

(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
19. November 2020 (19.11.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/229576 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01B 11/25 (2006.01) H01L 33/44 (2010.01)
H01L 33/08 (2010.01) H01L 33/58 (2010.01)
H01L 33/24 (2010.01) H01L 33/20 (2010.01)

10 2019 118 251.4

05. Juli 2019 (05.07.2019) DE

PCT/EP2020/052191

29. Januar 2020 (29.01.2020) EP

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/063405

(22) Internationales Anmeldedatum:

14. Mai 2020 (14.05.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2019 112 639.8 14. Mai 2019 (14.05.2019) DE
10 2019 112 616.9 14. Mai 2019 (14.05.2019) DE
10 2019 115 991.1 12. Juni 2019 (12.06.2019) DE
10 2019 116 313.7 14. Juni 2019 (14.06.2019) DE

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

(72) Erfinder: **KREINER, Laura**; Eisenmannstraße 13, 93049 Regensburg (DE).

(74) Anwalt: **ZACCO PATENT- & RECHTSANWÄLTE**; Bayerstraße 83, 80335 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,

(54) Title: ILLUMINATION UNIT, METHOD FOR PRODUCING AN ILLUMINATION UNIT, CONVERTER ELEMENT FOR AN OPTOELECTRONIC COMPONENT, RADIATION SOURCE INCLUDING AN LED AND A CONVERTER ELEMENT, OUT-COUPLING STRUCTURE, AND OPTOELECTRONIC DEVICE

(54) Bezeichnung: BELEUCHTUNGSEINHEIT, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER BELEUCHTUNGSEINHEIT, KONVERTERELEMENT FÜR EIN OPTO-ELEKTRONISCHES BAUELEMENT, STRAHLUNGSQUELLE MIT EINER LED UND EINEM KONVERTERELEMENT, AUSKOPPELSTRUKTUR, UND OPTOELEKTRONISCHE VORRICHTUNG

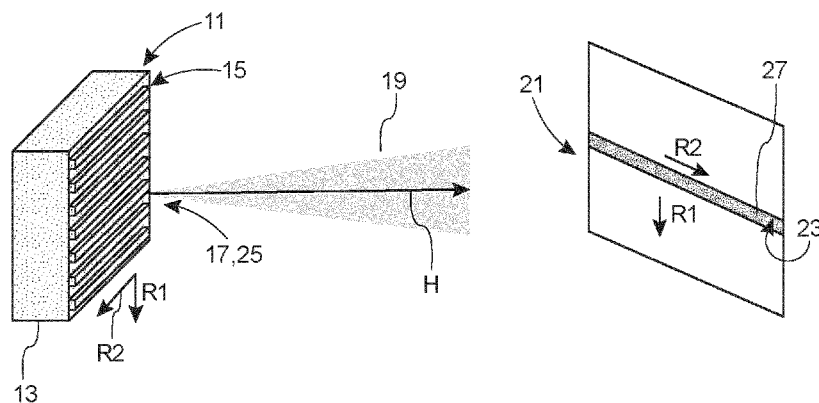


FIG. 1

(57) Abstract: The illumination unit comprises: at least one optoelectronic emitter unit that emits electromagnetic radiation via a light emission surface, and a photonic structure for beam-shaping the electromagnetic radiation before it is emitted via the light emission surface, the photonic structure shaping the electromagnetic radiation such that the electromagnetic radiation has a specific far field characteristic.

(57) Zusammenfassung: Eine Beleuchtungseinheit umfasst: wenigstens eine optoelektronische Emittereinheit, welche über eine Lichtaustrittsfläche elektromagnetische Strahlung emittiert, und eine photonische Struktur zur Strahlformung der elektromagnetischen Strahlung, bevor diese über die Lichtaustrittsfläche austritt, wobei die photonische Struktur die elektromagnetische Strahlung derart formt, dass die elektromagnetische Strahlung ein bestimmtes Fernfeld aufweist.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2020/229576 A2

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

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

- 1 -

**BELEUCHTUNGSEINHEIT, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG
EINER BELEUCHTUNGSEINHEIT, KONVERTERELEMENT FÜR EIN OPTOELEKT-
RONISCHES BAUELEMENT, STRAHLUNGSQUELLE MIT EINER LED UND EINEM
KONVERTERELEMENT, AUSKOPPELSTRUKTUR, UND
5 OPTOELEKTRONISCHE VORRICHTUNG**

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung Nr. DE 10 2019 112 639.8 vom 14. Mai 2019, die Priorität der deutschen Anmeldung DE 10 2019 112 616.9 vom 14. Mai 2019, die Priorität der deutschen Anmeldung DE 10 2019 115 991.1 vom 12. Juni 2019, die Priorität der deutschen Anmeldung DE 10 2019 116 313.7 vom 14. Juni 2019, die Priorität der deutschen Anmeldung DE 10 2019 118 251.4 vom 05. Juli 2019 und die Priorität der internationalen Anmeldung PCT/EP2020/052191 vom 29. Januar 2020, deren Offenbarungen hiermit durch Rückbezug aufgenommen werden.

Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinheit mit wenigstens einer optoelektronischen Emittereinheit.

20

Die Erfindung betrifft auch eine Beleuchtungseinheit mit wenigstens einer Emittereinheit, die über eine Lichtaustrittsfläche Strahlung emittiert, und mit einem Polarisationselement, das wenigstens abschnittsweise an die Lichtaustrittsfläche anschließt und eine Polarisation und/oder eine Intensität einer von der Emittereinheit ausgehenden Strahlung bei Durchtritt der Strahlung durch das Polarisationselement ändert.

Die Erfindung betrifft auch ein Konverterelement für ein optoelektronisches Bauelement, eine Strahlungsquelle mit einer LED und einem Konverterelement sowie ein Verfahren zur Herstellung einer entsprechenden Strahlungsquelle.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung, insbesondere ein opto-elektronisches Bauelement, insbesondere eine Leuchtdiode.

35

- 2 -

Die vorliegende Erfindung betrifft eine optoelektronische Vorrichtung, bei der eine Anordnung mit einer Vielzahl von Lichtquellen zur Erzeugung von Licht vorgesehen ist. Derartige Anordnungen können beispielsweise pixelierte Arrays von LEDs sein, bei denen zum Beispiel jeweils ein Pixel eine Lichtquelle bildet.

Als Lichtemitter einer optoelektronischen Emittereinheit kommt insbesondere eine LED in Betracht (LED = light emitting diode). LEDs sind normalerweise Lambertsche Strahler. Das durch eine Lichtaustrittsfläche abgestrahlte Licht ist nicht gerichtet. Die Lichtabstrahlung erfolgt daher normalerweise in den gesamten sich der Lichtaustrittsfläche anschließenden Raumwinkelbereich.

Für viele Anwendungen wäre eine Beleuchtungseinheit mit einer optoelektronischen Emittereinheit wünschenswert, die eine gewünschte Abstrahlcharakteristik aufweist. Bei sehr kleinen Bauteilen, wie zum Beispiel in hochauflösenden Displays oder in Bauteilen für Anwendungen im Bereich der Unterhaltungselektronik, sind Beleuchtungseinheiten wünschenswert, die eine gerichtete Abstrahlung in einen bestimmten Raumwinkel erlauben und eine Abstrahlung in andere Raumwinkel möglichst unterdrücken.

Aus dem Stand der Technik sind technische Lösungen zur Strahlformung von elektromagnetischer Strahlung bekannt, die bereits aus der Lichtaustrittsfläche einer Beleuchtungseinheit ausgetreten ist. Beispielsweise kommen Optiken, insbesondere Linsen, zum Einsatz, mittels denen frei im Raum propagierende elektromagnetische Strahlung kollimiert werden kann. Derartige Beleuchtungseinheiten mit einer Lichtaustrittsfläche nachgeordneten Optiken können verhältnismäßig groß sein. Dies kann unerwünscht sein.

- 3 -

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Beleuchtungseinheit bereitzustellen, die, insbesondere im Vergleich zu einem Lambertschen Strahler, eine verbesserte Abstrahlcharakteristik aufweist.

5

Eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinheit umfasst wenigstens eine optoelektronische Emittereinheit, welche über eine Lichtaustrittsfläche elektromagnetische Strahlung emittiert, und eine photonische Struktur zur Strahlformung der elektromagnetischen Strahlung, bevor diese über die Lichtaustrittsfläche austritt, wobei die photonische Struktur die elektromagnetische Strahlung derart formt, dass die elektromagnetische Strahlung ein bestimmtes Fernfeld aufweist.

15 Durch die photonische Struktur ändert sich somit die Abstrahlcharakteristik der Beleuchtungseinheit von einem Lambertschen Strahler hin zu einer definierten Abstrahlcharakteristik im Fernfeld. Mit der Formulierung, dass die elektromagnetische Strahlung ein bestimmtes Fernfeld aufweist, ist somit insbesondere gemeint, dass im Fernfeld die Abstrahlcharakteristik definiert ist und sich von der Abstrahlcharakteristik eines Lambertschen Strahlers unterscheidet. Mit Fernfeld ist dabei ein Bereich gemeint, welcher sich je nach Anwendung zumindest einige Zentimeter oder auch einige Meter entfernt von der Beleuchtungseinheit befindet.

Die photonische Struktur kann, insbesondere in einer Schicht, unterhalb der Lichtaustrittsfläche und/oder zwischen der optoelektronischen Emittereinheit und der Lichtaustrittsfläche angeordnet sein. Die photonische Struktur kann somit in die Beleuchtungseinheit integriert sein, wodurch sich diese kompakt ausbilden lässt. Die photonische Struktur kann auch in die Lichtaustrittsfläche integriert sein bzw. eine Stirnfläche der photonischen Struktur kann die Lichtaustrittsfläche bilden.

35

- 4 -

Die optoelektronische Emittereinheit kann wenigstens eine LED aufweisen. Die optoelektronische Emittereinheit kann auch ein Feld, das auch als Array bezeichnet wird, von LEDs aufweisen.

5 Bei der photonischen Struktur kann es sich um einen photonischen Kristall, eine quasiperiodische oder deterministisch aperiodische photonische Struktur handeln. Unter einem photonischen Kristall versteht man periodische Strukturen, die durch eine periodische Variation des optischen Brechungsindex eine Bandstruktur für Photonen erzeugen. Diese Bandstruktur kann eine
10 Bandlücke in einem gewissen Frequenzbereich aufweisen. Diese Eigenschaft kann man alternativ auch mit nicht-periodischen aber trotzdem geordneten Strukturen erzeugen. Bei derartigen Strukturen handelt es sich insbesondere um quasiperiodische Strukturen oder deterministisch aperiodische Strukturen. Dies können
15 zum Beispiel spiralförmige photonische Anordnungen sein.

Bei der photonischen Struktur kann es sich um eine eindimensionale photonische Struktur, insbesondere einen eindimensionalen photonischen Kristall, handeln. Ein eindimensionaler photonischer Kristall weist eine periodische Variation des Brechungsindexes längs einer Richtung auf. Diese Richtung kann insbesondere parallel zur Lichtaustrittsebene verlaufen.

25 Durch die eindimensionale Struktur kann eine Strahlformung in einer ersten Raumrichtung erfolgen. Dabei kann ein photonischer Effekt bereits bei wenigen Perioden in der photonischen Struktur erreicht werden. Die photonische Struktur kann zum Beispiel derart ausgebildet sein, dass die elektromagnetische Strahlung
30 in Bezug auf die erste Raumrichtung zumindest näherungsweise kollimiert ist. Somit kann zumindest in Bezug auf die erste Raumrichtung ein kollimierter Strahl erzeugt werden.

In Abstrahlrichtung gesehen nachgeordnet zur Lichtaustrittsfläche
35 che kann eine kollimierende Optik angeordnet sein, wobei die

- 5 -

Optik dazu ausgebildet ist, die elektromagnetische Strahlung in einer weiteren, zweiten Raumrichtung, welche orthogonal zu der ersten Raumrichtung verläuft, zu kollimieren. Die erste Richtung und die zweite Richtung können zueinander orthogonale Richtungen sein, die parallel zur ebenen Lichtaustrittsfläche verlaufen. Es kann somit ein in beiden Richtungen kollimierter Strahl erzeugt werden, der längs der Hauptabstrahlrichtung gerichtet ist, die von der Lichtaustrittsfläche weggerichtet ist und orthogonal sowohl zur ersten als auch zweiten Richtung verläuft.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung kann die, insbesondere als eindimensionaler photonischer Kristall ausgebildete, photonische Struktur derart ausgestaltet sein, dass eine Hauptabstrahlrichtung der elektromagnetischen Strahlung in einem Winkel zur Normalen der Lichtaustrittsfläche verläuft, wobei der Winkel ungleich null Grad ist. Die Hauptabstrahlrichtung kann somit geneigt zur Normalen der Lichtaustrittsfläche verlaufen. Ein wenigstens in einer Richtung kollimierter Strahl kann somit zum Beispiel schräg aus der Lichtaustrittsfläche austreten.

Die als eindimensionaler photonischer Kristall ausgebildete photonische Struktur kann in einer Schicht unterhalb, insbesondere direkt unterhalb, der Lichtaustrittsfläche angeordnet sein. Der eindimensionale photonische Kristall kann dabei eine sich in einer Richtung erstreckende, periodisch wiederholende Abfolge von zwei Materialien mit unterschiedlichem optischen Brechungsindex aufweisen. Die Materialien können jeweils einen rechteckigen oder parallelogrammartigen Querschnitt aufweisen. Die aneinander anstoßenden Grenzflächen der Materialien können dabei geneigt zur Lichtaustrittsfläche liegen.

Eine derartige Struktur kann beispielsweise gebildet werden, indem parallel zueinander verlaufende Gräben schräg zur Lichtaustrittsfläche in das die Lichtaustrittsfläche aufweisende

- 6 -

Substrat geätzt werden. Die Gräben können mit einem Material aufgefüllt werden, das einen anderen optischen Brechungsindex aufweist als das weggeätzte Substratmaterial. Der Winkel kann dabei von der Schräge der Gräben zur Lichtaustrittsfläche abhängen, und die Breite der Gräben bzw. die Breite des zwischen den Gräben verbleibenden Substratmaterials hat Einfluss auf die Wellenlängen, auf welche die photonische Struktur wirksam ist. Typischerweise werden die Breite der Gräben und die Breite des zwischen den Gräben liegenden Substratmaterials an die Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung angepasst.

Bei der photonischen Struktur kann es sich um eine zweidimensionale photonische Struktur, insbesondere einen zweidimensionalen photonischen Kristall, handeln. Eine Stirnseite der zweidimensionalen photonischen Struktur kann die Lichtaustrittsfläche der Beleuchtungseinheit bilden, oder die zweidimensionale photonische Struktur kann in einer Schicht unterhalb der Lichtaustrittsfläche angeordnet sein.

Die zweidimensionale Struktur, insbesondere ein zweidimensionaler photonischer Kristall, kann derart ausgestaltet sein, dass diese die elektromagnetische Strahlung derart beeinflusst, dass die elektromagnetische Strahlung im Fernfeld ein definiertes, insbesondere ein diskretes, Muster bildet. Die Beleuchtungseinheit lässt sich dadurch zum Beispiels in Oberflächentopographie-Systemen, beispielsweise zur Gesichtserkennung, einsetzen.

Wie erwähnt, kann die photonische Struktur in einer Schicht unterhalb der Lichtaustrittsfläche angeordnet sein, oder eine Stirnseite der photonischen Struktur kann die Lichtaustrittsfläche bilden, so dass sich die photonische Struktur direkt unter der Lichtaustrittsfläche befindet und diese mitumfasst.

Die photonische Struktur kann auch in einer Halbleiterschicht der optoelektronischen Emittereinheit ausgebildet sein.

- 7 -

Die optoelektronische Emittereinheit kann eine Schicht mit Konvertermaterial umfassen und die photonische Struktur kann in der Schicht mit Konvertermaterial oder in einer Schicht zwischen der Schicht mit Konvertermaterial und der Lichtaustrittsfläche ausgebildet sein.

Die optoelektronische Emittereinheit kann wenigstens einen optoelektronischen Laser aufweisen, wie etwa einen VCSEL (von englisch: vertical-cavity surface-emitting laser). Auch ein Feld von mehreren Lasern ist denkbar.

Die Erfindung betrifft auch ein Oberflächentopographie-Erkennungssystem, mit einer Beleuchtungseinheit, die umfasst: wenigstens eine optoelektronische Emittereinheit, welche über eine Lichtaustrittsfläche elektromagnetische Strahlung emittiert, und eine photonische Struktur zur Strahlformung der elektromagnetischen Strahlung, bevor diese über die Lichtaustrittsfläche austritt, wobei die photonische Struktur die elektromagnetische Strahlung derart formt, dass die elektromagnetische Strahlung ein bestimmtes Fernfeld aufweist, wobei es sich bei der photonischen Struktur um eine zweidimensionale photonische Struktur, insbesondere einen zweidimensionalen photonischen Kristall, handelt, und wobei die zweidimensionale photonische Struktur derart ausgestaltet ist, dass die elektromagnetische Strahlung ein definiertes, insbesondere ein diskretes, Muster im Fernfeld erzeugt, und wobei das Oberflächentopographie-Erkennungssystem ferner eine Detektionseinheit aufweist, insbesondere mit einer Kamera, die zur Erfassung des Musters im Fernfeld ausgebildet ist.

Das Oberflächentopographie-Erkennungssystem kann eine Analyseeinrichtung umfassen, welche dazu ausgebildet ist, eine Verzerrung des Musters in Bezug auf ein vorgegebenes Referenzmuster zu ermitteln.

- 8 -

Die Analyseeinrichtung kann dazu ausgebildet sein, in Abhängigkeit von der ermittelten Verzerrung eine Form und/oder eine Struktur eines von dem Muster ausgeleuchteten Objekts zu bestimmen.

5

Die Erfindung betrifft auch einen Scanner zum Scannen eines Objekts, wobei der Scanner mindestens eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung aufweist, welche bevorzugt zur zeilenweisen Erfassung des Objekts einsetzbar ist.

10

Es kann auch als eine Aufgabe angesehen werden, eine Beleuchtungseinheit derart weiterzubilden, dass mit verhältnismäßig einfachen Mitteln eine Polarisierung und/oder eine Änderung der Intensität der von wenigstens einem Emitter ausgesendeten Strahlung, insbesondere von sichtbarem Licht, ermöglicht wird. Wesentlich kann hierbei sein, dass eine entsprechende Beleuchtungseinheit möglichst platzsparend und energieeffizient ausgeführt sein soll, wobei insbesondere die Notwendigkeit des Einsatzes zusätzlicher optischer Elemente reduziert werden soll.

20

Es könnte ferner wünschenswert sein, eine einfache, sichere und robuste Beleuchtungseinheit zur Emission von bedarfsgerecht polarisierter elektromagnetischer Strahlung bereitzustellen, die sich auch ohne große Probleme mit anderen Beleuchtungseinheiten kombinieren lässt. Darüberhinaus sollte die Beleuchtungseinheit in industriellem Maßstab und bevorzugt mit bereits bekannten Herstellungsverfahren zu fertigen sein. Es wäre somit eine technische Lösung wünschenswert, die besonders platzsparend ausgeführt ist, einen energieeffizienten Betrieb bei hoher Lichtausbeute ermöglicht und sich in einem wirtschaftlich sinnvollen Rahmen herstellen lässt.

25

30

Bevorzugte Ausgestaltungen einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung betreffen daher eine Beleuchtungseinheit mit

35

- 9 -

wenigstens einer Emittereinheit, die über eine Lichtaustrittsfläche Strahlung emittiert, und mit einem Polarisations-
element, das wenigstens abschnittsweise an die Lichtaustrittsfläche an-
schließt und eine Polarisation und/oder eine Intensität der von
5 der Emittereinheit ausgehenden Strahlung bei Durchtritt der
Strahlung durch das Polarisations-
element ändert. Die Beleuch-
tungseinheit zeichnet sich dadurch aus, dass das Polarisations-
element eine dreidimensionale photonische Struktur aufweist.

10 Die Formulierung, dass das Polarisations-
element eine Polarisa-
tion ändert, umfasst auch die Erzeugung von polarisierter Strah-
lung aus nicht polarisierter Strahlung. Das Polarisations-
element kann auch nur eine, gegebenenfalls wellenlängenabhängige,
Änderung der Intensität der Strahlung bewirken, ohne eine Po-
15 larisierung zu erzeugen oder zu ändern. Der Begriff „Polarisa-
tions-
element“ ist somit nicht eng auszulegen, in dem Sinne, dass
in allen Ausführungsformen eine Änderung bzw. Erzeugung einer
Polarisation vorgesehen sein muss.

20 Aufgrund der erfindungsgemäßen Ausführung wird eine Beleuch-
tungseinheit bereitgestellt, bei der die vom Emitter, beispiels-
weise einer LED, erzeugte Strahlung direkt in das Polarisati-
ons-
element gelangt, sodass eine besonders kompakte Einheit zur
Bereitstellung von bedarfsgerecht polarisierter Strahlung rea-
25 lisiert wird, die sich wiederum auf vorteilhafte Weise mit we-
nigstens einer weiteren Beleuchtungseinheit und/oder einem Po-
larisations-
element, bevorzugt mit wenigstens einem Polarisati-
ons-
element, das über komplementäre Eigenschaften verfügt, kom-
binieren lässt.

30 Der wesentliche Vorteil des Einsatzes einer dreidimensionalen
photonischen Struktur, insbesondere eines photonischen Kris-
talls, für eine Beleuchtungseinheit zur Polarisation einer
elektromagnetischen Strahlung, wobei vorzugsweise sichtbares
35 Licht polarisiert wird, besteht darin, dass durch die Anordnung

- 10 -

der photonischen Struktur im Bereich der Lichtaustrittsfläche des Emitters eine besonders kompakte, platzsparende Lösung bereitgestellt wird. Mit Hilfe des an die Lichtaustrittsfläche angrenzenden, speziell ausgeführten Polarisationselements ist es möglich, elektromagnetische Strahlung gezielt zu polarisieren und trotzdem die Verluste von Strahlung, deren Polarisation nicht der Polarisationsrichtung des Polarisationselements entspricht, zu minimieren. Generell ist es denkbar, dass die photonische Struktur auf der Lichtaustrittsfläche angeordnet ist, oder dass in einer Halbleiterschicht, auf der sich die Lichtaustrittsfläche befindet bzw. an die sich die Lichtaustrittsfläche in Strahlrichtung anschließt, auf geeignete Weise eine photonische Struktur ausgebildet wird.

Hierbei ist es von besonderem Vorteil, dass mit den als Polarisationselement verwendeten dreidimensionalen Strukturen auf besonderes effektive Weise die Abstrahlcharakteristik einer Beleuchtungseinheit bezüglich ihrer Polarisations Eigenschaften verändert und so eine Diskriminierung verschiedener Wellenlängen durch unterschiedliche Polarisations Eigenschaften oder Abstrahlrichtungen erzielt werden kann.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist die Emittereinheit wenigstens eine LED auf. In diesem Zusammenhang ist es denkbar, dass die LED bevorzugt weißes, rotes, grünes oder blaues Licht emittiert, welches in das Polarisationselement eingestrahlt wird und durch das Polarisationselement die Strahlung in einer Schwingungsrichtung polarisiert wird.

Im Übrigen ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass die Emittereinheit, insbesondere eine LED, sowie das Polarisationselement aus verschiedenen Schichten gebildet werden, die in einem Schichtenstapel übereinander angeordnet sind. Wesentlich ist wiederum, dass die in wenigstens einer Schicht des Emitters erzeugte Strahlung in das ebenfalls

- 11 -

schichtförmige Polarisationsselement gelangt, bevor die Strahlung aus dem Schichtenstapel in die Umgebung ausgestrahlt wird. Auf vorteilhafte Weise ist es in diesem Zusammenhang denkbar, dass sich die als Polarisationsselement verwendete dreidimensionale Struktur auf oder in dem gleichen Halbleiter-Chip, wie die Emittereinheit befindet. Bei Verwendung einer Emittereinheit mit LED ist es ferner denkbar, dass die photonische Struktur auf den LED-Chip aufgebracht oder zumindest Teil des LED-Chips ist. Mit einer derartigen Ausgestaltung der Erfindung wird eine besonders platzsparende und energieeffiziente Beleuchtungseinheit zur Verfügung gestellt, mit der polarisierte Strahlung bereits direkt auf Chipebene erzeugt wird, ohne dass hierfür zusätzliche optische Elemente im nachgeordneten Strahlengang angeordnet werden müssen. Eine derartige technische Lösung stellt somit eine sowohl kostengünstige als auch platzsparende und energieeffiziente technische Lösung zur Bereitstellung von polarisierter Strahlung dar.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung verfügt das Polarisationsselement über spiral- und/oder stäbchenförmige Strukturelemente. Die dreidimensionale photonische Struktur wird in diesem Fall derart ausgelegt, dass von der Emittereinheit, insbesondere einer LED, ausgesandtes Licht nur mit einer bestimmten Polarisation aus der photonischen Struktur austritt. Eine entsprechende dreidimensionale photonische Struktur mit spiral- und/oder stäbchenförmigen Strukturelementen im Bereich der Lichtaustrittsfläche wird nur von Strahlung mit einer speziellen Polarisationsrichtung durchstrahlt. Vorzugsweise wird die Ausgestaltung und Dimensionierung der Struktur auf die jeweils von der Emittereinheit, insbesondere einer LED, emittierte Strahlung abgestimmt. Mit einer spiralförmigen Struktur wird eine zirkuläre Polarisation erreicht, während eine stäbchenförmige Struktur eine lineare Polarisation der durch die Struktur tretenden Strahlung bewirkt.

- 12 -

Gemäß einer Weiterbildung ist es ferner denkbar, dass die Beleuchtungseinheit als Emittereinheit eine LED aufweist und die von der LED emittierte Strahlung als Anregungsstrahlung auf ein Konverterelement mit Konvertermaterial auftrifft, was die Aus-
5 sendung von konvertierter Strahlung bewirkt. In diesem Fall ist es generell denkbar, dass im Strahlengang zwischen der LED und dem Konverterelement und/oder hinter dem Konverterelement eine dreidimensionale photonische Struktur angeordnet ist, durch die die Anregungsstrahlung und/oder die konvertierte Strahlung auf
10 geeignete Weise polarisiert wird. Auch die Kombination von Konverterelement und dreidimensionaler photonischer Struktur in der gleichen Schicht ist realisierbar. Dadurch kann direkt polarisiertes, konvertiertes Licht erzeugt werden.

15 Es kann zum Beispiel Konvertermaterial in die dreidimensionale photonische Struktur gefüllt werden. Das Konvertermaterial kann mit Ce^{3+} (Ce für Cer), Eu^{2+} (Eu für Europium), Mn^{4+} (Mn für Mangan) oder Neodym-Ionen dotiert sein. Als Wirtsmaterial kann zum Beispiel YAG oder LuAG verwendet werden. YAG steht hierbei für
20 Yttrium-Aluminium-Granat. LuAG steht für Lutetium-Aluminium-Granat.

Es können auch Quantenpunkte als Konvertermaterial in die dreidimensionale photonische Struktur gefüllt werden.
25 Quantenpunkte können sehr klein sein, zum Beispiel im Bereich von 10 nm. Sie eignen sich daher besonders gut zum Auffüllen der dreidimensionalen photonischen Struktur. Generell ist es denkbar, dass die Struktur durch Herausätzen von Material aus der Schicht, in welcher die Struktur gebildet werden soll, hergestellt wird. Die so gebildeten Ausnehmungen können sodann mit
30 Konvertermaterial, das zum Beispiel Quantenpunkte enthält, aufgefüllt werden. Die Quantenpunkte können beispielsweise in ein flüssiges Material eingebracht sein, mit welchem die Ausnehmungen aufgefüllt werden. Das flüssige Material kann zumindest
35 teilweise verdampf werden, so dass die Quantenpunkte in den

- 13 -

Ausnahmen übrigbleiben. Dabei kann sich ein Teil des flüssigen Materials verfestigen. Die Quantenpunkte können daher in einer Matrix eingebettet sein.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung verfügt das Polarisationsselement über wenigstens einen dreidimensionalen photonischen Kristall. Ebenso ist es denkbar, dass das Polarisationsselement wenigstens zwei zweidimensionale photonische Kristalle aufweist, die entlang eines Strahlengangs der das
10 Polarisationsselement durchdringenden Strahlung hintereinander angeordnet sind.

Vorzugsweise wird ein dreidimensionaler photonischer Kristall oder wenigstens zwei im Strahlengang hintereinander angeordnete
15 zweidimensionale photonische Kristalle verwendet, so dass die Struktur, auf die die Strahlung trifft, für Strahlung mit einer bestimmten Wellenlänge oder mehreren speziellen Wellenlängen transparent ist und/oder diese nur in eine bestimmte Richtung durchlässt. Auf diese Weise lässt sich ebenfalls die gewünschte
20 Polarisierung der auf das Polarisationsselement auftreffenden Strahlung einstellen. In diesem Zusammenhang ist es denkbar, die Struktur direkt im Konvertermaterial herzustellen oder in eine zusätzliche Schicht aus einem anderen Material einzubringen. Die Eigenschaft der dreidimensionalen photonischen Struktur wird dabei bevorzugt derart ausgelegt, dass die Transmissionsbedingungen für verschiedene Wellenlängen unterschiedlich
25 sind. Auf diese Weise ist es möglich, dass beispielsweise konvertierte Strahlung das Polarisationsselement ungehindert passieren kann, während die Anregungsstrahlung abgelenkt wird.
30 Ebenso ist es denkbar, dass zumindest eine der Strahlungen, nämlich Anregungsstrahlung einerseits und konvertierte Strahlung andererseits, nur mit einer bestimmten Polarisierung das Polarisationsselement durchstrahlt.

- 14 -

In einer Ausführungsform der Erfindung ist ferner vorgesehen, dass das Polarisationselement in Abhängigkeit einer Wellenlänge der Strahlung, die durch das Polarisationselement tritt, wenigstens zwei unterschiedliche Transmissionsgrade aufweist. In diesem Zusammenhang sieht eine spezielle Weiterbildung vor, dass die Emittereinheit eine LED und ein Konverterelement mit einem Konvertermaterial aufweist, welches angeregt durch von der LED abgestrahlte Anregungsstrahlung eine konvertierte Strahlung emittiert, und dass auf das Polarisationselement auftreffende Anregungsstrahlung bei Durchtritt durch das Polarisationselement im Vergleich zu durchtretender konvertierter Strahlung anders polarisiert und/oder unterschiedlich stark absorbiert wird.

Die Eigenschaften der dreidimensionalen photonischen Struktur sind somit derart ausgelegt, dass die Transmissionsbedingungen für verschiedene Wellenlängen unterschiedlich sind. In diesem Fall ist es etwa denkbar, dass konvertiertes Licht ungehindert die dreidimensionale photonische Struktur passieren kann, während die Anregungsstrahlung abgelenkt wird. Ebenso ist es denkbar, dass konvertierte Strahlung nur mit einer bestimmten Polarisation aus der dreidimensionalen photonischen Struktur austritt.

Im Weiteren ist es denkbar, dass eine der beiden Strahlungen, die unterschiedliche Wellenlängen aufweisen, durch die unterschiedlichen Eigenschaften des Polarisationselements in Bezug auf die Polarisation und Ausbreitungsrichtung diskriminiert wird. Vorzugsweise ist daher vorgesehen, dass bei einer Kombination einer LED und einem Konverterelement, durch die eine Vollkonversion realisiert wird, ein Teil der Anregungsstrahlung bis auf einen vergleichsweise kleinen Strahlungsanteil mit einer speziellen Wellenlänge herausgefiltert wird, was dazu führt, dass eine dünnere Schicht des Konvertermaterials verwendet werden kann.

- 15 -

Auf besonders vorteilhafte Weise können die Vorteile der Erfindung genutzt werden, sofern eine Emittereinheit mit einer LED vorgesehen ist und die dreidimensionale Struktur des Polarisationselements direkt auf den LED-Chip, bevorzugt auf die Halbleiterschicht der LED, über die die erzeugte Strahlung zur Lichtaustrittsfläche gelangt, aufgebracht ist. Gemäß dieser Ausführungsform befindet sich die dreidimensionale photonische Struktur direkt auf oder im LED-Chip. Mit einer derartigen technischen Lösung kann aufgrund der polarisierten Strahlungsemission die Auflösung bei der Erzeugung von Bildern verbessert werden, und Bauteile zur Strahlerzeugung können vergleichsweise klein ausgeführt werden. Dies lässt sich beispielsweise dadurch erreichen, dass die von mehreren Bauteilen bzw. von mehreren Beleuchtungseinheiten mit komplementären Eigenschaften emittierten Strahlungen über gemeinsame Optiken abgebildet werden. Derart ausgebildete Beleuchtungseinheiten sind somit besonders auf dem Gebiet der Unterhaltungselektronik einsetzbar.

Im Übrigen betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Beleuchtungseinheit mit wenigstens einer Emittereinheit, die über eine Lichtaustrittsfläche Strahlung emittiert, und mit einem Polarisationselement, das wenigstens abschnittsweise an die Lichtaustrittsfläche anschließt und eine Polarisation und/oder eine Intensität einer von der Emittereinheit ausgehenden Strahlung bei Durchtritt der Strahlung durch das Polarisationselement ändert.

Erfindungsgemäß ist das Verfahren dadurch weitergebildet worden, dass als Emittereinheit ein Chip mit einer LED bereitgestellt wird, auf dessen Lichtaustrittsfläche als Polarisationselement eine dreidimensionale photonische Struktur, zum Beispiel im Wege der Zwei-Photon-Lithographie oder des Glancing-Angle-Deposition, aufgebracht und/oder die photonische Struktur in eine an die Lichtaustrittsfläche anschließende Halbleiterschicht der LED eingebracht wird.

- 16 -

Gemäß einer speziellen Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, dass die dreidimensionale Struktur in Abhängigkeit der Wellenlänge der von der LED emittierten Strahlung dimensioniert wird.

5

Auf vorteilhafte Weise lässt sich eine Beleuchtungseinheit, die gemäß wenigstens einer der auf der Erfindung beruhenden Ausführungsbeispiele ausgeführt ist, in einer Vorrichtung zur Erzeugung dreidimensionaler Bilder, insbesondere für die Darstellung auf einem Display, einem Monitor oder einer Leinwand verwenden.

Auf besonders vorteilhafte Weise lässt sich eine erfindungsgemäß ausgeführte Beleuchtungseinheit darüber hinaus zur computergestützten Erzeugung dreidimensionaler Bilder einsetzen. Von Vorteil hierbei ist es, dass die erfindungsgemäße Beleuchtungseinheit mit einer dreidimensionalen photonischen Struktur als Polarisationselement die Abstrahlcharakteristik von LEDs in Bezug auf die Polarisations Eigenschaften verändert und so eine Diskriminierung verschiedener Wellenlängen aufgrund unterschiedlicher, wellenlängenspezifischer Polarisations Eigenschaften oder Abstrahlrichtungen erzielt werden kann.

Von großem Vorteil hierbei ist es, dass polarisierte Strahlung, insbesondere polarisiertes Licht, direkt auf einem Substrat mit Emittereinheit, insbesondere auf Ebene eines LED-Chips, erzeugt oder die Selektivität bei Vollkonversion verbessert werden kann. Aufgrund der Emission von gezielt polarisierter Strahlung kann die Auflösung von dreidimensionalen Darstellungen verbessert und gleichzeitig die für die Bilderzeugung benötigten Bauteile bzw. Beleuchtungseinheiten verkleinert werden. Dies lässt sich auf vorteilhafte Weise erreichen, indem das Licht mehrerer Bauteile mit komplementären Eigenschaften über gemeinsame Optiken auf einem Display oder einem Schirm abgebildet wird. Insbesondere auf dem Gebiet der Unterhaltungselektronik können durch

- 17 -

Kombination komplementärer Polarisationsselemente besonders bevorzugt dreidimensionale Bilder erzeugt werden.

Es kann auch wünschenswert sein, ein Konverterelement für ein
5 optoelektronisches Bauteil sowie eine Strahlungsquelle mit einem derartigen Konverterelement derart weiterzubilden, dass eine besonders platzsparende Anordnung der einzelnen Elemente und damit eine besonders kleine Bauform einer Strahlungsquelle, bestehend aus einem Emitter zum Aussenden von Anregungsstrahlung und einem Konverterelement, ermöglicht wird. Hierbei kann
10 es von großer Bedeutung sein, dass die von der Strahlungsquelle emittierte Strahlung gezielt in einen bestimmten Raumbereich abgestrahlt wird, während die Abstrahlung in andere Bereiche zuverlässig und auf vergleichsweise einfache Weise verhindert wird. Des Weiteren kann eine technische Lösung wünschenswert
15 sein, die sich durch eine hohe Energieeffizienz und somit durch eine im Vergleich zu bekannten technischen Lösungen vergleichsweise gute Lichtausbeute auszeichnet.

20 Ferner kann es wünschenswert sein, dass sich eine Strahlungsquelle, bestehend aus einem Emitter zur Erzeugung einer Anregungsstrahlung sowie einem Konverterelement zur Erzeugung einer konvertierten Strahlung, fertigungstechnisch einfach und kostengünstig sowie insbesondere mit bekannten Herstellungsmethoden realisieren lässt. Insofern kann es wünschenswert sein, ein
25 Verfahren zur Herstellung einer Strahlungsquelle anzugeben.

Die Erfindung betrifft auch ein Konverterelement für ein optoelektronisches Bauelement, das wenigstens eine Schicht mit einem Konvertermaterial aufweist, welches bei Anregung durch eine
30 auftreffende Anregungsstrahlung eine konvertierte Strahlung in einen Abstrahlbereich emittiert. Erfindungsgemäß zeichnet sich das Konverterelement dadurch aus, dass die Schicht zumindest bereichsweise eine Struktur, auf der zumindest abschnittsweise
35 das Konvertermaterial angeordnet ist, aufweist und die derart

- 18 -

ausgeführt ist, dass die Strahlung als gerichtetes Strahlenbündel in den Abstrahlbereich emittiert wird. Wesentliches Merkmal der Erfindung ist somit das Vorsehen einer Schicht, die auf geeignete Weise strukturiert ist, wobei in oder auf die Struktur ein Konvertermaterial, das bei Anregung durch eine Anregungs- oder Pumpstrahlung konvertierte Strahlung emittiert, aufgebracht ist. Durch Verbindung der Komponenten Konvertermaterial einerseits und strukturierte Schicht zur gezielten Strahlführung und/oder -formung andererseits wird auf besonders platzsparende Weise ein Element geschaffen, das eine gezielte, auf einen gewünschten Raumbereich begrenzte Emission von Strahlung in den Abstrahlbereich der Strahlungsquelle ermöglicht. In diesem Zusammenhang ist es sowohl denkbar, dass die vom Konverterelement ausgesandte konvertierte Strahlung als auch die Anregungsstrahlung auf geeignete Weise gerichtet wird, sodass Strahlung nur in eine bestimmte Richtung emittiert wird, während die Emission derartiger Strahlung in andere Richtungen und/oder Bereiche ausgeschlossen ist.

Generell ist es denkbar, dass die Struktur, die hierin auch als photonische Struktur bezeichnet wird, zumindest bereichsweise mit einem geeigneten Konvertermaterial beschichtet und/oder zumindest einzelne Bereiche, beispielsweise Vertiefungen der Struktur, mit dem geeigneten Konvertermaterial aufgefüllt werden. Die Struktur ist hierbei derart ausgeführt, dass die emittierte konvertierte Strahlung als Strahlenbündel in eine gewünschte Richtung des Abstrahlbereichs emittiert wird. In diesem Zusammenhang ist es denkbar, die Struktur auf geeignete Weise derart auszuführen, dass unterschiedliche Bereiche vorhanden sind, in die ein Strahlbündel emittiert wird. Auf diese Weise können Konverterelemente bereitgestellt werden, die die Abstrahlcharakteristik eines optoelektronischen Bauelementes, in dem diese verwendet werden, bedarfsgerecht einstellen. Insbesondere ist es aufgrund einer geeigneten Strukturierung der Schicht möglich, ein Konverterelement bereitzustellen, durch

- 19 -

das das Emissionsprofil eines optoelektronischen Bauelementes, für das das Konverterelement verwendet wird, derart veränderbar ist, dass die Abstrahlung nicht mehr gemäß dem Lambertschen Gesetz erfolgt, sondern ein gezielt in eine Richtung gelenkter Strahl bzw. ein Strahlenbündel erzeugt wird.

Das Konvertermaterial kann mit Ce^{3+} (Ce für Cer), Eu^{2+} (Eu für Europium), Mn^{4+} (Mn für Mangan) oder Neodym-Ionen dotiert sein. Als Wirtsmaterial kann zum Beispiel YAG oder LuAG verwendet werden. YAG steht hierbei für Yttrium-Aluminium-Granat. LuAG steht für Lutetium-Aluminium-Granat.

Als Konvertermaterial kommen auch Quantenpunkte in Frage. Diese sind sehr klein, zum Beispiel im Bereich von 10 nm. Sie eignen sich daher besonders gut zum Auffüllen der vorstehend erwähnten Vertiefungen in der photonischen Struktur. Generell ist es denkbar, dass die photonische Struktur durch Herausätzen von Vertiefungen aus der Schicht, in welcher die photonische Struktur gebildet werden soll, hergestellt wird. Die Vertiefungen können sodann mit Konvertermaterial, das zum Beispiel Quantenpunkte enthält, aufgefüllt werden. Die Quantenpunkte können beispielsweise in ein flüssiges Material eingebracht sein, mit welchem die Vertiefungen aufgefüllt werden. Das flüssige Material kann zumindest teilweise verdampft werden, so dass die Quantenpunkte in den Vertiefungen übrigbleiben. Dabei kann sich ein Teil des flüssigen Materials verfestigen. Die Quantenpunkte können daher in einer Matrix eingebettet sein.

Die photonische Struktur ändert normalerweise nicht die spektralen Eigenschaften eines Quantenpunkts. Allerdings weist ein Quantenpunkt ein schmalbandiges Emissionsspektrum auf. Die photonische Struktur kann an dieses schmalbandige Emissionsspektrum angepasst sein, wodurch die durch die photonische Struktur bewirkte Richtungsselektivität verbessert werden kann. Mittels

- 20 -

einer photonischen Struktur kann somit die Abstrahlcharakteristik von Quantenpunkten als Konverter sehr effizient beeinflusst werden.

5 In einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Struktur quasiperiodisch oder deterministisch aperiodisch angeordnete Strukturelemente aufweist. Eine derart regelmäßige Struktur bietet den Vorteil, dass die optischen Eigenschaften des Konverterelementes mit einer entsprechenden strukturierten
10 Schicht besonders zuverlässig, sicher und reproduzierbar einstellbar sind. Die Struktur ist hierbei auf vorteilhafte Weise derart ausgeführt, dass Strahlung einer bestimmten Wellenlänge oder eines bestimmten Wellenlängenbereichs die Schicht in einer gezielt vorgegebenen Richtung durchdringen kann, während diese
15 Strahlung in anderen Richtungen die Schicht nicht durchdringen kann. Alternativ oder ergänzend kann die strukturierte Schicht derart ausgeführt sein, dass sie zumindest über einen großen Bereich für Strahlung einer speziellen Wellenlänge transparent oder nicht durchlässig ist.

20

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Schicht wenigstens einen photonischen Kristall aufweist. Durch Einsatz eines geeigneten photonischen Kristalls kann gezielt die Ausbreitung von Strahlung ausgewählter Wellenlängen
25 oder Wellenlängenbereiche, zumindest deren Ausbreitung in einer bestimmten Richtung, blockiert und so ein Strahl oder ein Strahlenbündel der konvertierten Strahlung bedarfsgerecht gerichtet in den hierfür vorgesehenen Raumbereich bzw. Abstrahlbereich ausgestrahlt werden. Deterministische aperiodische Strukturen
30 und quasiperiodische Strukturen können die gleiche Funktionalität aufweisen wie photonischen Kristalle. Es können allerdings leicht unterschiedliche Eigenschaften im Fernfeld vorliegen. Wenn hierin somit von photonischen Kristallen die Rede ist, soll dies entsprechend auch für deterministische aperiodische Strukturen und/oder quasiperiodische Strukturen gelten.
35

Unter einem photonischen Kristall versteht man periodische Strukturen, die durch eine periodische Variation des optischen Brechungsindex eine Bandstruktur für Photonen erzeugen. Diese Bandstruktur kann eine Bandlücke in einem gewissen Frequenzbereich aufweisen. Diese Eigenschaft kann man alternativ auch mit nicht-periodischen aber trotzdem geordneten Strukturen erzeugen. Bei derartigen Strukturen handelt es sich insbesondere um quasiperiodische oder deterministische aperiodische photonische Strukturen. Dies können zum Beispiel spiralförmige Anordnungen sein.

Im Weiteren ist es von Vorteil, wenn die Struktur wenigstens eine Vertiefung aufweist, in der sich das Konvertermaterial befindet. Vorzugsweise ist in diesem Zusammenhang vorgesehen, dass die Struktur eine Mehrzahl von Erhebungen und Vertiefungen aufweist, wobei die Vertiefungen zumindest teilweise mit dem geeigneten Konvertermaterial befüllt sind. Auf diese Weise lässt sich vergleichsweise einfach ein Konverterelement realisieren, bei dem die erfindungsgemäß vorgesehene Struktur derart mit dem Konvertermaterial kombiniert wird, dass die konvertierte Strahlung nur in einen gezielt begrenzten Abstrahlbereich und somit besonders zielgerichtet abgestrahlt wird. Grundsätzlich ist es in diesem Zusammenhang denkbar, dass das Konverterelement derart ausgeführt wird, dass die Anregungsstrahlung durch die Struktur gezielt auf hierfür vorgesehene Bereiche des Konvertermaterials gerichtet wird und/oder dass die konvertierte Strahlung auf die Struktur auftrifft und so als gezielt abgestrahltes Strahlenbündel in den gewünschten Abstrahlbereich abgestrahlt wird.

Auf vorteilhafte Weise ist die Schicht mit der Struktur so ausgeführt, dass die Schicht über wenigstens eine optische Bandlücke verfügt. Als Bandlücke wird in diesem Zusammenhang der Bereich der Schicht, die ein Festkörpermateriale aufweist, verstanden, der zwischen dem Valenzband und dem Leitungsband liegt.

- 22 -

Aufgrund der Bandlücke sind der für die Schicht verwendete Festkörper und damit das Konverterelement, das mit der Schicht versehen ist, für Strahlung in einem bestimmten Frequenzbereich transparent. Durch gezielte Einstellung der Bandlücke und/oder
5 Auswahl eines Festkörpermateri als, kann so die optische Eigenschaft des Konverterelementes gezielt eingestellt werden. Insbesondere ist es möglich, die Schicht derart auszuführen, dass nur ein Teil der auftreffenden Strahlung durch die Schicht hindurchgeleitet und in den Abstrahlbereich emittiert wird. Von
10 großem Vorteil ist es, wenn die Struktur der Schicht eine mittlere Dicke von wenigstens 500 nm aufweist. Auf vorteilhafte Weise wird hierbei eine photonische Struktur, insbesondere ein photonischer Kristall, eine quasiperiodische Struktur oder eine deterministisch aperiodische Struktur, gewählt, die eine
15 Schichtdicke von mindestens 500 nm aufweist, sodass hierdurch eine optische Bandlücke erzeugt wird.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Schicht mit der Struktur derart ausgeführt ist, dass das
20 gerichtete Strahlenbündel senkrecht zu einer Ebene, in der die Schicht angeordnet ist, emittiert wird. Gemäß dieser Ausführungsform ist vorgesehen, dass die in den Abstrahlbereich emittierte Strahlung senkrecht zur Schichtebene angeordnet ist. Demgegenüber werden Strahlungsanteile, die in andere Raumbereiche
25 abgestrahlt werden, zuverlässig unterdrückt.

Im Weiteren stellt es eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung dar, wenn zumindest auf einer Seite der Schicht ein optisches Filterelement angeordnet ist. Vorzugsweise ist ein
30 derartiges Filterelement als Filterschicht ausgeführt, die flächig auf die strukturierte Schicht mit dem Konvertermaterial aufgebracht ist. Mithilfe eines derartigen Filterelementes bzw. einer derartigen Filterschicht ist es möglich, dass nur ein bestimmter Teil einer Strahlung auf die Schicht mit dem Konvertermaterial auftrifft oder aber nur ein bestimmter Teil der von
35

- 23 -

der strukturierten Schicht mit dem Konvertermaterial ausgesandten konvertierten Strahlung in den gewünschten Raumbereich emittiert wird.

- 5 Das Filterelement, insbesondere die Filterschicht, wird somit vorzugsweise derart ausgeführt, dass lediglich der Anteil einer Strahlung das Filterelement oder die Filterschicht passieren kann, der als Anregungsstrahlung benötigt wird oder der gezielt in den Abstrahlbereich emittiert werden soll.

10

- Im Weiteren betrifft die Erfindung eine Strahlungsquelle mit einer LED, die eine Anregungsstrahlung in ein Konverterelement, das gemäß zumindest eines der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäß ausgeführten Konverterelementes
15 ausgebildet ist, einstrahlt. Das Konverterelement verfügt wiederum über wenigstens eine Schicht mit einem Konvertermaterial, welches bei Anregung durch die von der LED emittierte Anregungsstrahlung zur Emission einer konvertierten Strahlung in einen Abstrahlbereich angeregt wird. In diesem Zusammenhang ist
20 es denkbar, dass eine LED mit einem Konverterelement derart kombiniert wird, dass die gesamte von der LED emittierte Anregungsstrahlung in konvertierte Strahlung gewandelt wird oder aber dass lediglich ein Teil der von der LED emittierten Anregungsstrahlung in konvertierte Strahlung gewandelt wird. Wesentlich ist wiederum, dass die in den Abstrahlbereich der
25 Strahlungsquelle emittierte Strahlung nur in einen gewünschten Raumbereich gerichtet ist. Die Strahlungsquelle erzeugt so einen gerichteten Strahl oder ein gerichtetes Strahlenbündel, der oder das in eine gezielt ausgewählte Richtung oder in einen gezielt ausgewählten Abstrahlbereich ausgesendet wird.
30

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist die strukturierte Schicht mit dem Konvertermaterial Teil eines Halbleitersubstrats der LED. Auf vorteilhafte Weise ist hierbei die Struktur

- 24 -

in einem Halbleitersubstrat der LED ausgebildet. In diesem Zusammenhang ist es weiterhin bevorzugt denkbar, dass die Struktur durch gezieltes Ätzen des LED-Halbleitersubstrats hergestellt wird und die Struktur daraufhin zumindest teilweise mit Konvertermaterial beschichtet und/oder das Konvertermaterial in herausgeätzte Vertiefungen der Struktur eingefüllt wird.

Ferner ist auf vorteilhafte Weise vorgesehen, dass die Struktur mit dem Konvertermaterial derart ausgeführt ist, dass die konvertierte Strahlung senkrecht zu einer Ebene, in der das Halbleitersubstrat angeordnet ist, in den Abstrahlbereich ausgesendet wird. Die Struktur ist hierbei derart ausgeführt, dass konvertierte Strahlung aufgrund eines Bandlückeneffekts nur senkrecht zur Oberfläche des LED-Chips in den Abstrahlbereich abgestrahlt wird. Aufgrund dieser technischen Lösung wird eine hohe Direktionalität der vom Konverterelement emittierten konvertierten Strahlung erreicht. In diesem Zusammenhang ist es denkbar, dass die Struktur, insbesondere die photonische Struktur, beispielsweise in Form eines photonischen Kristalls, nur in der obersten Schicht des Halbleitermaterials der LED oder auch zumindest teilweise in der aktiven Zone angeordnet ist. Von Vorteil ist es wiederum, wenn die Struktur eine Schichtdicke von mindestens 500 nm aufweist, um zuverlässig eine optische Bandlücke zu erzeugen.

25

In einer speziellen Ausführungsform ist vorgesehen, dass zumindest eine Filterschicht vorgesehen ist, die zumindest auf einer Seite der strukturierten Schicht angeordnet ist. In diesem Zusammenhang ist es wiederum denkbar, dass mithilfe einer Filterschicht die von der LED erzeugte Anregungsstrahlung in bestimmten Wellenlängenbereichen unterdrückt wird. Auf diese Weise können vor allem Etendue-begrenzte Systeme, die auf einer Vollkonversion der Anregungsstrahlung beruhen, durch die gerichtete

30

- 25 -

Strahlungserzeugung in der strukturierten Schicht des Konverterelements gegenüber bekannten technischen Lösungen deutlich effizienter gemacht werden.

- 5 Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist die Strahlungsquelle derart ausgeführt, dass sie sichtbares weißes Licht oder sichtbares konvertiertes Licht, mit den für den RGB-Farbraum charakteristischen Farben, nämlich Rot, Grün und Blau, emittiert.
- 10 Gemäß einer weiteren Ausführungsform verfügt die Strahlungsquelle über eine LED oder über eine Mehrzahl von LEDs. Diese können array-artig nebeneinander angeordnet und individuell ansteuerbar sein.
- 15 Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Strahlungsquelle ein pixeliertes Array sein, bei dem zum Beispiel einzelne Pixel eines größeren Bauteils individuell ein- und ausgeschaltet werden können.
- 20 Der Einsatz einer photonischen Struktur, wie hierin beschrieben, in Kombination mit sehr kleinen LEDs, etwa den vorstehend erwähnten LEDs, oder mit pixelierten Arrays ist vorteilhaft, da
- 25 klassische Optiken wie Linsen bei kleinen Dimensionen nur sehr eingeschränkt verwendet werden können. Außerdem kann mittels einer photonischen Struktur aufgrund der dadurch bereitgestellten
- Direktionalität der Kontrast zwischen benachbarten Pixeln verbessert werden.

- Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Strahlungsquelle
- 30 auch als ein chip-size Package ausgestaltet sein. Hierbei handelt es sich insbesondere um ein Bauteil ohne richtiges Gehäuse. Für solche Bauteile ist die Art der hierin beschriebenen optischen Elemente besonders vorteilhaft, da klassische Linsen auf den sehr kompakten Bauteilen nicht gut montiert werden können
- 35 beziehungsweise das Bauteil deutlich vergrößern.

- 26 -

Im Weiteren betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zur Herstellung einer Strahlungsquelle, die über zumindest eine der zuvor beschriebenen speziellen Eigenschaften verfügt. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die Struktur durch wenigstens einen Ätzschritt in einem Halbleitersubstrat der LED ausgebildet wird. Von Vorteil ist es hierbei, wenn die Struktur, insbesondere gezielt ausgewählte Ausnehmungen in der Struktur, wenigstens teilweise mit dem Konvertermaterial gefüllt werden.

Es kann ein Bedarf an Strukturen bestehen, mittels denen eine Auskopplung, insbesondere Lichtauskopplung, aus einem Halbleiterkörper bereitgestellt werden kann.

Gemäß einem ersten Aspekt wird ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung, insbesondere eines elektronischen Bauelements, insbesondere eines opto-elektronischen Bauelements, insbesondere einer Leuchtdiode, vorgeschlagen, wobei zum Erzeugen einer, insbesondere optischen, Auskopplungsstruktur in einem Oberflächenbereich eines die Vorrichtung bereitstellenden Halbleiterkörpers, ein Strukturieren des Oberflächenbereichs und ein Planarisieren des strukturierten Oberflächenbereichs zum Erhalten einer planarisierten Oberfläche des Oberflächenbereichs ausgeführt werden. Planarisieren bedeutet insbesondere Ausbilden einer Ebenheit, die ebenso als Planarität bezeichnet werden kann.

Gemäß einem zweiten Aspekt wird eine Vorrichtung, insbesondere ein elektronisches Bauelement, insbesondere ein opto-elektronisches Bauelement, insbesondere Leuchtdiode, vorgeschlagen, wobei eine Auskopplungsstruktur in einem Oberflächenbereich eines die Vorrichtung bereitstellenden Halbleiterkörpers mittels Strukturierens des Oberflächenbereichs und Planarisierens des strukturierten Oberflächenbereichs zum Erhalten einer planarisierten Oberfläche des Oberflächenbereichs erzeugt wurde.

- 27 -

Mit einer vorgeschlagenen Auskopplungsstruktur kann Licht aus einer Oberfläche zu dieser senkrecht gerichtet ausgesendet werden.

- 5 Gemäß einer vorgeschlagenen Ausführung kann ein Strukturieren des Oberflächenbereichs des Halbleiterkörpers, der ebenso als Rohchip bezeichnet werden kann, mittels Erzeugens einer zufälligen Topologie an dem Oberflächenbereich ausgeführt werden.
- 10 Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausführung kann ein Erzeugen der zufälligen Topologie mittels direkten Aufrauens der Oberfläche des Oberflächenbereichs des ein erstes Material aufweisenden Halbleiterkörpers ausgeführt werden.
- 15 Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausführung kann ein Erzeugen der zufälligen Topologie mittels Anbringens eines einen großen Brechungsindex, insbesondere größer 2, aufweisenden transparenten zweiten Materials, insbesondere Nb_2O_5 , an dem Oberflächenbereich und Aufrauens des zweiten Materials ausge-
- 20 führt werden. Dieses zweite Material kann als Schicht an dem Oberflächenbereich angebracht werden.

- Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausführung kann ein Strukturieren des Oberflächenbereichs des Halbleiterkörpers, mittels
- 25 Erzeugens einer geordneten Topologie an dem Oberflächenbereich ausgeführt werden.

- Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausführung kann ein Erzeugen der geordneten Topologie mittels Anbringens eines einen
- 30 hohen Brechungsindex, insbesondere größer 2, aufweisenden transparenten zweiten Materials, insbesondere Nb_2O_5 , und in dieses Material erfolgendes Einstrukturierens periodischer photonischer Kristalle oder nicht-periodischer photonischer Strukturen, insbesondere quasiperiodischer oder deterministischer
- 35 aperiodischer photonischer Strukturen, in das zweite Material

ausgeführt werden. Das zweite Material kann als Schicht angebracht werden.

Unter einem photonischen Kristall versteht man periodische
5 Strukturen, die durch eine periodische Variation des optischen Brechungsindex eine Bandstruktur für Photonen erzeugen. Diese Bandstruktur kann eine Bandlücke in einem gewissen Frequenzbereich aufweisen. Diese Eigenschaft kann man alternativ auch mit nicht-periodischen aber trotzdem geordneten Strukturen erzeugen.
10 Bei derartigen Strukturen handelt es sich insbesondere um quasiperiodische oder deterministische aperiodische photonische Strukturen. Dies können zum Beispiel spiralförmige Anordnungen sein.

15 Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausführung kann ein Planarisieren des Oberflächenbereichs des Halbleiterkörpers mittels Anbringens von transparentem dritten Material mit einem niedrigen Brechungsindex, insbesondere kleiner 1,5, insbesondere SiO_2 , an den Oberflächenbereich ausgeführt werden. Das dritte
20 Material kann als Schicht angebracht werden.

Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausführung kann ein Anbringen von SiO_2 als transparentes drittes Material mit niedrigem Brechungsindex mittels TEOS (Tetraethylorthosilicat) ausgeführt werden.
25

Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausführung kann ein Dünnen des dritten Materials mit niedrigem Brechungsindex ausgeführt werden, bis die Oberfläche eben und/oder glatt mit höchsten
30 Erhebungen im ersten Material des Halbleiterkörpers oder im zweiten Material mit hohem Brechungsindex abschließt.

Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausführung kann ein Dünnen mittels chemisch-mechanischen Polierens (CMP) ausgeführt werden.
35

- 29 -

Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausführung kann ein Transferieren der Vorrichtung mittels Stempeltechnologie ausgeführt werden.

- 5 Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausgestaltung kann die planarisierte Oberfläche eben und/oder glatt sein und eine Rauigkeit im Bereich kleiner 20 Nanometer, insbesondere kleiner 1 Nanometer, als Mittelrauwert aufweisen.
- 10 Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausgestaltung kann die Auskopplungsstruktur ein transparentes drittes Material mit kleinem Brechungsindex, insbesondere SiO_2 , an einem aufgerauten ersten Material des Halbleiters des Bauelements aufweisen.
- 15 Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausgestaltung kann die Auskopplungsstruktur ein transparentes drittes Material mit kleinem Brechungsindex, insbesondere SiO_2 , an einem aufgerauten transparenten zweiten Material mit großem Brechungsindex, insbesondere Nb_2O_5 , aufweisen, wobei das zweite Material an einem
- 20 ersten Material des Halbleiters des Bauelements angebracht sein kann.

Gemäß einer weiteren vorgeschlagenen Ausgestaltung kann die Auskopplungsstruktur ein transparentes drittes Material mit

25 kleinem Brechungsindex, insbesondere SiO_2 , an einem transparenten zweiten Material mit großem Brechungsindex aufweisen, wobei das zweite Material an einem ersten Material des Halbleiters des Bauelements angebracht ist und periodische photonische Kristalle oder nicht-periodische photonische Strukturen, insbesondere

30 quasiperiodische oder deterministische aperiodische photonische Strukturen aufweisen kann.

Es kann auch wünschenswert sein, eine verbesserte optoelektronische Vorrichtung bereitzustellen, die Licht zumindest im Wesentlich senkrecht zu einer emittierenden Oberfläche abstrahlt.

35

- 30 -

Die Erfindung betrifft auch eine optoelektronische Vorrichtung, die eine Anordnung mit einer Vielzahl von Lichtquellen zur Erzeugung von Licht umfasst, das aus einer Lichtaustrittsfläche aus der optoelektronischen Vorrichtung austritt, und außerdem
5 wenigstens eine photonische Struktur umfasst, die zwischen der Lichtaustrittsfläche und der Vielzahl der Lichtquellen angeordnet ist.

Mittels der wenigstens einen photonischen Struktur, bei der es
10 sich insbesondere um einen photonischen Kristall oder um Pillarstrukturen, die hierin auch als Säulenstrukturen bezeichnet werden, handeln kann, kann eine Strahlformung des emittierten Lichts bewirkt werden, bevor das Licht die Vorrichtung durch die Lichtaustrittsfläche verlässt.

15 Die photonische Struktur kann insbesondere zur Strahlformung des von den Lichtquellen erzeugten Lichts ausgebildet sein. Die photonische Struktur kann dabei insbesondere derart ausgebildet sein, dass das Licht zumindest im Wesentlichen senkrecht aus
20 der Lichtaustrittsfläche austritt. Die Direktionalität des emittierten Lichts kann somit verbessert werden.

Photonische Kristalle sind an sich bekannt. Hierbei handelt es sich insbesondere um in transparenten Festkörpern vorkommende
25 oder geschaffene periodische Strukturen des optischen Brechungsindex. Insbesondere sind hierin sogenannte zweidimensionale photonische Kristalle relevant, die eine periodische Variation des optischen Brechungsindex in zwei zueinander senkrechten Raumrichtungen aufweisen, insbesondere in zwei parallel
30 zur Lichtaustrittsfläche verlaufenden und zueinander senkrechten Raumrichtungen.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Anordnung ein Array, das als Lichtquellen eine Vielzahl von Pixeln aufweist,

- 31 -

die in einer Schicht angeordnet sind, und ein photonischer Kristall ist in der Schicht angeordnet oder ausgebildet. Der photonische Kristall kann somit direkt in der Schicht angeordnet sein, in welcher die Pixel des Arrays angeordnet sind. Dabei
5 kann der photonische Kristall in der Schicht oberhalb der Lichtquellen angeordnet sein, so dass sich der photonische Kristall dennoch zwischen den Lichtquellen und der Lichtaustrittsfläche befindet.

10 Insbesondere kann die Schicht ein Halbleitermaterial aufweisen, und der photonische Kristall kann in dem Halbleitermaterial strukturiert sein. Als Halbleitermaterial kommen hierbei beispielsweise GaN- oder AlInGaP-Materialsysteme in Frage. GaN steht hierbei für Galliumnitrid und AlInGaP steht hierbei für
15 Aluminium-Indium-Gallium-Phosphid. Beispiele für andere mögliche Materialsysteme sind AlN (für Aluminiumnitrid) und InGaAs (für Indium-Gallium-Arsenid).

Der photonische Kristall kann durch Ausbilden einer periodischen
20 Variation des optischen Brechungsindex in dem Halbleitermaterial realisiert werden, wobei hierzu ein Material mit hohem Brechungsindex, wie zum Beispiel Nb_2O_5 (Niob-(V)-Oxid), verwendet und in das Halbleitermaterial entsprechend eingebracht werden kann. Der photonische Kristall wird hierbei bevorzugt als
25 zweidimensionaler photonischer Kristall ausgebildet, welcher in einer parallel zur Lichtaustrittsrichtung verlaufenden Ebene in zwei zueinander senkrechten Raumrichtungen eine periodische Variation des optischen Brechungsindex aufweist.

30 Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Anordnung ein Array, das als Lichtquellen eine Vielzahl von Pixeln aufweist, die in einer ersten Schicht angeordnet sind, und ein photonischer Kristall ist in einer weiteren, zweiten Schicht angeordnet, wobei die zweite Schicht zwischen der ersten Schicht und
35 der Lichtaustrittsfläche liegt. Der photonische Kristall kann

- 32 -

somit in der zusätzlichen zweiten Schicht über der Schicht mit der Vielzahl von Pixeln angeordnet oder untergebracht sein. Der photonische Kristall kann hierbei wiederum zum Beispiel als zweidimensionaler photonischer Kristall ausgebildet sein. Der photonische Kristall kann mittels Löcher bzw. Ausnehmungen realisiert sein, die in ein Material mit hohem Brechungsindex, zum Beispiel Nb_2O_5 , eingebracht sind. Der photonische Kristall kann somit durch Ausbildung der entsprechenden Strukturierung in dem Material mit hohem Brechungsindex gebildet werden bzw. gebildet sein. Die photonischen Strukturen können mit einem Material mit niedrigem Brechungsindex, beispielsweise Siliziumdioxid, verfüllt sein.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung kann die Anordnung als Lichtquellen eine Vielzahl von LEDs aufweisen, wobei die LEDs in einer ersten Schicht angeordnet sind, und ein photonischer Kristall ist in einer weiteren, zweiten Schicht angeordnet oder ausgebildet, wobei die zweite Schicht zwischen der ersten Schicht und der Lichtaustrittsfläche liegt. In Kombination mit einer insbesondere arrayartigen Anordnung von LEDs kann in einer zusätzlichen, zweiten Schicht über der die LEDs aufweisenden ersten Schicht ein photonischer Kristall vorgesehen sein. Dieser ist bevorzugt als zweidimensionaler photonischer Kristall ausgebildet und in Form einer periodischen Variation des optischen Brechungsindex in zwei parallel zur Lichtaustrittsfläche und senkrecht zueinander verlaufenden Raumrichtungen realisiert. Als Beispiel für ein Material mit hohem Brechungsindex kann hier wiederum Nb_2O_5 genannt werden, und der photonische Kristall kann mittels Löcher bzw. Ausnehmungen in dem Material mit dem hohen Brechungsindex strukturiert sein. Die photonischen Strukturen können mit einem Material mit niedrigerem Brechungsindex, beispielsweise Siliziumdioxid, verfüllt sein.

Bei LEDs kann zwischen horizontalen und vertikalen LEDs unterschieden werden. Bei horizontalen LEDs liegen die elektrischen

- 33 -

Anschlüsse auf der von der Lichtaustrittsfläche abgewandten Rückseite der LED. Im Gegensatz dazu liegt bei einer vertikalen LED jeweils ein elektrischer Anschluss auf der Vorderseite und ein elektrischer Anschluss auf der Rückseite der LED. Die Vorderseite ist dabei der Lichtaustrittsfläche zugewandt.

Bei pixelierten Arrays, bei denen die elektrischen Kontakte beider Polaritäten auf der Rückseite liegen, kann die gesamte Arrayoberfläche strukturiert werden, z.B. in Form eines photonischen Kristalls, insbesondere ohne dabei Mesa-gräben oder Kontaktflächen auszusparen. Eine ähnliche Anordnung ergibt sich für Anordnungen von horizontalen Leuchtdioden unter einem Trägersubstrat.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung können bei einem Array oder einer Anordnung von horizontalen Leuchtdioden zur elektrischen Kontaktierung der Lichtquellen jeweils beide Pole mittels einer das erzeugte Licht spiegelnden Kontaktierungsschicht elektrisch angeschlossen sein, wobei die Kontaktierungsschicht von einer obenliegenden Lichtaustrittsfläche aus gesehen unter der photonischen Struktur und der Lichtquellen liegt. Die Kontaktierungsschicht kann dabei wenigstens zwei elektrisch getrennte Bereiche aufweisen, um einen Kurzschluss zwischen den Polen zu vermeiden.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung kann bei einer Anordnung von vertikalen Leuchtdioden zur elektrischen Kontaktierung der Lichtquellen ein von der Lichtaustrittsfläche abgewandter, insbesondere positiver, erster Pol an einer das erzeugte Licht spiegelnden Kontaktierungsschicht elektrisch angeschlossen sein, wobei die Kontaktierungsschicht von einer obenliegenden Lichtaustrittsfläche aus gesehen unter der photonischen Struktur und der Lichtquellen liegt.

- 34 -

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung kann der jeweils andere, insbesondere negative, zweite Pol, welcher der Lichtaustrittsfläche zugewandt ist, mittels einer Schicht eines elektrisch leitfähigen und optisch transparenten Materials, insbesondere ITO, elektrisch angeschlossen sein. Zwischen der Schicht und der spiegelnden Kontaktierungsschicht kann ein Füllmaterial angeordnet sein.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung kann jede der Lichtquellen eine Rekombinationszone aufweisen und der photonische Kristall kann derart nah an den Rekombinationszonen liegen, dass der photonische Kristall eine im Bereich der Rekombinationszonen vorhandene optische Zustandsdichte verändert, insbesondere derart, dass eine Bandlücke für wenigstens eine optische Mode mit einer Ausbreitungsrichtung parallel und/oder unter kleinem Winkel zur Lichtaustrittsfläche erzeugt wird. Um die optische Bandlücke im Bereich der Rekombinationszone zu bewirken, ist es vorteilhaft, wenn der photonische Kristall sehr nah an der Rekombinationszone liegt. Außerdem ist es zur Ausbildung der Bandlücke vorteilhaft, wenn in einer Richtung senkrecht zur Lichtaustrittsfläche gesehen die Höhe des photonischen Kristalls groß ist, insbesondere gleich oder über 300 nm. Mittels des photonischen Kristalls kann somit für das abgestrahlte Licht eine Direktionalität bereits im Bereich der Lichterzeugung erzielt werden, da die Emission von Licht mit einer Ausbreitungsrichtung parallel und/oder in einem kleinen Winkel zur Lichtaustrittsfläche unterdrückt werden kann. Die Erzeugung von Licht kann dann ausschließlich in einem begrenzten Emissionskegel senkrecht zur Lichtaustrittsfläche erfolgen. Der Öffnungswinkel des Emissionskegels ist dabei abhängig vom photonischen Kristall und kann einen kleinen Wert, zum Beispiel maximal 20°, maximal 15°, maximal 10° oder maximal 5°, betragen.

- 35 -

Der photonische Kristall kann in Bezug auf eine parallel zur Lichtaustrittsfläche verlaufende Ebene unabhängig von der Positionierung der Lichtpunkte angeordnet sein.

- 5 Der photonische Kristall kann mittels einer an sich bekannten Lithographietechnik hergestellt werden. Mögliche an sich bekannte Technologien sind zum Beispiel Nanoimprintlithographie oder Immersions-EUV-Stepper, wobei EUV für extreme ultravio-
- 10 lette Strahlung steht.

10

Die photonische Struktur kann eine Vielzahl von Pillarstrukturen umfassen, die sich zumindest teilweise zwischen der Lichtaustrittsfläche und der Vielzahl der Lichtquellen erstrecken, wobei jeweils ein Pillar einer Lichtquelle zugeordnet ist und

15 in einer Richtung senkrecht zur Lichtaustrittsfläche betrachtet fluchtend mit dieser ausgerichtet ist.

Die Pillars können auch als Säulen bezeichnet werden. Die Pillars bzw. Säulen weisen eine Längsachse auf, die sich bevorzugt

20 senkrecht zur Lichtaustrittsfläche erstreckt. Bei einer fluchtenden Ausrichtung eines Pillars und einer zugeordneten Lichtquelle ist insbesondere gemeint, dass die verlängerte Längsachse des Pillars den Mittelpunkt der Lichtquelle schneidet.

- 25 Quer zur Längsachse gesehen können die Pillars einen kreisförmigen, quadratischen oder vieleckigen Querschnitt haben. Die Pillars haben bevorzugt ein Aspektverhältnis Höhe zu Durchmesser von mindestens 3:1. Die Höhe wird dabei in Richtung der Längsachse der Pillars gemessen.

30

Die Pillars sind insbesondere aus einem Material mit hohem Brechungsindex ausgebildet, wie zum Beispiel Nb_2O_5 . Durch den höheren Brechungsindex im Vergleich mit dem umgebenden Material kann die Lichtemission in einer Richtung parallel zur Längsachse

- 36 -

der Pillars im Vergleich zu anderen Raumrichtungen erhöht werden. Die Pillars wirken als Wellenleiter. Dabei wird Licht entlang der Längsachse der Pillars effizienter ausgekoppelt als längs anderer Ausbreitungsrichtungen. Die Direktionalität in
5 Richtung der Längsachse des Lichts kann somit verbessert werden. Da die Längsachse des Lichts bevorzugt senkrecht zur Lichtaustrittsfläche verläuft, kann außerdem eine verbesserte Lichtauskoppelung senkrecht zur Lichtaustrittsfläche erreicht werden.

10 Die Anordnung kann ein Array sein, das als Lichtquellen eine Vielzahl von Pixeln aufweist, die in einer ersten Schicht angeordnet sind, und die Pillars können in einer weiteren, zweiten Schicht angeordnet sein, wobei die zweite Schicht zwischen der ersten Schicht und der Lichtaustrittsfläche liegt. Die Pillars
15 können somit auf der Oberfläche des pixelierten Arrays angeordnet sein. Die Pillar- bzw. Säulenstrukturen können dabei freistehend aus einem Material mit hohem Brechungsindex ausgebildet sein. Zusätzlich kann der Freiraum zwischen den Pillars mit einem Füllmaterial, z.B. Siliziumdioxid, mit niedrigem Bre-
20 chungsindex verfüllt sein.

Die Anordnung kann als Lichtquellen eine Vielzahl von LEDs aufweisen, die in einer ersten Schicht angeordnet sind, und die Pillars können in einer weiteren, zweiten Schicht angeordnet
25 oder ausgebildet sein, wobei die zweite Schicht zwischen der ersten Schicht und der Lichtaustrittsfläche liegt.

Die Anordnung kann ein Array sein, das als Lichtquellen eine Vielzahl von Pixeln aufweist, die in einer ersten Schicht angeordnet sind, und die Pillars können ebenfalls in der ersten
30 Schicht angeordnet sein. Insbesondere können die Pillars derart in der ersten Schicht angeordnet sein, dass zumindest ein jeweiliger Teil eines Pillars näher an der Lichtaustrittsfläche ist als die dem Pillar zugeordnete Lichtquelle. Der Pillar kann
35 dadurch als Lichtwellenleiter zwischen der Lichtquelle und der

- 37 -

Lichtaustrittsfläche fungieren. Die Pillars können aus einem in der ersten Schicht vorgesehenen Halbleitermaterial des Arrays ausgebildet sein, wobei das Halbleitermaterial einen hohen Brechungsindex aufweist. Insbesondere kann durch Ätzen Halbleitermaterial in der ersten Schicht derart entfernt werden, dass die Pillars stehen bleiben. Die Freiräume zwischen den Pillars können wiederum mit einem niederbrechenden Material verfüllt sein.

Die Anordnung kann ein Array sein, das als Lichtquellen eine Vielzahl von Pixeln, insbesondere in Form von LEDs, aufweist, wobei die Pixel in den Pillars ausgebildet sind. Ein Array kann somit derart erstellt werden, dass die einzelnen Pixel die Form von Pillars haben. Dabei ist jeder Pillar vorzugsweise eine LED und funktioniert als einzelner Pixel. In Bezug auf die Längsachse eines Pillars gesehen kann die Länge des Pillars einer halben Wellenlänge des emittierten Lichts entsprechen, und die Rekombinationszone der von einem Pillar gebildeten LED liegt bevorzugt in der Mitte des Pillars. Die Rekombinationszone liegt damit in einem lokalen Maximum der photonischen Zustandsdichte. Die Lichtemission parallel zur Längsrichtung der Pillars kann dadurch deutlich erhöht werden. Durch den Wellenleiter-Effekt wird das Licht mit Ausbreitungsrichtung parallel zur Längsachse zusätzlich effektiver ausgekoppelt als Licht anderer Ausbreitungsrichtungen.

Das Aspektverhältnis Höhe zu Durchmesser eines Pillars beträgt vorzugsweise 3:1. Bei gebräuchlichen Emissionswellenlängen haben die Pillars eine Höhe von ca. 100 nm und einen Durchmesser von 30 nm. Auch hochskalierte, größere Höhen bzw. Durchmesser sind möglich, die einfacher herzustellen sind. Der Zwischenraum zwischen den die Lichtquellen aufweisenden Pillars kann mit Material, zum Beispiel Siliziumdioxid, verfüllt sein, das einen niedrigeren Brechungsindex aufweist als das Halbleitermaterial für die Pillars.

35

Bei einem eine Lichtquelle aufweisenden Pillar kann ein p-Kontakt auf der von der Lichtaustrittsfläche abgewandten Unterseite des Pillars hergestellt werden. Ein n-Kontakt kann zum Beispiel auf der halben Höhe der Pillars auf der Oberseite des Pillars
5 hergestellt werden. Der n-Kontakt kann über ein transparentes leitfähiges Material hergestellt werden, insbesondere als Zwischenschicht im Füllmaterial oder als oberste Schicht über den Pillars. Ein mögliches Material für eine n-Kontaktschicht ist beispielsweise ITO (Indium-Zinn-Oxid). Auch eine umgekehrte An-
10 ordnung von n- und p-Kontakt ist möglich.

Insbesondere kann bei einer Anordnung von als Pillars oder Säulen geformten, insbesondere vertikalen, Leuchtdioden zur elektrischen Kontaktierung jeweils ein, insbesondere positiver,
15 erster Pol an einer spiegelnden Kontaktierungsschicht elektrisch angeschlossen sein, die an und/oder entlang ersten Längsenden der Leuchtdioden ausgebildet sein kann.

Der jeweils andere, insbesondere negative, zweite Pol kann an
20 einer weiteren Schicht aus einem elektrisch leitfähigen und optisch transparenten Material, insbesondere ITO, elektrisch angeschlossen sein. Diese Schicht kann als Zwischenschicht in der Mitte der Pillars oder Säulen oder an und/oder entlang von zweiten Längsenden der Pillars angeordnet sein, wobei die zwei-
25 ten Längsenden den ersten Längsenden entgegengesetzt sind.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird eine optoelektronische Vorrichtung zur Erzeugung einer zu einer emittierenden Oberfläche senkrecht gerichteten Emission von Licht aus einem, insbeson-
30 dere planaren, Pixel aufweisenden Array oder aus einer Anordnung von Leuchtdioden vorgeschlagen, wobei optisch wirkende Strukturen, insbesondere Nanostrukturen wie ein photonischer Kristall oder eine Pillarstruktur, entlang der gesamten emittierenden Oberfläche zu der senkrecht gerichteten Emission des Lichts
35 strukturiert sind.

- 39 -

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Verfahren zur Herstellung einer optoelektronischen Vorrichtung zur Erzeugung einer zu einer emittierenden Oberfläche senkrecht gerichteten Emission von Licht aus einem, insbesondere planaren, pixelierten Array oder
5 aus einer Anordnung von Leuchtdioden vorgeschlagen, wobei optisch wirkende Strukturen entlang der gesamten emittierenden Oberfläche zu der senkrecht gerichteten Emission des Lichts strukturiert werden.

10 Planares Array heißt insbesondere ebenes Array. Eine Oberfläche eines Arrays oder Feldes ist zudem vorzugsweise glatt. Bei einem pixelierten Array handelt es sich insbesondere um ein monolithisches, pixeliertes Array.

15 Alle erwähnten Materialien, insbesondere die Materialien in einem photonischen Kristall, einem Pillar, oder die Füllmaterialien weisen bevorzugt einen niedrigen Absorptionskoeffizienten auf. Der Absorptionskoeffizient ist hier insbesondere ein Maß für die Verringerung der Intensität elektromagnetischer Strahlung
20 beim Durchgang durch ein gegebenes Material.

Im Folgenden werden beispielhafte Ausführungsvarianten der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher erläutert. Dabei zeigen, jeweils schematisch:

25

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer ersten Variante einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinheit.

30

Fig. 2 eine geschnittene Ansicht einer zweiten Variante einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinheit.

Fig. 3 eine Anordnung einer Vielzahl von Beleuchtungseinheiten der Fig. 2.

- Fig. 4 eine perspektivische Ansicht einer vierten Variante einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinheit.
- Fig. 5 ein Blockdiagramm eines Oberflächentopographie-Erkennungssystems mit einer Beleuchtungseinheit von Fig. 4.
- Fig. 6 eine Beleuchtungseinheit mit einer Emittereinheit, die eine Lichtaustrittsfläche aufweist, auf der ein Polarisationsselement mit einer dreidimensionalen photonischen Struktur aufgebracht ist.
- Fig. 7 eine Darstellung einer dreidimensionalen photonischen Struktur mit einer Vielzahl von spiralförmigen Strukturelementen.
- Fig. 8 Beleuchtungseinheit mit einer Emittereinheit, die eine Lichtaustrittsfläche aufweist, auf der ein Polarisationsselement mit einer dreidimensionalen photonischen Struktur, die über wellenlängenselektive Eigenschaften verfügt, aufgebracht ist.
- Fig. 9 eine Beleuchtungseinheit mit einer Emittereinheit und einer dreidimensionalen photonischen Struktur, in die Konvertermaterial verfüllt ist.
- Fig. 10 eine Draufsicht und Schnittansicht einer Strahlungsquelle, mit einer LED und einem Konverterelement, das durch eine mit Konvertermaterial gefüllte strukturierte Schicht, die sich nur in der obersten Schicht des LED-Halbleitermaterials befindet, gebildet wird.
- Fig. 11 einen Querschnitt durch eine Strahlungsquelle, die über eine LED, ein Konverterelement, das durch eine mit Konvertermaterial gefüllte strukturierte

Schicht, die sich nur in der obersten Schicht des LED-Halbleitermaterials befindet, gebildet wird, sowie über eine auf die oberste Schicht des LED-Halbleitermaterials aufgebraute Filterschicht verfügt.

5

Fig. 12 eine Draufsicht und Schnittansicht einer Strahlungsquelle mit LED und Konverterelement, das durch eine mit Konvertermaterial gefüllte strukturierte Schicht, die bis in die aktive Zone des LED-Halbleitermaterials reicht, gebildet wird.

10

Fig. 13 einen Querschnitt durch eine Strahlungsquelle, die über eine LED, ein Konverterelement, das durch eine mit Konvertermaterial gefüllte strukturierte Schicht, die bis in die aktive Zone des LED-Halbleitermaterials reicht, gebildet wird, und über eine auf die oberste Schicht des LED-Halbleitermaterials aufgebraute Filterschicht verfügt.

15

Fig. 14 ein Ausführungsbeispiel einer vorgeschlagenen Vorrichtung.

20

Fig. 15 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer vorgeschlagenen Vorrichtung.

Fig. 16 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer vorgeschlagenen Vorrichtung.

25

Fig. 17 ein Ausführungsbeispiel eines vorgeschlagenen Verfahrens.

Fig. 18a eine erste vorgeschlagene Vorrichtung in einer Draufsicht.

30

Fig. 18b die erste vorgeschlagene Vorrichtung in einem Querschnitt.

Fig. 19a eine zweite vorgeschlagene Vorrichtung in einer Draufsicht.

- Fig. 19b die zweite vorgeschlagene Vorrichtung in einem Querschnitt.
- Fig. 20a eine dritte vorgeschlagene Vorrichtung in einer Draufsicht.
- 5 Fig. 20b die dritte vorgeschlagene Vorrichtung in einem Querschnitt.
- Fig. 21a eine vierte vorgeschlagene Vorrichtung in einer Draufsicht.
- Fig. 21b die vierte vorgeschlagene Vorrichtung in einem Querschnitt.
- 10 Fig. 22a eine fünfte vorgeschlagene Vorrichtung in einer Draufsicht.
- Fig. 22b die fünfte vorgeschlagene Vorrichtung in einem Querschnitt.
- 15 Fig. 23a eine sechste vorgeschlagene Vorrichtung in einer Draufsicht.
- Fig. 23b die sechste vorgeschlagene Vorrichtung in einem Querschnitt.
- Fig. 24a eine siebte vorgeschlagene Vorrichtung in einer Draufsicht.
- 20 Fig. 24b die siebte vorgeschlagene Vorrichtung in einem Querschnitt.
- Fig. 25a eine achte vorgeschlagene Vorrichtung in einer Draufsicht.
- 25 Fig. 25b die achte vorgeschlagene Vorrichtung in einem Querschnitt.
- Fig. 26a eine neunte vorgeschlagene Vorrichtung in einer Draufsicht.

Fig. 26b die neunte vorgeschlagene Vorrichtung in einem Querschnitt.

Fig. 27 eine Querschnittsansicht einer weiteren Variante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

5

Die in Fig. 1 gezeigte Beleuchtungseinheit 11 umfasst wenigstens eine optoelektronische Emittereinheit 13, welche dazu ausgebildet ist, über eine Lichtaustrittsfläche 15 elektromagnetische Strahlung 19, wie etwa sichtbares oder infrarotes Licht einer Wellenlänge, zu emittieren. Dabei ist eine photonische Struktur 17 zur Strahlformung der elektromagnetischen Strahlung vorgesehen, bevor diese über die Lichtaustrittsfläche 15 austritt. Die photonische Struktur 17 formt die elektromagnetische Strahlung 19 derart, dass die elektromagnetische Strahlung 19 im Fernfeld 21 eine definierte Charakteristik 23 aufweist.

Insbesondere handelt es sich bei der photonischen Struktur 17 der Beleuchtungseinheit 11 von Fig. 1 um einen eindimensionalen photonischen Kristall 25. Dieser erstreckt sich bei der dargestellten Variante bis zur Lichtaustrittsfläche 15. Die Stirnseite des photonischen Kristalls 25 bildet somit die Lichtaustrittsfläche 15. Der eindimensionale photonische Kristall 25 weist eine periodische Variation des optischen Brechungsindex längs einer ersten Richtung R1 auf.

25

Der Kristall 25 bzw. die periodische Variation sind so eingestellt, dass sie die von einer Lichtquelle (nicht gezeigt) der Emittereinheit abgestrahlte elektromagnetische Strahlung strahlformen. Insbesondere wird eine Lichtausbreitung längs der ersten Richtung R1 blockiert. Dadurch weist die abgestrahlte emittierte Strahlung 19 im Fernfeld 21 nur eine geringfügige Ausdehnung längs der ersten Richtung R1 aus. Charakteristisch an der elektromagnetischen Strahlung 19 im Fernfeld 21 ist so-

30

- 44 -

mit, dass sie einen schmalen Streifen 27 bildet. Die elektromagnetische Strahlung 19 ist daher in Bezug auf die erste Richtung 19 kollimiert.

5 Bei der Lichtquelle handelt es sich insbesondere um eine LED. Diese ist typischerweise ein Lambertscher Strahler. Durch die Verwendung der photonischen Struktur 17 und die daraus resultierende Strahlformung kann eine gerichtete, kollimierte elektromagnetische Strahlung 19 erzeugt werden.

10

Wie Fig. 1 schematisch zeigt, verlässt die abgestrahlte elektromagnetische Strahlung 19 die Emittereinheit 13 in Form eines sich im Wesentlichen längs einer zweiten Richtung R2 auffächernden Lichtkegels. Die Mittelachse des Lichtkegels erstreckt sich dabei längs einer Hauptabstrahlrichtung H, die senkrecht zur Lichtaustrittsfläche 15 verläuft. Nicht gezeigt ist eine, in Hauptabstrahlrichtung H gesehen nachgeordnet zur Lichtaustrittsfläche 15 angeordnete, kollimierende, optionale Optik. Mittels der Optik kann die elektromagnetische Strahlung 19 in der zweiten Raumrichtung R2, welche orthogonal zu der ersten Raumrichtung R1 verläuft, kollimiert werden. Die elektromagnetische Strahlung 19 kann im Fernfeld 21 somit in Bezug auf die beiden Richtungen R1, R2 kollimiert sein. Es entsteht ein Leuchtpunkt.

25

Eine Beleuchtungseinrichtung 11 gemäß Fig. 1 eignet sich besonders gut zur Anwendung in einem optischen Scanner. Dabei kann die Beleuchtungseinrichtung 11 aufgrund des streifenartigen Lichtbilds im Fernfeld 21 insbesondere für Zeilen-Scan-Anwendungen eingesetzt werden.

30

Bei der in Fig. 2 dargestellten Beleuchtungseinrichtung 11 ist ein eindimensionaler photonischer Kristall 25 an der Oberseite der Emittereinheit 13 ausgebildet. Die Stirnseite des Kristalls 25 bildet die Lichtaustrittsfläche 15 für elektromagnetische

35

Strahlung, die von einer nicht dargestellten optoelektronischen Lichtquelle, zum Beispiel einer LED, erzeugt wird und durch den photonischen Kristall 25 hindurch über die Lichtaustrittsfläche 25 abgestrahlt wird.

5

Im Unterschied zu der Variante gemäß Fig. 1 verläuft bei der Beleuchtungseinheit der Fig. 2 die Hauptabstrahlrichtung H der elektromagnetischen Strahlung 19 in einem Winkel α zur Normalen N der Lichtaustrittsfläche 15. Der Winkel α ist dabei ungleich null Grad. Der Winkel α kann beispielsweise im Bereich zwischen 30 und 60 Grad liegen. Dies wird dadurch erreicht, dass der eindimensionale photonische Kristall 25 eine sich in einer ersten Richtung R1 erstreckende, periodisch wiederholende Abfolge von zwei Materialien 31, 33 mit unterschiedlichem optischen Brechungsindex aufweist. Die Materialien 31, 33 haben einen parallelogrammartigen Querschnitt und aneinander anstoßende Grenzflächen der Materialien 31, 33 verlaufen nicht orthogonal, sondern geneigt zur Lichtaustrittsfläche 15, wie in Fig. 2 schematisch gezeigt ist.

20

Eine derartige Struktur kann beispielsweise gebildet werden, indem parallel zueinander verlaufende Gräben 29 schräg zur Lichtaustrittsfläche 15 in das die Lichtaustrittsfläche 15 aufweisende Substrat 31 geätzt werden. Die Gräben 29 können mit einem Material 33 aufgefüllt werden, das einen anderen optischen Brechungsindex aufweist als das weggeätzte Substratmaterial 31. Der Winkel α kann dabei von der Schräge der Gräben 29 zur Lichtaustrittsfläche 15 abhängen. Die Breite der Gräben 29 und die Breite eines jeweiligen zwischen zwei Gräben 29 verbleibenden Substratmaterials 31 hat Einfluss auf die Wellenlängen, auf welche der photonische Kristall 25 sich auswirken kann. Typischerweise werden die Breite der Gräben 29 und die Breite des zwischen zwei Gräben liegenden Substratmaterials 33 und damit auch die Periodizität der photonischen Kristallstruktur 25 an die Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung angepasst,

35

die von der Lichtquelle oder einem zwischen Lichtquelle und photonischen Kristall angeordneten Konvertermaterial bereitgestellt wird.

5 Mittels des eindimensionalen photonischen Kristalls 25 kann die Beleuchtungseinheit 11 der Fig. 2 wiederum ein Lichtstreifen 27 im Fernfeld 21 erzeugen, wie in Bezug auf Fig. 1 beschrieben wurden. Im Unterschied zu der Variante der Fig. 1 ist die Hauptabstrahlrichtung H bei der Variante der Fig. 2 um den Winkel α
10 gegenüber der Normalen N verkippt. Mittels einer nachgeordneten Kollimationsoptik kann der Streifen 27 in eine punkt- bzw. kreisförmige Struktur im Fernfeld 21 gebracht werden.

Die in Fig. 3 dargestellte Variante umfasst eine linienartige
15 oder arrayartige Anordnung von mehreren Beleuchtungseinheiten 11 der Fig. 2. Die von den einzelnen Beleuchtungseinheiten 11 emittierten Lichtstrahlen 19 weisen die gleiche Hauptabstrahlrichtung H auf. Die Lichtstrahlen 19 können von einer zusätzlichen, kollimierenden Optik 35, insbesondere einer Linse, auch
20 in einer zweiten Richtung, die in der Darstellung der Fig. 2 senkrecht zur Bildebene verläuft, kollimiert werden. Es ergibt sich somit im Fernfeld hinter der Optik 35 eine punkt- bzw. kreisförmige Abbildung der emittierten Strahlung 19.

25 Durch die Verwendung eines photonischen Kristalls bei einer Beleuchtungseinrichtung 11 gemäß den Fig. 2 und 3 ergibt sich eine effektiv höhere Auflösung für eine linien- bzw. arrayartige Anordnung der Beleuchtungseinrichtungen 11 gemäß Fig. 3. Außerdem lassen sich kleinere Strahlquerschnitte realisieren, insbesondere im Fernfeld nachgeordnet der Optik 35. Dadurch, dass
30 bereits durch die in die Beleuchtungseinrichtungen 11 integrierten photonischen Kristalle 25 eine Kollimation in der ersten Richtung R1 (vgl. Fig. 2) erfolgt, können die Optik 35 und eventuell weitere, nachfolgende Optiken kompakter ausgebildet
35 werden.

- 47 -

Bei der Variante der Fig. 4 umfasst die Beleuchtungseinheit 11 eine photonischen Struktur 17, bei der es sich um einen zwei-dimensionalen photonischen Kristall 37 handelt, dessen Stirnseite die Lichtaustrittsfläche 15 bildet. Von der Lichtaustrittsfläche 15 aus gesehen ist hinter dem photonischen Kristall 37 wenigstens eine optoelektronische Lichtquelle, optional mit Konvertermaterial, angeordnet. Der photonische Kristall 37 ist dazu ausgebildet, die über die Lichtaustrittsfläche abgestrahlte elektromagnetische Strahlung 19 so zu formen, dass diese ein definiertes, diskretes, Muster 39 im Fernfeld 21 erzeugt. Bei dem dargestellten Beispiel besteht das Muster 39 aus mehreren verteilten Lichtpunkten 41, wobei auch andere Muster möglich sind.

Die Beleuchtungseinheit 11 der Fig. 4 eignet sich zum Beispiel zur Verwendung in einem Oberflächentopographie-Erkennungssystem 43, das beispielhaft in dem Blockdiagramm der Fig. 5 dargestellt ist. Das System 43 umfasst zusätzlich zu der Beleuchtungseinheit 11 eine Detektionseinheit 45 mit einer Kamera 47, die zur Erfassung des Musters 39 ausgebildet ist, wenn dieses ein Objekt (nicht gezeigt) ausleuchtet.

Ferner ist eine Analyseeinrichtung 49 vorgesehen, welche dazu ausgebildet ist, eine Verzerrung des Musters 39 in Bezug auf ein vorgegebenes Referenzmuster zu ermitteln. Das Referenzmuster kann zum Beispiel aus der Erfassung des Musters 39, wenn es auf eine ebene Oberfläche projiziert wird, bestimmt werden.

Die Analyseeinrichtung 49 ist außerdem dazu ausgebildet, in Abhängigkeit von der ermittelten Verzerrung des Musters 39 eine Form und/oder eine Struktur des von dem Muster 39 im Fernfeld 39 ausgeleuchteten Objekts zu bestimmen. Mittels des Systems 43 kann somit beispielsweise eine Gesichtserkennung realisiert werden.

- 48 -

Bei der Variante gemäß Fig. 4 können nachgeordnete Optiken zur Mustererzeugung eingespart werden, da das Muster 39 sich bereits mittels des photonischen Kristalls 37 erzeugen lässt. Die Beleuchtungseinrichtung 11 gemäß Fig. 4 und damit einhergehend das System 43 gemäß Fig. 5 lassen sich daher in einer besonders kompakten Form realisieren.

Fig. 6 zeigt eine Beleuchtungseinheit 1 mit einer Emittereinheit 2, die eine Lichtaustrittsfläche 3 aufweist, auf der ein Polarisationselement 4 in Form einer Polarisationschicht mit einer dreidimensionalen photonischen Struktur aufgebracht ist. Gemäß dem in Fig. 6 gezeigten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei der Emittereinheit 2 um eine LED 5, die Licht im sichtbaren oder eventuell auch im ultravioletten Wellenlängenbereich emittiert. Das von der LED 5 emittierte Licht wird in die dreidimensionale photonische Struktur geleitet und hier in Abhängigkeit der Ausgestaltung und Dimensionierung der Struktur in eine bestimmte Schwingungsrichtung polarisiert. Je nach Ausführung der dreidimensionalen photonischen Struktur kann eine zirkulare oder eine lineare Polarisation erfolgen. Wesentlich ist, dass nur Licht mit einer bestimmten Polarisation von der Beleuchtungseinheit 1 ausgestrahlt wird.

Verfügt die dreidimensionale photonische Struktur des Polarisationselementes 4 über spiralförmige Strukturelemente 6, wie sie in Fig. 7 gezeigt sind, so erfolgt eine zirkulare Polarisation. Sind die Strukturelemente der dreidimensionalen photonischen Struktur dagegen stäbchenförmig, insbesondere als sogenannte Nanorods ausgeführt, wird hierdurch eine lineare Polarisation der durch die dreidimensionale photonische Struktur geführten Strahlung bewirkt.

Die Herstellung der in Fig. 6 gezeigten Beleuchtungseinheit 1 erfolgt mithilfe des Zwei-Photon-Lithographie-Verfahrens, des

Glancing-Angle-Deposition-Verfahrens, der Laserinterferenz-
lithographie oder durch holografische Strukturierung. In diesem
Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass die in Fig. 7 ge-
zeigten spiralförmigen Strukturelemente 6 mithilfe des Glan-
cing-Angle-Deposition-Verfahrens hergestellt worden sind.

Eine Beleuchtungseinheit 1, wie sie in Fig. 6 gezeigt ist, kann
auf vorteilhafte Weise mit weiteren Beleuchtungseinheiten kom-
biniert werden, die komplementäre Eigenschaften aufweisen. Es
werden somit Beleuchtungseinheiten 1 zur Bilderzeugung kombi-
niert, die unterschiedliche Polarisations- und/oder Transmis-
sionseigenschaften aufweisen.

Die mit Hilfe mehrerer Beleuchtungseinheiten, die jeweils über
komplementäre Eigenschaften verfügen, erzeugten, in unter-
schiedlichen Schwingungsrichtungen polarisierten Strahlungen
werden bevorzugt mithilfe gemeinsamer Optiken auf ein Display
oder einen Schirm abgebildet. Derartige Vorrichtungen können
auf vorteilhafte Weise in Anwendungen verwendet werden, um drei-
dimensionale Bilder zu erzeugen.

Mit der gemäß Fig. 6 auf der Oberfläche bzw. der Lichtaustritts-
fläche 3 eines LED-Chips angeordneten dreidimensionalen photo-
nischen Struktur, die ein Polarisationselement 4 bildet, ist es
möglich, Licht mit grundlegend anderen Eigenschaften, insbeson-
dere mit definierter Polarisation zu erzeugen, als dies mit den
derzeit bekannten LEDs möglich ist. Der große Vorteil besteht
dabei darin, dass aufgrund des Vorsehens von einer dreidimen-
sionalen photonischen Struktur auf der Chip-Oberfläche keine
zusätzlichen optischen Komponenten, wie zum Beispiel ein klas-
sischer Polarisationsfilter, erforderlich sind. Die Beleuch-
tungseinheit kann daher vergleichsweise klein ausgeführt wer-
den. Aufgrund der Strukturierung direkt auf dem Halbleiterchip
der LED 5 ist eine derartige Beleuchtungseinheit 1 auch ener-

gineffizienter als die bekannten Beleuchtungseinheiten, bei denen eine nachträgliche Selektion der Polarisierung erfolgt. Jedes Photon, das aufgrund seiner Eigenschaften nicht durch die dreidimensionale photonische Struktur hindurchtritt, verbleibt
5 im LED-Chip und kann durch einen Reabsorptionsprozess neu emittiert werden.

Fig. 8 zeigt eine Beleuchtungseinheit 1 mit einer Emittereinheit 2, die eine Lichtaustrittsfläche 3 aufweist, auf der ein Polarisations-
10 element 4 mit einer dreidimensionalen photonischen Struktur, die über wellenlängenselektive Eigenschaften verfügt, aufgebracht ist.

Die photonische Struktur ist in diesem Fall als dreidimensionaler photonischer Kristall ausgeführt. Alternativ können mehrere zweidimensionale photonische Kristalle in Lagen übereinander angeordnet werden.

Die dreidimensionale photonische Struktur ist derart ausgeführt, dass diese über einen wellenlängenspezifischen Transmissionsgrad und Polarisierungseigenschaften verfügt. Dies bedeutet, dass der Transmissionsgrad sowie die Polarisierungseigenschaften der dreidimensionalen photonischen Struktur in Abhängigkeit der Wellenlänge der auftreffenden Strahlung variieren.

25 Die in Fig. 8 gezeigte Beleuchtungseinheit 1 verfügt über eine Emittereinheit, die wiederum eine LED 5 aufweist. Ferner ist ein Konverterelement 7 mit einer Schicht aus Konvertermaterial vorgesehen. Das Konvertermaterial emittiert aufgrund einer Anregung durch von der LED 5 emittierten Anregungsstrahlung 8 eine
30 konvertierte Strahlung 9, die eine gegenüber der Wellenlänge der Anregungsstrahlung 8 geänderte Wellenlänge aufweist.

- 51 -

Treffen nunmehr sowohl nicht konvertierte Anregungsstrahlung 8 als auch konvertierte Strahlung 9 auf die dreidimensionale photonische Struktur auf, so werden diese Strahlungen in Abhängigkeit ihrer Wellenlänge in Bezug auf die Transmission sowie Polarisation auf unterschiedliche Weise beeinflusst. Wie Fig. 8 zu entnehmen ist, wird die konvertierte Strahlung 9 senkrecht zur Oberfläche des LED-Chips ausgekoppelt, während die Anregungsstrahlung 8 seitlich abgelenkt wird.

Derartige Beleuchtungseinheiten können auf bevorzugte Weise in Bauteilen zum Einsatz kommen, in denen Strahlungen mit unterschiedlichen Wellenlängen erzeugt werden, wobei bei einer Kombination von LEDs und Konverterelementen unterschiedliche Funktionen umgesetzt werden können. In Abhängigkeit der Ausgestaltung der dreidimensionalen photonischen Struktur sowie der Wellenlänge der jeweils von einer LED emittierten Anregungsstrahlung 8 ist es möglich, eine vollständige Unterdrückung der Anregungsstrahlung 8 zu erreichen, während die konvertierte Strahlung 9 die dreidimensionale photonische Struktur durchstrahlt. Ebenso ist es denkbar, dass die Anregungsstrahlung 8 abgelenkt wird, während die konvertierte Strahlung 9, wie es in Fig. 8 gezeigt ist, senkrecht zur Chipoberfläche ausgekoppelt wird. Selbstverständlich kann der Mechanismus auch umgekehrt sein. Im Weiteren ist es ebenfalls denkbar, die konvertierte Strahlung 9 auf eine spezielle Weise zu polarisieren, während die Anregungsstrahlung 8 unverändert über die Chipoberfläche austritt. Auch hier kann der Mechanismus umgekehrt sein.

Die in Fig. 9 dargestellte Variante einer Beleuchtungseinheit umfasst eine Emittereinheit, hier wiederum in Form einer LED 15, sowie eine, zum Beispiel spiralartig ausgestaltete, dreidimensionale photonische Struktur 11. Konvertermaterial 13 ist in die Struktur 11 verfüllt.

- 52 -

Fig. 10 zeigt in einer Draufsicht und einer Schnittansicht eine Strahlungsquelle 6 mit einer LED und mit einer in einem Halbleitersubstrat 8 der LED 7 angeordneten Schicht 2, die eine Struktur 4 mit einem geeigneten Konvertermaterial aufweist. Die strukturierte Schicht 2 mit dem Konvertermaterial bildet ein Konverterelement 1, wobei das Konvertermaterial bei Anregung durch die von der LED 7 emittierte Anregungsstrahlung konvertierte Strahlung in einen Abstrahlbereich 3 der Strahlungsquelle 6 aussendet.

10

Die in der Schicht 2 mit dem Konvertermaterial vorgesehene Struktur 4 ist derart ausgeführt, dass die konvertierte Strahlung ausschließlich als gerichtetes Strahlenbündel in einen bestimmten Abstrahlbereich 3 emittiert wird.

15

Gemäß dem in Fig. 10 dargestellten Ausführungsbeispiel wird die konvertierte Strahlung senkrecht zu einer Ebene, in der sich der LED-Chip mit seinen Halbleitersubstraten befindet abgestrahlt.

20

Bei der in Fig. 10 dargestellten strukturierten Schicht 2 handelt es sich um einen zweidimensionalen photonischen Kristall, der in das LED-Halbleitersubstrat geätzt wurde. Die einzelnen, hier stäbchenförmigen Ausnehmungen der Struktur 4 sind mit dem Konvertermaterial gefüllt worden. Die Schichtdicke der Struktur 4 beträgt mindestens 500 nm, sodass in dem kristallinen Festkörpermateriale eine Bandlücke erzeugt wird, die eine Direktionalität der vom Konverterelement 1 emittierten konvertierten Strahlung bewirkt.

30

Durch eine derartige photonische Struktur können die Direktionalität und somit auch die Effizienz, insbesondere auch von Etendue-begrenzten Systemen, erheblich erhöht werden. Aufgrund des Vorsehens einer Schicht 2 mit einer entsprechenden Struktur 4 und geeignetem Konvertermaterial direkt auf der Oberfläche

35

der LED 7 kann auf die ansonsten zusätzlich vorgesehenen optischen Elemente verzichtet und somit durch Ausnutzung der Erfindung eine vergleichsweise klein ausgeführte Strahlungsquelle realisiert werden.

5

Mit Hilfe der in Fig. 10 dargestellten Strahlungsquelle 6 können auch sehr kleine Bauteile, wie etwa pixelierte LED-Arrays für hochauflösende Displays, oder integrierte Bauteile, etwa für den Bereich der Unterhaltungselektronik, realisiert werden.

10

Im Übrigen wird eine energetisch besonders effiziente Strahlungsquelle zur Verfügung gestellt, da einerseits kein Licht in eine nicht benötigte Richtung, die nicht senkrecht zur LED-Chipoberfläche angeordnet ist, abgestrahlt wird und andererseits das gesamte konvertierte Licht nutzbar ist. Ferner können so auch Moden der von der LED 7 emittierten Anregungsstrahlung, die in der aktiven Zone 9 geführt werden und eine geringe Extraktionseffizienz aus der LED 7 haben, effizient konvertiert werden.

20

Ergänzend zeigt Fig. 11 die Schnittansicht einer Strahlungsquelle 6, die, wie es im Zusammenhang mit Fig. 10 erläutert worden ist, ausgeführt ist, allerdings zusätzlich über ein auf die oberste Schicht der Strahlungsquelle 6 aufgebrachtes Filterelement 5 in Form einer Filterschicht 5, die für Strahlung ausgewählter Wellenlängenbereich undurchlässig ist, verfügt. Die Filterschicht 5 hat hierbei bevorzugt die Funktion eines Farbfilters.

30

Eine derartige technische Ausführung bietet sich vor allem für Strahlungsquellen 6 an, bei denen eine LED 7 und ein Konverterelement 1 derart kombiniert werden, dass es zu einer Vollkonversion des von der LED 7 emittierten Lichts kommt. Mithilfe einer geeignet ausgeführten Filterschicht 5 kann so die in den Abstrahlbereich 3 emittierte Strahlung auf Strahlung mit einer

35

- 54 -

gewünschten Wellenlänge begrenzt werden. Ebenso lässt sich mit einer derartigen Filterschicht 5 sicherstellen, dass von der LED 7 emittierte Anregungsstrahlung, die von dem Konverterelement 1 nicht in konvertierte Strahlung umgewandelt wird, bei Bedarf mit Hilfe der Filterschicht 5 daran gehindert wird, in den Abstrahlbereich 3 auszutreten.

Fig. 12 zeigt wiederum eine Strahlungsquelle 6, die über eine LED 7 sowie ein auf ein Halbleitersubstrat 8 der LED 7 aufgebrachtes Konverterelement 1 verfügt. Das Konverterelement 1 verfügt über eine Schicht 2 mit Konvertermaterial und eine Struktur 4, die auf ein Halbleitersubstrat 8 der LED 7 aufgebracht ist. Bei der strukturierten Schicht 2 handelt es sich bevorzugt um einen photonischen Kristall, eine quasiperiodische oder deterministisch aperiodische photonische Struktur. Die Struktur 4 der Schicht 2 ist mit geeignetem Konvertermaterial gefüllt.

Im Gegensatz zu dem in Fig. 10 erläuterten Ausführungsbeispiel ist die strukturierte Schicht 2 allerdings nicht nur in einem Halbleitersubstrat im oberen Bereich der Strahlungsquelle 6 angeordnet, sondern reicht bis in die aktive Zone 9 der LED 7. Es wird wiederum eine strukturierte Schicht 2 mit einer Schichtdicke, die größer als 500 nm ist, bereitgestellt und somit eine optische Bandlücke erzeugt. Auch in diesem Fall können Moden der von der LED 7 emittierten Anregungsstrahlung, die in der aktiven Zone 9 geführt werden und eine geringe Extraktionseffizienz aus der LED haben, effizient konvertiert werden.

Ergänzend zeigt Fig. 13 eine Ausgestaltung einer Strahlungsquelle 6, die, wie in Fig. 12 gezeigt, ausgeführt ist und zusätzlich über ein auf die oberste Schicht der Strahlungsquelle 6 aufgebrachtes Filterelement 5, das in Form einer als Farbfilter dienenden Filterschicht ausgeführt ist, verfügt. Derartige Farbfilter bieten die Möglichkeiten, bei einer Vollkonversion

der von der LED 7 emittierten Anregungsstrahlung die Emission der konvertierten Strahlung in den Abstrahlbereich zu begrenzen oder bei einer nicht vollständigen Konversion die Emission von nicht konvertierter Anregungsstrahlung selektiv zu unterdrücken.

Fig. 14 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer vorgeschlagenen Vorrichtung. Gemäß Fig. 14 wird ein erstes Material 1 aufweisender Halbleiterkörper dargestellt, der ebenso als Rohchip bezeichnet werden kann und der hier als eine Leuchtdiode ausgebildet ist.

Es wird eine Auskopplungsstruktur A ausgebildet. An einem Oberflächenbereich 9 des die Vorrichtung bereitstellenden Halbleiterkörpers wird eine planarisierte Oberfläche 7 ausgebildet. Der Oberflächenbereich 9 wird hierfür strukturiert und danach planarisiert.

Der Halbleiterkörper kann epitaktisch derart erzeugt sein, dass der Oberflächenbereich 9 zu einem nicht dargestellten Träger abgewandt erzeugt wurde. Grundsätzlich können alle Oberflächenbereiche eines die Vorrichtung bereitstellenden Halbleiterkörpers zur Bildung von, insbesondere optischen, Auskopplungsstrukturen A, strukturiert und danach planarisiert werden. Andere Wellenlängen elektromagnetischer Strahlung können bei dazu abgestimmten Strukturierungen und Planarisierungen ebenso ausgekoppelt werden.

Fig. 14 zeigt ein Strukturieren des Oberflächenbereichs 9 des Halbleiterkörpers, wobei eine zufällige Topologie an dem Oberflächenbereich 9 erzeugt wird. Die zufällige Topologie wird hier mittels direkten Aufrauens des ersten Materials 1 des Halbleiterkörpers an dem Oberflächenbereich 9 ausgebildet.

Topologie ist hier insbesondere eine räumliche Struktur.

- 56 -

Danach erfolgt ein Planarisieren des Oberflächenbereichs 9 des Halbleiterkörpers mittels Anbringens eines transparenten dritten Materials 5 mit niedrigem Brechungsindex, insbesondere kleiner 1,5. Dem folgt ein Dünnen des angebrachten transparenten dritten Materials 5 mit niedrigem Brechungsindex bis die Oberfläche 7 des strukturierten Oberflächenbereichs 9 eben und/oder glatt mit höchsten Erhebungen im ersten Material 1 des Halbleiterkörpers abschließt. Das dritte Material 5 kann als Schicht angebracht werden.

10

Ein Dünnen kann mittels chemisch-mechanischen Polierens (CMP) erfolgen.

Mögliche in einen Oberflächenbereich 9 eingeprägte Strukturen können zufällige Topologien sein, wie es beispielsweise aufgeraute Oberflächen sind. Zufällige Topologien wie beispielsweise aufgeraute Oberflächen werden bei größeren LEDs bereits verwendet.

20 Eine Lichtauskopplung wird durch eine Auskoppelstruktur A mit planarisierter Oberfläche 7 verbessert. Dazu wird gemäß Fig. 14 zunächst das erste Material 1 des beispielsweise LED-Halbleiters beziehungsweise LED-Rohchips direkt strukturiert.

25 Das zum Planarisieren verwendete transparente dritte Material 5 mit niedrigem Brechungsindex kann SiO_2 sein, und dieses kann insbesondere mittels TEOS (Tetraethylorthosilicat) angebracht werden.

30 Der Brechungsindex, auch Brechzahl oder optische Dichte, früher auch Brechungszahl genannt, ist eine optische Materialeigenschaft. Er ist das Verhältnis der Wellenlänge des Lichts im Vakuum zur Wellenlänge im Material, und damit auch der Phasengeschwindigkeit des Lichts im Vakuum zu der im Material. Der
35 Brechungsindex ist dimensionslos, und er ist im Allgemeinen von

der Frequenz des Lichts abhängig, was Dispersion genannt wird. An der Grenzfläche zweier Medien unterschiedlicher Brechungsindizes wird Licht gebrochen und reflektiert. Dabei nennt man das Medium mit dem größeren Brechungsindex das optisch dichtere.

5

Kleine Brechungsindizes können insbesondere kleiner 1,5 sein. Weitere verwendbare Materialien mit kleinem Brechungsindex sind beispielsweise Kronglas mit einem Brechungsindex von beispielsweise 1,46, PMMA mit einem Brechungsindex von beispielsweise 1,49 und Quarzglas mit einem Brechungsindex von beispielsweise 1,46. Diese Brechungsindizes ergeben sich bei der Wellenlänge 589 nm der Natrium-D-Linie. Ein Brechungsindex von Siliziumdioxid ist beispielsweise 1,458. Andere Materialien sind ebenso verwendbar.

15

Gleiche Bezugszeichen in allen Figuren kennzeichnen gleiche Merkmale.

Fig. 15 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer vorgeschlagenen Vorrichtung.

20

Zur Verbesserung einer Lichtauskopplung kann alternativ zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 15 ein transparentes zweites Material 3 mit einem großen Brechungsindex auf die Leuchtdiode aufgebracht und in geeigneter Weise strukturiert werden. Ein geeignetes zweites Material 3 mit hohem Brechungsindex ist zum Beispiel Nb_2O_5 . Diese Alternative zeigen Fig. 15 und Fig. 16.

25

Ein großer Brechungsindex kann insbesondere größer 2 sein. Weitere verwendbare Materialien mit großem Brechungsindex sind beispielsweise Zinksulfid mit einem Brechungsindex von beispielsweise 2,37, Diamant mit einem Brechungsindex von beispielsweise 2,42, Titandioxid mit einem Brechungsindex von beispielsweise 2,52, Siliciumcarbid mit einem Brechungsindex von beispielsweise 2,65 und Titandioxid mit einem Brechungsindex

35

von beispielsweise 3,10. Diese Brechungsindizes ergeben sich insbesondere bei der Wellenlänge 589 nm der Natrium-D-Linie. Ein Brechungsindex von Niob(V)-oxid ist beispielsweise 2,3. Andere Materialien sind ebenso verwendbar.

5

Es wird in einem Oberflächenbereich 9 eines die Vorrichtung bereitstellenden Halbleiterkörpers eine Auskopplungsstruktur A ausgebildet. Ebenso erfolgt hier ein Strukturieren des Oberflächenbereichs 9.

10

Das Strukturieren des Oberflächenbereichs 9 erfolgt, wie es bei Fig. 14 ebenso der Fall ist, mittels Erzeugens einer zufälligen Topologie an dem Oberflächenbereich 9. Während gemäß Fig. 14 das Erzeugen der zufälligen Topologie mittels direkten Aufrauens der Oberfläche 7 des Oberflächenbereichs 9 des ein erstes Material 1 aufweisenden Halbleiterkörpers ausgeführt wird, wird gemäß Fig. 15 die zufällige Topologie mittels, insbesondere schichtweisem, Anbringens eines einen großen Brechungsindex, insbesondere größer 2, aufweisenden transparenten zweiten Materials 3 an dem Oberflächenbereich 9 und Aufrauens des zweiten Materials 3 ausgebildet.

20

Es folgt ein Planarisieren mittels eines, insbesondere schichtweisem, Anbringens eines transparenten dritten Materials 5 mit niedrigem Brechungsindex, insbesondere kleiner 1,5, an dem strukturieren Oberflächenbereich 9. Das dritte Material 5 kann als Schicht angebracht werden. Danach wird ein Dünnen des angebrachten transparenten dritten Materials 5 mit niedrigem Brechungsindex ausgeführt bis die Oberfläche 7 des strukturierten Oberflächenbereichs 9 eben und/oder glatt mit höchsten Erhebungen in dem zweiten Material 3 mit hohem Brechungsindex abschließt.

30

Das transparente dritte Material 5 mit niedrigem Brechungsindex kann SiO_2 sein, und dieses wird insbesondere mittels TEOS (Tetraethylorthosilicat) angebracht. Das Dünnen kann mittels chemisch-mechanischen Polierens (CMP) ausgeführt werden.

5

Fig. 16 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer vorgeschlagenen Vorrichtung.

Alternativ können zur Strukturierung eines Oberflächenbereichs 9 ebenso geordnete Topologien an dem Oberflächenbereich 9 erzeugt werden.

Das Erzeugen der geordneten Topologie wird hier mittels, insbesondere schichtweises, Anbringens eines einen großen Brechungsindex, insbesondere größer 2, aufweisenden transparenten zweiten Materials 3 an dem Oberflächenbereich 9 und Einstrukturierens periodischer photonischer Kristalle oder nicht-periodischer photonischer Strukturen, insbesondere quasiperiodischer oder deterministischer aperiodischer photonischer Strukturen, in das zweite Material 3 ausgeführt.

Alternativ können periodische photonische Kristalle oder nicht-periodische photonische Strukturen, insbesondere quasiperiodische oder deterministische aperiodische photonische Strukturen, grundsätzlich direkt, ohne ein zweites Material 3, in das erste Material 1 des Halbleiterkörpers einstrukturiert werden. Es kann dabei eine Vorrichtung mit einer Auskopplungsstruktur A ausgebildet werden, wobei ein transparentes drittes Material 5 mit kleinem Brechungsindex, insbesondere SiO_2 , an einem ersten Material 1 eines Halbleiters eines Bauelements angebracht wurde und in das erste Material 1 periodische photonische Kristalle oder nicht-periodische photonische Strukturen, insbesondere quasiperiodische oder deterministische aperiodische photonische Strukturen einstrukturiert sein können.

35

- 60 -

Photonische Kristalle bestehen aus strukturierten Halbleitern, Gläsern oder Polymeren und werden meist durch die aus der Mikroelektronik bekannten Verfahren hergestellt. Sie zwingen das Licht mittels ihrer spezifischen Struktur dazu, sich in der für die Bauteilfunktion notwendigen Art und Weise im Medium auszu-
5 breiten. Dadurch wird es nicht nur möglich, Licht auf Abmessungen, welche in der Größenordnung der Wellenlänge liegen, zu führen, sondern auch zu filtern und wellenlängenselektiv zu reflektieren.

10

Es handelt sich um periodische dielektrische Strukturen, deren Periodenlänge so eingestellt ist, dass sie die Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen in ähnlicher Weise beeinflussen wie das periodische Potential in Halbleiterkristallen die Ausbrei-
15 tung von Elektronen. Sie zeigen daher einzigartige optische Eigenschaften, wie beispielsweise Bragg-Reflexion von sichtbarem Licht.

Insbesondere entsteht analog zur Ausbildung der elektronischen Bandstruktur eine photonische Bandstruktur, die Bereiche verbotener Energie aufweisen kann, in denen sich elektromagnetische Wellen nicht innerhalb des Kristalls ausbreiten können (photonische Bandlücken, PBG = englisch: photonic band gap). Photonische Kristalle können also in gewisser Weise als das
20 optische Analogon zu elektronischen Halbleitern, also als „optische Halbleiter“ angesehen werden.

Nach einem Einstrukturieren von periodischen photonischen Kristallen oder nicht-periodischen photonischen Strukturen, insbesondere quasiperiodischen oder deterministischen aperiodischen photonischen Strukturen wird zum Planarisieren ein transparentes drittes Material mit kleinem Brechungsindex, insbesondere
30 schichtweise, an den strukturierten Oberflächenbereich angebracht. Geeignet ist hierfür zum Beispiel SiO_2 , das mithilfe von
35 TEOS (Tetraethylorthosilicat), abgeschieden wird. Das dritte

- 61 -

Material 5 wird anschließend gedünnt, bis die Oberfläche 7 glatt mit den höchsten Erhebungen im hochbrechenden zweiten Material 3 abschließt.

- 5 Ein für ein Dünnen geeigneter Prozess ist chemisch-mechanisches Polieren (CMP), um Schichten mit Dicken im Mikrometer- und Nanometerbereich gleichmäßig abzutragen. Die dadurch erzeugte Oberfläche ist eben und/oder glatt. Eine Rauigkeit liegt insbesondere im Bereich weniger Nanometer als Mittelrauwert (rms).
- 10 Die erzeugte planarisierte Oberfläche 7 kann mit der herkömmlichen Weise verwendeten Stempeltechnik zum Transfer der Leuchtdioden verwendet werden.

Auf diese Weise kann eine Auskoppelleffizienz im Vergleich zu einer unbearbeiteten Oberfläche verbessert werden. Ein Transferprozess mittels Stempeltechnologie bleibt weiterhin möglich.

Fig. 17 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines vorgeschlagenen Verfahrens.

20

Mit einem ersten Schritt S1 erfolgt zum Bilden einer Auskopplungsstruktur A ein Strukturieren eines Oberflächenbereichs 9 eines die Vorrichtung bereitstellenden Halbleiterkörpers. Mit einem zweiten Schritt S2 erfolgt ein Planarisieren des strukturierten Oberflächenbereichs 9 zum Erhalten einer planarisierten Oberfläche 7 des Oberflächenbereichs 9. Das Planarisieren umfasst zwei Unterschritte.

Mittels eines ersten Unterschrittes S2.1 erfolgt ein, insbesondere schichtweises, Anbringen eines transparenten dritten Materials 5 mit kleinem Brechungsindex, insbesondere kleiner 1,5, an dem strukturieren Oberflächenbereich 9.

Mittels eines zweiten Unterschrittes S2.2 erfolgt ein Dünnen des angebrachten transparenten dritten Materials 5 mit kleinem

- 62 -

Brechungsindex bis die Oberfläche 7 des strukturierten Oberflächenbereichs 9 eben und/oder glatt mit höchsten Erhebungen im ersten Material 1 des Halbleiterkörpers oder in dem zweiten Material 3 mit großem Brechungsindex abschließt.

5

Mit einem dritten Schritt S3 kann ein Transferieren der Vorrichtung mittels Stempeltechnologie ausgeführt werden, wobei der Halbleiterkörper an der planarisierten Oberfläche 7 abgehoben wird.

10 Gemäß allen nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispielen können als Halbleitermaterialien insbesondere GaN-, AlInGaP-, AlN oder InGaAs-Materialsysteme verwendet werden.

Fig. 18a und 18b zeigen eine optoelektronische Vorrichtung zur
15 Emission von Licht, das bevorzugt senkrecht aus einer Lichtaustrittsfläche 21 austritt. Die Vorrichtung umfasst ein Pixel aufweisendes Array 11, wobei optisch wirkende Nanostrukturen in Form eines photonischen Kristalls K über die gesamte emittierende Oberfläche der Lichtaustrittsfläche 21 ausgebildet sind.
20 Das Array 11 umfasst außerdem eine arrayartige Anordnung von Lichtquellen, die jeweils eine Rekombinationszone 2 aufweisen, welche in einer Rekombinationsebene 1 liegen.

Die Rekombinationszonen 2 sind in einer ersten Schicht optisch
25 aktiven Halbleitermaterials 3 des Arrays 11 ausgebildet. In dieser Schicht mit dem Halbleitermaterial 3 ist der photonische Kristall bzw. sind die photonischen Kristallstrukturen K strukturiert, und zwar in Form eines zweidimensionalen photonischen Kristalls. Dabei liegt der photonische Kristall K zwischen den
30 Rekombinationszonen 2 und der Lichtaustrittsfläche 21. Die photonischen Kristallstrukturen K können dabei unabhängig von der Positionierung einzelner Pixel angeordnet sein, wobei bei dem dargestellten Beispiel ein Pixel einer Lichtquelle mit einer Rekombinationszone 2 entspricht.

35

- 63 -

Die optisch wirkenden photonischen Kristallstrukturen K sind freistehend in Luft oder, wie dargestellt, mit einem, insbesondere elektrisch isolierenden und optisch transparenten ersten Füllmaterial 7, insbesondere SiO₂, mit einem Brechungsindex ver-
füllt, der kleiner ist als der Brechungsindex des Halbleiter-
material 3. Das Füllmaterial 7 weist vorzugsweise auch einen
kleinen Absorptionskoeffizienten auf.

Bei dem Array 11 sind zur elektrischen Kontaktierung der Licht-
quellen beide elektrischen Pole einer jeweiligen Lichtquelle
mittels einer optisch spiegelnden Kontaktierungsschicht 5
elektrisch angeschlossen. Die Kontaktierungsschicht 5 befindet
sich an einer den optisch wirkenden photonischen Kristallstruk-
turen K abgewandten Seite des optisch aktiven Halbleitermate-
rials 3 und ist gemäß der Darstellung der Fig. 1b unten ange-
ordnet. Eine derartige Kontaktierung ermöglicht sehr stark lo-
kalisierte Rekombinationszonen 2. Die Kontaktierungsschicht 5
kann dabei wenigstens zwei elektrisch getrennte Bereiche auf-
weisen, um die Pole elektrisch getrennt voneinander anschließen
zu können.

Der photonische Kristall K kann über die gesamte emittierende
Oberfläche 21 so strukturiert werden, dass zumindest annähernd
lediglich Licht mit einer Ausbreitungsrichtung senkrecht zur
Oberfläche 21 das Bauteil verlassen kann. Wenn der photonische
Kristall K nah an der Rekombinationsebene 1 liegt und die
Schichtdicke des photonischen Kristalls K im Vergleich zum Ab-
stand zur Rekombinationszone 2 groß ist, wird zusätzlich die
optische Zustandsdichte im Bereich der Lichterzeugung verän-
dert.

Dadurch kann eine vollständige Bandlücke für optische Moden mit
Ausbreitungsrichtung parallel und unter kleinem Winkel zur Ober-
fläche des, insbesondere planaren, das heißt insbesondere ebe-

- 64 -

nen und/oder glatten, Pixel aufweisenden Arrays 11 erzeugt werden. Die Emission von Licht mit Ausbreitungsrichtung parallel zur emittierenden Oberfläche wird dann vollständig unterdrückt.

5 Insbesondere kann eine Lichterzeugung ausschließlich in einem begrenzten Emissionskegel erfolgen, der durch den photonischen Kristall K vorgegeben wird. Direktionalität ist in diesem Fall bereits auf der Ebene der Lichterzeugung sichergestellt, wodurch
10 sich die Effizienz im Vergleich zu einem winkelselektiven optischen Element wirksam vergrößert, da ein solches Element lediglich die Lichtauskopplung beeinflusst.

Die Ausrichtung des photonischen Kristalls K ist unabhängig von der Positionierung der einzelnen Pixel, insbesondere derart,
15 dass eine Ausrichtung der Pixelstruktur zur photonischen Struktur K nicht nötig und eine Prozessierung einer gesamten Waferoberfläche möglich ist.

Vorteilhaft ist es, wenn die Vorrichtung in seinen optischen
20 Eigenschaften über die gesamte Oberfläche des Arrays 11 homogen ist oder lediglich geringfügig variiert, um die optische Umgebung des photonischen Kristalls K nicht zu stören.

Fig. 19a und 19b zeigen eine zweite vorgeschlagene optoelektronische Vorrichtung in einer Draufsicht bzw. im Querschnitt.
25 In dem pixelierten Array 11 ist der photonische Kristall K alternativ zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 18a und 18b in einer zweiten Schicht aus einem Material 9, insbesondere Nb_2O_5 , über einer ersten Schicht aus dem optisch aktiven Halbleitermaterial 3 angeordnet. Das Material 9 hat dabei einen großen
30 optischen Brechungsindex, und es ist auf der ebenen und/oder glatten Oberfläche des Halbleitermaterials 3 angeordnet. Vorzugsweise weist das Material 9 auch eine geringe Absorption auf.

- 65 -

Der photonische Kristall K kann wiederum freistehend als zweidimensionaler photonischer Kristall aus dem erwähnten Material 9 ausgebildet sein, wobei sich dann Luft in dem Freiraum befindet. Wie dargestellt, kann der Freiraum wiederum mit einem Material 7 mit kleinerem Brechungsindex verfüllt sein. Ein mögliches Füllmaterial ist beispielsweise SiO_2 .

Die Kontaktierung gleicht der nach Fig. 18a und 18b und ermöglicht sehr stark lokalisierte Rekombinationszonen 2.

10

Fig. 20a und 20b zeigen eine dritte vorgeschlagene optoelektronische Vorrichtung in einer Draufsicht bzw. in einem Querschnitt. Die dargestellte Vorrichtung umfasst als Lichtquellen eine Anordnung von vertikalen Leuchtdioden 13 und eine in einer darüber liegenden Schicht angeordnete zweidimensionale photonische Kristallstruktur K, die sich unter der gesamten emittierenden Oberfläche 21 erstreckt und aus einem Material 9 mit hohem Brechungsindex gebildet ist. Die Freiräume der Struktur K ist wiederum mit Füllmaterial 7 mit niedrigerem optischen Brechungsindex gefüllt.

20

Die vertikalen Leuchtdioden 13 haben entlang einer vertikal orientierten Längsachse, die senkrecht zur Lichtaustrittsfläche 21 verläuft, einen oberen und einen unteren elektrischen Kontakt. Die Leuchtdioden weisen somit einen elektrischen Kontakt auf der Vorderseite und einen elektrischen Kontakt auf ihrer Rückseite auf. Als Rückseite wird hierbei die von der Lichtaustrittsfläche 21 abgewandte Seite der LEDs 13 bezeichnet, während die Vorderseite der Lichtaustrittsfläche 21 zugewandt ist.

30

Die Vorrichtung umfasst eine elektrisch leitende und das erzeugte Licht reflektierende Kontaktierungsschicht 5 zur elektrischen Kontaktierung der Kontakte auf der Rückseite der LEDs 13. Zur elektrischen Kontaktierung der Kontakte auf der Vorderseite der LEDs 13 ist eine dritte Schicht vorgesehen, die

35

- 66 -

ein elektrisch leitfähiges und optisch transparentes Material 17, beispielsweise ITO, aufweist. Über einen Bonddraht 19 kann eine elektrische Verbindung zu dem entsprechenden Pol einer Stromquelle hergestellt werden.

5

In und entlang der Rekombinationsebene 1 kann zwischen der dritten Schicht und der optisch reflektierenden Kontaktierungsschicht 5 ein weiteres, insbesondere elektrisch isolierendes, Füllmaterial 15 angeordnet sein.

10

Fig. 21a und 21b zeigen eine vierte vorgeschlagene optoelektronische Vorrichtung in einer Draufsicht und im Querschnitt. Die Vorrichtung umfasst eine Anordnung von horizontalen Leuchtdioden (LEDs) 13 mit jeweiligen Rekombinationszonen 2 und eine optisch wirkende zweidimensionale photonische Kristallstruktur K unter der gesamten emittierenden Oberfläche 21. Die photonische Kristallstruktur K liegt in einer Schicht aus einem Material 9 mit großem Brechungsindex, beispielsweise Nb_2O_5 . Freiräume sind wiederum mit Füllmaterial 7, beispielsweise Siliziumdioxid, mit niedrigerem optischen Brechungsindex gefüllt.

20

Bei den horizontalen Leuchtdioden 13 liegen beide elektrischen Kontakte auf der Rückseite der Leuchtdioden 13. Jeweils beide Pole der LEDs 13 sind mittels elektrisch voneinander getrennter Bereiche der optisch reflektierenden Kontaktierungsschicht 5 elektrisch angeschlossen.

25

Im Bereich der Rekombinationsebene 1 ist zwischen der Materialschicht 9 und der Kontaktierungsschicht 5 ein, insbesondere elektrisch isolierendes, Füllmaterial 15 angeordnet.

30

Die Effizienz in Bezug auf die Lichterzeugung kann bei den Ausgestaltungen gemäß der Fig. 18a bis 21b verhältnismäßig hoch sein, da bei diesen Ausführungsbeispielen bereits bei der Lichterzeugung Direktionalität beziehungsweise Gerichtetheit des

35

- 67 -

Lichts erreicht werden kann, insbesondere wenn mittels der Bandstruktur des photonischen Kristalls K eine höhere photonische Zustandsdichte im Bereich der Rekombinationszonen 2 für die Emission von Licht in Richtung senkrecht zur Lichtaustrittsfläche erreicht werden kann. Ein weiterer Vorteil kann darin liegen, dass die Strukturierung des photonischen Kristalls K homogen über einen gesamten Wafer erfolgen kann. Eine bestimmte Positionierung oder Orientierung des photonischen Kristalls zu den einzelnen Pixeln oder Leuchtdioden ist nicht erforderlich. 5
10 Dadurch kann die Herstellungskomplexität deutlich reduziert werden, insbesondere im Vergleich zu alternativen Ansätzen, bei denen Strukturen individuell über jeden Pixel platziert werden.

Fig. 22a und 22b zeigen eine fünfte vorgeschlagene optoelektronische Vorrichtung in einer Draufsicht und im Querschnitt. 15
Die Vorrichtung umfasst ein pixeliertes Array 11 und optisch wirkende Pillarstrukturen P, insbesondere mit Pillars oder Säulen, die über die gesamte emittierende Oberfläche 21 strukturiert sind. Das Array 11 ist bevorzugt glatt und eben.

20
Das pixelierte Array 11 umfasst Pixel mit jeweils einer Lichtquelle, die eine jeweilige Rekombinationszone 2 umfasst. Die Rekombinationszonen 2 der Pixel liegen dabei in einer Rekombinationsebene 1 und sie sind in einer ersten Schicht mit optisch 25
aktivem Halbleitermaterial 3 angeordnet.

Über dieser ersten Schicht sind die Pillarstrukturen P ausgebildet. Ein Pillar P ist dabei einer Lichtquelle zugeordnet, so dass jeder Pillar P direkt über der Rekombinationszone 2 der zugeordneten Lichtquelle angeordnet ist. Eine Längsachse L eines jeweiligen Pillars P verläuft dabei insbesondere durch die Mitte M der Rekombinationszone 2 der zugeordneten Lichtquelle 30
2.

- 68 -

Die Pillars P bestehen aus einem Material 9 mit hohem Brechungsindex, zum Beispiel Nb_2O_5 . In die Zwischenräume zwischen den Pillars P kann ein Füllmaterial 7 mit niedrigerem Brechungsindex angeordnet sein, wie zum Beispiel Siliziumdioxid.

5

Die Pillars P können über der Schicht mit den Lichtquellen angeordnet sein, insbesondere indem die Pillars P über dem Array 11 zusätzlich aufgebracht werden. Alternativ können die Pillars in das Halbleitermaterial 3 geätzt werden. Dazu muss die Halbleitermaterialschicht entsprechend hoch ausgestaltet sein. Da das Halbleitermaterial normalerweise einen hohen Brechungsindex aufweist, kann Material derart weggeätzt werden, dass die Pillars 9 stehen bleiben. Die durch das Ätzen frei gewordenen Bereiche können mit Material mit niedrigem Brechungsindex aufgefüllt werden.

10
15

Die Pillars P wirken wie Wellenleiter, welche Licht in Richtung der Längsachse L nach oben leiten, so dass die Pillars P eine verbesserte Abstrahlung von Licht in einer Richtung senkrecht zur Lichtaustrittsfläche 21 bewirken können.

20

Bei dem Array 11 sind zur elektrischen Kontaktierung der Lichtquellen mit den Rekombinationszonen 2 jeweils beide elektrischen Pole einer Lichtquelle mittels einer spiegelnden Kontaktierungsschicht 5 elektrisch angeschlossen. Die Kontaktierungsschicht 5 ist an einer den optisch wirkenden Pillarstrukturen P abgewandten Seite des Halbleitermaterials 3 ausgebildet. Die Kontaktierungsschicht 5 kann zwei getrennte Bereiche aufweisen, um die beiden Pole getrennt voneinander elektrisch kontaktieren zu können. Eine derartige Art der Kontaktierung ermöglicht sehr stark lokalisierte Rekombinationszonen 2.

25
30

Fig. 23a und 23b zeigen eine sechste vorgeschlagene optoelektronische Vorrichtung in einer Draufsicht und im Querschnitt.

- 69 -

Die Vorrichtung umfasst eine Anordnung von vertikalen Leuchtdioden 13, die auch als LEDs bezeichnet werden. Optisch wirkende Pillarstrukturen P, insbesondere mit Pillars oder Säulen, sind über der Anordnung mit Leuchtdioden 13 angeordnet. Dabei verläuft die Längsachse L der Pillars P zumindest im Wesentlichen durch die Mittelpunkte der Rekombinationszonen 2 der LEDs 13.

Die Pillarstrukturen P können freistehend in Luft oder verfüllt mit einem, insbesondere elektrisch isolierenden und optisch transparenten, ersten Füllmaterial 7 über den Leuchtdioden angeordnet sein. Das Füllmaterial 7 kann einen kleineren Brechungsindex als der Brechungsindex des Materials 9 der Pillars P und/oder des Halbleitermaterial 3 der LEDs 3 aufweisen.

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei den LEDs um vertikale Leuchtdioden 13. Diese weisen einen, insbesondere positiven, elektrischen Pol an ihrer der spiegelnden Kontaktierungsschicht 5 zugewandten Rückseite sowie einen weiteren elektrischen Pol an der den Pillars P zugewandten Vorderseite auf.

Der Pol an der Vorderseite der Lichtquellen ist mittels einer Schicht eines elektrisch leitfähigen und optisch transparenten Materials 17, insbesondere ITO, und mittels eines Kontaktdrahts 19 elektrisch mit einer entsprechenden Stromversorgung (nicht gezeigt) verbunden. Die Schicht mit dem Material 17 ist zwischen den Lichtquellen und den Pillars 17 angeordnet, wie dargestellt.

Dabei kann in Freiräumen in der Schicht der LEDs 13 und somit zwischen der Schicht mit dem Material 17 und der Kontaktierungsschicht 5 ein zweites Füllmaterial 15 angeordnet sein.

Die Dimensionierung der Pillarstrukturen P kann der Dimensionierung der Leuchtdioden 13 oder der Pixel eines Arrays 11 entsprechen.

35

- 70 -

Fig. 24a und 24b zeigen eine siebte vorgeschlagene optoelektronische Vorrichtung in einer Draufsicht und im Querschnitt. Im Unterschied zu der Variante der Fig. 23a und 23b umfasst die Vorrichtung gemäß den Fig. 24a und 24b eine Anordnung von horizontalen Leuchtdioden 13, deren elektrischen Pole auf der Rückseite der Leuchtdioden 13 liegen. Zur elektrischen Kontaktierung können daher beide elektrischen Pole einer Lichtquelle über zwei elektrisch voneinander getrennte Bereiche der spiegelnden Kontaktierungsschicht 5 elektrisch angeschlossen werden. Die Zwischenschicht mit dem Material 17 wie bei der vorstehend beschriebenen Variante mit vertikalen Leuchtdioden wird daher nicht benötigt.

Im Vergleich zu den Anordnungen mit den photonischen Kristallstrukturen K gemäß den Fig. 18 bis 21 ist bei den Varianten mit den Pillars P die Herstellung mit Standardtechnologien in einfacherer Weise möglich, da die Strukturgrößen mit Durchmessern bis 1 μm oder darüber deutlich größer sind. Die Prozessanforderungen sind dadurch geringer und eine hochauflösende Lithographie kann zur Herstellung der Pillars ausreichen.

Pillarstrukturen, insbesondere Pillars oder Säulen, aus dem optisch aktiven Halbleitermaterial 3 oder einem Material 9 mit einem möglichst hohen Brechungsindex können passgenau über individuelle Pixel des Arrays 11 oder über vertikale Leuchtdioden 13 (Fig. 23a und 23b) oder über horizontale Leuchtdioden 13 (Fig. 24a und 24b) strukturiert werden. Die individuellen Pixel oder Leuchtdioden 13 können kleiner als 1 μm im Durchmesser sein, und die Pillars können ein Aspektverhältnis Höhe:Durchmesser von mindestens 3:1 haben. Die Pillars sind vorzugsweise direkt in das Halbleitermaterial 3 geätzt, wie bei Fig. 22a und b und bei Fig. 24a und b möglich, da keine dritte Schicht 17 gemäß Fig. 23b ausgebildet ist, oder sie bestehen aus einem anderen Material 9 mit großem Brechungsindex und vorzugsweise

- 71 -

geringer Absorption, das auf die Oberfläche des Arrays 11 aufgebracht wird. Ein mögliches Material mit großem Brechungsindex ist beispielsweise Nb_2O_5 . Die Pillarstrukturen können freistehend oder mit einem Material 7 mit kleinem Brechungsindex verfüllt sein. Ein mögliches Füllmaterial mit niedrigem Brechungsindex ist beispielsweise SiO_2 . Durch den größeren Brechungsindex der Pillars im Vergleich zum umgebenden Material wird die Emission parallel zur Längsachse der Pillars im Vergleich zu anderen Raumrichtungen verstärkt. Durch einen Wellenleiter-Effekt wird Licht entlang der Längsachse der Pillars zusätzlich effizienter ausgekoppelt als Licht mit anderen Ausbreitungsrichtungen. Dadurch kann die Direktionalität beziehungsweise Gerichtetheit des emittierten Lichts verbessert werden.

Fig. 25a und 25b zeigen eine achte vorgeschlagene optoelektronische Vorrichtung in einer Draufsicht und im Querschnitt. Die Vorrichtung umfasst eine Anordnung von Leuchtdioden 13, die jeweils als Pillar P und somit in Säulenform ausgebildet sind.

Die Länge der Pillars P kann einer halben Wellenlänge des emittierten Lichts im Halbleitermaterial 3 entsprechen und die Rekombinationszone 2 kann vorzugsweise in der Mitte M eines jeweiligen Pillars und damit in einem lokalen Maximum der photonischen Zustandsdichte liegen. Das Aspektverhältnis Höhe:Durchmesser der Pillars P kann mindestens 3:1 sein.

In der gezeigten Anordnung können die Pillars P circa 100 nm hoch sein und einen Durchmesser von lediglich circa 30 nm aufweisen. Dies erfordert eine sehr fein aufgelöste Strukturierungstechnik und ist mit aktuellen Fertigungstechnologien auf Waferlevel mit Aufwand umsetzbar.

Als Alternative können die Abmessungen hochskaliert werden, um die Herstellung zu vereinfachen, wobei die Direktionalität des

- 72 -

emittierten Lichts mit zunehmender Größe der Pillarsstrukturierung abnimmt. Die Länge der Pillars P ist bevorzugt ein Vielfaches der halben Wellenlänge des emittierten Lichts im Halbleitermaterial, und die jeweilige Rekombinationszone 2 kann in
5 einem Maximum der photonischen Zustandsdichte liegen.

Durch die Pillarstrukturierung der Leuchtdioden 13 wird die Emission parallel zur Längsachse der Pillars P durch die größere photonische Zustandsdichte wirksam verstärkt. Durch einen Wellenleiter-Effekt wird Licht mit Ausbreitungsrichtung entlang
10 der Längsachse der Pillars P zusätzlich effizienter ausgekoppelt als Licht mit anderen Ausbreitungsrichtungen. Der Zwischenraum zwischen den Pillars P ist mit einem Material 7 verfüllt, das vorzugsweise einen sehr kleinen Absorptionskoeffizienten und einen kleineren Brechungsindex aufweist als das Halbleitermaterial 3. Ein mögliches Füllmaterial mit kleinem Brechungsindex ist beispielsweise SiO_2 .
15

Bei dieser Anordnung von als Pillars P oder Säulen geformten, insbesondere vertikalen, Leuchtdioden 13 wird zur Kontaktierung von in einer Rekombinationsebene 1 angeordneten Rekombinationszonen 2 jeweils ein, insbesondere positiver, erster Pol mittels einer spiegelnden Kontaktierungsschicht 5 elektrisch angeschlossen. Die Kontaktierungsschicht 5 ist an den unteren, ersten Längsenden der Leuchtdioden 13 ausgebildet.
20
25

Der jeweils andere, insbesondere negative, zweite Pol ist an einer dritten Schicht eines leitfähigen transparenten Materials 17, insbesondere ITO, elektrisch angeschlossen und mittels eines Bonddrahts 19 beispielsweise mit dem entsprechenden Pol einer Stromversorgung verbunden.
30

Gemäß dieser Anordnung ist die dritte Schicht in und entlang der Rekombinationsebene 1 in den Längsmitten der als Pillars P oder Säulen geformten Leuchtdioden 13 ausgebildet.
35

Fig. 26a und 26b zeigen eine neunte vorgeschlagene optoelektronische Vorrichtung in einer Draufsicht und im Querschnitt. Im Gegensatz zu der Variante der Fig. 25a und 25b weist die Vorrichtung gemäß Fig. 26a und 26b vertikale LEDs auf, die als Pillars P ausgebildet sind.

Der unten liegende elektrische Kontakt, insbesondere der p-Kontakt, wird über die Unterseite der Pillars P und insbesondere durch Kontaktierung der Kontaktierungsschicht 5 hergestellt.

Der oben liegende elektrische Kontakt, insbesondere der n-Kontakt, liegt auf der Oberseite der Pillars P. Der Kontakt wird über eine obere Schicht mit optisch transparentem und elektrisch leitfähigem Material 17 hergestellt. Die obere Schicht erstreckt sich über den Pillars P und dem ersten Füllmaterial 7, mit dem die Freiräume zwischen den Pillars P verfüllt sind. Ein mögliches Material 17 für die obere Schicht ist beispielsweise ITO (Indium-Zinn-Oxid). Über den Bonddraht 19 kann eine Verbindung zu einer Stromversorgung hergestellt werden.

Die elektrische Kontaktierung der Leuchtdioden in den Pillars P ermöglicht sehr stark lokalisierte Rekombinationszonen 2, wobei der obere Kontakt, insbesondere ein n-Kontakt, auf der Höhe der Rekombinationszonen 2 oder auf der Oberseite der Pillars P ausgebildet sein kann. Jeder Pillar P erzeugt einen individuellen Pixel.

Die Emission von Licht parallel zur Längsachse der Leuchtdioden 13 in Form von Pillars gemäß Fig. 25a bis 26b wird erhöht. Dadurch verbessert sich die Direktionalität des emittierten Lichts im Vergleich zu herkömmlichen Leuchtdioden mit kleinem Aspektverhältnis. Im Vergleich zu einer Anordnung gemäß den Fig. 22a bis 24b kann der Prozess der Lichterzeugung durch eine

- 74 -

Anordnung gemäß den Fig. 25a bis 26b deutlich stärker beeinflusst werden, wodurch eine hohe Direktionalität und Effizienz erreicht werden kann.

5 Fig. 27 zeigt eine Querschnittsansicht einer weiteren optoelektronischen Vorrichtung, bei der ein zweidimensionaler photonischer Kristall K über einer Schicht mit einer arrayartigen Anordnung von Lichtquellen mit Rekombinationszonen 2 angeordnet ist. Der photonische Kristall K ist dabei derart nah an den
10 Rekombinationszonen 2 angeordnet, dass der photonische Kristall K eine im Bereich der Rekombinationszonen 2 vorhandene optische Zustandsdichte verändert, und zwar insbesondere derart, dass eine Bandlücke für wenigstens eine optische Mode mit einer Ausbreitungsrichtung parallel und/oder unter kleinem Winkel zur
15 Lichtaustrittsfläche 21 erzeugt wird und/oder die Zustandsdichte für wenigstens eine optische Mode mit einer Ausbreitungsrichtung senkrecht zur Lichtaustrittsfläche 21 erhöht wird.

20 Dies kann insbesondere dadurch erreicht werden, dass die Höhe H des photonischen Kristalls K mindestens 300 bis 500 nm, bevorzugt bis zu 1 μm , beträgt. Die Höhe H des photonischen Kristalls kann abhängig sein von dem Material mit hohem Brechungsindex des photonischen Kristalls.

25

Außerdem ist bevorzugt ein Abstand A zwischen der Mitte M der Rekombinationszonen 2 und der Unterseite des photonischen Kristalls K höchstens 1 μm und bevorzugt wenige nm.

30 Bei allen beschriebenen Ausgestaltungen mit einem photonischen Kristall K handelt es sich vorzugsweise um einen zweidimensionalen photonischen Kristall, der eine periodische Variation des optischen Brechungsindex in zwei senkrecht zueinander verlaufenden Raumrichtungen aufweist, die parallel zur Lichtaustrittsfläche verlaufen. Ferner handelt es sich vorzugsweise um
35

- 75 -

Pillarstrukturen, die eine arrayartige Anordnung von Pillars P bzw. Säulen aufweisen, wobei die Längsachse L der Pillars P senkrecht zur Lichtaustrittsfläche 21 verläuft.

- 5 Mögliche Anwendungsfelder von hierin beschriebenen Vorrichtungen liegen zum Beispiel im Bereich Automotive, Beleuchtungen jeglicher Art, Unterhaltungselektronik, Videowalls.

- 10 Merkmale, die in Zusammenhang mit einer Ausführungsform und/oder einem Anspruch genannt werden, können auch mit anderen Ausführungsformen und/oder Ansprüchen kombiniert werden, selbst wenn diese nicht im Zusammenhang mit diesen genannt sind.

PATENTANSPRÜCHE

1. Beleuchtungseinheit umfassend:
 - wenigstens eine optoelektronische Emittereinheit
 - 5 (13), welche über eine Lichtaustrittsfläche (15) elektromagnetische Strahlung (19) emittiert, und
 - eine photonische Struktur (17) zur Strahlformung der elektromagnetischen Strahlung (19), bevor diese über die Lichtaustrittsfläche (15) austritt,
 - 10 wobei die photonische Struktur (17) die elektromagnetische Strahlung (19) derart formt, dass die elektromagnetische Strahlung (19) ein bestimmtes Fernfeld (21) aufweist.
- 15 2. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der photonischen Struktur (17) um eine eindimensionale photonische Struktur, insbesondere einen eindimensionalen photonischen Kristall (25), handelt.
- 20 3. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die photonische Struktur (17) derart ausgebildet ist, insbesondere als eindimensionaler photonischer Kristall (25),
- 25 dass die abgestrahlte elektromagnetische Strahlung (19) in einer ersten Raumrichtung (R1) zumindest näherungsweise kollimiert ist.
- 30 4. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass in Hauptabstrahlrichtung (H) gesehen nachgeordnet zur Lichtaustrittsfläche (15) eine kollimierende Optik (35) angeordnet ist, wobei die Optik (35) dazu ausgebildet ist, die elektromagnetische Strahlung (19) in einer weiteren,

- 77 -

zweiten Raumrichtung (R2), welche orthogonal zu der ersten Raumrichtung (R1) verläuft, zu kollimieren.

5. Beleuchtungseinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
5 dadurch gekennzeichnet, dass
die, insbesondere als eindimensionaler photonischer Kristall (25) ausgebildete, photonische Struktur (17) derart ausgestaltet ist, dass eine Hauptabstrahlrichtung (H) der
10 elektromagnetischen Strahlung (19) in einem Winkel (α) zur Normalen (N) der Lichtaustrittsfläche (15) verläuft, wobei der Winkel (α) ungleich null Grad ist.
6. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 5,
15 dadurch gekennzeichnet, dass
die als eindimensionaler photonischer Kristall (25) ausgebildete photonische Struktur (17) in einer Schicht unterhalb der Lichtaustrittsfläche (15) angeordnet ist, wobei
der eindimensionale photonische Kristall (25) eine sich in
20 einer ersten Richtung (R1) erstreckende, periodisch wiederholende Abfolge von zwei Materialien (31, 33) mit unterschiedlichem optischen Brechungsindex aufweist, wobei die Materialien (31, 33) aneinander anstoßende Grenzflächen aufweisen, die nicht orthogonal, sondern geneigt zur Licht-
25 austrittsfläche (15) verlaufen.
7. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
es sich bei der photonischen Struktur (17) um eine zweidi-
30 mensionale photonische Struktur, insbesondere einen zweidimensionalen photonischen Kristall (37), handelt.
8. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass

- 78 -

die zweidimensionale photonische Struktur (37) derart ausgestaltet ist, dass die elektromagnetische Strahlung (19) ein definiertes, insbesondere ein diskretes, Muster (39) im Fernfeld (21) erzeugt.

5

9. Beleuchtungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

10 die photonische Struktur (17) in einer Schicht, insbesondere einer Halbleiterschicht, unterhalb der Lichtaustrittsfläche (15) angeordnet ist, und/oder

die photonische Struktur (17) in einer Halbleiterschicht der optoelektronischen Emittereinheit (13) ausgebildet ist, und/oder

15 die optoelektronische Emittereinheit (13) eine Schicht mit Konvertermaterial umfasst und die photonische Struktur (17) in der Schicht mit Konvertermaterial oder in einer Schicht zwischen der Schicht mit Konvertermaterial und der Lichtaustrittsfläche (15) ausgebildet ist.

20

10. Beleuchtungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

25 es sich bei der photonischen Struktur (17), insbesondere anstelle eines photonischen Kristalls, um eine quasiperiodische oder deterministisch aperiodische photonische Struktur handelt.

11. Oberflächentopographie-Erkennungssystem, mit:

30

einer Beleuchtungseinheit (11), die umfasst:

wenigstens eine optoelektronische Emittereinheit (13), welche über eine Lichtaustrittsfläche (15) elektromagnetische Strahlung (19) emittiert, und

- 79 -

eine photonische Struktur (17) zur Strahlformung der elektromagnetischen Strahlung (19), bevor diese über die Lichtaustrittsfläche (15) austritt,

5 wobei die photonische Struktur (17) die elektromagnetische Strahlung (19) derart formt, dass die elektromagnetische Strahlung (19) ein bestimmtes Fernfeld (21) aufweist,

10 wobei es sich bei der photonischen Struktur (17) um eine zweidimensionale photonische Struktur, insbesondere einen zweidimensionalen photonischen Kristall (37), handelt, und

wobei die zweidimensionale photonische Struktur (37) derart ausgestaltet ist, dass die elektromagnetische Strahlung (19) ein definiertes, insbesondere ein diskretes, 15 Muster (39) im Fernfeld (21) erzeugt, und

wobei das Oberflächentopographie-Erkennungssystem (43) ferner aufweist:

20 eine Detektionseinheit (45), insbesondere mit einer Kamera (37), die zur Erfassung des Musters (39) im Fernfeld (21) ausgebildet ist.

12. Oberflächentopographie-Erkennungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass dieses eine Analyseeinrichtung (49) umfasst, welche dazu 25 ausgebildet ist, eine Verzerrung des Musters (39) in Bezug auf ein vorgegebenes Referenzmuster zu ermitteln.

13. Oberflächentopographie-Erkennungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass 30 die Analyseeinrichtung (49) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von der ermittelten Verzerrung eine Form und/oder eine Struktur eines von dem Muster (39) ausgeleuchteten Objekts zu bestimmen.

- 80 -

14. Scanner zum Scannen eines Objekts, umfassend wenigstens eine Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10.
- 5 15. Beleuchtungseinheit (1) mit wenigstens einer Emittereinheit (2), die über eine Lichtaustrittsfläche (3) Strahlung emittiert, und mit einem Polarisationselement (4), das wenigstens abschnittsweise an die Lichtaustrittsfläche (3) anschließt und eine Polarisation und/oder eine Intensität einer von der Emittereinheit (2) ausgehenden Strahlung bei
10 Durchtritt der Strahlung durch das Polarisationselement (4) ändert,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Polarisationselement (4) eine photonische Struktur auf-
15 weist.
16. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
es sich um eine dreidimensionale photonische Struktur handelt und/oder dass das Polarisationselement (4) in Form
20 einer Schicht ausgeführt ist, die wenigstens bereichsweise auf der Lichtaustrittsfläche (3) angeordnet ist.
17. Beleuchtungseinheit nach Anspruch 15 oder 16,
25 dadurch gekennzeichnet, dass
die Emittereinheit (2) wenigstens eine LED (5) aufweist.
18. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
30 die Emittereinheit (2) eine LED (5) aufweist, die Licht, insbesondere rotes, grünes, blaues, ultraviolettes, oder infrarotes Licht, emittiert, welches in das Polarisations-
element (4) eingestrahlt wird, und dass das Polarisations-
element (4) die Strahlung bei Durchgang durch das Polari-
35 sationselement (4) in eine Schwingungsrichtung polarisiert.

- 81 -

19. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Polarisationselement (4) spiral- und/oder stäbchenför-
mige Strukturelemente (6) aufweist.
- 5
20. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Emittereinheit (2) zumindest ein Konverterelement (7)
mit einem Konvertermaterial aufweist, das angeregt durch
10 von einer LED (5) ausgehende Anregungsstrahlung (8) eine
konvertierte Strahlung (9) emittiert.
21. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass
15 das Polarisationselement (4) wenigstens einen dreidimensi-
onalen photonischen Kristall (11) aufweist.
22. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, dass
20 das Polarisationselement (4) wenigstens zwei entlang eines
Strahlengangs der das Polarisationselement (4) durchdrin-
genden Strahlung hintereinander angeordnete zweidimensio-
nale photonische Kristalle aufweist.
- 25 23. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 22,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Polarisationselement (4) in Abhängigkeit einer Wellen-
länge der Strahlung, die durch das Polarisationselement (4)
tritt, wenigstens zwei unterschiedliche Polarisationssei-
30 genschaften und/oder Transmissionsgrade aufweist.
24. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 23,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Emittereinheit (2) eine LED (5) und ein Konverterele-
35 ment (7) mit einem Konvertermaterial aufweist, das angeregt

- 82 -

durch von der LED (5) ausgehenden Anregungsstrahlung (8) eine konvertierte Strahlung (9) emittiert, und dass auf das Polarisationselement (4) auftreffende Anregungsstrahlung (8) bei Durchtritt durch das Polarisationselement (4) im Vergleich zu durchtretender konvertierter Strahlung (9) anders polarisiert und/oder unterschiedlich stark absorbiert wird.

25. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Emittereinheit (2) eine LED (5) aufweist und eine dreidimensionale Struktur des Polarisationselements (4) wenigstens teilweise in eine an die Lichtaustrittsfläche (3) angrenzende Halbleiterschicht der LED (5) eingebracht ist.

26. Beleuchtungseinheit nach einem der Ansprüche 15 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um eine dreidimensionale photonische Struktur (11) handelt und Konvertermaterial (13) in der dreidimensionalen photonischen Struktur (11) angeordnet ist.

27. Verfahren zur Herstellung einer Beleuchtungseinheit (1) mit wenigstens einer Emittereinheit (2), die über eine Lichtaustrittsfläche (3) Strahlung emittiert, und mit einem Polarisationselement (4), das wenigstens abschnittsweise an die Lichtaustrittsfläche (3) anschließt und eine Polarisation und/oder eine Intensität einer von der Emittereinheit (2) ausgehenden Strahlung bei Durchtritt der Strahlung durch das Polarisations-element (4) ändert, dadurch gekennzeichnet, dass als Emittereinheit (2) ein Chip mit einer LED (5) bereitgestellt wird, auf dessen Lichtaustrittsfläche (3) als Polarisationselement (4) eine insbesondere dreidimensionale photonische Struktur, insbesondere im Wege der Zwei-Photon-

- 83 -

Lithographie oder des Glancing-Angle-Deposition, aufgebracht und/oder die photonische Struktur in einer an die Lichtaustrittsfläche anschließenden Halbleiterschicht der LED (5) angeordnet wird.

5

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die photonische Struktur in Abhängigkeit der Wellenlänge der von der LED (5) emittierten Strahlung dimensioniert wird.

10

29. Verwendung einer Beleuchtungseinheit (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 26 in einer Vorrichtung zur Erzeugung dreidimensionaler Bilder.

15

30. Verwendung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungseinheit (1) nach einem der Ansprüche 15 bis 26 zur computergestützten Erzeugung dreidimensionaler Bilder eingesetzt wird.

20

31. Konverterelement (1) für ein optoelektronisches Bauelement, das wenigstens eine Schicht (2) mit einem Konvertermaterial aufweist, das bei Anregung durch eine auftreffende Anregungsstrahlung eine konvertierte Strahlung in einen Abstrahlbereich (3) emittiert, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (2) zumindest bereichsweise eine Struktur (4), auf der wenigstens abschnittsweise das Konvertermaterial angeordnet ist, aufweist und die derart ausgeführt ist, dass die Strahlung als gerichtetes Strahlenbündel in den Abstrahlbereich (3) emittiert wird.

25

30

32. Konverterelement nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass

35

- 84 -

die Struktur (4) quasiperiodisch oder deterministisch aperiodisch ausgeführt ist.

33. Konverterelement nach Anspruch 31 oder 32,
5 dadurch gekennzeichnet, dass
die Schicht (2) wenigstens einen photonischen Kristall,
eine quasiperiodische photonische Struktur oder eine deterministisch aperiodische photonische Struktur aufweist.
- 10 34. Konverterelement nach einem der Ansprüche 31 bis 33,
dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (4) wenigstens
eine Vertiefung aufweist, in der sich das Konvertermaterial befindet.
- 15 35. Konverterelement nach einem der Ansprüche 31 bis 34,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schicht (2) eine optische Bandlücke aufweist.
36. Konverterelement nach einem der Ansprüche 31 bis 35,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
die Struktur (4) eine mittlere Dicke von wenigstens 500
nm aufweist.
37. Konverterelement nach einem der Ansprüche 31 bis 36,
25 dadurch gekennzeichnet, dass
die Schicht (2) mit der Struktur (4) derart ausgeführt
ist, dass das gerichtete Strahlenbündel senkrecht zu einer
Ebene, in der die Schicht (2) angeordnet ist, emittiert
wird.
- 30 38. Konverterelement nach einem der Ansprüche 31 bis 37,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest auf einer Seite der Schicht (2) ein optisches
Filterelement (5) angeordnet ist.

35

- 85 -

39. Strahlungsquelle (6) mit einer LED (7) und mit einem Konverterelement (1) nach einem der Ansprüche 31 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass
5 die LED (7) dazu ausgebildet ist, eine Anregungsstrahlung in das Konverterelement (1) einzustrahlen, und wobei das Konverterelement (1) wenigstens eine Schicht (2) mit einem Konvertermaterial aufweist.
40. Strahlungsquelle nach Anspruch 39,
10 dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (2) Teil eines Halbleitersubstrats (8) der LED (7) ist.
41. Strahlungsquelle nach Anspruch 39 oder 40,
15 dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur in das Halbleitersubstrat (8) der LED (7) ausgebildet ist.
42. Strahlungsquelle nach einem der Ansprüche 39 bis 41,
20 dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (4) mit dem Konvertermaterial derart ausgeführt ist, dass die konvertierte Strahlung senkrecht zu einer Ebene, in der das Halbleitersubstrat (8) angeordnet ist, in den Abstrahlbereich (3) emittiert wird.
- 25 43. Strahlungsquelle nach einem der Ansprüche 39 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (4) wenigstens teilweise in einer aktiven Schicht (9) der LED (7) angeordnet ist.
- 30 44. Verfahren zur Herstellung einer Strahlungsquelle (6) nach einem der Ansprüche 39 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (4) durch wenigstens einen Ätzschritt in einem Halbleitersubstrat (8) der LED (7) ausgebildet wird.
- 35

- 86 -

45. Verfahren nach Anspruch 44,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Struktur (4) wenigstens teilweise mit dem Konverter-
material gefüllt wird.
- 5
46. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung, insbesondere
eines elektronischen Bauelements, insbesondere eines opto-
elektronischen Bauelements, insbesondere einer Leuchtdi-
ode,
gekennzeichnet durch
Erzeugen einer Auskopplungsstruktur (A) in einem Oberflä-
chenbereich (9) eines die Vorrichtung bereitstellenden
Halbleiterkörpers mittels
Strukturierens (S1) des Oberflächenbereichs (9) und
Planarisierens (S2) des strukturierten Oberflächenbe-
reichs (9) zum Erhalten einer planarisierten Oberfläche
(7) des Oberflächenbereichs (9).
- 10
47. Verfahren gemäß Anspruch 46,
gekennzeichnet durch
Strukturieren des Oberflächenbereichs (9) mittels Erzeu-
gens einer zufälligen Topologie an dem Oberflächenbereich
(9).
- 15
48. Verfahren gemäß Anspruch 47,
gekennzeichnet durch
Erzeugen der zufälligen Topologie mittels direkten Auf-
rauens der Oberfläche (7) des Oberflächenbereichs (9) des
ein erstes Material (1) aufweisenden Halbleiterkörpers.
- 20
49. Verfahren gemäß Anspruch 47,
gekennzeichnet durch
Erzeugen der zufälligen Topologie mittels, insbesondere
schichtweises, Anbringens eines einen großen Brechungs-
index, insbesondere größer 2, aufweisenden transparenten
- 25
- 30
- 35

- 87 -

zweiten Materials (3) an dem Oberflächenbereich (9) und Aufrauens des zweiten Materials (3).

50. Verfahren gemäß Anspruch 46,
5 gekennzeichnet durch
Strukturieren des Oberflächenbereichs (9) mittels Erzeugens einer geordneten Topologie an dem Oberflächenbereich (9).
- 10 51. Verfahren gemäß Anspruch 50,
gekennzeichnet durch
Erzeugen der geordneten Topologie mittels, insbesondere schichtweisem, Anbringens eines einen großen Brechungsindex, insbesondere größer 2, aufweisenden transparenten
15 zweiten Materials (3) an dem Oberflächenbereich (9) und Einstrukturierens periodischer photonischer Kristalle oder nicht-periodischer photonischer Strukturen, insbesondere quasiperiodischer oder deterministischer aperiodischer photonischer Strukturen, in das zweite Material (3).
- 20 52. Verfahren gemäß Anspruch 49 oder 51,
dadurch gekennzeichnet, dass
das transparente zweite Material (3) mit dem großen Brechungsindex Nb_2O_5 aufweist.
- 25 53. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche 46 bis 52,
gekennzeichnet durch
Planarisieren mittels eines ersten Unterschrittes (S2.1) eines, insbesondere schichtweisen, Anbringens eines transparenten dritten Materials (5) mit kleinem Brechungsindex,
30 insbesondere kleiner 1,5, an dem strukturieren Oberflächenbereich (9).
54. Verfahren gemäß Anspruch 53,
35 gekennzeichnet durch

- 88 -

- Planarisieren mittels eines zweiten Unterschrittes (S2.2) eines Dünnens des angebrachten transparenten dritten Materials (5) mit kleinem Brechungsindex bis die Oberfläche (7) des strukturierten Oberflächenbereichs (9) eben und/oder glatt mit höchsten Erhebungen im ersten Material (1) des Halbleiterkörpers oder in dem zweiten Material (3) mit großem Brechungsindex abschließt.
55. Verfahren gemäß Anspruch 53 oder 54,
dadurch gekennzeichnet, dass
das transparente dritte Material (5) mit kleinem Brechungsindex SiO_2 aufweist, und insbesondere mittels TEOS (Tetraethylorthosilicat) angebracht wird.
56. Verfahren gemäß Anspruch 54 oder 55,
gekennzeichnet durch
Dünnen mittels chemisch-mechanischen Polierens (CMP).
57. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 54 bis 56,
gekennzeichnet durch
Transferieren (S3) der Vorrichtung mittels Stempeltechnologie.
58. Vorrichtung, insbesondere elektronisches Bauelement, insbesondere opto-elektronisches Bauelement, insbesondere Leuchtdiode,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Auskopplungsstruktur (A) in einem Oberflächenbereich (9) eines die Vorrichtung bereitstellenden Halbleiterkörpers mittels Strukturierens (S1) des Oberflächenbereichs (9) und
Planarisierens (S2) des strukturierten Oberflächenbereichs (9) zum Erhalten einer planarisierten Oberfläche (7) des Oberflächenbereichs (9) erzeugt wurde.

- 89 -

59. Vorrichtung nach Anspruch 58,
dadurch gekennzeichnet, dass
die planarisierte Oberfläche (7) eben und/oder glatt ist
und eine Rauigkeit im Bereich kleiner 20 Nanometer, ins-
besondere kleiner 1 Nanometer, als Mittelrauwert aufweist.
60. Vorrichtung nach Anspruch 58 oder 59,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Auskopplungsstruktur (A) ein transparentes drittes Ma-
terial (5) mit kleinem Brechungsindex, insbesondere SiO_2 ,
an einem aufgerauten ersten Material (1) des Halbleiters
des Bauelements aufweist.
61. Vorrichtung nach Anspruch 58 oder 59,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Auskopplungsstruktur (A) ein transparentes drittes Ma-
terial (5) mit kleinem Brechungsindex, insbesondere SiO_2 ,
an einem aufgerauten transparenten zweiten Material (3)
mit großem Brechungsindex, insbesondere Nb_2O_5 , aufweist,
wobei das zweite Material (3) an einem ersten Material (1)
des Halbleiters des Bauelements angebracht ist.
62. Vorrichtung nach Anspruch 58 oder 59,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Auskopplungsstruktur (A) ein transparentes drittes Ma-
terial (5) mit kleinem Brechungsindex, insbesondere SiO_2 ,
an einem transparenten zweiten Material (3) mit großem
Brechungsindex aufweist, wobei das zweite Material (3) an
einem ersten Material (1) des Halbleiters des Bauelements
angebracht ist und periodische photonische Kristalle oder
nicht-periodische photonische Strukturen, insbesondere
quasiperiodische oder deterministische aperiodische pho-
tonische Strukturen aufweist.

63. Optoelektronische Vorrichtung, aufweisend:
eine Anordnung (11) mit einer Vielzahl von Licht-
quellen zur Erzeugung von Licht, das aus einer Lichtaus-
trittsfläche aus der optoelektronischen Vorrichtung aus-
tritt, und
wenigstens eine photonische Struktur (K, P), die zwi-
schen der Lichtaustrittsfläche und der Vielzahl der
Lichtquellen angeordnet ist.
64. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 63,
dadurch gekennzeichnet, dass
die photonische Struktur zur Strahlformung des von den
Lichtquellen erzeugten Lichts ausgebildet ist, insbeson-
dere derart, dass das Licht zumindest im Wesentlichen
senkrecht aus der Lichtaustrittsfläche austritt.
65. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 63 oder 64,
dadurch gekennzeichnet, dass
die photonische Struktur einen photonischen Kristall (K)
aufweist.
66. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche
63 bis 65,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Anordnung (11) ein Array ist, das als Lichtquellen
eine Vielzahl von Pixeln aufweist, die in einer Schicht
angeordnet sind, und dass ein photonischer Kristall in
der Schicht angeordnet oder ausgebildet ist.
67. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche
63 bis 65,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Anordnung (11) ein Array ist, das als Lichtquellen
eine Vielzahl von Pixeln aufweist, die in einer ersten

Schicht angeordnet sind, und dass ein photonischer Kristall in einer weiteren, zweiten Schicht angeordnet ist, wobei die zweite Schicht zwischen der ersten Schicht und der Lichtaustrittsfläche liegt.

5

68. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 63 bis 65,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Anordnung (11) als Lichtquellen eine Vielzahl von LEDs aufweist, die in einer ersten Schicht angeordnet sind, und dass ein photonischer Kristall in der weiteren, zweiten Schicht angeordnet ist, wobei die zweite Schicht zwischen der ersten Schicht und der Lichtaustrittsfläche liegt.

15

69. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 63 bis 68,

dadurch gekennzeichnet, dass

jede der Lichtquellen eine Rekombinationszone aufweist und der photonische Kristall derart nah an den Rekombinationszonen liegt, dass der photonische Kristall eine im Bereich der Rekombinationszonen vorhandene optische Zustandsdichte verändert, insbesondere derart, dass eine Bandlücke für wenigstens eine optische Mode mit einer Ausbreitungsrichtung parallel und/oder unter kleinem Winkel zur Lichtaustrittsfläche erzeugt wird.

25

70. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 65 bis 69,

dadurch gekennzeichnet, dass

der photonische Kristall (K) in Bezug auf eine parallel zur Lichtaustrittsfläche verlaufende Ebene unabhängig von der Positionierung der Lichtpunkte angeordnet ist, und/oder

30

der photonische Kristall ein zweidimensionaler photonischer Kristall ist, welcher in zwei die Ebene aufspannenden, zueinander senkrechten Raumrichtungen eine periodische Variation des optischen Brechungsindex aufweist.

5

71. Optoelektronische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 63 bis 70,

dadurch gekennzeichnet, dass

die photonische Struktur eine Vielzahl von Pillarstrukturen (P) umfasst, die sich zumindest teilweise zwischen der Lichtaustrittsfläche und der Vielzahl der Lichtquellen erstreckt, wobei jeweils ein Pillar einer Lichtquelle zugeordnet ist und in einer Richtung senkrecht zur Lichtaustrittsfläche betrachtet fluchtend mit dieser ausgerichtet ist.

15

72. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 71,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Anordnung (11) ein Array ist, das als Lichtquellen eine Vielzahl von Pixeln aufweist, die in einer ersten Schicht angeordnet sind, und dass die Pillars in einer weiteren, zweiten Schicht angeordnet sind, wobei die zweite Schicht zwischen der ersten Schicht und der Lichtaustrittsfläche liegt.

20

73. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 71,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Anordnung (11) als Lichtquellen eine Vielzahl von LEDs aufweist, die in einer ersten Schicht angeordnet sind, und dass die Pillars in einer weiteren, zweiten Schicht angeordnet oder ausgebildet sind, wobei die zweite Schicht zwischen der ersten Schicht und der Lichtaustrittsfläche liegt.

25

30

35

- 93 -

74. Optoelektronische Vorrichtung nach Anspruch 71,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Anordnung (11) ein Array ist, das als Lichtquellen
eine Vielzahl von Pixeln aufweist, wobei jeweils ein Pi-
5 xel von jeweils einem Pillar gebildet ist.
75. Verfahren zur Herstellung einer optoelektronischen Vor-
richtung,
insbesondere eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche
10 63 bis 74,
wobei eine Anordnung (11) mit einer Vielzahl von
Lichtquellen zur Erzeugung von Licht, das aus einer
Lichtaustrittsfläche aus der optoelektronischen Vorrich-
tung austritt, bereitgestellt oder hergestellt wird, und
15 wenigstens eine photonische Struktur (K, P) zwischen
der Lichtaustrittsfläche und der Vielzahl der Lichtquel-
len angeordnet wird.

1/14

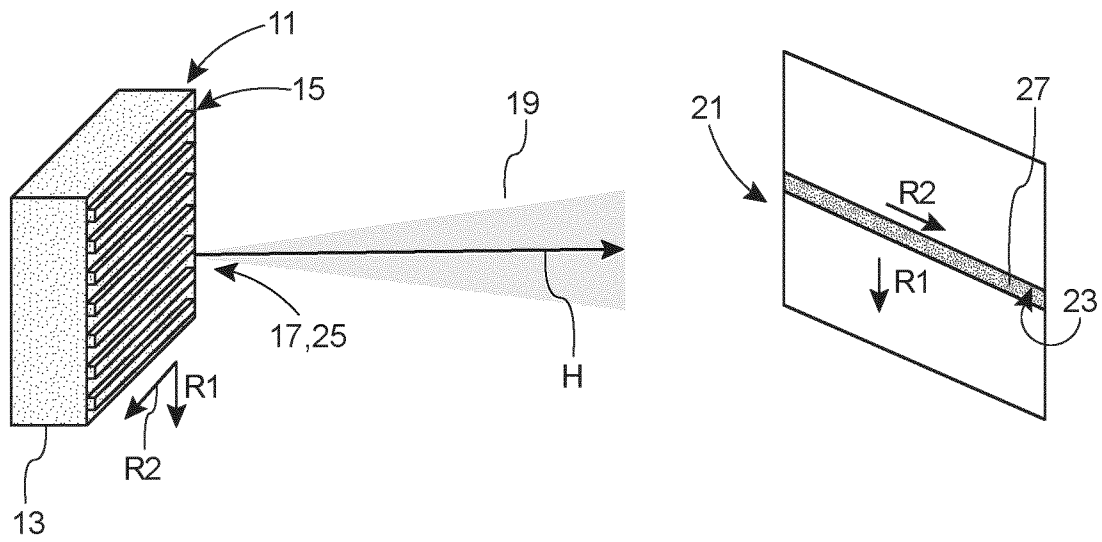


FIG. 1

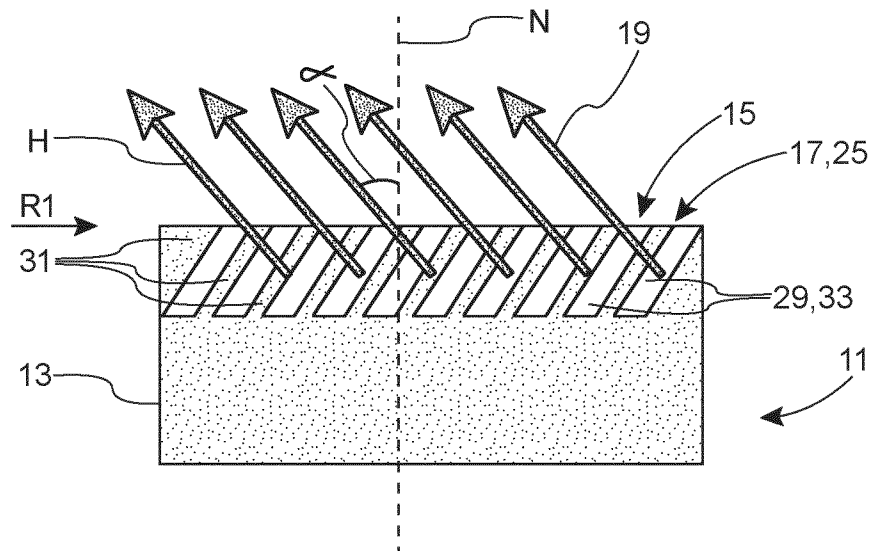


FIG. 2

2/14

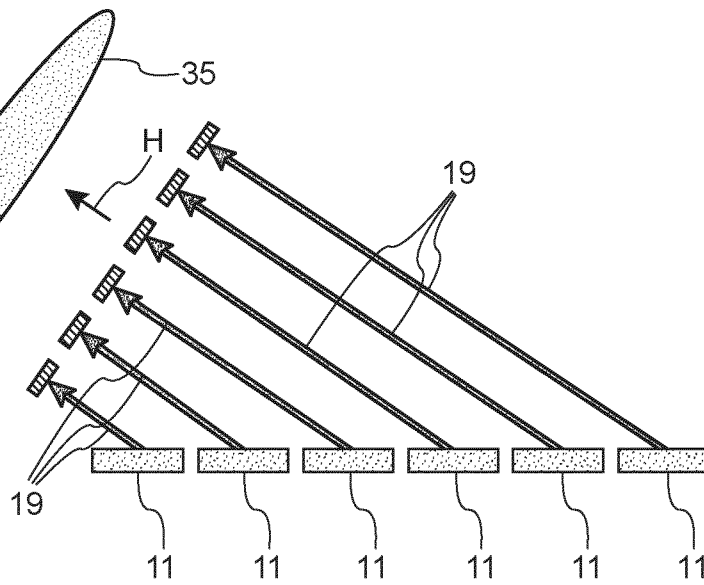


FIG. 3

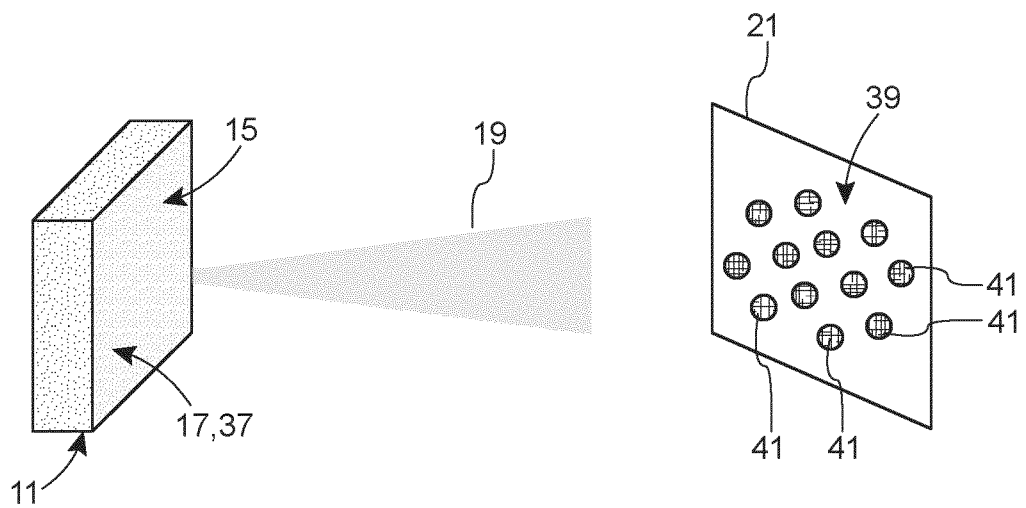


FIG. 4

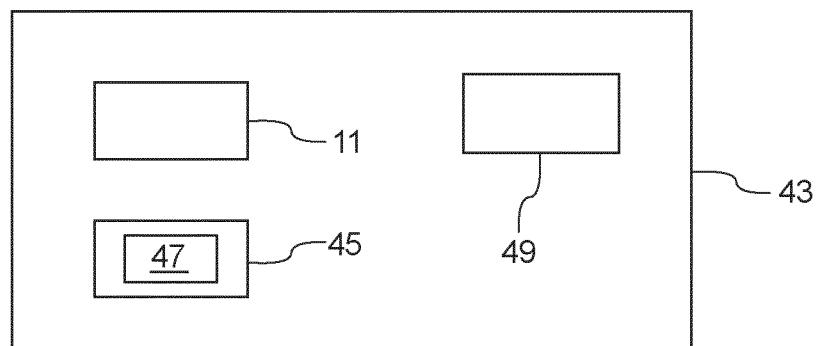


FIG. 5

3/14

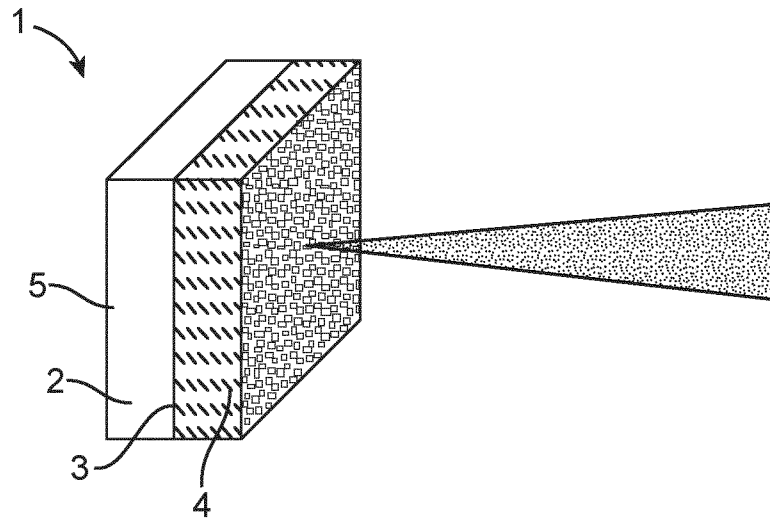


FIG. 6

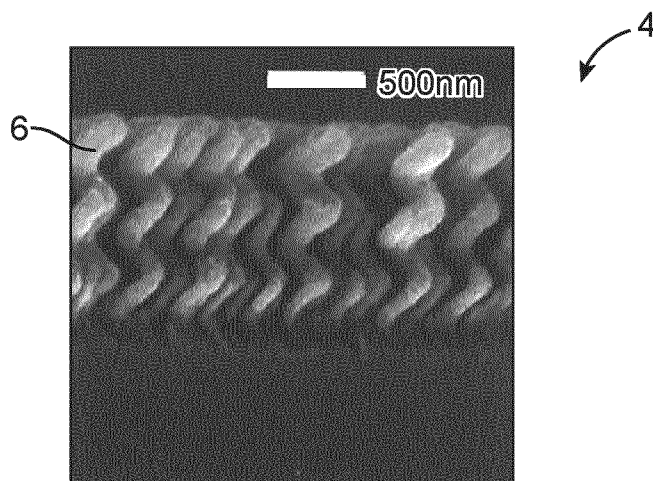


FIG. 7

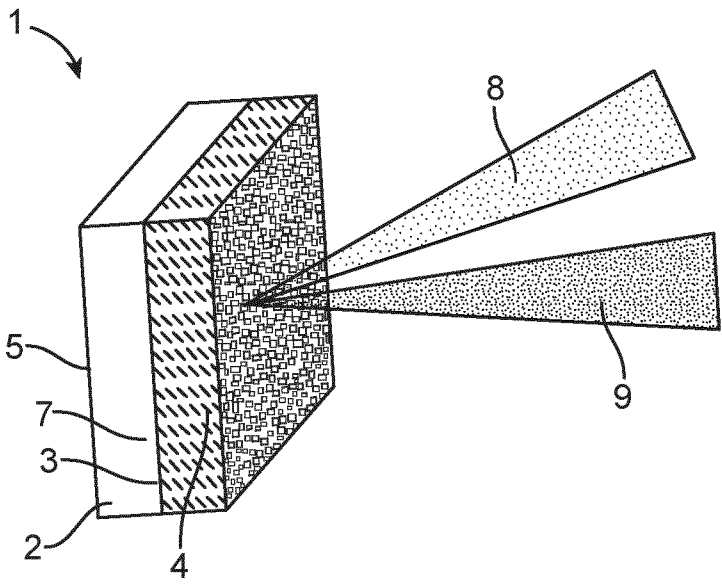


FIG. 8

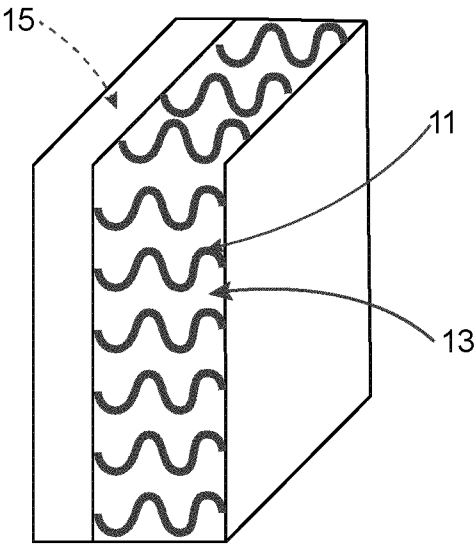


FIG. 9

6/14

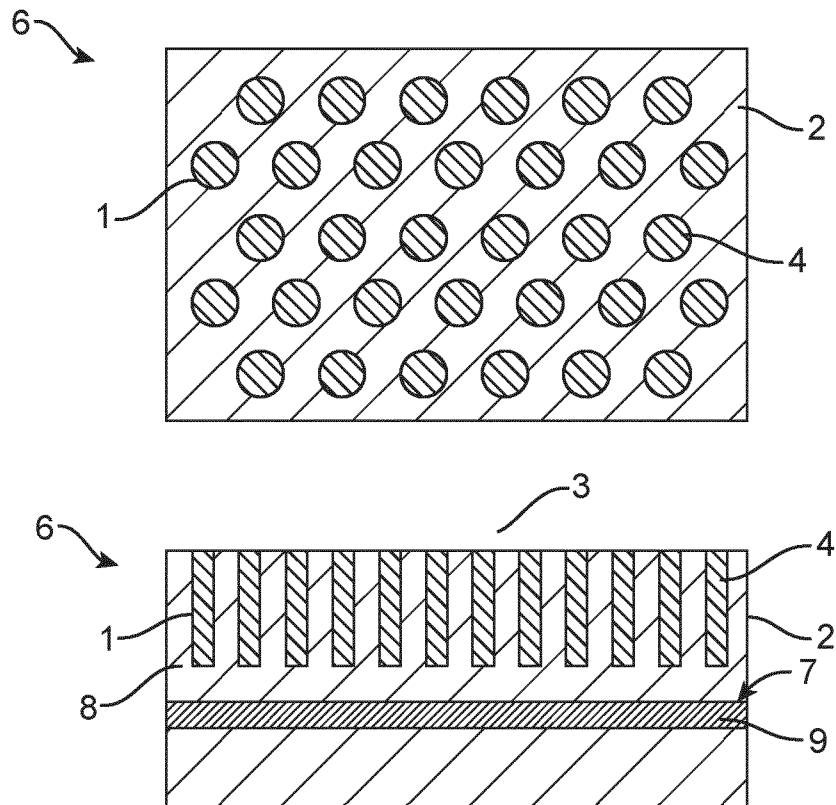


FIG. 10

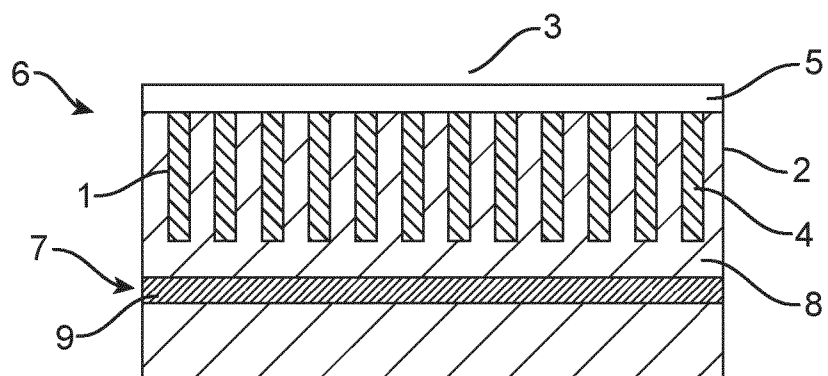


FIG. 11

7/14

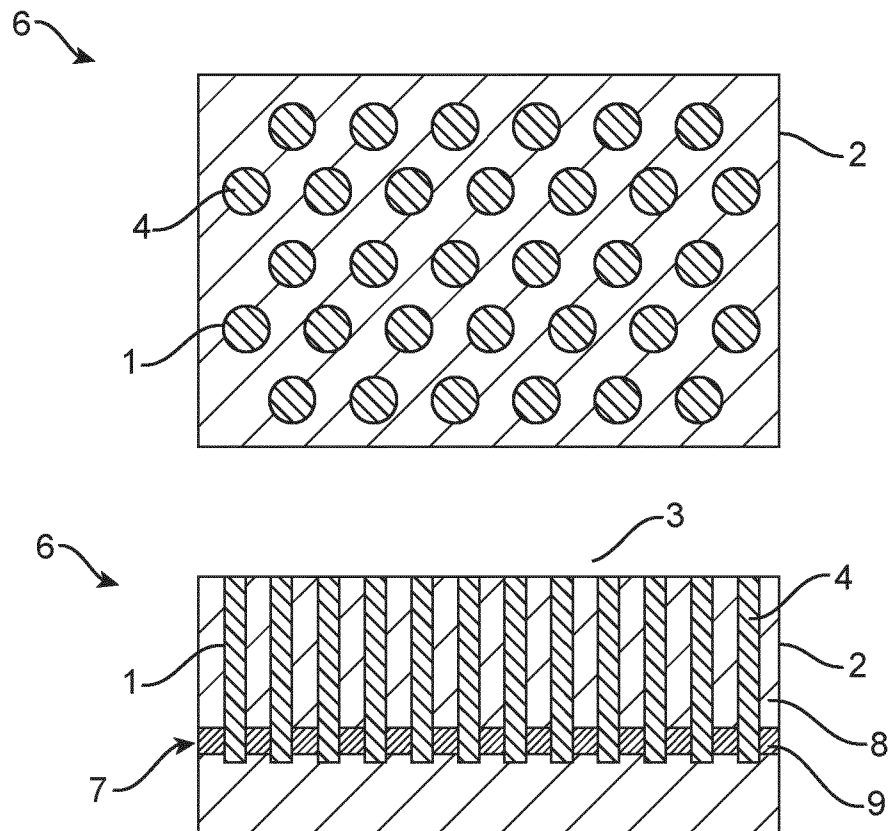


FIG. 12

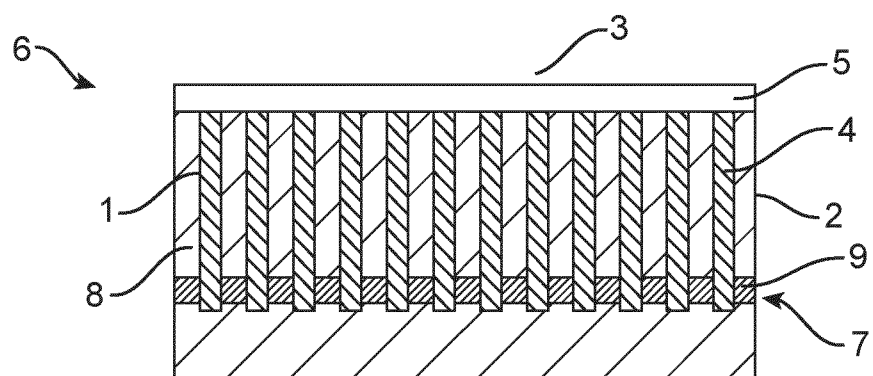


FIG. 13

8/14

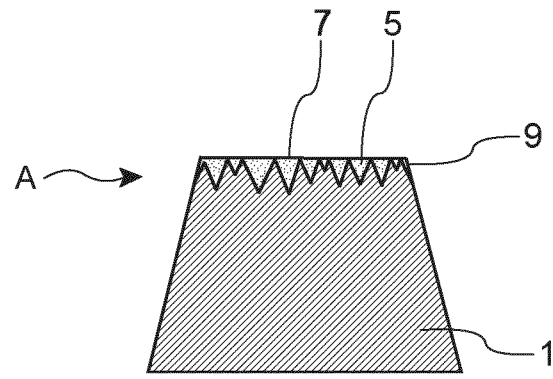


FIG. 14

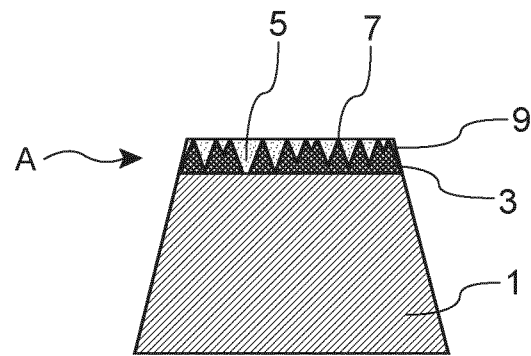


FIG. 15

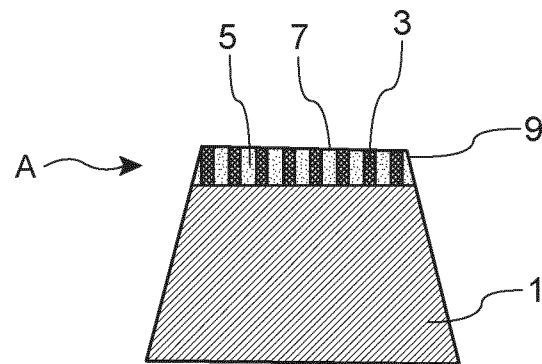


FIG. 16

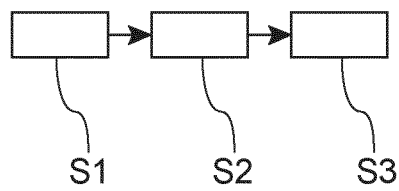


FIG. 17

9/14

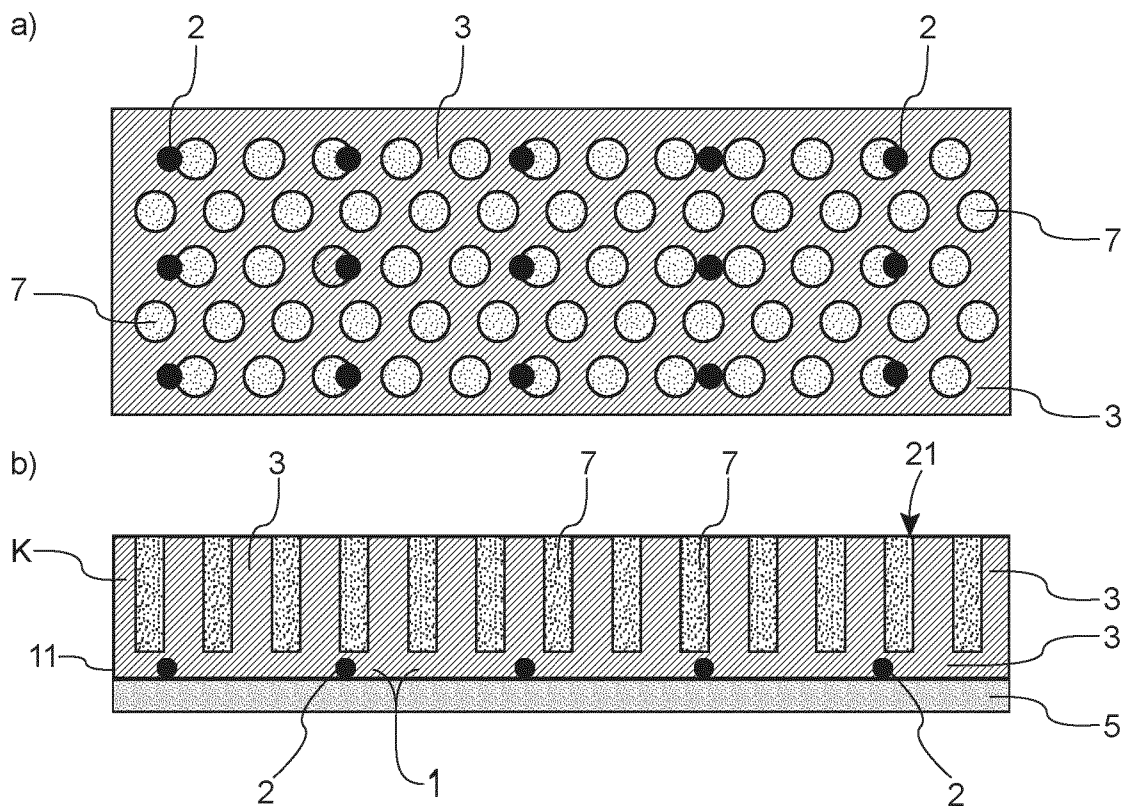


FIG. 18

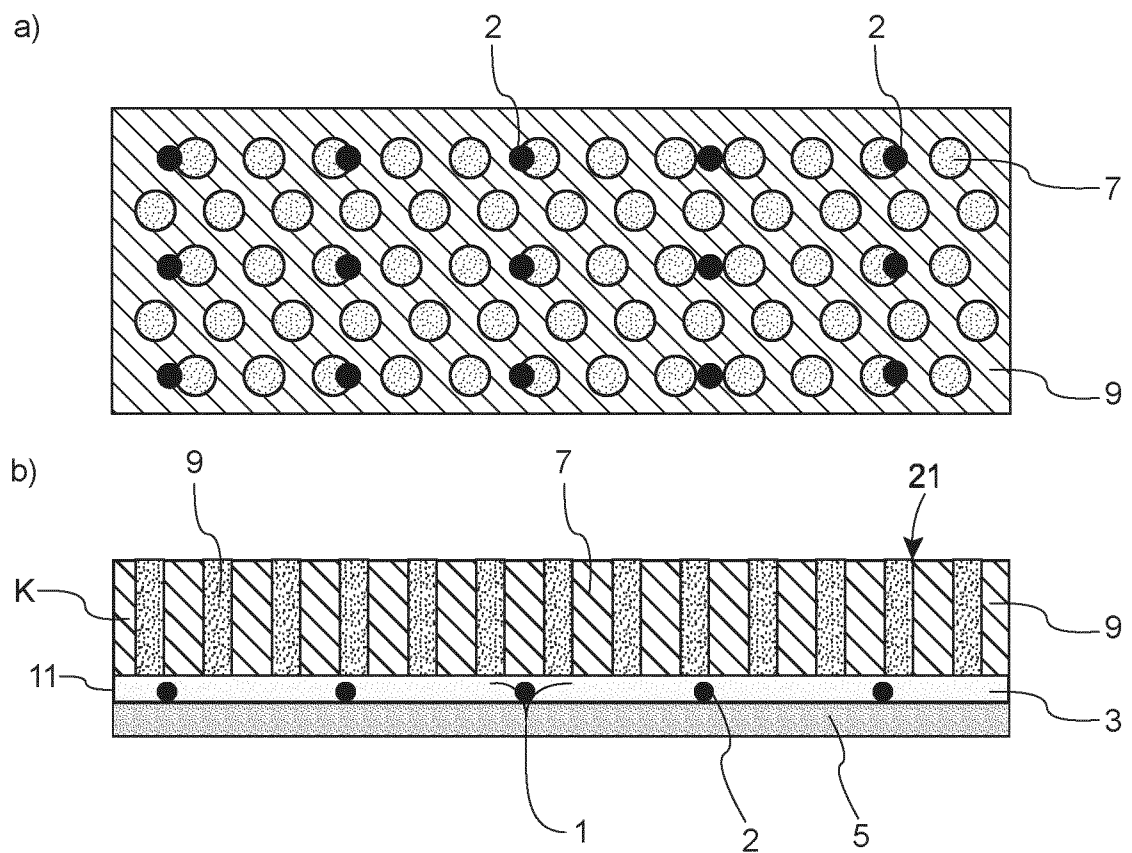


FIG. 19

10/14

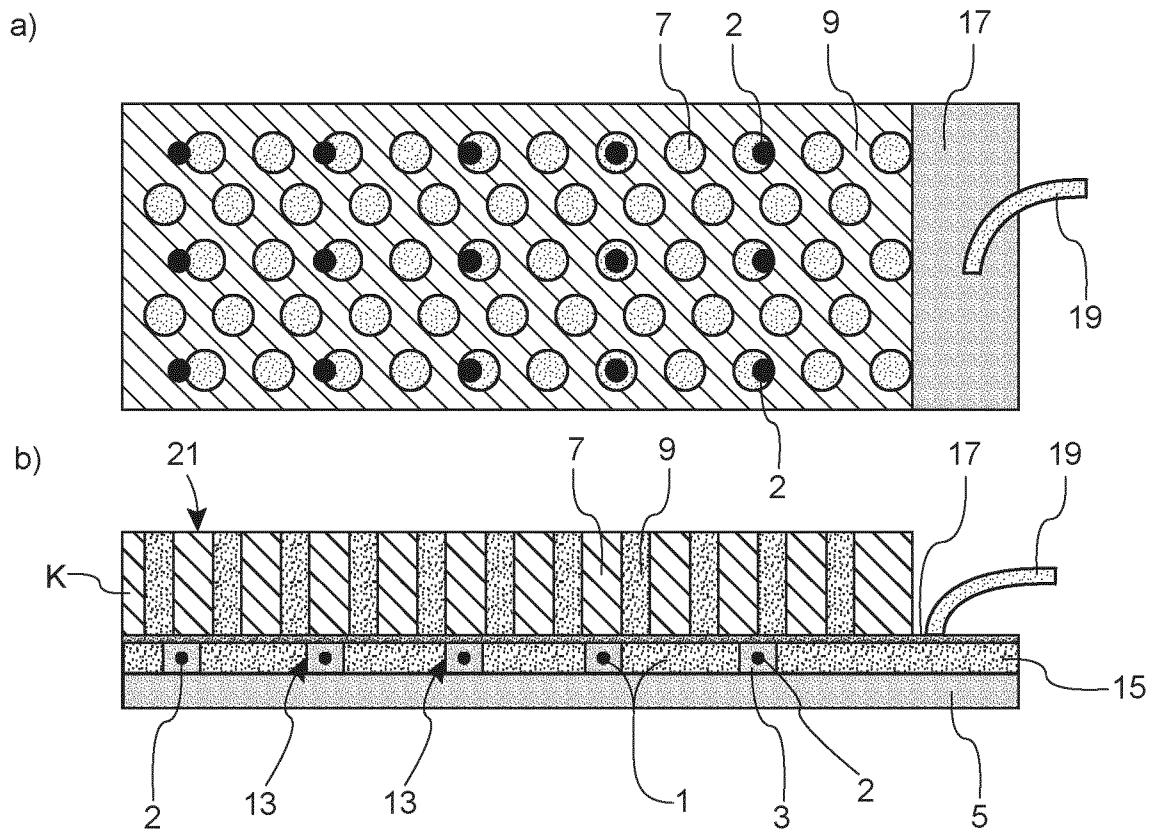


FIG. 20

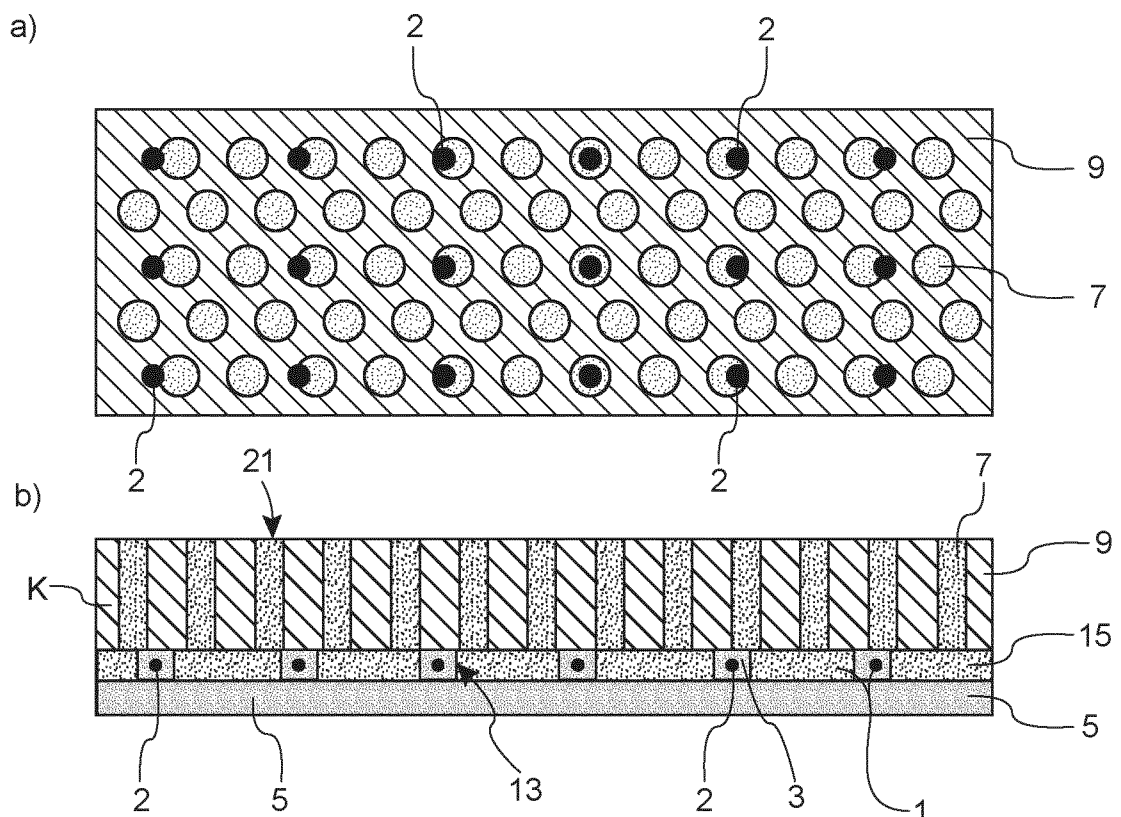
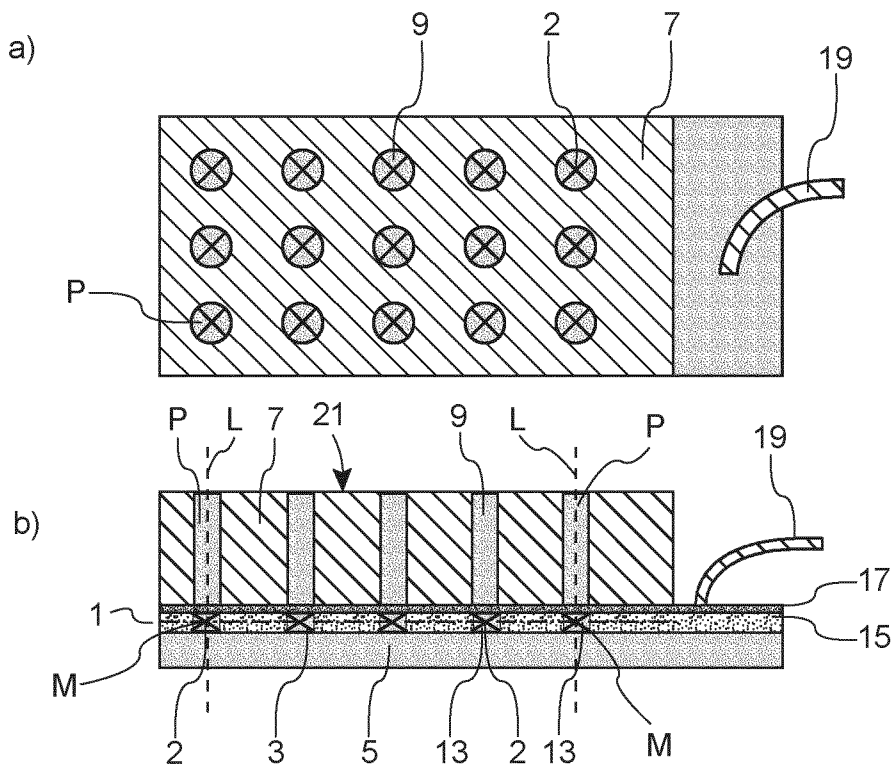
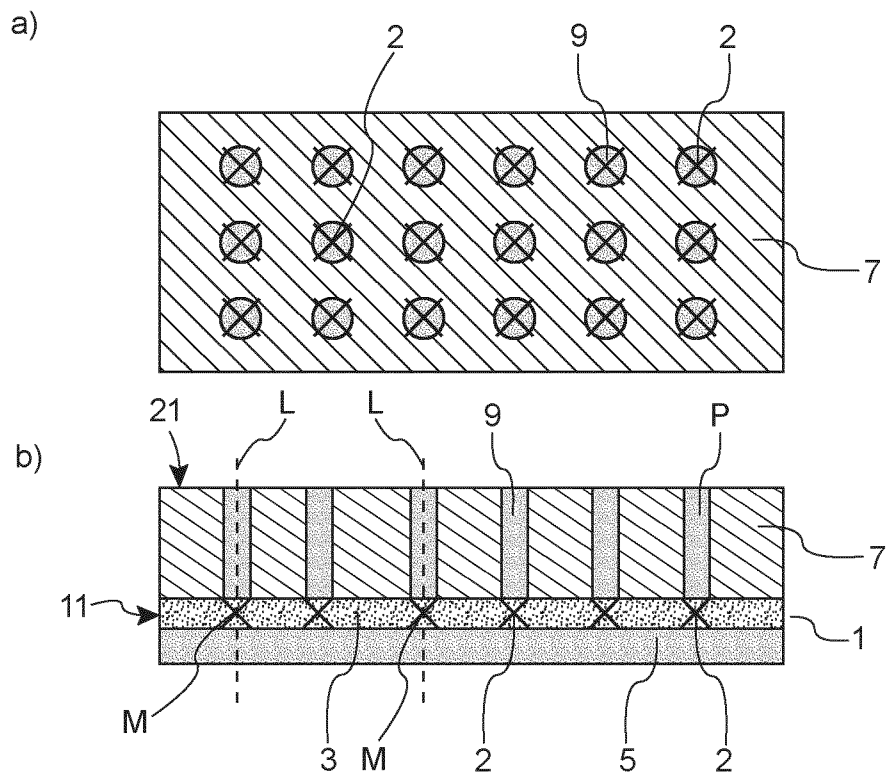


FIG. 21

11/14



12/14

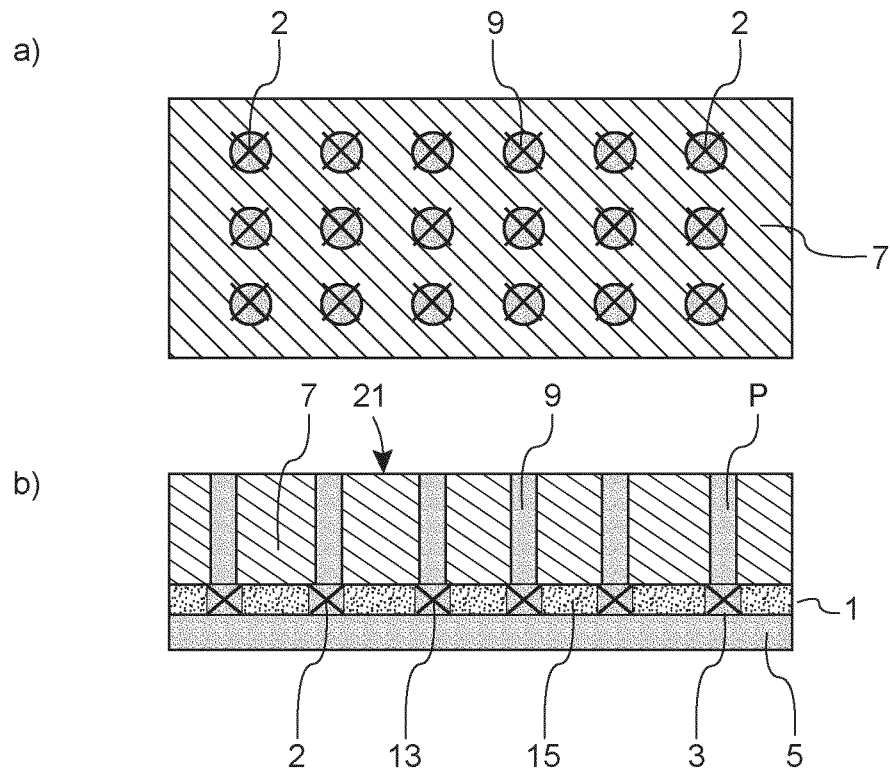


FIG. 24

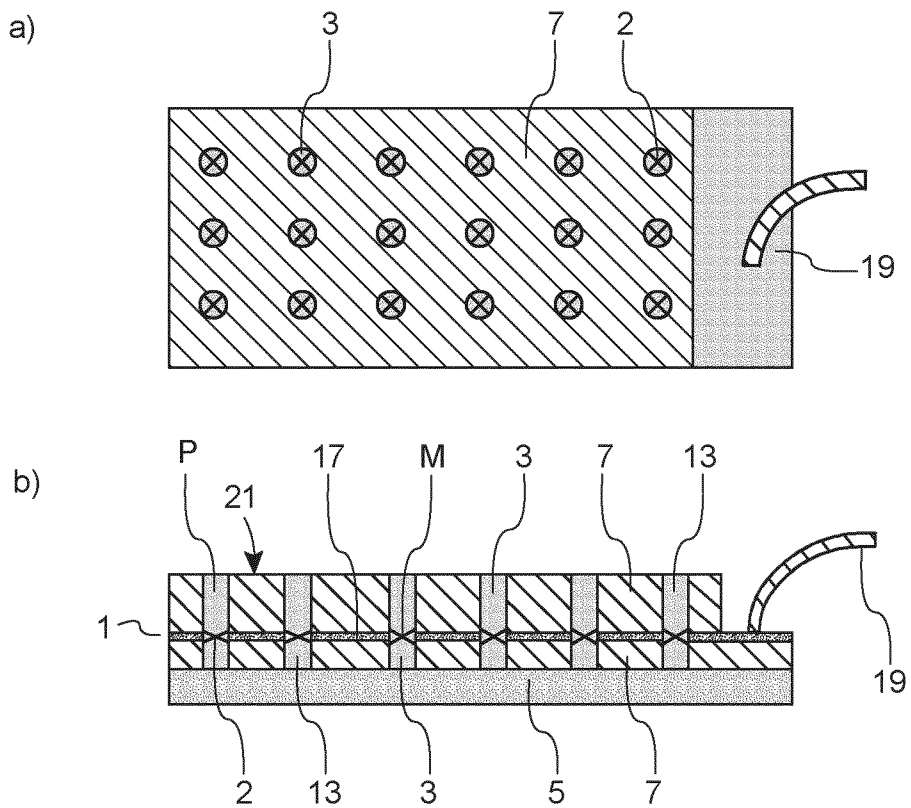


FIG. 25

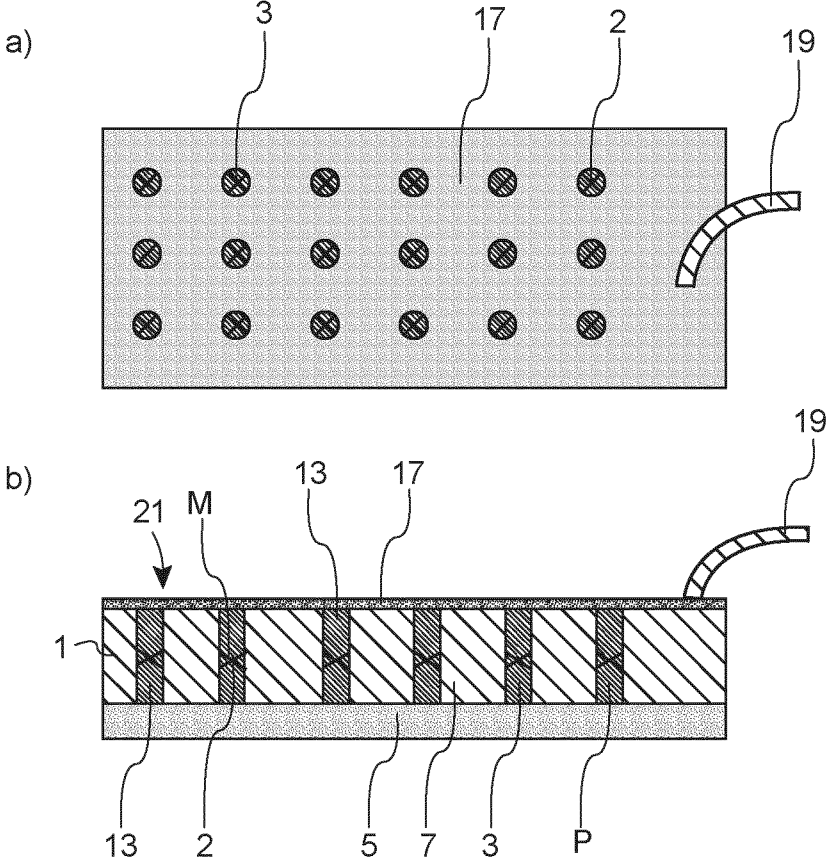


FIG. 26

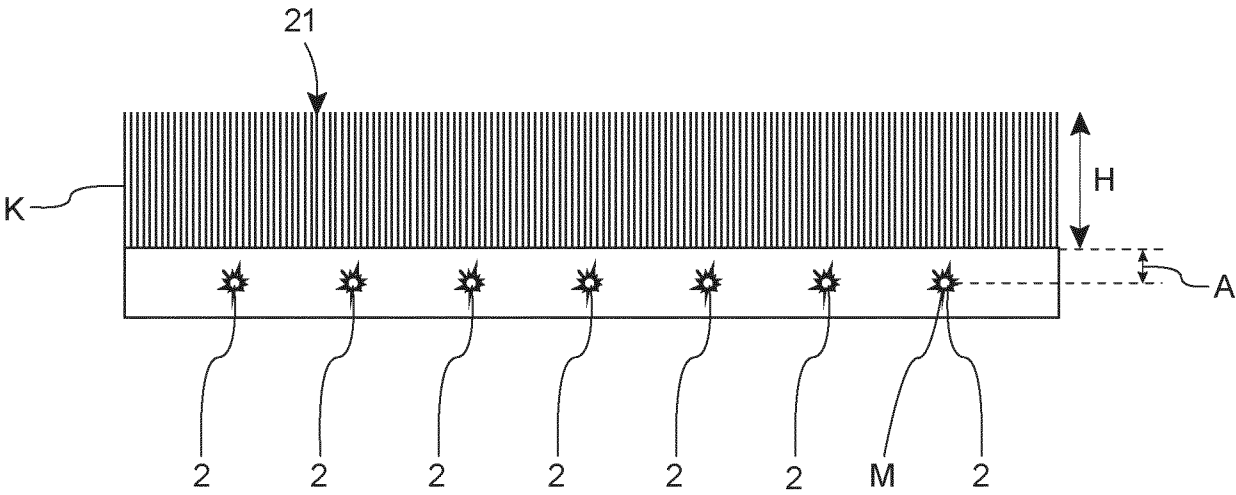


FIG. 27