



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

**DIFFRAKTIVES OPTISCHES ELEMENT, VERFAHREN ZUM HERSTELLEN
EINES DIFFRAKTIVEN OPTISCHEN ELEMENTS UND LASERBAUELEMENT**

BESCHREIBUNG

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein diffraktives optisches Element, ein Verfahren zum Herstellen eines diffraktiven optischen Elements und ein Laserbauelement.

10 Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung DE 10 2016 105 063.6, deren Offenbarungsgesamt hiermit durch Bezugnahme aufgenommen wird.

Es ist bekannt, lichtemittierende Bauelemente, beispielsweise
15 Laserbauelemente, mit diffraktiven optischen Elementen auszustatten, die dazu dienen, von dem lichtemittierenden Bauelement abgestrahltes Licht, zu formen, aufzuweiten oder abzuschwächen. Dies kann beispielsweise erforderlich sein, um eine Augensicherheit des lichtemittierenden Bauelements zu gewährleisten.
20

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein diffraktives optisches Element bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Herstellen eines diffraktiven optischen Elements anzugeben. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Laserbauelement bereitzustellen. Diese Aufgaben werden durch ein diffraktives optisches Element, ein
25 Verfahren zum Herstellen eines diffraktiven optischen Elements und durch ein Laserbauelement mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. In den abhängigen Ansprüchen sind verschiedene Weiterbildungen angegeben.

Ein diffraktives optisches Element umfasst einen Träger und
35 eine Mehrzahl von nano- oder mikroskaligen Stäbchen, die über einer Oberseite des Trägers angeordnet sind. Dabei sind die Stäbchen parallel zueinander in einer regelmäßigen Gitteranordnung angeordnet.

Die Stäbchen dieses diffraktiven optischen Elements können auch als Mikro- oder Nanorods bezeichnet werden. Die zueinander parallelen Stäbchen dieses diffraktiven optischen Elements können als Beugungsgitter wirken, um durch das diffraktive optische Element durchgestrahltes Licht zu beugen. Dadurch kann das diffraktive optische Element vorteilhafterweise eine Strahlformung und/oder eine Strahlaufweitung bewirken. Das diffraktive optische Element kann einfach und kostengünstig herstellbar sein. Dabei kann das diffraktive optische Element unempfindlich gegenüber Umwelteinflüssen und mechanischen Einwirkungen sein und dadurch eine hohe Lebensdauer aufweisen. Das diffraktive optische Element kann sich vorteilhafterweise für eine Montage durch Wiederaufschmelzlöten (Reflow-Löten) eignen.

In einer Ausführungsform des diffraktiven optischen Elements weisen die Stäbchen GaN auf. Vorteilhafterweise lässt sich das diffraktive optische Element dadurch durch kostengünstige Standardprozesse herstellen.

In einer Ausführungsform des diffraktiven optischen Elements sind die Stäbchen in einer hexagonalen Gitteranordnung angeordnet. Vorteilhafterweise ergibt sich dadurch eine Anordnung der Stäbchen, bei der alle direkten Nachbarn eines Stäbchens die gleiche Entfernung aufweisen. Vorteilhafterweise lässt sich eine hexagonale Gitteranordnung der Stäbchen gut mit einer hexagonalen Kristallstruktur des Materials der Stäbchen kombinieren.

In einer Ausführungsform des diffraktiven optischen Elements weisen die Stäbchen jeweils einen hexagonalen Querschnitt auf. Der Querschnitt der Stäbchen kann dabei beispielsweise durch eine Kristallstruktur des Materials der Stäbchen vorgegeben sein. Vorteilhafterweise lassen sich Stäbchen mit einem hexagonalen Querschnitt gut in einer hexagonalen Gitteranordnung anordnen.

In einer Ausführungsform des diffraktiven optischen Elements sind die Stäbchen durch eine Schutzschicht überdeckt. Vorteilhafterweise kann die Schutzschicht einen Schutz der Stäbchen vor Umwelteinflüssen und mechanischen Einwirkungen bieten. Insbesondere kann die Schutzschicht eine Kondensation von Wasser an den Stäbchen verhindern. Das diffraktive optische Element ist dadurch robust ausgebildet und kann eine lange Lebensdauer aufweisen.

10 In einer Ausführungsform des diffraktiven optischen Elements weist die Schutzschicht SiO_2 , SiN , ein Silikon, ein Phosphatglas, ein Epoxid oder Polymethylmethacrylat (PMMA) auf. Vorteilhafterweise kann sich dadurch ein hoher Brechungsindexunterschied zwischen dem Material der Stäbchen und dem Material
15 der Schutzschicht ergeben.

In einer Ausführungsform des diffraktiven optischen Elements weisen benachbarte Stäbchen einen Abstand voneinander auf, der zwischen $0,5\ \mu\text{m}$ und $5\ \mu\text{m}$ beträgt, insbesondere zwischen
20 $1\ \mu\text{m}$ und $3\ \mu\text{m}$. Vorteilhafterweise eignet sich das diffraktive optische Element dadurch für eine Beugung von Licht mit einer Wellenlänge aus dem sichtbaren Spektralbereich.

In einer Ausführungsform des diffraktiven optischen Elements weisen die Stäbchen jeweils eine Länge auf, die zwischen
25 $0,5\ \mu\text{m}$ und $50\ \mu\text{m}$ liegt, insbesondere zwischen $0,5\ \mu\text{m}$ und $3\ \mu\text{m}$. Vorteilhafterweise eignet sich das diffraktive optische Element dadurch für Beugung von Licht mit einer Wellenlänge aus dem sichtbaren Spektralbereich.

30 In einer Ausführungsform des diffraktiven optischen Elements weisen die Stäbchen jeweils einen Durchmesser auf, der zwischen $100\ \text{nm}$ und $5\ \mu\text{m}$ liegt. Vorteilhafterweise lassen sich Stäbchen mit solchem Durchmesser einfach, kostengünstig und
35 reproduzierbar herstellen.

In einer Ausführungsform des diffraktiven optischen Elements weisen die Stäbchen eine mittlere Rauheit R_a von weniger als

0,5 nm auf. Vorteilhafterweise kann das diffraktive optische Element dadurch niedrige Streuverluste aufweisen.

5 In einer Ausführungsform des diffraktiven optischen Elements weist dieses eine erste Gruppe von Stäbchen und eine zweite Gruppe von Stäbchen auf. Dabei weisen die Stäbchen der ersten Gruppe eine größere Länge auf als die Stäbchen der zweiten Gruppe. Vorteilhafterweise kann das diffraktive optische Element dadurch eine komplexe Strahlformung von Licht bewirken,
10 das durch das diffraktive optische Element durchgestrahlt wird. Beispielsweise kann das diffraktive optische Element in diesem Fall zur Erzeugung von Punktmustern dienen.

15 Ein Verfahren zum Herstellen eines diffraktiven optischen Elements umfasst Schritte zum Bereitstellen eines Trägers und zum epitaktischen Aufwachsen einer Mehrzahl von zueinander parallelen nano- oder mikroskaligen Stäbchen in einer regelmäßigen Gitteranordnung über einer Oberseite des Trägers.

20 Vorteilhafterweise erlaubt dieses Verfahren eine einfache und kostengünstige Herstellung eines optischen Elements. Die epitaktisch aufgewachsenen Stäbchen können dabei mit sehr hohem Aspektverhältnis und mit sehr glatten vertikalen Facetten hergestellt werden. Die Stäbchen des durch das Verfahren er-
25 hältlichen diffraktiven optischen Elements können als Beugungsgitter dienen, um einen auf das diffraktive optische Element gerichteten Lichtstrahl aufzuweiten und/oder anderweitig zu formen.

30 In einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst dieses einen Schritt zum Ausbilden einer Maskenstruktur mit einer Mehrzahl von Öffnungen, die in einer regelmäßigen Gitteranordnung angeordnet sind, über einer Oberseite des Trägers. Dabei werden die Stäbchen über den Öffnungen der Maskenstruktur aufgewach-
35 sen. Vorteilhafterweise kann durch die Maskenstruktur die Anordnung der epitaktisch aufgewachsenen Stäbchen festgelegt werden. Die regelmäßige Gitteranordnung der epitaktisch aufgewachsenen Stäbchen bildet dabei die regelmäßige Gitteran-

ordnung der in der Maskenstruktur ausgebildeten Öffnungen nach.

5 In einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Maskenstruktur aus einem Siliciumoxid ausgebildet. Vorteilhafterweise lässt sich die Maskenstruktur dadurch auf einfache und kostengünstige Weise durch Standardprozesse ausbilden.

10 In einer Ausführungsform des Verfahrens wird der Träger mit einer über seiner Oberseite angeordneten kristallinen Pufferschicht bereitgestellt. Dabei werden die Stäbchen über der Pufferschicht aufgewachsen. Vorteilhafterweise ermöglicht die kristalline Pufferschicht ein epitaktisches Aufwachsen der Stäbchen. Dadurch wird es ermöglicht, einen Träger zu verwenden, der keine Kristallstruktur oder eine von den Stäbchen
15 abweichende Kristallstruktur aufweist.

In einer Ausführungsform des Verfahrens weist die Pufferschicht GaN oder AlN auf. Vorteilhafterweise lässt sich das
20 Verfahren dadurch einfach und kostengünstig und unter Verwendung von Standardprozessen durchführen.

In einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst dieses weitere Schritte zum Abdecken einer ersten Gruppe der Stäbchen,
25 wobei eine zweite Gruppe der Stäbchen nicht abgedeckt wird, und zum Fortsetzen des epitaktischen Wachstums der Stäbchen der zweiten Gruppe. Vorteilhafterweise lässt sich das diffraktive optische Element dadurch mit Stäbchen unterschiedlicher Länge ausbilden. Das so erhältliche diffraktive optische
30 Element kann dadurch eine komplexere Strahlformung bewirken, beispielsweise eine Erzeugung eines Punktmusters.

In einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst dieses einen weiteren Schritt zum Überdecken der Stäbchen mit einer
35 Schutzschicht. Vorteilhafterweise kann die die Stäbchen überdeckende Schutzschicht einen Schutz der Stäbchen vor Umwelteinflüssen und mechanischen Einwirkungen bieten. Beispiels-

weise kann die Schutzschicht eine Kondensation von Feuchtigkeit an den Stäbchen verhindern.

5 In einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Schutzschicht durch ein Kathodenzerstäubungsverfahren (Sputtern) aufgebracht. Vorteilhafterweise ermöglicht dies eine einfache und kostengünstige Aufbringung der Schutzschicht.

10 Ein Laserbauelement umfasst eine Laser-Lichtquelle und ein diffraktives optisches Element der vorgenannten Art, das im Lichtweg der Laser-Lichtquelle angeordnet ist.

Vorteilhafterweise kann das diffraktive optische Element eine Strahlformung eines durch die Laser-Lichtquelle emittierten
15 Laserstrahls bewirken. Beispielsweise kann das diffraktive optische Element einen durch die Laser-Lichtquelle emittierten Laserstrahl aufweiten. Dadurch kann das diffraktive optische Element beispielsweise eine Augensicherheit des Laserbauelements gewährleisten. Das diffraktive optische Element
20 kann auch dazu dienen, aus einem von der Laser-Lichtquelle emittierten Laserstrahl ein Punktmuster oder ein anderes Lichtmuster zu erzeugen.

25 Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Dabei zeigen in jeweils schematisierter Darstellung
30 lung

Fig. 1 einen Träger mit einer über seiner Oberseite angeordneten Pufferschicht;

35 Fig. 2 den Träger mit einer über der Pufferschicht ausgebildeten Maskenstruktur;

Fig. 3 den Träger mit über seiner Oberseite aufgewachsenen Stäbchen;

Fig. 4 eine perspektivische Darstellung der über dem Träger aufgewachsenen Stäbchen;

Fig. 5 den Träger und die Stäbchen mit einer über den Stäbchen angeordneten Schutzschicht;

Fig. 6 ein Laserbauelement mit einer Laser-Lichtquelle und einem diffraktiven optischen Element; und

Fig. 7 den Träger mit mehreren Gruppen unterschiedlich langer Stäbchen.

Fig. 1 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht eines Trägers 100. Der Träger 100 weist eine im Wesentlichen ebene Oberseite 101 auf. Der Träger 100 kann beispielsweise als Saphirscheibe ausgebildet sein.

An der Oberseite 101 des Trägers 100 ist eine Pufferschicht 110 angeordnet. Die Pufferschicht 110 weist ein kristallines Material auf. Beispielsweise kann die Pufferschicht 110 GaN oder AlN aufweisen.

Fig. 2 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht des Trägers 100 mit der über der Oberseite 101 des Trägers 100 angeordneten Pufferschicht 110 in einem der Darstellung der Fig. 1 zeitlich nachfolgenden Bearbeitungsstand.

Über der Pufferschicht 110 ist eine Maskenstruktur 120 ausgebildet worden. Die Maskenstruktur 120 kann beispielsweise ein Siliciumoxid aufweisen. Die Maskenstruktur 120 kann beispielsweise durch ein lithographisches Verfahren ausgebildet worden sein.

Die Maskenstruktur 120 weist eine Mehrzahl von Öffnungen 130 auf. Im Bereich der Öffnungen 130 liegt die Pufferschicht 110

frei. Die übrigen Abschnitte der Pufferschicht 110 sind durch die Maskenstruktur 120 abgedeckt.

Die Öffnungen 130 sind in einer regelmäßigen Gitteranordnung 131 angeordnet. Die Gitteranordnung 131 kann beispielsweise eine hexagonale Gitteranordnung sein.

Fig. 3 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht des Trägers 100 mit der über der Oberseite 101 des Trägers 100 angeordneten Pufferschicht 110 und der über der Pufferschicht 110 angeordneten Maskenstruktur 120 in einem der Darstellung der Fig. 2 zeitlich nachfolgenden Bearbeitungsstand.

Über der Oberseite 101 des Trägers 100 ist eine Mehrzahl von nano- oder mikroskaligen Stäbchen 200 aufgewachsen worden. Die nano- oder mikroskaligen Stäbchen 200 können auch als Nanorods oder als Mikrorods bezeichnet werden. Fig. 4 zeigt eine schematische perspektivische Darstellung der über der Oberseite 101 des Trägers 100 aufgewachsenen Stäbchen 200.

Die Stäbchen 200 sind durch epitaktisches Wachstum hergestellt worden. Das epitaktische Wachstum der Stäbchen 200 hat in den Öffnungen 130 der Maskenstruktur 120 an der Pufferschicht 110 begonnen. In jeder Öffnung 130 der Maskenstruktur 120 ist ein Stäbchen 200 gewachsen. Dadurch sind die Positionen der Stäbchen 200 durch die Positionen der Öffnung 130 der Maskenstruktur 120 vorgegeben. Dabei sind die Stäbchen 200 in zur Oberseite 101 des Trägers 100 senkrechter Richtung über die Maskenstruktur 120 hinausgewachsen.

Die Stäbchen 200 sind senkrecht zur Oberseite 101 des Trägers 100 und parallel zueinander angeordnet. Dabei sind die Stäbchen 200 in einer regelmäßigen Gitteranordnung 201 angeordnet, die durch die Gitteranordnung 131 der Öffnungen 130 der Maskenstruktur 120 vorgegeben worden ist. Die Gitteranordnung 201 der Stäbchen 200 entspricht somit weitgehend der Gitteranordnung 131 der in der Maskenstruktur 120 vorgesehe-

nen Öffnungen 130. Die Gitteranordnung 201 der Stäbchen 200 kann beispielsweise eine hexagonale Gitteranordnung sein.

Die Gitteranordnung 201 der Stäbchen 200 könnte auch eine langgestreckte, nicht gleichseitige, hexagonale Gitteranordnung sein, bei der zwei einander gegenüberliegende Seiten des Hexagons länger sind als die übrigen Seiten des Hexagons. In diesem Fall ist der Gitterabstand der Gitteranordnung 201 in eine erste Richtung größer als in eine dazu gedrehte zweite Richtung.

Die Stäbchen 200 können beispielsweise GaN aufweisen.

Jedes Stäbchen 200 weist einen parallel zur Oberseite 101 des Trägers 100 orientierten Querschnitt 210 auf. Die Querschnitte 210 der Stäbchen 200 können beispielsweise hexagonal ausgebildet sein. Die Querschnitte 210 der Stäbchen 200 können durch das Kristallgitter des Materials der Stäbchen 200 festgelegt sein.

Jedes Stäbchen 200 weist einen parallel zur Oberseite 101 des Trägers 100 bemessenen Durchmesser 220 auf. Der Durchmesser kann dabei beispielsweise zwischen 100 nm und 5 µm liegen. Beispielsweise kann der Durchmesser 220 der Stäbchen 200 200 nm betragen. Die Durchmesser 220 der Stäbchen 200 können durch die Größe der Öffnungen 130 der Maskenstruktur 120 festgelegt worden sein.

Die Stäbchen 200 könnten auch langgestreckte hexagonale Querschnitte 210 aufweisen, bei der zwei einander gegenüberliegende Seiten des Hexagons länger sind als die übrigen Seiten des Hexagons. In diesem Fall ist der Durchmesser 220 in eine erste Richtung größer als in eine dazu gedrehte zweite Richtung. Solche Querschnitte 210 können beispielsweise durch langgestreckte Öffnungen 130 der Maskenstruktur 120 vorgegeben werden.

Benachbarte Stäbchen 200 weisen jeweils einen Abstand 230 voneinander auf. Der Abstand 230 kann beispielsweise zwischen

0,5 μm und 5 μm betragen. Insbesondere kann der Abstand 230 beispielsweise zwischen 1 μm und 3 μm liegen. Insbesondere können benachbarte Stäbchen 200 beispielsweise einen Abstand 230 von 2 μm voneinander aufweisen.

5

Jedes Stäbchen 200 weist eine in Richtung senkrecht zur Oberseite 101 des Trägers 100 bemessene Länge 240 auf. Die Länge 240 der Stäbchen 200 kann beispielsweise zwischen 0,5 μm und 50 μm liegen. Insbesondere kann die Länge 240 der Stäbchen 200 beispielsweise zwischen 0,5 μm und 3 μm liegen. Die Stäbchen 200 können beispielsweise eine Länge 240 von 1 μm aufweisen.

Die durch epitaktisches Wachstum hergestellten Stäbchen 200 können eine sehr geringe laterale Rauheit aufweisen. Das bedeutet, dass die Außenflächen der Stäbchen 200 sehr glatt sein können. Beispielsweise können die Außenflächen der Stäbchen 200 eine mittlere Rauheit R_a von weniger als 0,5 nm aufweisen.

20

Wie Fig. 7 in schematischer Darstellung zeigt, ist es möglich, ausgehend von dem in Fig. 3 gezeigten Bearbeitungsstand, eine erste Gruppe 250 der Stäbchen 200 mit einer schützenden Schicht 310 abzudecken und eine zweite Gruppe 260 der Stäbchen 200 nicht durch die schützende Schicht 310 abzudecken. Anschließend kann das epitaktische Wachstum der Stäbchen 200 der zweiten Gruppe 260 fortgesetzt werden, so dass die Stäbchen 200 der zweiten Gruppe 260 bis zu einer zweiten Länge 270 weiterwachsen, während die durch die schützende Schicht 310 abgedeckten Stäbchen 200 der ersten Gruppe 250 nicht mehr weiterwachsen, sodass ihre Länge 240 nicht weiter zunimmt. Hierdurch wird es ermöglicht, die Stäbchen 200 der zweiten Gruppe 260 mit größerer Länge 270 auszubilden als die Stäbchen 200 der ersten Gruppe 250. Die schützende Schicht 310 kann anschließend entfernt werden. Dann wird das Verfahren wie nachfolgend beschrieben fortgesetzt. Das beschriebene Verfahren kann auch mehrfach durchgeführt werden, um eine

größere Anzahl von Gruppen mit Stäbchen 200 unterschiedlicher Längen anzulegen.

Fig. 5 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht des Trägers 100 und der über der Oberseite 101 des Trägers 100 angeordneten Stäbchen 200 in einem der Darstellung der Fig. 3 zeitlich nachfolgenden Bearbeitungsstand.

Die Stäbchen 200 sind mit einer Schutzschicht 300 überdeckt worden. Die Schutzschicht 300 füllt den Raum zwischen den Stäbchen 200 und grenzt an die Maskenstruktur 120 an. Gleichzeitig bedeckt die Schutzschicht 300 auch die von dem Träger 100 abgewandten Längsenden der Stäbchen 200, so dass die Stäbchen 200 vollständig in die Schutzschicht 300 eingebettet sind.

Die Schutzschicht 300 weist ein transparentes Material auf, dessen Brechungsindex sich zweckmäßigerweise deutlich von dem Brechungsindex des Materials der Stäbchen 200 unterscheidet. Beispielsweise kann die Schutzschicht 300 SiO_2 , SiN, ein Silikon, ein Phosphatglas, ein Epoxid oder Polymethylmethacrylat (PMMA) aufweisen.

Die Schutzschicht 300 kann beispielsweise durch ein Kathodenzerstäubungsverfahren (Sputtern) aufgebracht worden sein.

Der Träger 100 mit den über der Oberseite 101 des Trägers 100 angeordneten Stäbchen 200 und der die Stäbchen 200 überdeckenden Schutzschicht 300 bildet ein diffraktives optisches Element 10. Das diffraktive optische Element 10 kann als Beugungsgitter für Licht dienen, beispielsweise als Beugungsgitter für Licht mit einer Wellenlänge aus dem sichtbaren Spektralbereich. Das diffraktive optische Element 10 kann beispielsweise dazu dienen, einen Lichtstrahl, beispielsweise einen Laserstrahl, abzuschwächen oder aufzuweiten oder anderweitig zu formen.

Wenn die Gitteranordnung 201 der Stäbchen 200 und/oder die Querschnitte 210 der Stäbchen 200 nicht gleichseitig ausgebildet sind, kann der durch das diffraktive optische Element 10 beleuchtete Bereich (field of view) asymmetrisch ausgebildet sein.

Wenn die Stäbchen 200 des diffraktiven optischen Elements 10 eine geringe Rauheit aufweisen, kann das diffraktive optische Element 10 vorteilhaftweise niedrige Streuverluste aufweisen.

Fig. 6 zeigt ein stark schematisiertes Blockschaltbild eines Laserbauelements 400. Das Laserbauelement 400 umfasst eine Laser-Lichtquelle 410, die dazu ausgebildet ist, einen Laserstrahl 430 entlang eines Lichtwegs 420 abzustrahlen. Die Laser-Lichtquelle 410 kann beispielsweise eine Halbleiter-Laserdiode umfassen.

Das Laserbauelement 400 umfasst ferner das diffraktive optische Element 10. Das diffraktive optische Element 10 ist derart im Lichtweg 420 der Laser-Lichtquelle 410 angeordnet, dass der von der Laser-Lichtquelle 410 emittierte Laserstrahl 430 das diffraktive optische Element 10 durchdringt. Dabei trifft der Laserstrahl 430 in zu den Stäbchen 200 des diffraktiven optischen Elements 10 im Wesentlichen parallele Richtung auf das diffraktive optische Element 10.

Das diffraktive optische Element 10 weitet den Laserstrahl 430 derart auf, dass dieser als aufgeweiteter Strahl 440 aus dem diffraktiven optischen Element 10 austritt. Der aufgeweitete Strahl 440 kann gegenüber dem nicht-aufgeweiteten Laserstrahl 430 beispielsweise so abgeschwächt sein, dass von dem aufgeweiteten Strahl 440 keine Gefahr für die Augen und die Haut von Personen ausgeht.

Das diffraktive optische Element 10 des Laserbauelements 400 könnte auch dazu ausgebildet sein, den Laserstrahl 430 auf andere Weise zu formen. Beispielsweise könnte das diffraktive

optische Element 10 ausgebildet sein, den Laserstrahl 430 in eine Mehrzahl einzelner Teilstrahlen aufzuteilen.

Die Erfindung wurde anhand der bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben. Dennoch ist die Erfindung nicht auf die offenbarten Beispiele eingeschränkt. Vielmehr können hieraus andere Variationen vom Fachmann abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

BEZUGSZEICHENLISTE

	10	diffrakitives optisches Element
5	100	Träger
	101	Oberseite
	110	Pufferschicht
10	120	Maskenstruktur
	130	Öffnung
	131	Gitteranordnung
	200	Stäbchen
15	201	Gitteranordnung
	210	Querschnitt
	220	Durchmesser
	230	Abstand
	240	Länge
20	250	erste Gruppe
	260	zweite Gruppe
	270	zweite Länge
	300	Schutzschicht
25	310	schützende Schicht
	400	Laserbauelement
	410	Laser-Lichtquelle
	420	Lichtweg
30	430	Laserstrahl
	440	aufgeweiteter Strahl

PATENTANSPRÜCHE

1. Diffraktives optisches Element (10)
mit einem Träger (100)
5 und einer Mehrzahl von nano- oder mikroskaligen Stäbchen
(200), die über einer Oberseite (101) des Trägers (100)
angeordnet sind,
wobei die Stäbchen (200) parallel zueinander in einer re-
gelmäßigen Gitteranordnung (201) angeordnet sind.
10
2. Diffraktives optisches Element (10) gemäß Anspruch 1,
wobei die Stäbchen (200) GaN aufweisen.
3. Diffraktives optisches Element (10) gemäß einem der vor-
15 hergehenden Ansprüche,
wobei die Stäbchen (200) in einer hexagonalen Gitterano-
rdnung (201) angeordnet sind.
4. Diffraktives optisches Element (10) gemäß einem der vor-
20 hergehenden Ansprüche,
wobei die Stäbchen (200) jeweils einen hexagonalen Quer-
schnitt (210) aufweisen.
5. Diffraktives optisches Element (10) gemäß einem der vor-
25 hergehenden Ansprüche,
wobei der Träger (100) als Saphirscheibe ausgebildet ist.
6. Diffraktives optisches Element (10) gemäß einem der vor-
hergehenden Ansprüche,
30 wobei die Stäbchen (200) durch eine Schutzschicht (300)
überdeckt sind.
7. Diffraktives optisches Element (10) gemäß Anspruch 6,
wobei die Schutzschicht (300) SiO₂, SiN, ein Silikon, ein
35 Phosphatglas, ein Epoxid oder Polymethylmethacrylat auf-
weist.

8. Diffraktives optisches Element (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei benachbarte Stäbchen (200) einen Abstand (230) voneinander aufweisen, der zwischen 0,5 μm und 5 μm beträgt,
insbesondere zwischen 1 μm und 3 μm .

9. Diffraktives optisches Element (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Stäbchen (200) jeweils eine Länge (240) aufweisen, die zwischen 0,5 μm und 50 μm liegt, insbesondere zwischen 0,5 μm und 3 μm .

10. Diffraktives optisches Element (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Stäbchen (200) eine mittlere Rauheit R_a von weniger als 0,5 nm aufweisen.

11. Diffraktives optisches Element (10) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das diffraktive optische Element (10) eine erste Gruppe (250) von Stäbchen (200) und eine zweite Gruppe (260) von Stäbchen (200) aufweist,
wobei die Stäbchen (200) der zweiten Gruppe (260) eine größere Länge (240) aufweisen als die Stäbchen (200) der ersten Gruppe (250).

12. Verfahren zum Herstellen eines diffraktiven optischen Elements (10)
mit den folgenden Schritten:
- Bereitstellen eines Trägers (100);
- Epitaktisches Aufwachsen einer Mehrzahl von zueinander parallelen nano- oder mikroskaligen Stäbchen (200) in einer regelmäßigen Gitteranordnung (201) über einer Oberseite (101) des Trägers (100).

13. Verfahren gemäß Anspruch 12,
wobei das Verfahren den folgenden weiteren Schritt umfasst:

- Ausbilden einer Maskenstruktur (120) mit einer Mehrzahl von Öffnungen (130), die in einer regelmäßigen Gitteranordnung (131) angeordnet sind, über einer Oberseite (101) des Trägers (100);

5 wobei die Stäbchen (200) über den Öffnungen (130) der Maskenstruktur (120) aufgewachsen werden.

14. Verfahren gemäß Anspruch 13,

10 wobei die Maskenstruktur (120) aus einem Siliciumoxid ausgebildet wird.

15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14,

15 wobei der Träger (100) mit einer über seiner Oberseite (101) angeordneten kristallinen Pufferschicht (110) bereitgestellt wird,
wobei die Stäbchen (200) über der Pufferschicht (110) aufgewachsen werden.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15,

20 wobei die Pufferschicht (110) GaN oder AlN aufweist.

17. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 12 bis 16,

wobei das Verfahren die folgenden weiteren Schritte umfasst:

25 - Abdecken einer ersten Gruppe (250) der Stäbchen (200),
wobei eine zweite Gruppe (260) der Stäbchen (200) nicht abgedeckt wird;
- Fortsetzen des epitaktischen Wachstums der Stäbchen (200) der zweiten Gruppe (260).

30

18. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 12 bis 17,

wobei das Verfahren den folgenden weiteren Schritt umfasst:

35 - Überdecken der Stäbchen (200) mit einer Schutzschicht (300).

19. Verfahren gemäß Anspruch 18,
wobei die Schutzschicht (300) durch ein Kathodenzerstäu-
bungsverfahren aufgebracht wird.

- 5 20. Laserbauelement (400)
mit einer Laser-Lichtquelle (410)
und einem diffraktiven optischen Element (10) gemäß einem
der Ansprüche 1 bis 11, das im Lichtweg (420) der Laser-
Lichtquelle (410) angeordnet ist.

FIG 1

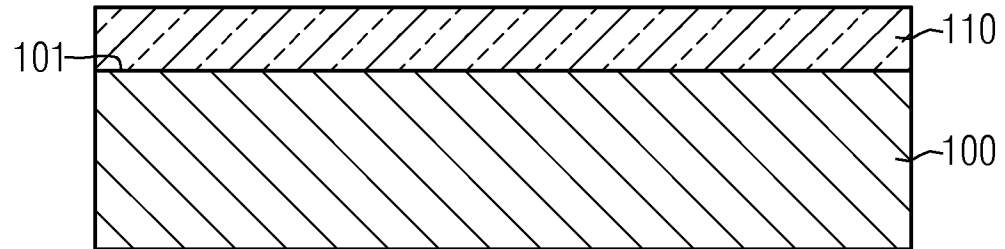


FIG 2

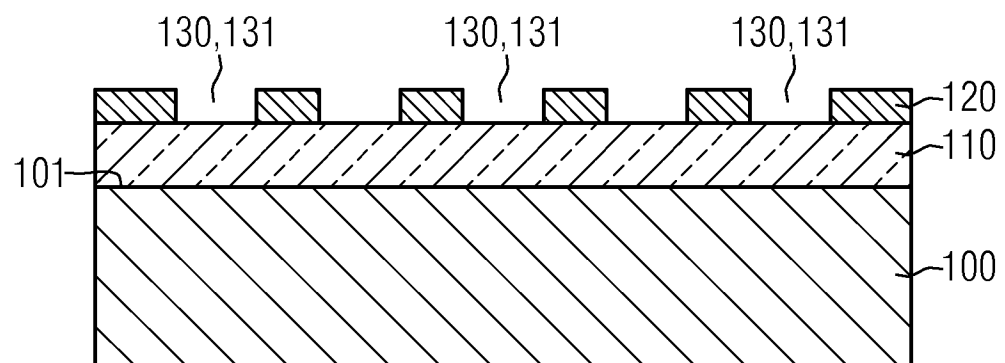


FIG 3

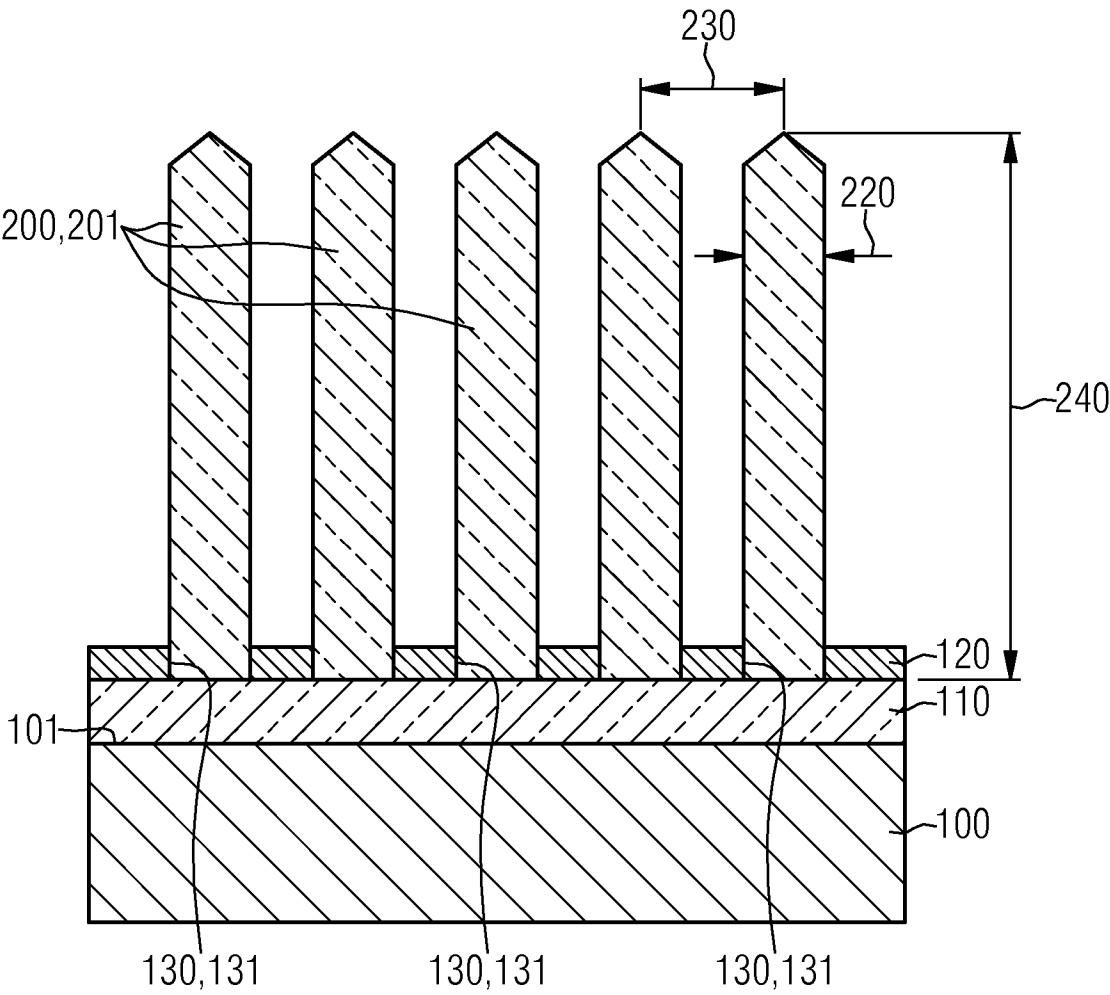


FIG 4

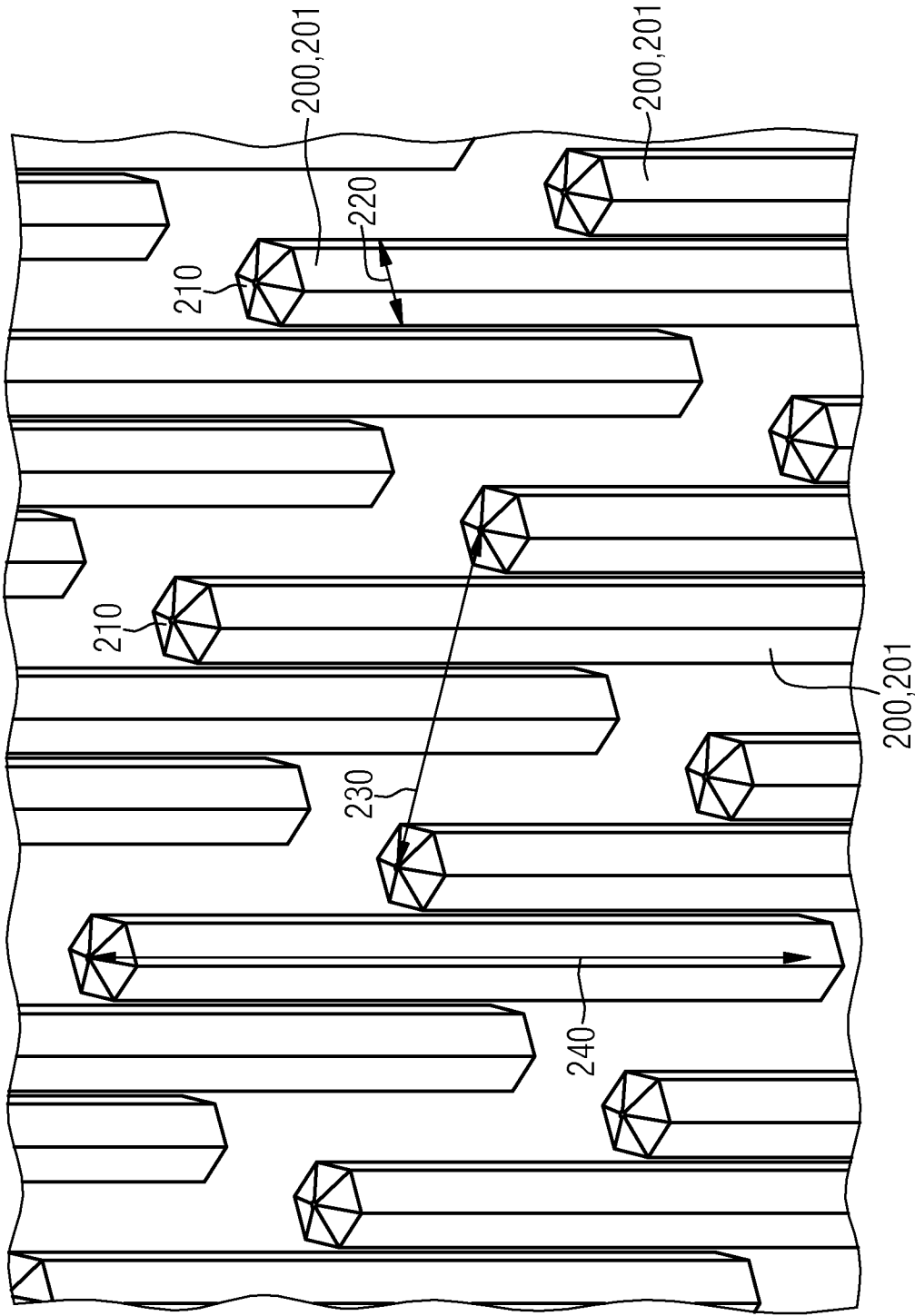


FIG 5

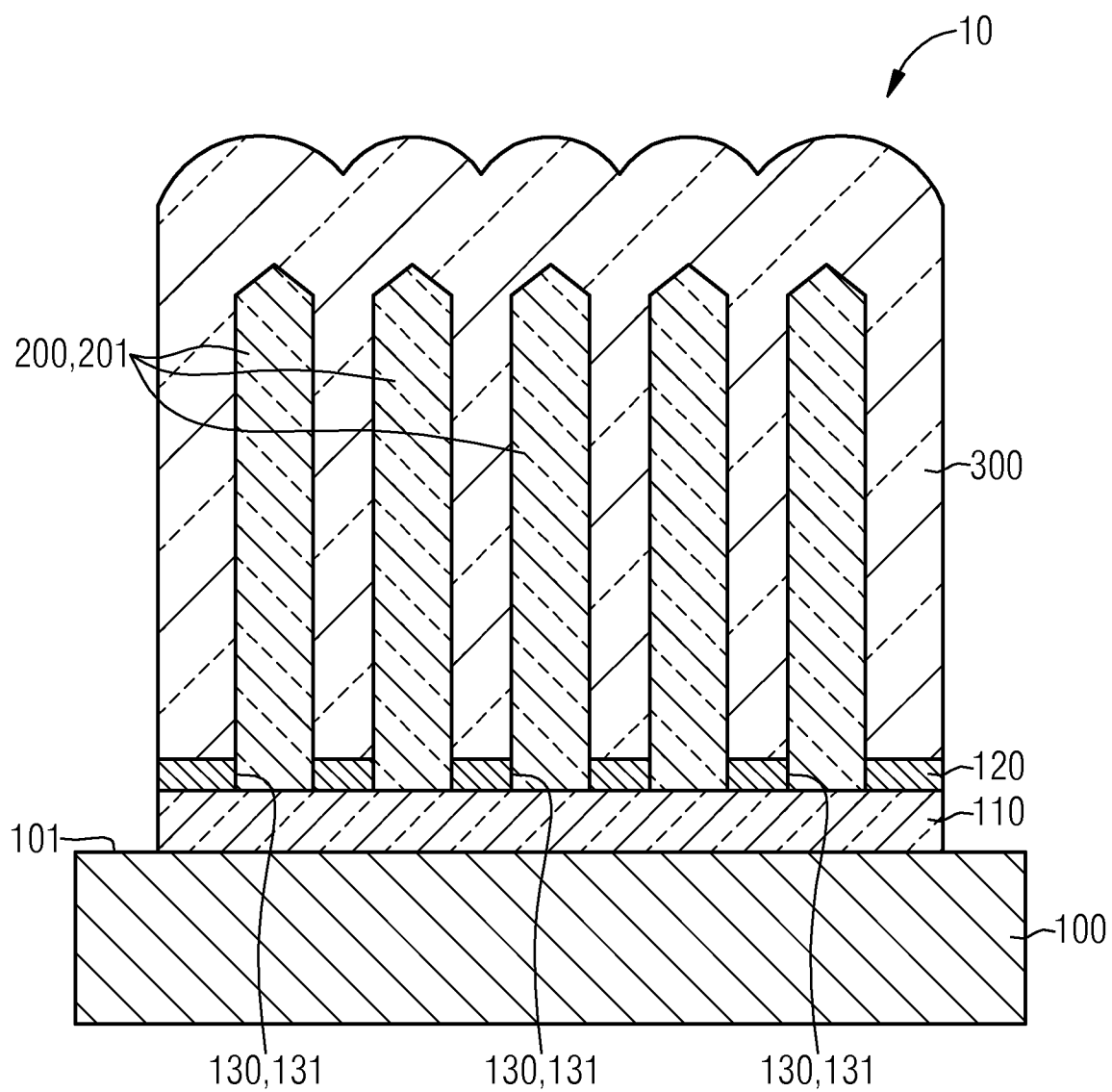


FIG 6

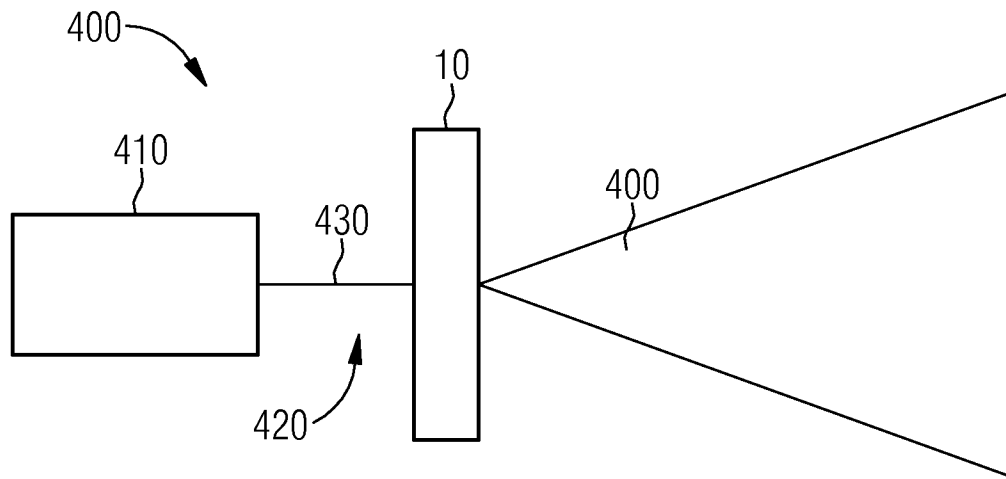
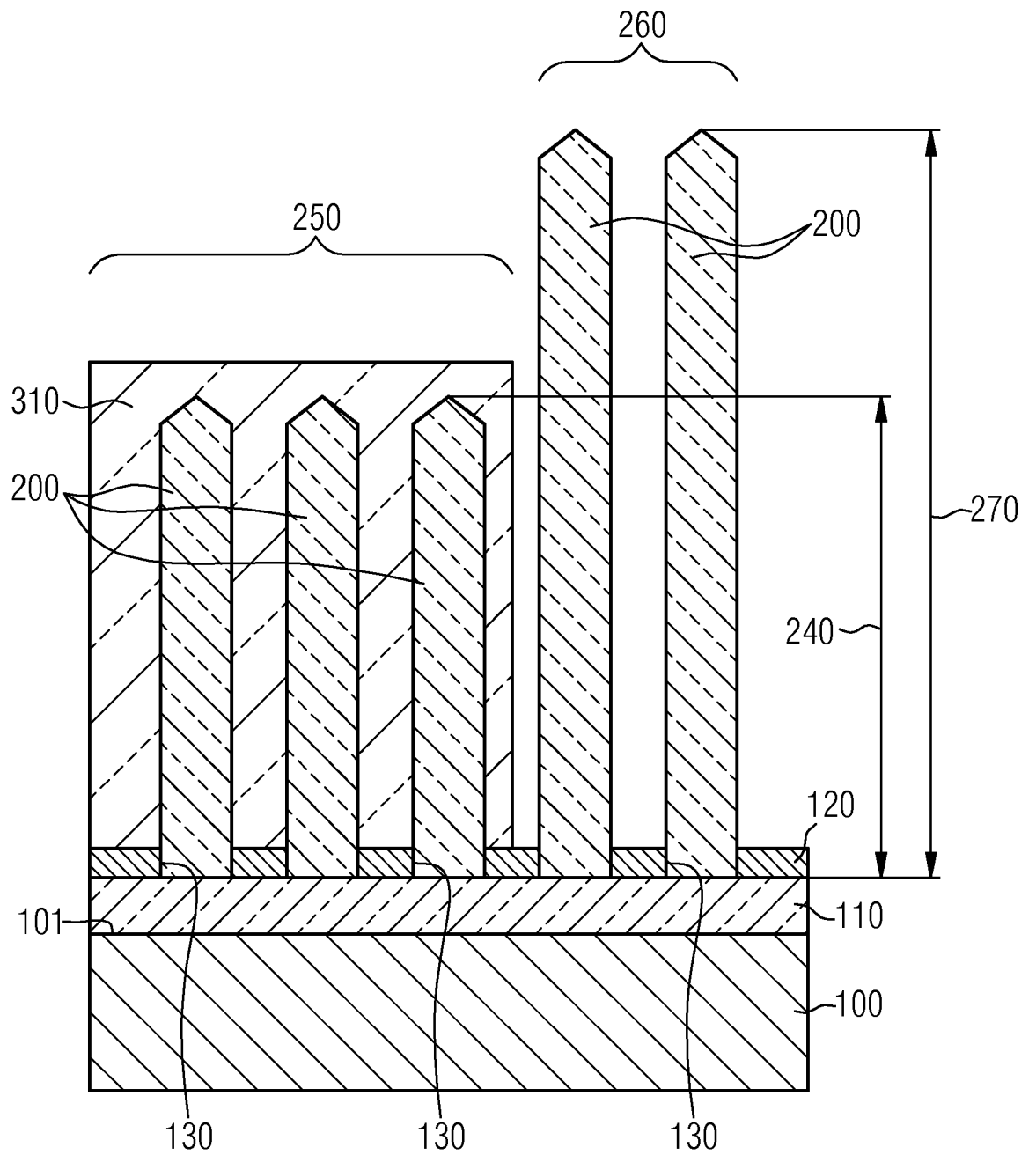


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/056235

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G02B5/18 G02B27/09
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02B

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

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

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/107367 A1 (ZHU ZHEN-DONG [CN] ET AL) 2 May 2013 (2013-05-02) paragraphs [0015] - [0020], [0042] - paragraphs [0057], [0065]; figures 1,2,4,5	1,2,8-10
X	----- EP 1 821 378 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES [JP]) 22 August 2007 (2007-08-22) paragraphs [0009], [0013], [0052] - paragraph [0103]; figures 1,2,7-16	1-7, 12-16, 18-20
A	----- US 2003/104678 A1 (KELLY MICHAEL [DE] ET AL) 5 June 2003 (2003-06-05) paragraph [0076] - paragraph [0080]; figures 7,9	5
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 July 2017

Date of mailing of the international search report

02/08/2017

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Feeney, Orla

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/056235

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2014 137853 A (JAPAN BROADCASTING CORP) 28 July 2014 (2014-07-28)	1,11
A	abstract; figures 1,2 -----	17
A	EP 1 727 217 A2 (LG ELECTRONICS INC [KR]; LG INNOTEK CO LTD [KR]) 29 November 2006 (2006-11-29) paragraph [0075] - paragraph [0089]; figures 12a-12g -----	17
A	US 2002/022290 A1 (KONG HUA-SHUANG [US] ET AL) 21 February 2002 (2002-02-21) paragraph [0036] - paragraph [0061]; figures 1-6 -----	12-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/056235

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013107367	A1	02-05-2013	CN 103091748 A	08-05-2013
			TW 201317639 A	01-05-2013
			US 2013107367 A1	02-05-2013

EP 1821378	A1	22-08-2007	CN 101040409 A	19-09-2007
			EP 1821378 A1	22-08-2007
			JP 5082447 B2	28-11-2012
			JP W02006062084 A1	12-06-2008
			KR 20070085251 A	27-08-2007
			TW I381602 B	01-01-2013
			US 2007280318 A1	06-12-2007
			WO 2006062084 A1	15-06-2006

US 2003104678	A1	05-06-2003	DE 19640594 A1	02-04-1998
			EP 0931332 A1	28-07-1999
			JP 4285776 B2	24-06-2009
			JP 2001501778 A	06-02-2001
			TW 409295 B	21-10-2000
			US 6559075 B1	06-05-2003
			US 2003104678 A1	05-06-2003
			US 2008164571 A1	10-07-2008
			WO 9814986 A1	09-04-1998

JP 2014137853	A	28-07-2014	JP 6055316 B2	27-12-2016
			JP 2014137853 A	28-07-2014

EP 1727217	A2	29-11-2006	EP 1727217 A2	29-11-2006
			KR 20060121422 A	29-11-2006
			US 2006270074 A1	30-11-2006

US 2002022290	A1	21-02-2002	US 6812053 B1	02-11-2004
			US 2002022290 A1	21-02-2002
			US 2002098693 A1	25-07-2002
			US 2003207518 A1	06-11-2003
			US 2004082150 A1	29-04-2004

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G02B5/18 G02B27/09

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G02B

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

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

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2013/107367 A1 (ZHU ZHEN-DONG [CN] ET AL) 2. Mai 2013 (2013-05-02) Absätze [0015] - [0020], [0042] - Absätze [0057], [0065]; Abbildungen 1,2,4,5 -----	1,2,8-10
X	EP 1 821 378 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES [JP]) 22. August 2007 (2007-08-22) Absätze [0009], [0013], [0052] - Absatz [0103]; Abbildungen 1,2,7-16 -----	1-7, 12-16, 18-20
A	US 2003/104678 A1 (KELLY MICHAEL [DE] ET AL) 5. Juni 2003 (2003-06-05) Absatz [0076] - Absatz [0080]; Abbildungen 7,9 ----- -/-	5



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Juli 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/08/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Feeney, Orla

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2014 137853 A (JAPAN BROADCASTING CORP) 28. Juli 2014 (2014-07-28)	1,11
A	Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 -----	17
A	EP 1 727 217 A2 (LG ELECTRONICS INC [KR]; LG INNOTEK CO LTD [KR]) 29. November 2006 (2006-11-29) Absatz [0075] - Absatz [0089]; Abbildungen 12a-12g -----	17
A	US 2002/022290 A1 (KONG HUA-SHUANG [US] ET AL) 21. Februar 2002 (2002-02-21) Absatz [0036] - Absatz [0061]; Abbildungen 1-6 -----	12-19

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/056235

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
US 2013107367	A1	02-05-2013	CN	103091748	A		08-05-2013	
			TW	201317639	A		01-05-2013	
			US	2013107367	A1		02-05-2013	

EP 1821378	A1	22-08-2007	CN	101040409	A		19-09-2007	
			EP	1821378	A1		22-08-2007	
			JP	5082447	B2		28-11-2012	
			JP	W02006062084	A1		12-06-2008	
			KR	20070085251	A		27-08-2007	
			TW	I381602	B		01-01-2013	
			US	2007280318	A1		06-12-2007	
			WO	2006062084	A1		15-06-2006	

US 2003104678	A1	05-06-2003	DE	19640594	A1		02-04-1998	
			EP	0931332	A1		28-07-1999	
			JP	4285776	B2		24-06-2009	
			JP	2001501778	A		06-02-2001	
			TW	409295	B		21-10-2000	
			US	6559075	B1		06-05-2003	
			US	2003104678	A1		05-06-2003	
			US	2008164571	A1		10-07-2008	
			WO	9814986	A1		09-04-1998	

JP 2014137853	A	28-07-2014	JP	6055316	B2		27-12-2016	
			JP	2014137853	A		28-07-2014	

EP 1727217	A2	29-11-2006	EP	1727217	A2		29-11-2006	
			KR	20060121422	A		29-11-2006	
			US	2006270074	A1		30-11-2006	

US 2002022290	A1	21-02-2002	US	6812053	B1		02-11-2004	
			US	2002022290	A1		21-02-2002	
			US	2002098693	A1		25-07-2002	
			US	2003207518	A1		06-11-2003	
			US	2004082150	A1		29-04-2004	
