:

25

Figur 1 eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

30

Figur 2 eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Figur 3 eine schematische Draufsicht auf ein hier beschriebenes optoelektronisches Modul gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel,

- Figur 4 eine schematische Draufsicht auf ein hier
beschriebenes optoelektronisches Modul gemäß einem
vierten Ausführungsbeispiel,
- 5 Figur 5 eine perspektivische schematische Schnittansicht
eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls
gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel,
- Figur 6 ein Ansteuerkonzept eines hier beschriebenen
10 optoelektronischen Moduls gemäß einem ersten
Ausführungsbeispiel,
- Figur 7 ein Ansteuerkonzept eines hier beschriebenen
optoelektronischen Moduls gemäß einem zweiten
15 Ausführungsbeispiel,
- Figur 8 eine schematische Schnittansicht einer hier
beschriebenen Konversionsstruktur gemäß einem
ersten Ausführungsbeispiel,
- 20 Figur 9 eine schematische Schnittansicht einer hier
beschriebenen Konversionsstruktur gemäß einem
zweiten Ausführungsbeispiel,
- 25 Figur 10 eine schematische Schnittansicht einer hier
beschriebenen Konversionsstruktur gemäß einem
dritten Ausführungsbeispiel,
- Figur 11 eine schematische Schnittansicht einer hier
30 beschriebenen Konversionsstruktur gemäß einem
vierten Ausführungsbeispiel,

Figur 12 eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel,

5 Figur 13A eine schematische Draufsicht auf ein hier beschriebenes optoelektronisches Modul gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel,

Figur 13B eine schematische Schnittansicht eines hier
10 beschriebenen optoelektronischen Moduls gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel,

Figur 14 eine schematische Draufsicht auf ein hier
beschriebenes optoelektronisches Modul gemäß einem
15 achten Ausführungsbeispiel,

Figur 15 eine schematische Draufsicht auf ein hier
beschriebenes optoelektronisches Modul gemäß einem
neunten Ausführungsbeispiel,

20 Figur 16 eine schematische Schnittansicht einer Vorrichtung mit einer Mehrzahl von hier beschriebenen optoelektronischen Modulen gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel,

25 Figur 17 ein Ansteuerkonzept eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel, und

30 Figur 18 ein Ansteuerkonzept eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel.

Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als
5 maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente zur besseren Darstellbarkeit und/oder für eine bessere Verständlichkeit übertrieben groß dargestellt sein.

Figur 1 zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier
10 beschriebenen optoelektronischen Moduls 1 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Das optoelektronische Modul 1 umfasst ein zur Emission von elektromagnetischer Strahlung eingerichtetes Halbleiterbauelement 10. Die elektromagnetische Strahlung umfasst bevorzugt eine spektrale
15 Verteilung mit einer Hauptwellenlänge im sichtbaren Spektralbereich.

Das Halbleiterbauelement 10 ist insbesondere zur Emission von kohärenter Strahlung mit einer modulierbaren Hauptwellenlänge
20 λ_1 bis λ_n eingerichtet. Insbesondere umfasst das Halbleiterbauelement 10 ein Laserbauelement mit einem gesampelten Gitter und einem verteilten Bragg Reflektor (englisch: Sample Grating Distributed Bragg Reflector Laser, kurz: SG-DBR). Alternativ ist das Halbleiterbauelement 10 mit
25 einem Laserbauelement mit einem externen Resonator gebildet.

Die Hauptwellenlänge λ_1 bis λ_n der von dem Halbleiterbauelement 10 emittierten elektromagnetischen Strahlung ist in einem Spektralbereich über eine Bandbreite
30 von mindestens 25 nm, bevorzugt von mindestens 50 nm und besonders bevorzugt von mindestens 100 nm modulierbar, wobei der Spektralbereich eine Wellenlänge von 447 nm beinhaltet. Insbesondere emittiert das Halbleiterbauelement 10 eine

elektromagnetische Strahlung mit einer Hauptwellenlänge λ_1 bis λ_n zwischen 390 nm bis 480 nm.

Die Hauptwellenlänge λ_1 bis λ_n ist mit einer Frequenz von
5 mindestens 500 Hz, bevorzugt mindestens 1 kHz und besonders
bevorzugt mindestens 2 kHz modulierbar. Eine hohe
Modulationsfrequenz ermöglicht eine vorteilhaft geringe
Zeitspanne, in der eine bestimmte Hauptwellenlänge emittiert
werden kann. Insbesondere wird durch eine hohe
10 Modulationsfrequenz auch eine Anzahl von verschiedenen
Hauptwellenlängen λ_1 bis λ_n erhöht, die in einem vorgegebenen
Darstellungszeitraum TD bereitgestellt werden können.

Ferner umfasst das optoelektronische Modul 1 zumindest eine
15 Verteilstruktur 20 mit einer Mehrzahl von passiven und
wellenlängenselektiven Verteilelementen 210, zumindest einem
Eingangswellenleiter 201 und einer Mehrzahl von
Ausgangswellenleitern 202. Die Verteilstruktur 20 umfasst
eine planare Wellenleiterstruktur. Dies ermöglicht eine
20 besonders kompakte Bauform mit vorteilhaft geringen optischen
Koppelverlusten. Die Verteilstruktur 20 ist dazu
eingerrichtet, eine elektromagnetische Strahlung aus dem
zumindest einen Eingangswellenleiter 201 in einem
vorgegebenen Intensitätsverhältnis auf die
25 Ausgangswellenleiter 202 zu verteilen. Die von dem
Halbleiterbauelement 10 emittierte elektromagnetische
Strahlung tritt durch den Eingangswellenleiter 201 in die
Verteilstruktur 20 ein. Anschließend tritt die
elektromagnetische Strahlung durch die Ausgangswellenleiter
30 202 aus der Verteilstruktur 20 aus. Jedem
Ausgangswellenleiter 202 ist genau ein Verteilelement 210
zugeordnet. Vorteilhaft sind nur so viele Verteilelemente 210
wie Ausgangswellenleiter 202 nötig. Jedes Verteilelement 210

ist dazu eingerichtet, genau einen Ausgangswellenleiter 202 anzusteuern.

Die Verteilelemente 210 sind als Mach-Zehnder-Interferometer,
5 als dielektrische Interferenz-Dünnschichtfilter, als
Wellenleiter-Gitterrouter oder als Mikroringresonatoren
ausgeführt. Vorteilhaft benötigen passive Verteilelemente 210
keine zusätzliche Steuerung. Die Verteilelemente 210 sind
dazu eingerichtet, eine elektromagnetische Strahlung
10 entsprechend ihrer Hauptwellenlänge λ_1 bis λ_n auszuwählen.
Mit anderen Worten, jedes Verteilelement 210 ist einer
Hauptwellenlänge λ_1 bis λ_n zugeordnet. Die Verteilelemente
210 weisen einen spektralen Durchlassbereich mit einer
Bandbreite von höchstens 2 nm, bevorzugt höchstens 1 nm auf.
15 Insbesondere weisen die Verteilelemente 210 in dem
Durchlassbereich eine hohe Strahlungsdurchlässigkeit auf.
Beispielsweise wird eine elektromagnetische Strahlung
außerhalb des Durchlassbereichs von dem Verteilelement 210
reflektiert oder absorbiert. Eine geringe Bandbreite
20 ermöglicht eine Ansteuerung einer vorteilhaft hohen Anzahl
von Verteilelementen 210 mit einem Halbleiterbauelement 10,
das eine elektromagnetische Strahlung mit einer begrenzten
Bandbreite emittiert.

25 Weiter umfasst das optoelektronische Modul 1 eine Mehrzahl
von Konversionsstrukturen 30. Die Konversionsstrukturen 30
sind der Verteilstruktur 20 nachgeordnet. Die
Konversionsstrukturen 30 sind zur Konversion von
elektromagnetischer Strahlung einer ersten Wellenlänge zu
30 elektromagnetischer Strahlung mit einer von der ersten
Wellenlänge verschiedenen zweiten Wellenlänge eingerichtet.
Die Konversionsstrukturen 30 bewirken beispielsweise eine

teilweise oder vollständige Konversion der eintretenden elektromagnetischen Strahlung.

Jede Konversionsstruktur 30 umfasst ein Auskoppellement 301,
5 ein Diffusorelement 302 und ein Konversionselement 303. Das Auskoppellement 301 ist ein optischer Gitterkoppler (englisch: grating coupler). Gitterkoppler ermöglichen eine vorteilhaft hohe Effizienz, mit der eine elektromagnetische Strahlung aus einem Wellenleiter in einen Bereich
10 ausgekoppelt wird.

Das Diffusorelement 302 ist dem Auskoppellement 301 nachgeordnet. Insbesondere homogenisiert das Diffusorelement 302 eine aus dem Auskoppellement 301 austretende
15 elektromagnetische Strahlung. Das Diffusorelement 302 besitzt beispielsweise eine große Anzahl kleiner Streuzentren. Treffen parallel laufende Lichtstrahlen an verschiedenen Stellen des Diffusorelements 302 auf, werden sie insbesondere in unterschiedliche Richtung verteilt und erzeugen so
20 diffuses Licht.

Das Konversionselement 303 enthält ein Konversionsmaterial. Insbesondere ist das Konversionsmaterial als keramisches Plättchen ausgebildet. Das Diffusorelement 302 ist zwischen
25 dem Konversionselement 303 und dem Auskoppellement 301 angeordnet.

Den Konversionsstrukturen 30 ist ein Optikelement 40 nachgeordnet. Das Optikelement 40 ist strahlungsdurchlässig
30 für die aus den Konversionsstrukturen 30 austretende elektromagnetische Strahlung. Beispielsweise ist das Optikelement eine Projektionslinse.

Figur 2 zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls 1 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Das optoelektronische Modul 1 umfasst ein zur Emission von elektromagnetischer Strahlung
5 eingerichtetes Halbleiterbauelement 10. Das Halbleiterbauelement 10 ist zur Emission von kohärenter Strahlung mit einer Hauptwellenlänge im blauen Spektralbereich eingerichtet. Insbesondere ist die Hauptwellenlänge größer oder gleich 440 nm und kleiner oder
10 gleich 475 nm. Bevorzugt ist die Hauptwellenlänge kleiner oder gleich 465 nm.

Ferner umfasst das optoelektronische Modul 1 eine Verteilstruktur 20 mit einer Mehrzahl von Verteilelementen
15 210, zumindest einem Eingangswellenleiter 201 und einer Mehrzahl von Ausgangswellenleitern 202. Die Verteilstruktur 20 umfasst eine planare Wellenleiterstruktur. Dies ermöglicht eine besonders kompakte Bauform mit vorteilhaft geringen optischen Koppelverlusten. Die Verteilstruktur 20 ist dazu
20 eingerichtet, eine elektromagnetische Strahlung aus dem zumindest einen Eingangswellenleiter 201 in einem vorgegebenen Intensitätsverhältnis auf die Ausgangswellenleiter 202 zu verteilen. Die von dem Halbleiterbauelement 10 emittierte elektromagnetische
25 Strahlung tritt durch den Eingangswellenleiter 201 in die Verteilstruktur 20 ein. Anschließend tritt die elektromagnetische Strahlung durch die Ausgangswellenleiter 202 aus der Verteilstruktur 20 aus.

30 Die Verteilelemente 210 sind aktive und steuerbare Koppellemente. Aktive Verteilelemente 210 sind vorteilhaft besonders genau steuerbar. Beispielsweise sind die Verteilelemente 210 als steuerbare Richtkoppler oder als

steuerbare Richtkoppler mit Phasenumkehr ausgebildet. Ein steuerbarer Richtkoppler mit Phasenumkehr weist eine vorteilhaft hohe Toleranz gegenüber Fertigungsschwankungen auf.

5

Insbesondere umfasst jedes Verteilelement 210 ein Mach-Zehnder-Interferometer. Vorteilhaft sind die Verteilelemente 210 als elektrooptisch steuerbare Bauelemente ausgeführt. Mit anderen Worten, eine Intensitätsverteilung auf den Ausgängen eines Verteilelements 210 ist mittels eines elektrischen Steuersignals einstellbar.

Jedem Verteilelement 210 ist eine Steuerleitung 211 zugeordnet. Das optoelektronische Modul 1 umfasst ferner eine Steuervorrichtung 212, die mit den Steuerleitungen 211 verbunden ist. Über die Steuerleitungen 211 kann jedes Verteilelement 210 unabhängig von übrigen Verteilelementen 210 durch die Steuervorrichtung 212 angesteuert werden. Die Steuervorrichtung kann durch das Anlegen geeigneter elektrischer Potentiale ein Teilungsverhältnis jedes Verteilelements unabhängig voneinander einstellen.

Die Verteilelemente 210 können mit einer Frequenz von mindestens 0,5 GHz, bevorzugt 1 GHz, besonders bevorzugt 10 GHz moduliert werden. Als Modulation eines Verteilelements 210 gilt hier und im Folgenden ein vollständiger Schaltvorgang, also ein vollständiges Umschalten von einem ersten Ausgang zu einem zweiten Ausgang eines Verteilelements. Eine besonders hohe Modulationsfrequenz ermöglicht eine vorteilhaft erhöhte Anzahl an Ausgangswellenleitern 202, die innerhalb eines vorgegebenen Darstellungszeitraumes TD angesteuert werden können.

Weiter umfasst das optoelektronische Modul 1 eine Mehrzahl von Konversionsstrukturen 30. Die Konversionsstrukturen 30 sind der Verteilstruktur 20 nachgeordnet. Die

Konversionsstrukturen 30 sind zur Konversion von

5 elektromagnetischer Strahlung einer ersten Wellenlänge zu elektromagnetischer Strahlung mit einer von der ersten Wellenlänge verschiedenen zweiten Wellenlänge eingerichtet.

Die Konversionsstrukturen 30 bewirken beispielsweise eine teilweise oder vollständige Konversion der eintretenden

10 elektromagnetischen Strahlung. Vorteilhaft ist die

Hauptwellenlänge des Halbleiterbauelements 10 derart

ausgewählt, dass sie als effiziente Pumpwellenlänge für die Konversionsstruktur 30 dient.

15 Jede Konversionsstruktur 30 umfasst ein Auskoppелеlement 301, ein Diffusorelement 302 und ein Konversionselement 303. Das Auskoppелеlement 301 ist ein optischer Gitterkoppler

(englisch: grating coupler). Gitterkoppler ermöglichen eine vorteilhaft hohe Effizienz, mit der eine elektromagnetische

20 Strahlung aus einem Wellenleiter in einen Bereich ausgekoppelt wird.

Das Diffusorelement 302 ist dem Auskoppелеlement 301

nachgeordnet. Insbesondere homogenisiert das Diffusorelement

25 302 eine aus dem Auskoppелеlement 301 austretende

elektromagnetische Strahlung. Das Diffusorelement 302 besitzt beispielsweise eine große Anzahl kleiner Streuzentren.

Treffen parallel laufende Lichtstrahlen an verschiedenen

Stellen des Diffusorelements 302 auf, werden sie insbesondere

30 in unterschiedliche Richtung verteilt und erzeugen so

diffuses Licht.

Das Konversionselement 303 enthält ein Konversionsmaterial. Insbesondere ist das Konversionsmaterial als keramisches Plättchen ausgebildet. Das Diffusorelement 302 ist zwischen dem Konversionselement 303 und dem Auskoppелеlement 301
5 angeordnet.

Den Konversionsstrukturen 30 ist ein Optikelement 40 nachgeordnet. Das Optikelement 40 ist strahlungsdurchlässig für die aus den Konversionsstrukturen 30 austretende
10 elektromagnetische Strahlung. Beispielsweise ist das Optikelement eine Projektionslinse.

Figur 3 zeigt eine schematische Draufsicht auf ein hier beschriebenes optoelektronisches Modul 1 gemäß einem dritten
15 Ausführungsbeispiel. Das dritte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2 gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel. Die Verteilstruktur 20, die Konversionsstrukturen 30 und ein Einkoppелеlement 2011 sind auf einem gemeinsamen Träger 60 angeordnet. Der Träger 60 ist
20 beispielsweise mit einem der folgenden Materialien gebildet: III/V-Verbindungshalbleitermaterial, Silizium auf einem Isolator (englisch: Silicon-on-Insulator, kurz SOI), Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Indiumphosphid, Galliumarsenid, Diamant, Diamant auf einem Isolator
25 (englisch: Diamond-on-Insulator, kurz DOI), Lithiumniobat, Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid, Galliumnitrid.

Das Einkoppелеlement 2011 ist dem Eingangswellenleiter 201 zugeordnet. Das Einkoppелеlement 2011 ist als ein
30 Gitterkoppler ausgeführt. Das Halbleiterbauelement 10 ist über einen Lichtwellenleiter 50 optisch mit dem Einkoppелеlement 2011 verbunden. Mit anderen Worten, die elektromagnetische Strahlung aus dem Halbleiterbauelement 10

tritt zunächst in den Lichtwellenleiter 50 ein und wird anschließend aus dem Lichtwellenleiter 50 über das Einkoppelement 2011 in den Eingangswellenleiter 201 eingekoppelt. Das Einkoppelement 2011 ermöglicht insbesondere eine verbesserte Koppelleffizienz zwischen dem Halbleiterbauelement 10 und dem Eingangswellenleiter 201.

Figur 4 zeigt eine schematische Draufsicht auf ein hier beschriebenes optoelektronisches Modul 1 gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel. Das vierte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 3 gezeigten dritten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem dritten Ausführungsbeispiel ist das Halbleiterbauelement 10 auf dem Träger 60 angeordnet. So kann ein besonders kompaktes optoelektronisches Modul 1 bereitgestellt werden.

Figur 5 zeigt eine perspektivische schematische Schnittansicht eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls 1 gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel. Das fünfte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 3 gezeigten dritten Ausführungsbeispiel. Zusätzlich ist an einer Rückseite des Trägers 60 eine Wärmesenke 70 angeordnet. Die Wärmesenke 70 ermöglicht eine effiziente Abfuhr von Wärme aus den Konversionsstrukturen 30. Die Wärmesenke 70 ist mit einem Material gebildet, dass eine besonders hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist, beispielsweise mit einem Metall oder einer Keramik.

Ferner ist den Konversionsstrukturen 30 eine Mehrzahl von Optikelementen 40 nachgeordnet. Die Optikelemente 40 sind zur Strahlformung ausgebildet. Die Optikelemente sind insbesondere mit einem strahlungsdurchlässigen Polymer, beispielsweise Polymethylmethacrylat, kurz PMMA, oder einem

Glas gebildet. Vorteilhaft bewirken die Optikelemente 40 eine Kollimation der aus den Konversionsstrukturen 30 austretenden elektromagnetischen Strahlung.

5 Figur 6 zeigt ein Ansteuerkonzept eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls 1 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Ein optoelektronisches Modul 1 mit einem Halbleiterbauelement 10 und einer Verteilstruktur 20 wird angesteuert. Das Halbleiterbauelement 10 emittiert eine
10 elektromagnetische Strahlung mit einer konstanten Hauptwellenlänge im sichtbaren Spektralbereich. Die Verteilstruktur 20 umfasst eine Mehrzahl von aktiven und steuerbaren Verteilelementen 210. Die Verteilelemente 210 weisen jeweils einen Eingang und zwei Ausgänge auf. Die
15 Ausgänge der Verteilelemente 210 sind mit eindeutigen Bezeichnungen A1, A2, B1, B2, B3 und B4 versehen.

Das Ansteuerkonzept zeigt einen Verlauf der Ansteuerung aller Ausgänge A1, A2, B1, B2, B3 und B4 der Verteilelemente 210
20 und der optischen Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements 10 über einen Darstellungszeitraum TD.

Der Darstellungszeitraum TD beschreibt einen Zeitraum, in dem eine gewünschte Intensitätsverteilung der elektromagnetischen
25 Strahlung an den Ausgangswellenleitern 202 bereitgestellt wird. Vorteilhaft ist der Darstellungszeitraum TD so kurz, dass für einen menschlichen Betrachter kein Eindruck eines Flimmerns entsteht. Beispielsweise ist der Darstellungszeitraum TD höchstens 1/30 s, bevorzugt höchstens
30 1/60 s und besonders bevorzugt höchstens 1/100 s lang.

Die Verteilelemente 210 wirken als optische Schalter. In dem Darstellungszeitraum TD werden die Verteilelemente 210

mehrmals geschaltet. Der Wert „1“ bedeutet, dieser Ausgang ist aktiv und elektromagnetische Strahlung tritt an diesem Ausgang aus. Der Wert „0“ bedeutet, dieser Ausgang ist nicht aktiv und an diesem Ausgang tritt keine elektromagnetische Strahlung aus. Zu einem ersten Zeitpunkt innerhalb des Darstellungszeitraumes TD sind die Ausgänge A1 und B1 der Verteilelemente 210 aktiv. Folglich tritt elektromagnetische Strahlung an dem obersten Ausgangswellenleiter 202 aus und wird durch die oberste Konversionsstruktur 30 emittiert. Die Verteilelemente 210 werden mit einer Frequenz von mindestens 0,5 GHz, bevorzugt mindestens 1 GHz, besonders bevorzugt mindestens 10 GHz moduliert.

Die optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements 10 wird in dem Darstellungszeitraum TD synchron zu den Verteilelementen 210 moduliert. So kann durch eine gezielte Ansteuerung der Verteilelemente 210 jeder Ausgangswellenleiter 202 mit einer gewünschten Intensitätsverteilung beleuchtet werden.

Figur 7 zeigt ein Ansteuerkonzept eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls 1 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Der Aufbau des angesteuerten optoelektronischen Moduls 1 entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 6 gezeigten optoelektronischen Moduls 1. Im Unterschied zu dem in der Figur 6 gezeigten Ansteuerkonzept ist eine optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements 10 in dem Darstellungszeitraum TD konstant. Die Verteilelemente 210 wirken als variabel modulierbare Strahlteiler, deren Aufteilung über den Darstellungszeitraum TD konstant ist.

Das erste Verteilelement 210 mit den Ausgängen A1 und A2 ist derart angesteuert, dass sich 50 % der eingestrahnten Intensität auf den Ausgang A1 und 50 % der eingestrahnten Intensität auf den Ausgang A2 verteilen. In dem

5 nachgeordneten Verteilelement mit den Ausgängen B1 und B2 verteilen sich 34 % der eingestrahnten Intensität auf den Ausgang B1 und die übrigen 66 % der eingestrahnten Intensität auf den Ausgang B2. So ergibt sich an dem

10 Ausgangswellenleiter 202 eine gewünschte Intensitätsverteilung.

Vorteilhaft kann so auf mehrfache Schaltvorgänge der Verteilelemente 210 innerhalb des Darstellungszeitraumes TD verzichtet werden. Ferner kann auf eine Modulation der

15 optischen Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements 10 verzichtet werden. Das Halbleiterbauelement 10 befindet sich im cw-Betrieb.

Zusätzlich kann in der Verteilstruktur 20 ein

20 Ausgangswellenleiter 202 als Lichtsenke vorgesehen sein. Überschüssige optische Leistung kann so in der Lichtsenke absorbiert werden.

Figur 8 zeigt eine schematische Schnittansicht einer hier

25 beschriebenen Konversionsstruktur 30 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Die Konversionsstruktur 30 umfasst ein Auskoppellement 301, ein Diffusorelement 302 und ein Konversionselement 303. Das Auskoppellement 301 ist beispielsweise ein optischer Gitterkoppler (englisch: grating

30 coupler). Gitterkoppler ermöglichen eine vorteilhaft hohe Effizienz, mit der eine elektromagnetische Strahlung aus einem Wellenleiter in einen Bereich ausgekoppelt wird. Das Auskoppellement 301 weist eine Strukturierung mit einer

Mehrzahl von Erhebungen 3010 und Vertiefungen 3011 auf einer dem Diffusorelement 302 zugewandten Seite auf.

Das Diffusorelement 302 ist zwischen dem Auskoppellement 301
5 und dem Konversionselement 303 angeordnet. Das Diffusorelement homogenisiert eine aus dem Auskoppellement 301 austretende elektromagnetische Strahlung. Das Diffusorelement 302 besitzt eine große Anzahl von Streuzentren. Treffen parallel laufende Lichtstrahlen an
10 verschiedenen Stellen des Diffusorelements 302 auf, werden sie insbesondere in unterschiedliche Richtung verteilt und erzeugen so diffuses Licht.

Das Konversionselement 303 enthält ein Konversionsmaterial.
15 Insbesondere ist das Konversionsmaterial als keramisches Plättchen ausgebildet. Das Konversionselement 303 konvertiert eine elektromagnetische Strahlung einer ersten Hauptwellenlänge λ_1 zu einer elektromagnetischen Strahlung einer zweiten Hauptwellenlänge λ_2 . Insbesondere ist die
20 zweite Hauptwellenlänge λ_2 größer als die erste Hauptwellenlänge λ_1 . Beispielsweise wird eine erste elektromagnetische Strahlung teilweise oder vollständig konvertiert. Bei einer teilweisen Konversion emittiert das Konversionselement 303 eine Mischstrahlung aus konvertierter
25 und unkonvertierter elektromagnetischer Strahlung. Das Konversionselement 303 ist mechanisch selbsttragend.

Figur 9 zeigt eine schematische Schnittansicht einer hier beschriebenen Konversionsstruktur 30 gemäß einem zweiten
30 Ausführungsbeispiel. Das zweite Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 8 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel umfasst die Konversionsstruktur 30 kein

Diffusorelement 302. Das Konversionselement 303 ist direkt an dem Auskoppелеlement 301 angeordnet. Das Konversionselement 303 ist mechanisch selbsttragend und liegt auf den Erhebungen 3010 des Auskoppелеlements 301 auf.

5

Figur 10 zeigt eine schematische Schnittansicht einer hier beschriebenen Konversionsstruktur 30 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel. Das dritte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 9 gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem zweiten Ausführungsbeispiel ist das Konversionselement 303 mittels Sprühbeschichten auf dem Auskoppелеlement 301 aufgebracht. Beispielsweise ist das Konversionselement 303 mit einem Matrixmaterial gebildet, in das Partikel eines Leuchtstoffes
10 eingebettet sind. Als Matrixmaterial eignet sich insbesondere ein strahlungsdurchlässiges Polymer, beispielsweise ein Polysiloxan. Das Konversionselement 303 erstreckt sich bis in die Vertiefungen 3011 des Auskoppелеlements 301. Das Konversionselement 303 überragt das Auskoppелеlement 301 in
15 einer lateralen Richtung. Vorteilhaft ergibt sich so eine besonders gute Haftung zwischen dem Auskoppелеlement 301 und dem Konversionselement 303.
20

Figur 11 zeigt eine schematische Schnittansicht einer hier beschriebenen Konversionsstruktur 30 gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel. Das vierte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 10 gezeigten dritten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem dritten Ausführungsbeispiel ist das Konversionselement 303
25 strukturiert. Das Konversionselement 303 ist beispielsweise mittels Photolithographie strukturiert. Die laterale Erstreckung des Konversionselements 303 entspricht der
30

lateralen Erstreckung der Erhebungen 3010 der Strukturierung des Auskoppелеlements 301.

Figur 12 zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier
5 beschriebenen optoelektronischen Moduls 1 gemäß einem
sechsten Ausführungsbeispiel. Das sechste Ausführungsbeispiel
entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 1 gezeigten
ersten Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem ersten
Ausführungsbeispiel umfasst das Halbleiterbauelement 10 eine
10 Mehrzahl von Halbleiteremittern 11, 12, 13. Ein erster
Halbleiteremitter 11 emittiert eine elektromagnetische
Strahlung mit einer variablen ersten Hauptwellenlänge λ_1 in
einem ersten Spektralbereich, ein zweiter Halbleiteremitter
12 emittiert eine elektromagnetische Strahlung mit einer
15 variablen zweiten Hauptwellenlänge λ_2 in einem zweiten
Spektralbereich und ein dritter Halbleiteremitter 13
emittiert eine elektromagnetische Strahlung mit einer
variablen dritten Hauptwellenlänge λ_3 in einem dritten
Spektralbereich.

20 Die erste Hauptwellenlänge λ_1 , die zweite Hauptwellenlänge λ_2
und die dritte Hauptwellenlänge λ_3 sind verschieden
voneinander. Bevorzugt überlappen sich die Spektralbereiche
der ersten elektromagnetischen Strahlung, der zweiten
25 elektromagnetischen Strahlung und der dritten
elektromagnetischen Strahlung nicht. Durch die Verwendung von
mehreren Halbleiteremittern 11, 12, 13 kann das
Halbleiterbauelement 10 eine elektromagnetische Strahlung
über eine größere Bandbreite emittieren.

30 Alternativ sind die erste, zweite und dritte Hauptwellenlänge
 λ_1 , λ_2 , λ_3 identisch. Wenn jedem Halbleiteremitter 11, 12, 13
ein eigener Eingangswellenleiter 201 zugeordnet ist, kann auf

eine Unterscheidung der ersten, zweiten und dritten Hauptwellenlängen λ_1 , λ_2 , λ_3 verzichtet werden. Vorteilhaft ist so eine besonders geringe Abweichung der Emissionswellenlänge in den einzelnen Ausgangswellenleitern 202 möglich.

Jedem Halbleiteremitter 11, 12, 13 ist ein Eingangswellenleiter 201 zugeordnet. Vorteilhaft kann so eine benötigte Anzahl von Verteilelementen 210 in der Verteilstruktur 20 reduziert werden. Beispielsweise sind dem ersten Halbleiteremitter 11 eine erste Anzahl von Ausgangswellenleitern 202 zugeordnet, dem zweiten Halbleiteremitter 12 eine zweite Anzahl von Ausgangswellenleitern 202 zugeordnet und dem dritten Halbleiteremitter 13 eine dritte Anzahl von Ausgangswellenleitern 202 zugeordnet.

Figur 13A zeigt eine schematische Draufsicht auf ein hier beschriebenes optoelektronisches Modul 1 gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel. Das siebte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel. Die Verteilelemente 210 sind als Mikroringresonatoren ausgebildet. Aus dem optoelektronischen Halbleiterbauelement 10 wird eine elektromagnetische Strahlung mit unterschiedlichen Hauptwellenlängen λ_1 bis λ_n emittiert. Jedes Verteilelement 210 weist einen Durchlassbereich für eine der Hauptwellenlängen λ_1 bis λ_n auf. Jedem Ausgangswellenleiter 202 ist ein Verteilelement 210 zugeordnet.

Die Verteilstruktur 20, die Konversionsstrukturen 30 und ein Einkoppelement 2011 sind auf einem gemeinsamen Träger 60 angeordnet. Der Träger 60 ist beispielsweise mit einem der

folgenden Materialien gebildet: III/V-

Verbindungshalbleitermaterial, Silizium auf einem Isolator
(englisch: Silicon-on-Insulator, kurz SOI), Siliziumdioxid,
Siliziumnitrid, Indiumphosphid, Galliumarsenid, Diamant,
5 Diamant auf einem Isolator (englisch: Diamond-on-Insulator,
kurz DOI), Lithiumniobat, Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid,
Galliumnitrid.

Figur 13B zeigt eine schematische Schnittansicht eines hier
10 beschriebenen optoelektronischen Moduls 1 gemäß dem siebten
Ausführungsbeispiel. Figur 13B zeigt einen Schnitt durch die
Figur 13A entlang der Schnittlinie AA. In der Schnittansicht
ist der Aufbau der Konversionsstruktur 30 erkennbar. Zwischen
einem Konversionselement 303 und einem Auskoppellement 301
15 ist ein Diffusorelement 302 angeordnet. Der
Eingangswellenleiter 201 ist auf dem Träger 60 angeordnet.

Figur 14 zeigt eine schematische Draufsicht auf ein hier
beschriebenes optoelektronisches Modul 1 gemäß einem achten
20 Ausführungsbeispiel. Das achte Ausführungsbeispiel entspricht
im Wesentlichen dem in der Figur 3 gezeigten dritten
Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zu dem dritten
Ausführungsbeispiel sind die Verteilstruktur 20 passive,
wellenlängenselektive Filterelemente. Insbesondere sind die
25 Verteilelemente 210 als passive Mach-Zehnder-Interferometer
ausgebildet. Da Interferometer wellenlängenempfindlich sind,
sind sie für das Wellenlängenmultiplexing geeignet. Ein Mach-
Zehnder-Interferometer kann als Zweiwellenlängendemultiplexer
eingesetzt werden. Um die Komponenten der Wellenlängen λ_1 und
30 λ_2 zu unterschiedlichen Ausgängen zu leiten, wird die
Differenz Δd der Weglängen so gewählt, dass die
Phasendifferenz $\phi = 2\pi d/\lambda$ bei λ_1 ein geradzahliges Vielfaches
von π und bei λ_2 ein ungeradzahliges Vielfaches von π ist.

Das heißt $\Delta d = q_1 \cdot \lambda_1 / 2$ bzw. $\Delta d = q_2 \cdot \lambda_2 / 2$, wobei q_1 eine gerade ganze Zahl ist und q_2 eine ungerade ganze Zahl. Mehrere Mach-Zehnder-Interferometer können hintereinander eingesetzt werden, um mehr als zwei Wellenlängen zu trennen.

5

Figur 15 zeigt eine schematische Draufsicht auf ein hier beschriebenes optoelektronisches Modul 1 gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel. Das neunte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel. Die Verteilelemente 210 sind als Interferenz-Dünnschichtfilter ausgebildet. Auf einem Träger 60 sind die Verteilelemente 210 und eine Mehrzahl von Reflektoren 203 angeordnet. Die Reflektoren 203 sind beispielsweise mit einem breitbandig reflektierenden Material, insbesondere Silber, gebildet. Der Träger 60 ist als Gradientenindexstab ausgebildet.

Die Trennung der Hauptwellenlängen λ_1 bis λ_n erfolgt durch eine Anordnung von unterschiedlichen Filtern. Dabei wird die einfallende elektromagnetische Strahlung auf die Filter gelenkt, von denen jedes eine einzelne Hauptwellenlänge passieren lässt und die anderen blockiert. Die einfallende elektromagnetische Strahlung wird durch eine Folge von schmalbandigen Interferenz-Dünnschichtfilter geführt, die jeweils eine Wellenlänge in einem Durchlassbereich transmittieren und alle übrigen Wellenlängen auf das folgende Filter reflektieren.

Figur 16 zeigt eine schematische Schnittansicht einer Vorrichtung mit einer Mehrzahl von hier beschriebenen optoelektronischen Modulen 1 gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel. Zwei optoelektronische Module 1 sind

derart angeordnet, dass die Konversionsstrukturen 30 der beiden optoelektronischen Module 1 aneinander angrenzen.

Die optoelektronischen Module 1 sind im Wesentlichen
5 identisch zu dem in der Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Moduls. Durch die Verwendung von mehreren optoelektronischen Modulen 1 ermöglicht eine besonders einfache Skalierbarkeit der Anzahl von ansteuerbaren Konversionsstrukturen 30. Bevorzugt sind die
10 verwendeten optoelektronischen Module identisch ausgebildet.

Figur 17 zeigt ein Ansteuerkonzept eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls 1 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel. Ein optoelektronisches Modul 1 mit einem
15 Halbleiterbauelement 10 und einer Verteilstruktur 20 wird angesteuert. Das Halbleiterbauelement 10 emittiert elektromagnetische Strahlung mit verschiedenen diskreten Hauptwellenlängen, bevorzugt im sichtbaren Spektralbereich. Die Verteilstruktur 20 umfasst eine Mehrzahl von
20 Verteilelementen 210, die als passive und wellenlängenselektive Filterelemente bereitgestellt werden. Die Verteilelemente 210 weisen jeweils einen Ausgang auf. Die Ausgänge der Verteilelemente 210 sind mit eindeutigen Bezeichnungen B1, B2, B3 und B4 versehen.

25

Das Ansteuerkonzept zeigt einen Verlauf der von dem Halbleiterbauelement 10 emittierten Hauptwellenlänge λ_1 bis λ_4 und der optischen Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements 10 über einen Darstellungszeitraum TD.
30 Der Darstellungszeitraum TD beschreibt einen Zeitraum, in dem eine gewünschte Intensitätsverteilung der elektromagnetischen Strahlung an den Ausgangswellenleitern 202 bereitgestellt wird. Vorteilhaft ist der Darstellungszeitraum TD so kurz,

dass für einen menschlichen Betrachter kein Eindruck eines Flimmerns entsteht. Beispielsweise ist der Darstellungszeitraum TD höchstens 1/30 s, bevorzugt höchstens 1/60 s und besonders bevorzugt höchstens 1/100 s lang.

5

Die optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements 10 ist in dem Darstellungszeitraum TD konstant.

In dem Darstellungszeitraum TD werden verschiedene Hauptwellenlängen λ_1 bis λ_4 für jeweils einen von der Hauptwellenlänge abhängigen Zeitraum emittiert. Für elektromagnetische Strahlung mit der zweiten Hauptwellenlänge λ_2 ist nur das Verteilelement 210 mit dem Ausgang B2 durchlässig. Folglich tritt elektromagnetische Strahlung an dem zweiten Ausgangswellenleiter 202 von oben aus und wird durch die nachgeordnete Konversionsstruktur 30 emittiert. So kann durch eine gezielte Veränderung der von dem Halbleiterbauelement 10 emittierten Hauptwellenlänge jeder Ausgangswellenleiter 202 mit einer gewünschten Intensitätsverteilung beleuchtet werden.

Figur 18 zeigt ein Ansteuerkonzept eines hier beschriebenen optoelektronischen Moduls 1 gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel. Der Aufbau des angesteuerten optoelektronischen Moduls 1 entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 17 gezeigten optoelektronischen Moduls 1. Im Unterschied zu dem in der Figur 17 gezeigten Ansteuerkonzept wird eine optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements 10 in dem Darstellungszeitraum TD moduliert.

30

In dem Darstellungszeitraum TD werden verschiedene Hauptwellenlängen für einen jeweils identischen Zeitraum emittiert. Vorteilhaft kann so eine Änderungsrate der

Hauptwellenlänge konstant eingestellt werden. Die optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements 10 wird in dem Darstellungszeitraum TD synchron zu der Modulation der Hauptwellenlängen moduliert. Beispielsweise emittiert das Halbleiterbauelement 1 keine elektromagnetische Strahlung mit der ersten Hauptwellenlänge, um den Ausgangswellenleiter 202 mit dem Ausgang B1 folglich nicht zu beleuchten. Eine gewünschte Intensitätsverteilung an den Ausgangswellenleitern 202 kann so durch eine Modulation der Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements 10 erzielt werden.

Die 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 102022106271.6, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

	1	optoelektronisches Modul
	10	Halbleiterbauelement
5	11	erster Halbleiteremitter
	12	zweiter Halbleiteremitter
	13	dritter Halbleiteremitter
	20	Verteilstruktur
	201	Eingangswellenleiter
10	2011	Einkoppelement
	202	Ausgangswellenleiter
	203	Reflektor
	210	Verteilelement
	211	Steuerleitung
15	212	Steuervorrichtung
	30	Konversionsstruktur
	301	Auskoppelement
	3010	Erhebung
	3011	Vertiefung
20	302	Diffusorelement
	303	Konversionselement
	40	Optikelement
	50	Lichtwellenleiter
	60	Träger
25	70	Wärmesenke
	TD	Darstellungszeitraum
	λ_1	erste Hauptwellenlänge
	λ_2	zweite Hauptwellenlänge
	λ_3	dritte Hauptwellenlänge
30	λ_n	n-te Hauptwellenlänge

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Modul (1), umfassend
 - ein zur Emission von elektromagnetischer Strahlung
 - 5 eingerichtetes Halbleiterbauelement (10),
 - eine Verteilstruktur (20) mit einer Mehrzahl von Verteilelementen (210), zumindest einem Eingangswellenleiter (201) und einer Mehrzahl von Ausgangswellenleitern (202), und
 - eine Mehrzahl von Konversionsstrukturen (30), wobei
 - 10 - die Verteilelemente (210), der zumindest eine Eingangswellenleiter (201) und die Ausgangswellenleiter (202) monolithisch auf einem Substrat integriert sind,
 - die von dem Halbleiterbauelement (10) emittierte elektromagnetische Strahlung durch den Eingangswellenleiter
 - 15 (201) in die Verteilstruktur (20) eintritt,
 - die elektromagnetische Strahlung durch die Ausgangswellenleiter (202) aus der Verteilstruktur (20) austritt, und
 - je einem Ausgangswellenleiter (202) eine
 - 20 Konversionsstruktur (30) nachgeordnet ist.

2. Optoelektronisches Modul (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, bei dem
 - die Verteilelemente (210) passive und wellenlängenselektive
 - 25 Filterelemente sind.

3. Optoelektronisches Modul (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, bei dem
 - die Verteilelemente (210) einen Durchlassbereich mit einer
 - 30 Bandbreite von höchstens 2 nm, bevorzugt höchstens 1 nm aufweisen.

4. Optoelektronisches Modul (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 2 und 3, bei dem
- das Halbleiterbauelement (10) zur Emission von kohärenter Strahlung mit einer modulierbaren Hauptwellenlänge
5 eingerichtet ist.

5. Optoelektronisches Modul (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, bei dem
- die Hauptwellenlänge der von dem Halbleiterbauelement (10)
10 emittierten elektromagnetischen Strahlung in einem Spektralbereich über eine Bandbreite von mindestens 25 nm, bevorzugt von mindestens 50 nm und besonders bevorzugt von mindestens 100 nm modulierbar ist, wobei der Spektralbereich eine Wellenlänge von 447 nm beinhaltet.

15

6. Optoelektronisches Modul (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, bei dem
- die Hauptwellenlänge mit einer Frequenz von mindestens 500 Hz, bevorzugt mindestens 1 kHz und besonders bevorzugt
20 mindestens 2 kHz modulierbar ist.

7. Optoelektronisches Modul (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 6, bei dem
- das Halbleiterbauelement (10) zumindest zwei
25 Halbleiteremitter (11, 12) umfasst, wobei der erste Halbleiteremitter (11) zur Emission einer elektromagnetischen Strahlung mit einer variablen Hauptwellenlänge in einem ersten Spektralbereich eingerichtet ist und ein zweiter Halbleiteremitter (12) zur Emission einer elektromagnetischen
30 Strahlung mit einer variablen Hauptwellenlänge in einem zweiten Spektralbereich eingerichtet ist.

8. Optoelektronisches Modul (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, bei dem

- jedem Halbleiteremitter (11, 12) ein Eingangswellenleiter (201) zugeordnet ist.

5

9. Optoelektronisches Modul (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 8, bei dem

- jedem Ausgangswellenleiter (202) genau ein Verteilelement (210) zugeordnet ist.

10

10. Optoelektronisches Modul (1) gemäß Anspruch 1, bei dem
- die Verteilelemente (210) aktive und steuerbare Koppellemente sind.

15 11. Optoelektronisches Modul (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, bei dem

- die Verteilelemente (210) mit einer Frequenz von mindestens 0,5 GHz, bevorzugt 1 GHz, besonders bevorzugt 10 GHz modulierbar sind.

20

12. Optoelektronisches Modul (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 10 und 11, bei dem

- das Halbleiterbauelement (10) zur Emission von kohärenter Strahlung mit einer Hauptwellenlänge im blauen

25 Spektralbereich eingerichtet ist.

13. Optoelektronisches Modul (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem

- jede Konversionsstruktur (30) ein Auskoppellement (301)

30

umfasst.
14. Optoelektronisches Modul (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem

- jede Konversionsstruktur (30) ein Diffusorelement (302) umfasst.

15. Optoelektronisches Modul (1) gemäß einem der
5 vorhergehenden Ansprüche, bei dem
- jedem Eingangswellenleiter (201) ein Einkoppelelement (2011) zugeordnet ist.

16. Optoelektronisches Modul (1) gemäß einem der
10 vorhergehenden Ansprüche, bei dem
- das Halbleiterbauelement (10) mit einem III/V-Verbindungshalbleitermaterial gebildet ist.

17. Optoelektronisches Modul (1) gemäß einem der
15 vorhergehenden Ansprüche, bei dem
- die Verteilstruktur (20) mit einem der folgenden Materialien gebildet ist: III/V-Verbindungshalbleitermaterial (insbesondere identisch zum Halbleiterbauelement), Silizium auf einem Isolator (englisch: Silicon-on-Insulator, kurz
20 SOI), Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Indiumphosphid, Galliumarsenid, Diamant, Diamant auf einem Isolator (englisch: Diamond-on-Insulator, kurz DOI), Lithiumniobat, Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid, Galliumnitrid.

25 18. Optoelektronisches Modul (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem
- das optoelektronische Modul (1) mindestens 10, bevorzugt mindestens 30, besonders bevorzugt mindestens 100 Ausgangswellenleiter (202) umfasst.

30

19. Verfahren zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls (1) gemäß Anspruch 1, wobei

- die Verteilelemente (210) als passive und wellenlängenselektive Filterelemente bereitgestellt werden,
- das Halbleiterbauelement (10) elektromagnetische Strahlung mit verschiedenen diskreten Hauptwellenlängen emittiert,
- 5 wobei
 - in einem Darstellungszeitraum (TD) verschiedene Hauptwellenlängen für jeweils einen von der Hauptwellenlänge abhängigen Zeitraum emittiert werden, und
 - eine optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements
 - 10 (10) in dem Darstellungszeitraum (TD) konstant ist, oder wobei
 - in einem Darstellungszeitraum (TD) verschiedene Hauptwellenlängen für einen jeweils identischen Zeitraum emittiert werden, und
 - 15 - eine optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements (10) in dem Darstellungszeitraum (TD) synchron zu der Modulation der Hauptwellenlängen moduliert wird.

20. Verfahren zum Betrieb eines optoelektronischen Moduls
- 20 (1) gemäß Anspruch 1, wobei
 - die Verteilelemente (210) als aktive und steuerbare Koppelemente bereitgestellt werden,
 - das Halbleiterbauelement (10) elektromagnetische Strahlung mit einer konstanten Hauptwellenlänge emittiert, wobei
 - 25 - eine optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements (10) in einem Darstellungszeitraum (TD) konstant ist, und
 - die Verteilelemente (210) als variabel modulierbare Strahlteiler wirken, deren Aufteilung über den Darstellungszeitraum (TD) konstant ist, oder wobei
 - 30 - die Verteilelemente (210) als optische Schalter wirken, und in einem Darstellungszeitraum (TD) mehrmals geschaltet werden, und

- eine optische Ausgangsleistung des Halbleiterbauelements (10) in dem Darstellungszeitraum (TD) synchron zu den Verteilelementen (210) moduliert wird.

FIG 1

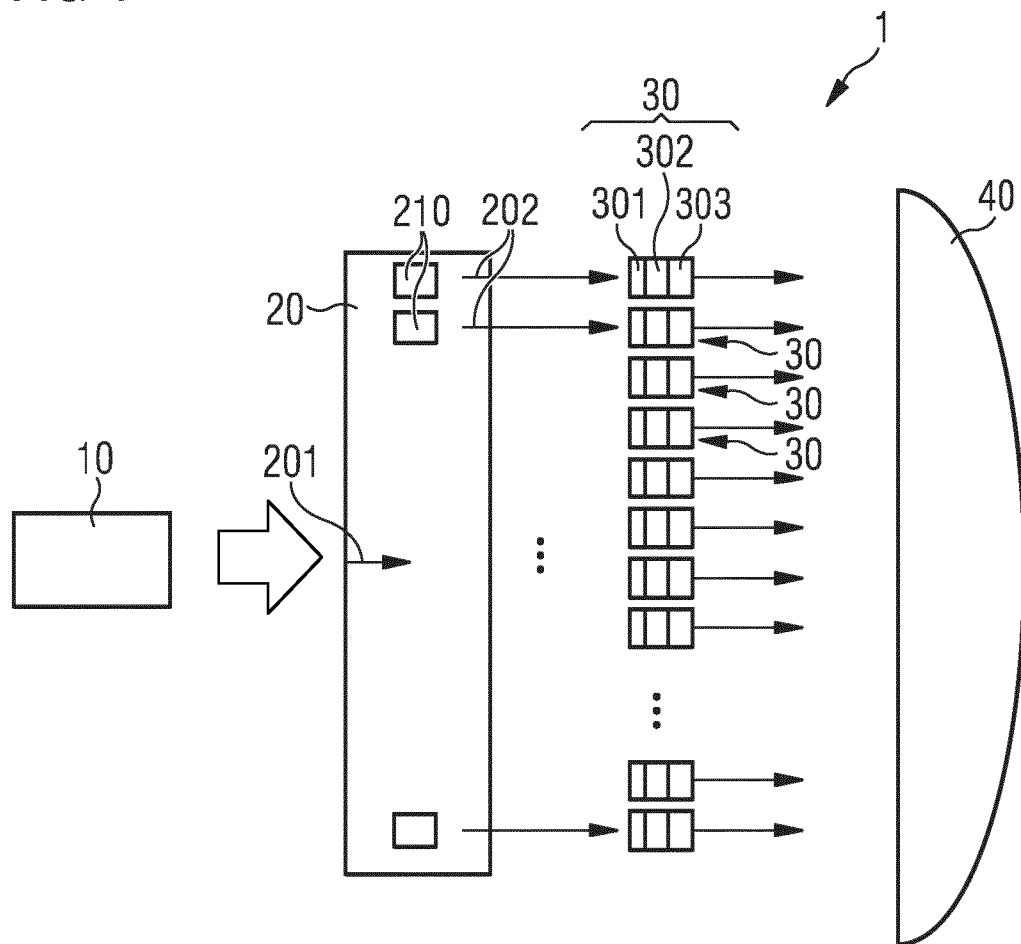


FIG 2

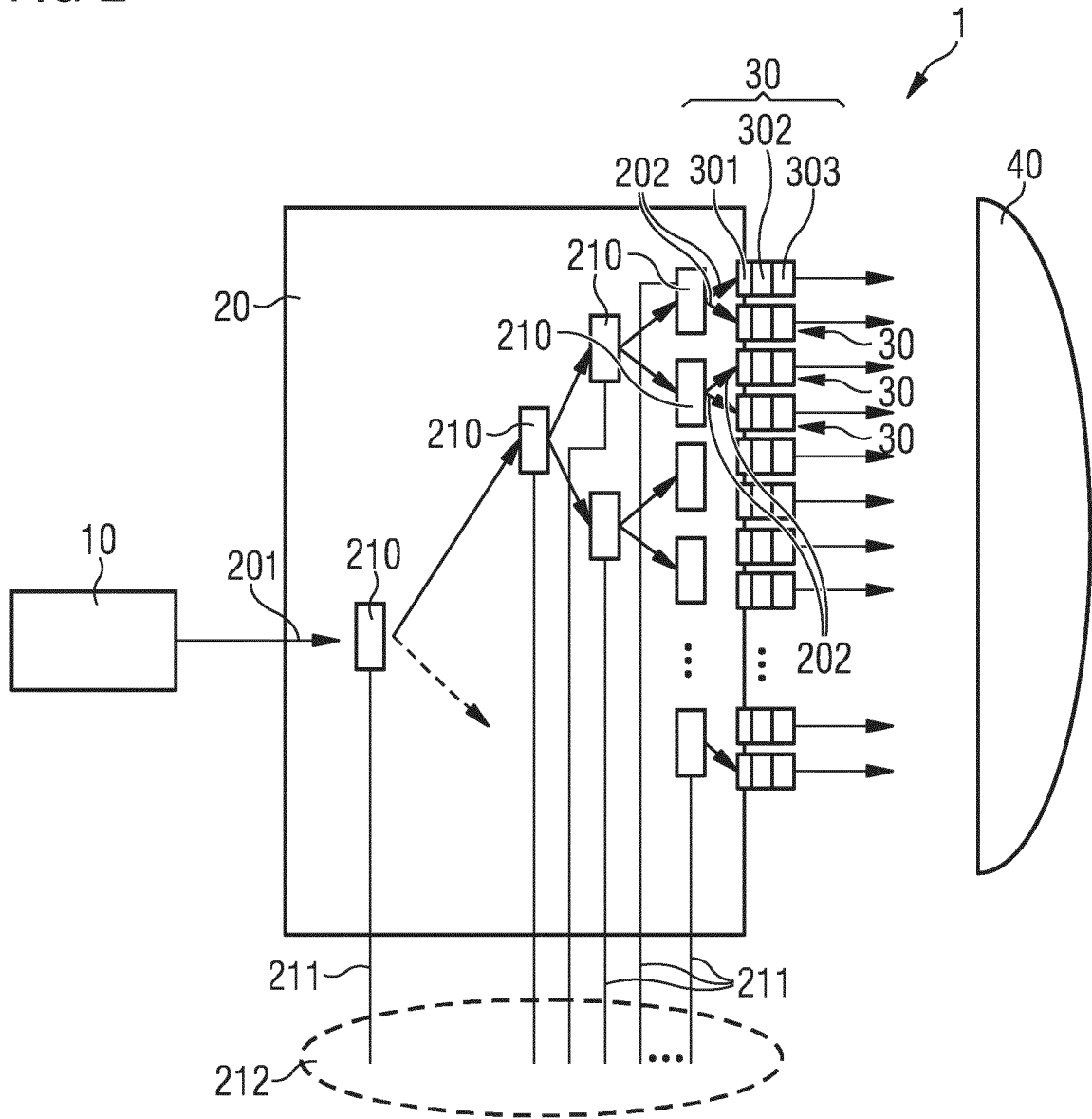


FIG 3

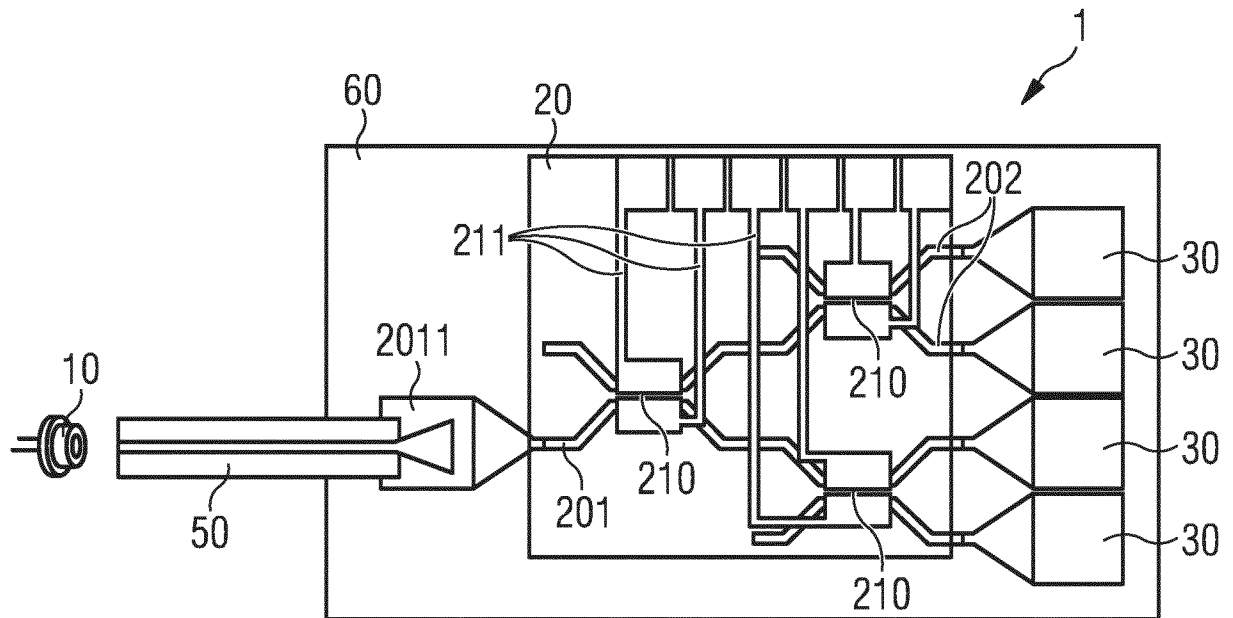


FIG 4

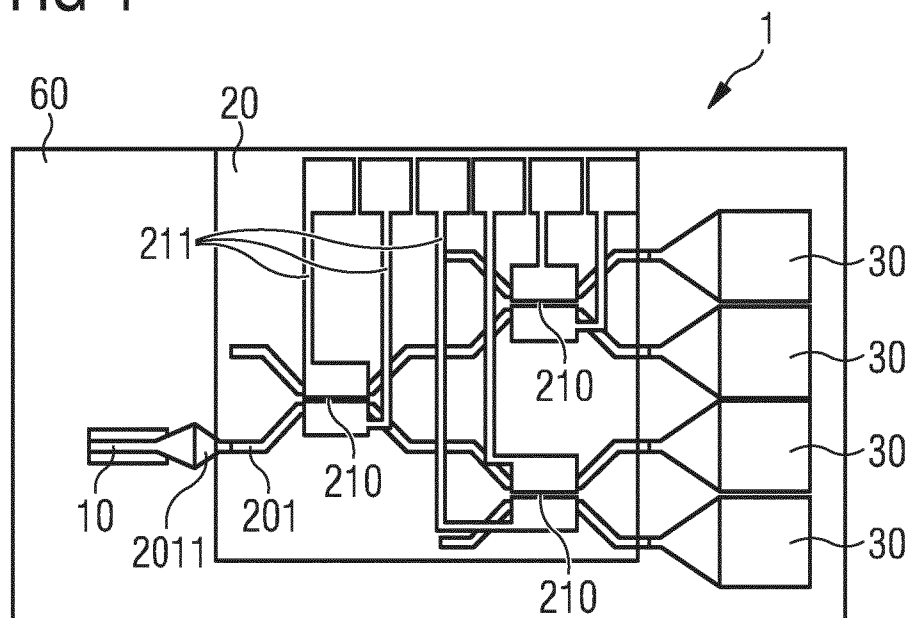


FIG 5

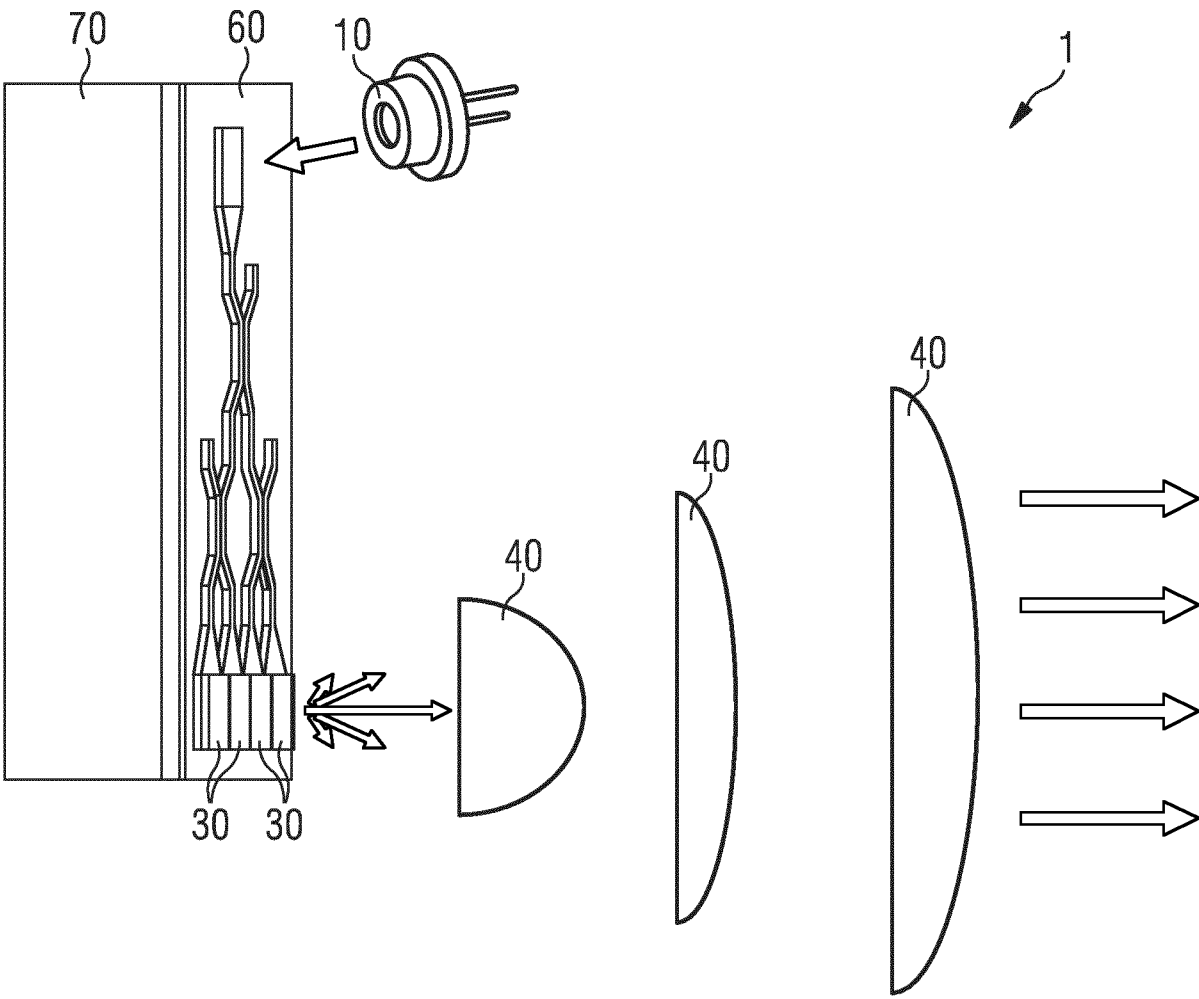


FIG 6

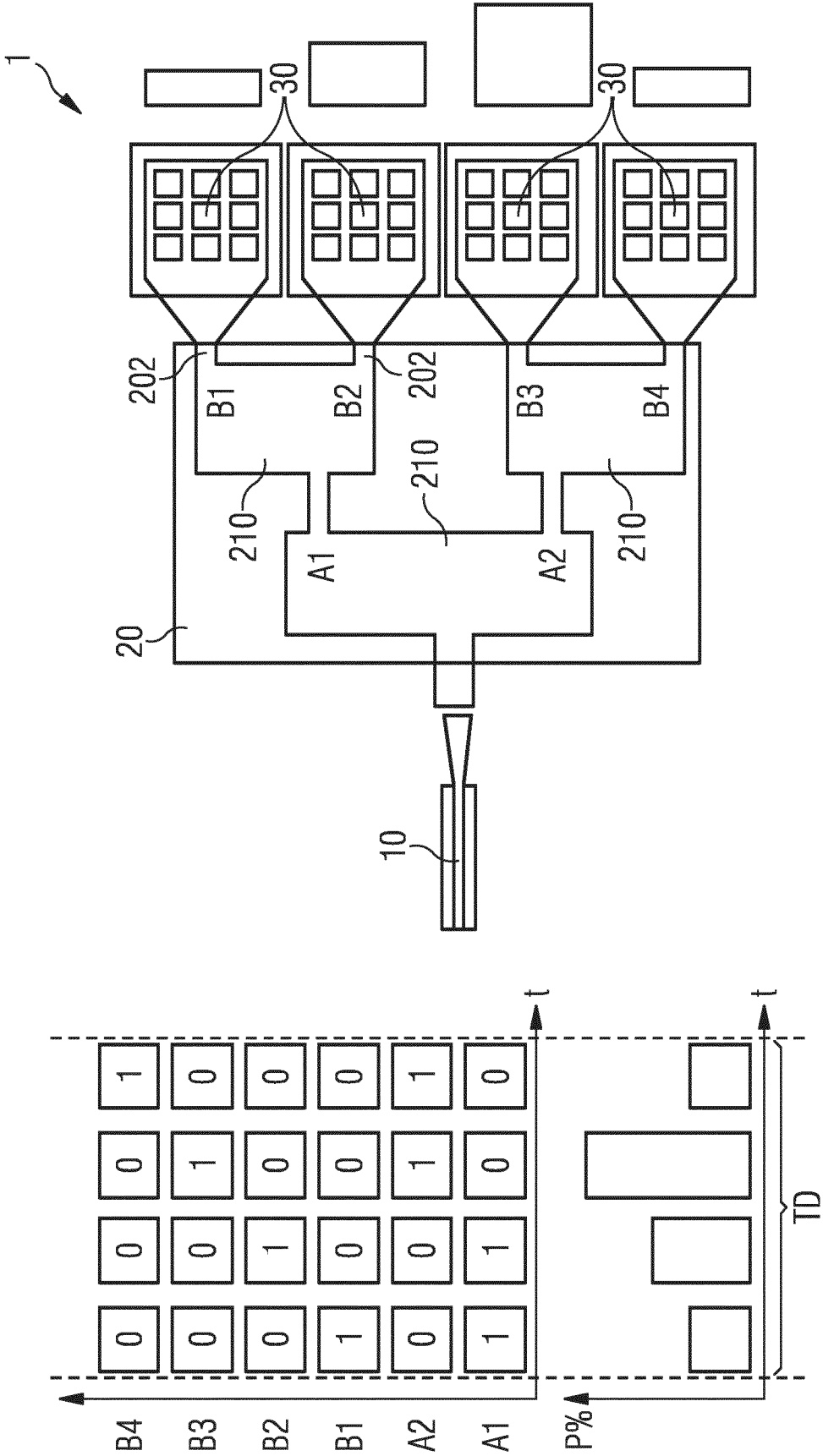


FIG 7

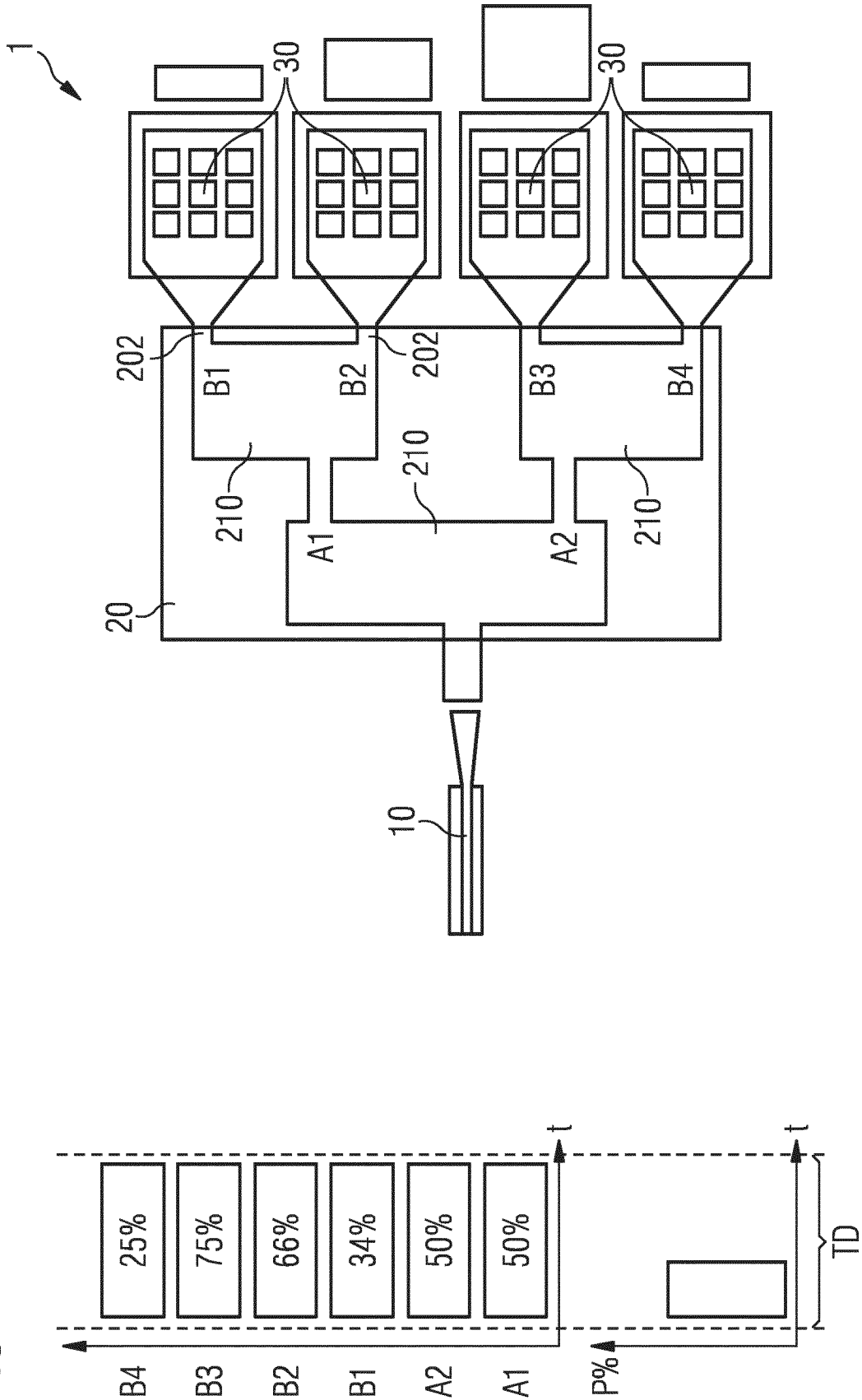


FIG 8

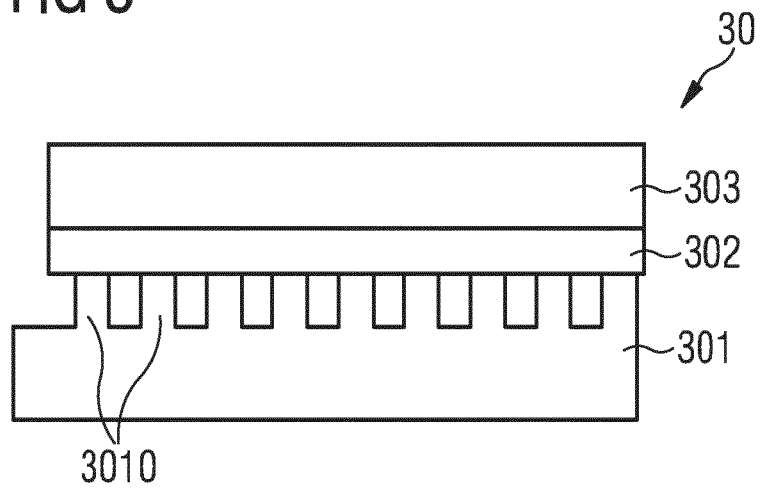


FIG 9

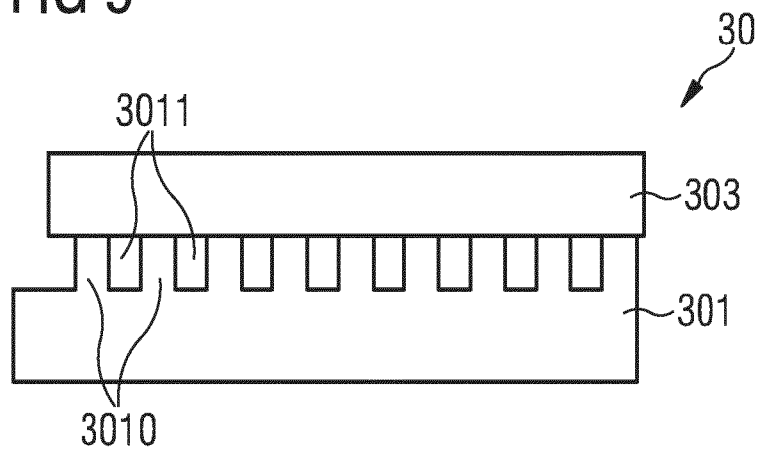


FIG 10

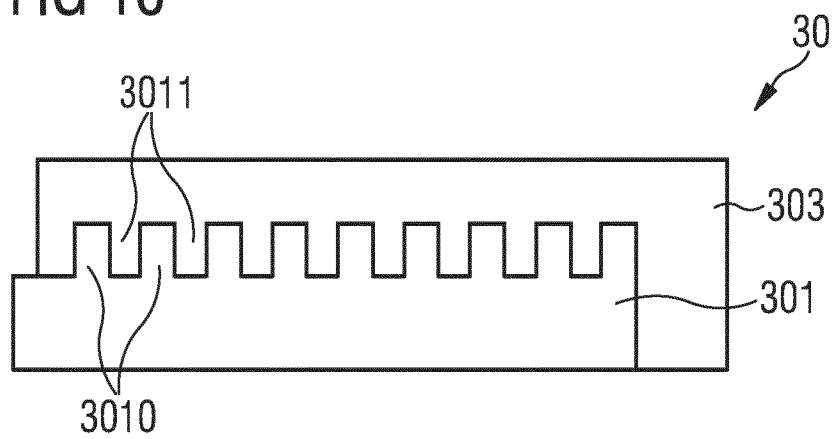


FIG 11

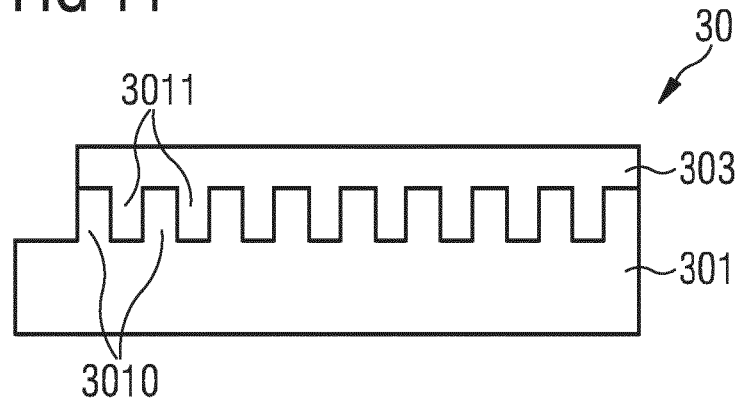


FIG 12

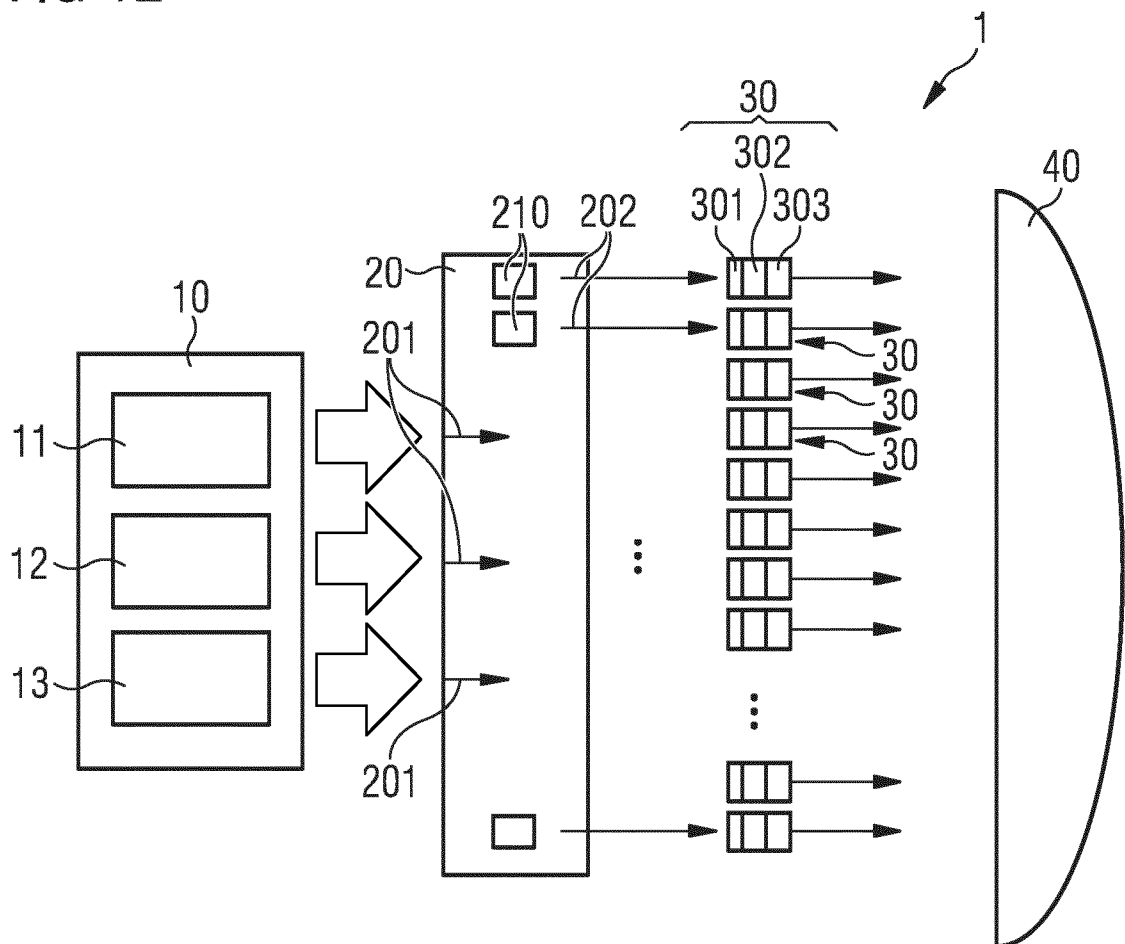


FIG 13A

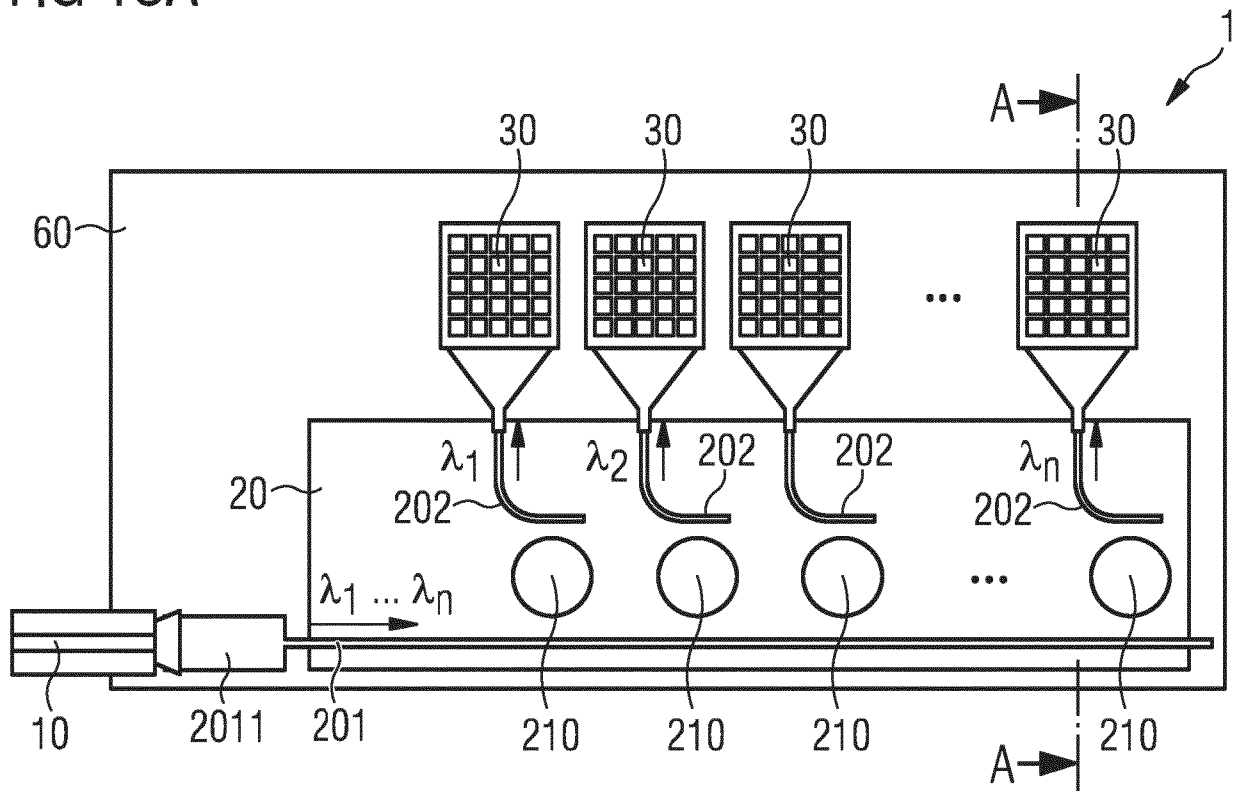


FIG 13B

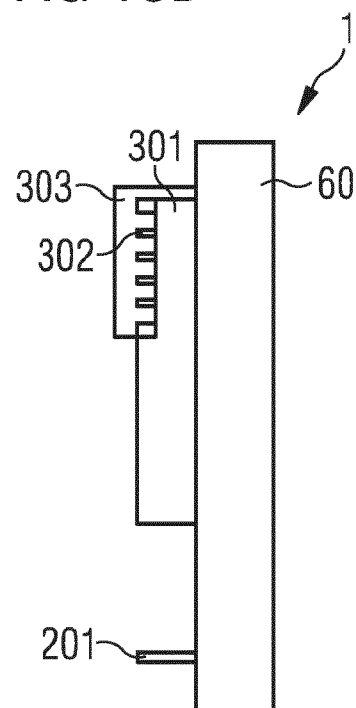


FIG 14

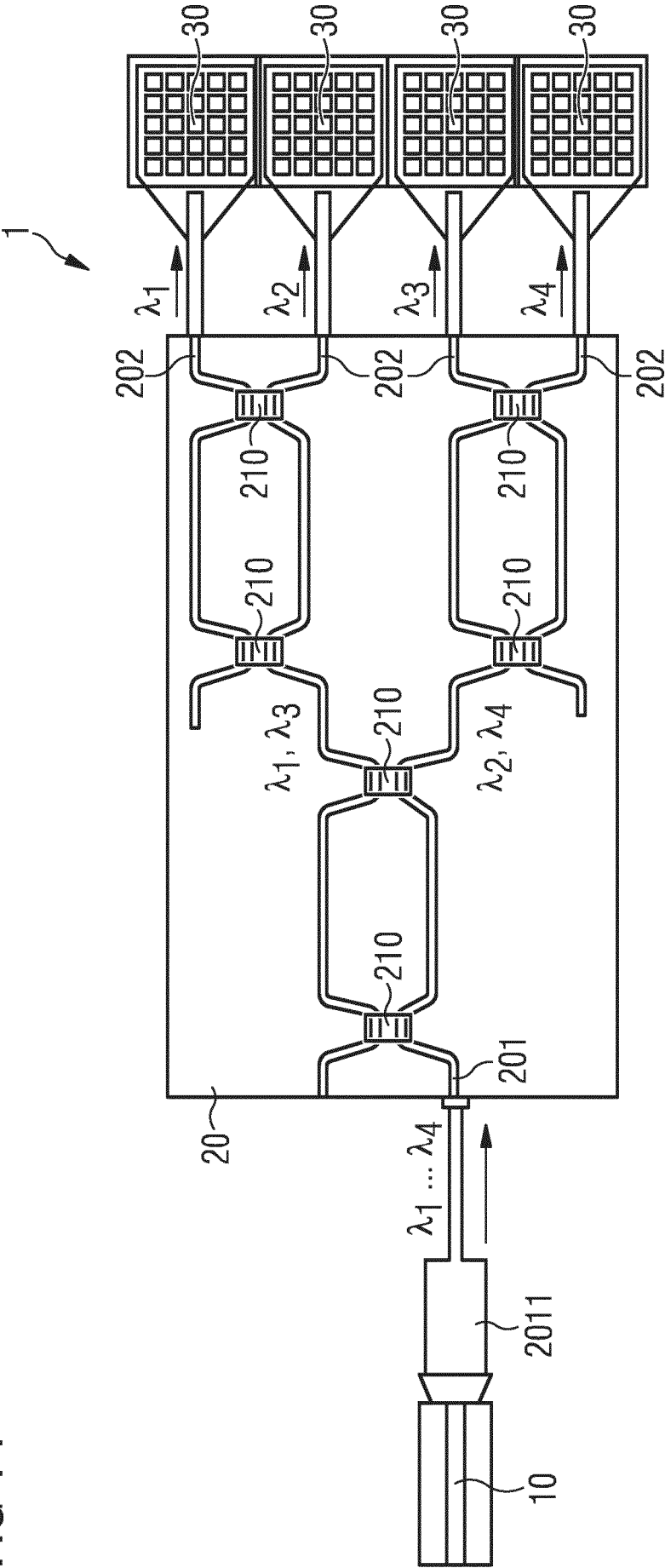


FIG 15

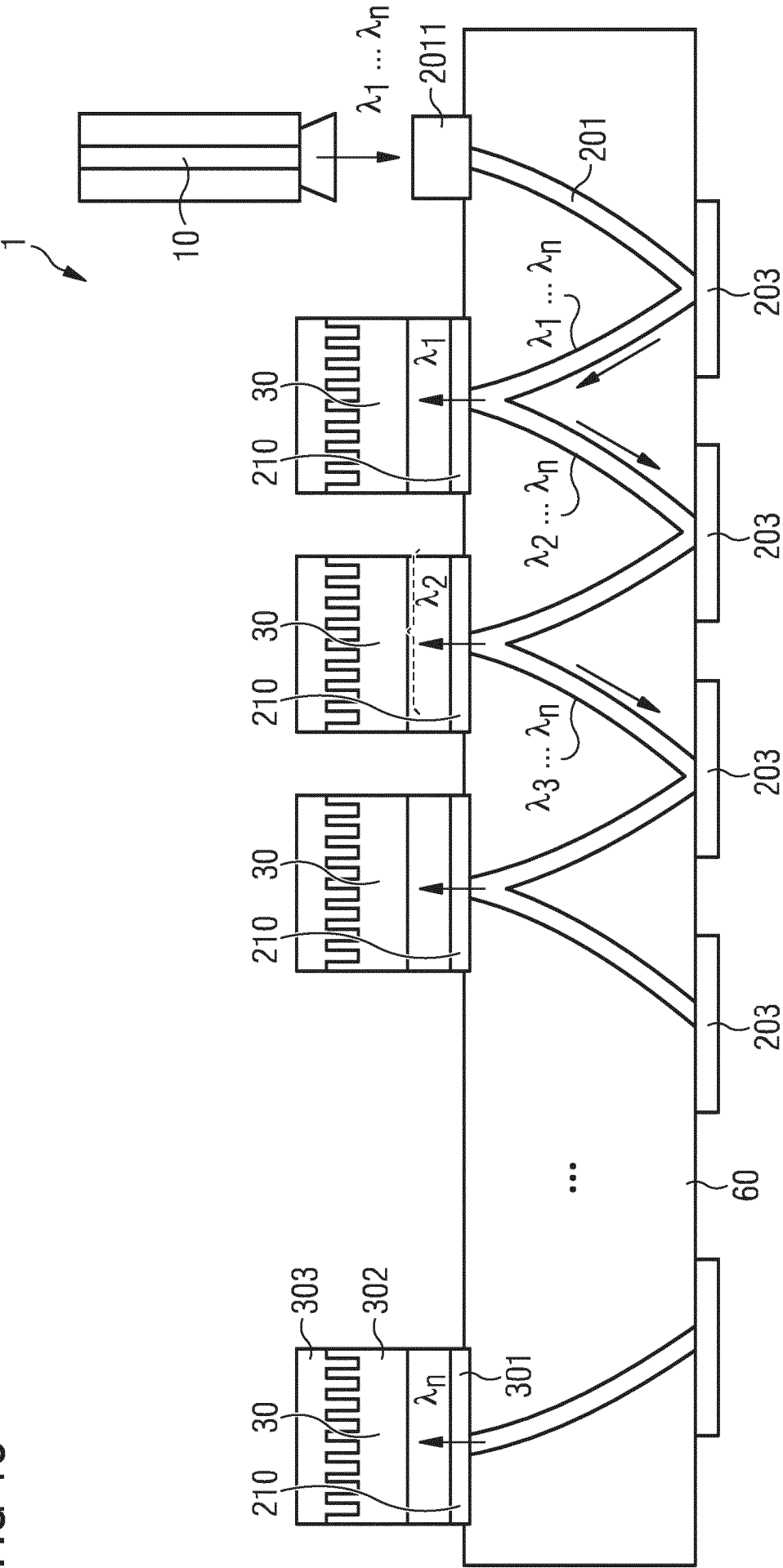


FIG 17

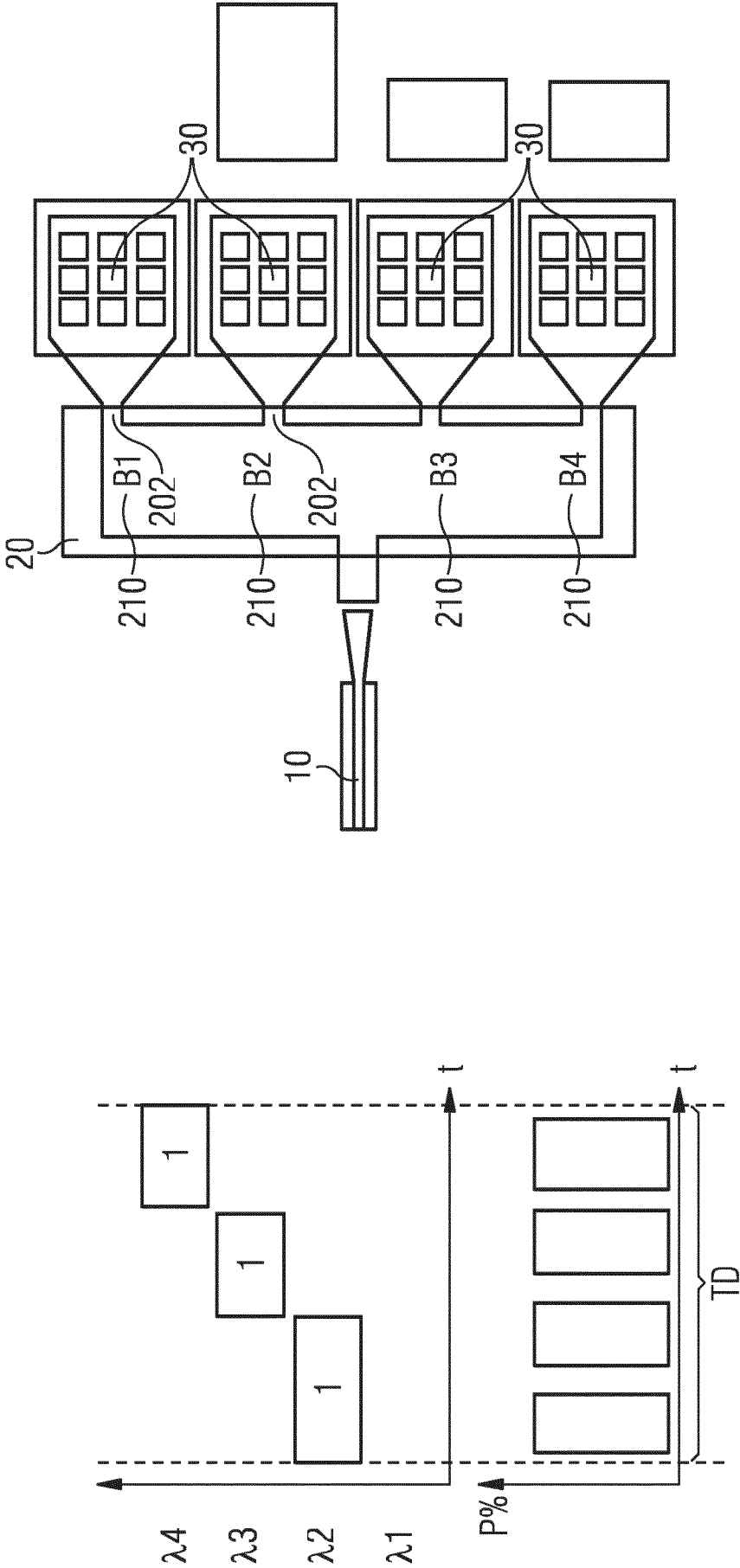
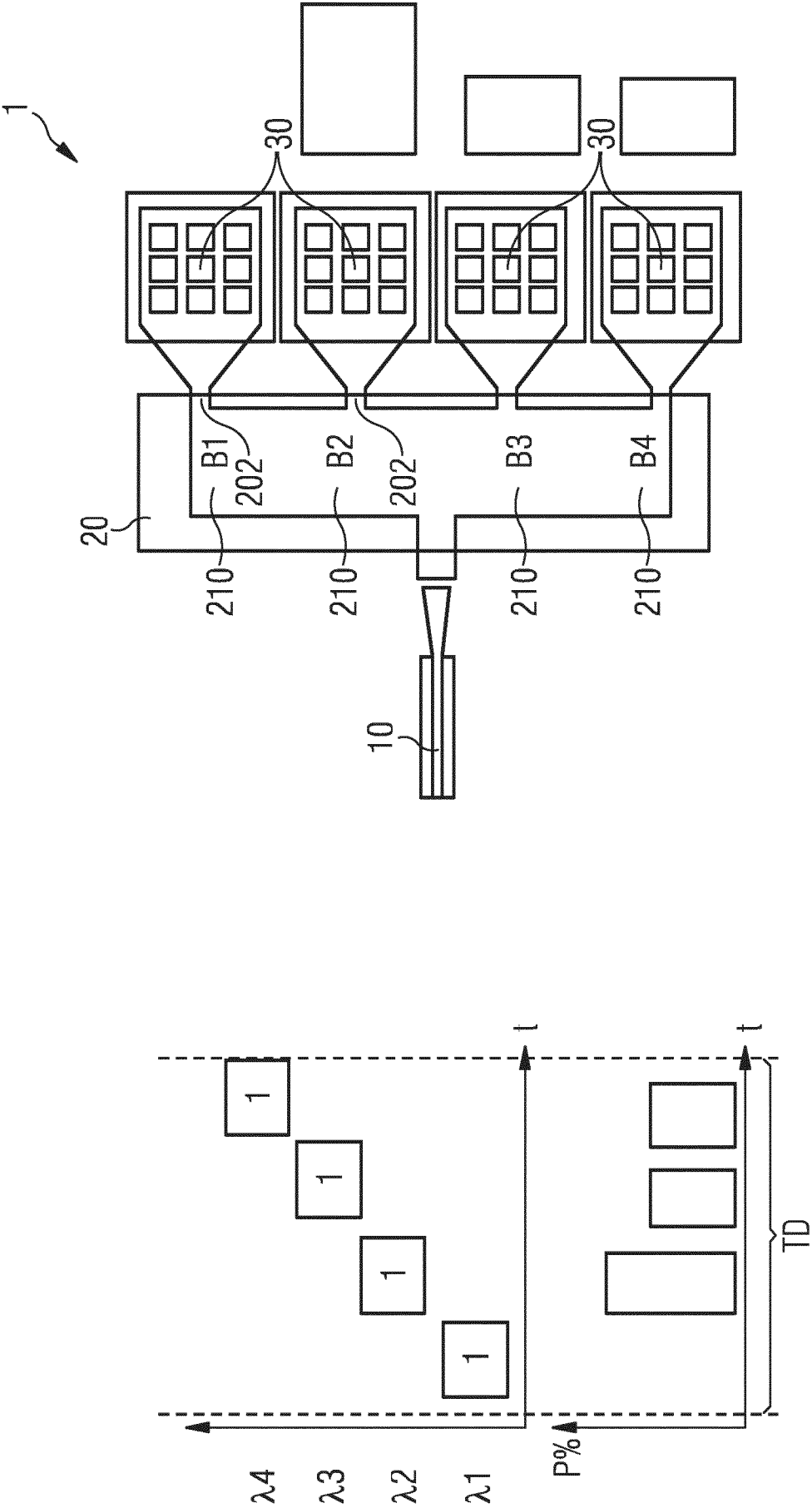


FIG 18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/055711

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 6/12**(2006.01)i; **G02B 6/43**(2006.01)i; **G02B 6/293**(2006.01)i; **G02F 1/21**(2006.01)i; **G02F 1/225**(2006.01)i

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)

G02B; 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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2017184788 A1 (TAYLOR GEOFF W [US]) 29 June 2017 (2017-06-29) figures 5, 6 paragraphs [0008], [0009], [0065], [0084], [0091]	1-20
X	GB 2523434 A (ROCKLEY PHOTONICS LTD [GB]) 26 August 2015 (2015-08-26) figures 17, 18a, 18c pages 40-43	1, 19
X	US 2019324199 A1 (VERSLEGERS LIEVEN [US] ET AL) 24 October 2019 (2019-10-24) figures 1A-1C paragraphs [0020], [0022], [0029], [0037]	1, 19

☐ 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

04 May 2023

Date of mailing of the international search report

15 May 2023

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

Topak, Eray

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/055711

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017184788	A1	29 June 2017	TW	201614299	A	16 April 2016
				US	2016025926	A1	28 January 2016
				US	2017184788	A1	29 June 2017
				WO	2016018686	A1	04 February 2016
GB	2523434	A	26 August 2015	CN	106461987	A	22 February 2017
				CN	110058352	A	26 July 2019
				CN	111665601	A	15 September 2020
				EP	3111571	A1	04 January 2017
				GB	2523383	A	26 August 2015
				GB	2523433	A	26 August 2015
				GB	2523434	A	26 August 2015
				GB	2532306	A	18 May 2016
				GB	2599040	A	23 March 2022
				JP	6567663	B2	28 August 2019
				JP	6720378	B2	08 July 2020
				JP	2017537348	A	14 December 2017
				JP	2019148809	A	05 September 2019
				US	2015277157	A1	01 October 2015
				WO	2015124953	A1	27 August 2015
US	2019324199	A1	24 October 2019	US	2014169740	A1	19 June 2014
				US	2019324199	A1	24 October 2019

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/055711

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES					
INV.	G02B6/12	G02B6/43	G02B6/293	G02F1/21	G02F1/225
ADD.					
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC					
B. RECHERCHIERTE GEBIETE					
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)					
G02B G02F					
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					
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN					
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile				Betr. Anspruch Nr.
X	US 2017/184788 A1 (TAYLOR GEOFF W [US]) 29. Juni 2017 (2017-06-29) Abbildungen 5, 6 Absätze [0008], [0009], [0065], [0084], [0091] -----				1-20
X	GB 2 523 434 A (ROCKLEY PHOTONICS LTD [GB]) 26. August 2015 (2015-08-26) Abbildungen 17, 18a, 18c Seiten 40-43 -----				1, 19
X	US 2019/324199 A1 (VERSLEGGERS LIEVEN [US] ET AL) 24. Oktober 2019 (2019-10-24) Abbildungen 1A-1C Absätze [0020], [0022], [0029], [0037] -----				1, 19
☐ 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			Absendedatum des internationalen Recherchenberichts		
4. Mai 2023			15/05/2023		
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 Topak, Eray		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/055711

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2017184788 A1	29-06-2017	TW 201614299 A	16-04-2016
		US 2016025926 A1	28-01-2016
		US 2017184788 A1	29-06-2017
		WO 2016018686 A1	04-02-2016
GB 2523434 A	26-08-2015	CN 106461987 A	22-02-2017
		CN 110058352 A	26-07-2019
		CN 111665601 A	15-09-2020
		EP 3111571 A1	04-01-2017
		GB 2523383 A	26-08-2015
		GB 2523433 A	26-08-2015
		GB 2523434 A	26-08-2015
		GB 2532306 A	18-05-2016
		GB 2599040 A	23-03-2022
		JP 6567663 B2	28-08-2019
		JP 6720378 B2	08-07-2020
		JP 2017537348 A	14-12-2017
		JP 2019148809 A	05-09-2019
		US 2015277157 A1	01-10-2015
		WO 2015124953 A1	27-08-2015
US 2019324199 A1	24-10-2019	US 2014169740 A1	19-06-2014
		US 2019324199 A1	24-10-2019