



(10) **DE 10 2018 122 684 A1** 2020.03.19

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 122 684.5**

(22) Anmeldetag: **17.09.2018**

(43) Offenlegungstag: **19.03.2020**

(51) Int Cl.: **H01L 33/08 (2010.01)**

**H01L 27/15 (2006.01)**

**H01L 33/06 (2010.01)**

**H01L 33/38 (2010.01)**

**H01S 5/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93055  
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer  
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,  
DE**

(72) Erfinder:

**Herrmann, Siegfried, 94362 Neukirchen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**US 2012 / 0 061 641 A1**  
**EP 2 506 321 A1**

**DAMILANO, B. [et al.]: Monolithic white light emitting diodes using a (Ga,In)N/GaN multiple quantum well light converter. In: Applied Physics Letters, Vol. 93, 2008, 101117. [DOI: 10.1063/1.2982097]**

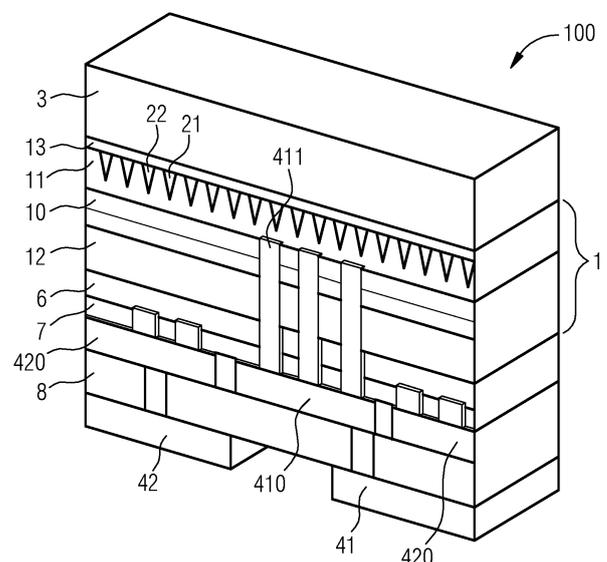
**JUNG, B. O. [et al.]: Emission Characteristics of InGaN/GaN Core-Shell Nanorods Embedded in a 3D Light-Emitting Diode. In: Nanoscale Research Letters, 2016, 11:215. [DOI 10.1186/s11671-016-1441-6]**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **OPTOELEKTRONISCHER HALBLEITERCHIP UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES OPTOELEKTRONISCHEN HALBLEITERCHIPS**

(57) Zusammenfassung: In mindestens einer Ausführungsform umfasst der optoelektronische Halbleiterchip (100) eine Halbleiterschichtenfolge (1) und mehrere Halbleiterstrukturen (21, 22) mit jeweils einem aktiven Bereich (210). Die aktiven Bereiche sind jeweils zur Emission und/oder Absorption von elektromagnetischer Strahlung eingerichtet. Die aktiven Bereiche unterschiedlicher Halbleiterstrukturen hängen nicht zusammen. Die Halbleiterstrukturen sind jeweils als Nanorod oder als Mikrorod ausgebildet. Die Halbleiterstrukturen sind in der Halbleiterschichtenfolge eingebettet.



## Beschreibung

**[0001]** Es wird ein optoelektronischer Halbleiterchip angegeben. Darüber hinaus wird ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips angegeben.

**[0002]** Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, einen besonders effizienten optoelektronischen Halbleiterchip bereitzustellen. Eine weitere zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen optoelektronischen Halbleiterchips anzugeben.

**[0003]** Zunächst wird ein optoelektronischer Halbleiterchip angegeben. Der Halbleiterchip kann beispielsweise in Leuchtdioden oder SSL- oder SMT-Bauelementen oder als Laserdiodenchip eingesetzt werden. Der Halbleiterchip eignet sich beispielsweise für den Einsatz in Videoleinwänden oder in Scheinwerfern, insbesondere Frontscheinwerfern, für Fahrzeuge. Ferner eignet sich der Halbleiterchip für Sensoren, wie 3D-Sensoren.

**[0004]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterchips umfasst dieser eine Halbleiterschichtenfolge. Die Halbleiterschichtenfolge ist bevorzugt zusammenhängend, insbesondere einfach zusammenhängend, ausgebildet.

**[0005]** Die Halbleiterschichtenfolge basiert zum Beispiel auf einem III-V-Verbindungshalbleitermaterial. Bei dem Halbleitermaterial handelt es sich zum Beispiel um ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, wie  $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{N}$ , oder um ein Phosphid-Verbindungshalbleitermaterial, wie  $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{P}$ , oder um ein Arsenid-Verbindungshalbleitermaterial, wie  $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{As}$  oder  $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{AsP}$ , wobei jeweils  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 \leq m \leq 1$  und  $m + n \leq 1$  ist. Dabei kann die Halbleiterschichtenfolge Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber sind jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters der Halbleiterschichtenfolge, also Al, As, Ga, In, N oder P, angegeben, auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können. Bevorzugt basiert die Halbleiterschichtenfolge auf  $\text{AlInGaN}$ .

**[0006]** Eine laterale Ausdehnung des Halbleiterchips, gemessen entlang der Hauptstreckungsebene der Halbleiterschichtenfolge, ist beispielsweise höchstens 5 % oder höchstens 10 % größer als die laterale Ausdehnung der Halbleiterschichtenfolge.

**[0007]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der optoelektronische Halbleiterchip mehrere Halbleiterstrukturen mit jeweils einem aktiven Bereich. Die aktiven Bereiche umfassen insbesondere jeweils wenigstens einen pn-Übergang und/oder mindestens eine Quantentopfstruktur in Form eines

einzelnen Quantentopfs, kurz SQW, oder in Form einer Multi-Quantentopfstruktur, kurz MQW. Neben dem aktiven Bereich umfassen die Halbleiterstrukturen bevorzugt jeweils zwei Halbleiterabschnitte, zwischen denen der aktive Bereich angeordnet ist. Die Halbleiterabschnitte auf unterschiedlichen Seiten des aktiven Bereichs können unterschiedlich dotiert sein.

**[0008]** Der aktive Bereich der Halbleiterstrukturen ist zum Beispiel jeweils dreidimensional geformt. Eine Grenzfläche zwischen dem aktiven Bereich und einem angrenzenden Halbleiterabschnitt ist zum Beispiel nicht durchgehend eben, sondern beispielsweise gekrümmt oder weist Kanten auf. Die Grenzfläche hat zum Beispiel die Form der Mantelfläche eines Kegels oder eines Kegelstumpfes oder einer Pyramide oder eines Pyramidenstumpfes.

**[0009]** Das Halbleitermaterial der Halbleiterstrukturen kann auf dem gleichen III-V-Verbindungshalbleitermaterial basieren wie die Halbleiterschichtenfolge. Lediglich die genaue stöchiometrische Zusammensetzung der Halbleiterstrukturen unterscheidet sich dann beispielsweise von der der Halbleiterschichtenfolge.

**[0010]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die aktiven Bereiche jeweils zur Emission und/oder Absorption von elektromagnetischer Strahlung eingerichtet. Insbesondere sind die aktiven Bereiche zur Emission und/oder Absorption im sichtbaren Spektralbereich oder im nahen UV-Bereich oder im nahen infraroten Bereich eingerichtet. Beispielsweise sind die aktiven Bereiche zur Emission und/oder Absorption von elektromagnetischer Strahlung in einem Bereich zwischen einschließlich 350 nm und 850 nm eingerichtet.

**[0011]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform hängen die aktiven Bereiche unterschiedlicher Halbleiterstrukturen nicht zusammen. Das heißt, die aktiven Bereiche unterschiedlicher Halbleiterstrukturen sind voneinander getrennt und voneinander beabstandet. Bevorzugt hängen auch die Halbleiterstrukturen untereinander nicht zusammen, sondern sind voneinander getrennt und beabstandet. Die Halbleiterstrukturen oder eine Teilmenge der Halbleiterstrukturen können beispielsweise in einer Ebene parallel zu einer Hauptstreckungsebene der Halbleiterschichtenfolge nebeneinander angeordnet sein. Beispielsweise sind die Halbleiterstrukturen regelmäßig oder unregelmäßig entlang dieser Ebene angeordnet.

**[0012]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Halbleiterstrukturen jeweils als Nanorod oder als Mikrorod, zu Deutsch Nanostab oder Mikrostab, ausgebildet. Die Halbleiterstrukturen sind also längliche Strukturen mit einem Aspektverhältnis von zumindest 1 oder zumindest 1,3 oder zumindest 2, wo-

bei dem das Aspektverhältnis als Verhältnis von Länge zu Durchmesser definiert ist. Das Aspektverhältnis ist zum Beispiel höchstens 10 oder höchstens 5. Nanorods haben einen Durchmesser von zum Beispiel zumindest 10 nm und höchstens 1 µm. Mikrorods haben zum Beispiel einen Durchmesser von mehr als 1 µm und zum Beispiel höchstens 10 µm. Die Nanostäbe oder Mikrostäbe können beispielsweise jeweils die Form eines viereckigen oder sechseckigen Obeliskens oder einer Pyramide oder eines Kegels oder eines Zylinders aufweisen. Längsachsen der Halbleiterstrukturen verlaufen beispielsweise im Rahmen der Herstellungstoleranz alle parallel zueinander. Die Längsachsen der Halbleiterstrukturen verlaufen im Rahmen der Herstellungstoleranz bevorzugt senkrecht zur Hauptstreckungsebene der Halbleiterschichtenfolge.

**[0013]** Die Nanorods oder Mikrorods können insbesondere in einer Kern-Hüllen-Struktur ausgebildet sein. Das heißt, ein Halbleiterabschnitt bildet einen Kern, der von dem aktiven Bereich zumindest teilweise ummantelt ist. Der aktive Bereich wiederum ist von einem weiteren Halbleiterabschnitt in Form einer Schicht ummantelt.

**[0014]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Halbleiterstrukturen in der Halbleiterschichtenfolge eingebettet oder vergraben. Insbesondere sind die Halbleiterstrukturen epitaktisch mit der Halbleiterschichtenfolge überwachsen. Die Halbleiterstrukturen sind beispielsweise in alle lateralen Richtungen, parallel zur Hauptstreckungsebene der Halbleiterschichtenfolge, oder in alle Raumrichtungen vollständig von der Halbleiterschichtenfolge umgeben.

**[0015]** In mindestens einer Ausführungsform umfasst der optoelektronische Halbleiterchip eine Halbleiterschichtenfolge und mehrere Halbleiterstrukturen mit jeweils einem aktiven Bereich. Die aktiven Bereiche sind jeweils zur Emission und/oder Absorption von elektromagnetischer Strahlung eingerichtet. Die aktiven Bereiche unterschiedlicher Halbleiterstrukturen hängen nicht zusammen. Die Halbleiterstrukturen sind jeweils als Nanorod oder als Mikrorod ausgebildet. Die Halbleiterstrukturen sind in der Halbleiterschichtenfolge eingebettet.

**[0016]** Der vorliegenden Erfindung liegt insbesondere die Idee zu Grunde, aktive oder passive Halbleiterstrukturen in einer Halbleiterschichtenfolge zu vergraben. Als passive Strukturen können die Halbleiterstrukturen zum Beispiel Konversionselemente sein. Als aktive Strukturen sind die Halbleiterstrukturen zur intrinsischen Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung eingerichtet und können beispielsweise verschiedene Pixel eines Halbleiterchips bilden. Durch das Einbetten der Halbleiterstrukturen in der Halbleiterschichtenfolge ist eine finale Verkap-

selungsschicht für die Halbleiterstrukturen nicht notwendig. Auch für die thermischen Eigenschaften ist das Einbetten der Halbleiterstrukturen vorteilhaft.

**[0017]** Durch Einstellen der Dichte der Halbleiterstrukturen kann die Intensität oder der Farbort des Halbleiterchips eingestellt werden. Außerdem können die Halbleiterstrukturen mit der Halbleiterschichtenfolge überwachsen sein. Beim Wachstum der Halbleiterschichtenfolge wirken sich die Halbleiterstrukturen positiv im Hinblick auf die Reduktion von Gitterdefekten aus. Die Halbleiterstrukturen können beispielsweise wie ein PSS (Patterned Sapphire Substrate) wirken. Durch das Einstellen der Durchmesser der Halbleiterstrukturen kann die Wellenlänge der von den Halbleiterstrukturen emittierten oder absorbierten Strahlung eingestellt werden. Details dazu sind beispielsweise dem Papier „Full-Color Single Nanowire Pixels for Projection Displays“ Yong-Ho Ra et al., Nano Lett., 2016, 16 (7), pp 4608-4615 zu entnehmen, dessen Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen ist.

**[0018]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Halbleiterstrukturen Konversionselemente. In diesem Fall sind die Halbleiterstrukturen also passive Elemente.

**[0019]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Halbleiterschichtenfolge eine aktive Schicht, die im bestimmungsgemäßen Betrieb eine Primärstrahlung erzeugt oder absorbiert. Die aktive Schicht der Halbleiterschichtenfolge beinhaltet insbesondere wenigstens einen pn-Übergang und/oder mindestens eine Quantentopfstruktur in Form eines einzelnen Quantentopfs, kurz SQW, oder in Form einer Multi-Quantentopfstruktur, kurz MQW. Die aktive Schicht kann im bestimmungsgemäßen Betrieb elektromagnetische Strahlung im blauen oder grünen oder roten Spektralbereich oder im UV-Bereich oder im IR-Bereich erzeugen oder absorbieren. Die aktive Schicht der Halbleiterschichtenfolge kann zusammenhängend ausgebildet sein. Eine laterale Ausdehnung der aktiven Schicht beträgt beispielsweise zumindest 95 % der lateralen Ausdehnung der Halbleiterschichtenfolge.

**[0020]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Konversionselemente dazu eingerichtet, die Primärstrahlung in eine Sekundärstrahlung zu konvertieren oder eine Sekundärstrahlung in die Primärstrahlung zu konvertieren. Die Primärstrahlung und die Sekundärstrahlung umfassen unterschiedliche Wellenlängenbereiche. Dazu absorbieren die Halbleiterstrukturen die Primärstrahlung. Durch eine Rekombination der aus der Absorption entstehenden Elektron-Loch-Paare in dem aktiven Bereich wird die Sekundärstrahlung emittiert.

**[0021]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Halbleiterstrukturen mit der Halbleiterschichtenfolge epitaktisch überwachsen. Dabei handelt es sich nicht nur um ein Verfahrensmerkmal, sondern ebenso um ein gegenständliches Merkmal, welches am fertigen Halbleiterchip nachgewiesen werden kann. Insbesondere ist zwischen den Halbleiterstrukturen und der Halbleiterschichtenfolge in diesem Fall kein Verbindungsmaterial, wie beispielsweise ein Klebstoff, angeordnet, sondern die beiden Komponenten grenzen direkt aneinander.

**[0022]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Halbleiterstrukturen zwischen der aktiven Schicht und einem Aufwachssubstrat der Halbleiterschichtenfolge angeordnet. Auf dem Aufwachssubstrat ist die Halbleiterschichtenfolge gewachsen. Das Aufwachssubstrat ist Teil des Halbleiterchips. Das Aufwachssubstrat kann Saphir sein. Beispielsweise handelt es sich bei dem Halbleiterchip dann um einen so genannten Saphir-Chip oder einen Flip-Chip.

**[0023]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der Halbleiterchip frei von einem Aufwachssubstrat der Halbleiterschichtenfolge. Nach dem Aufwachsen der Halbleiterschichtenfolge auf einem Aufwachssubstrat ist das Aufwachssubstrat also abgelöst worden. Bei dem Halbleiterchip handelt es sich insbesondere um einen Dünnschicht-Chip.

**[0024]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterchip einen Träger, auf dem die Halbleiterschichtenfolge angeordnet ist. Der Träger unterscheidet sich von dem Aufwachssubstrat. Der Träger stabilisiert insbesondere die Halbleiterschichtenfolge. Der Träger kann elektrisch leitend sein. Bei dem Träger kann es sich um einen Silizium-Träger handeln.

**[0025]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die aktive Schicht zwischen dem Träger und den Halbleiterstrukturen angeordnet.

**[0026]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform verjüngen sich die Halbleiterstrukturen jeweils entlang einer Längsachse der Halbleiterstruktur. Beispielsweise verjüngen sich die Halbleiterstrukturen alle entlang derselben Richtung. Zum Beispiel verjüngen sich alle Halbleiterstrukturen in Richtung hin oder alle in Richtung weg von der aktiven Schicht.

**[0027]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterchip eine Mehrzahl von einzeln und unabhängig ansteuerbaren Pixeln. Ein angesteuertes Pixel emittiert oder absorbiert elektromagnetische Strahlung. Bei dem Halbleiterchip handelt es sich dann um einen pixelierten Halbleiterchip.

**[0028]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind unterschiedlichen Pixeln unterschiedliche Halb-

leiterstrukturen zugeordnet. Beispielsweise sind einem Pixel jeweils zwei, als Konversionselemente ausgebildete Halbleiterstrukturen zugeordnet, die die Primärstrahlung der aktiven Schicht jeweils in unterschiedliche Sekundärstrahlungen konvertieren.

**[0029]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die aktive Schicht mehrere Erhebungen auf, wobei jeder Erhebung eine Halbleiterstruktur zugeordnet ist. Bei den Erhebungen handelt es sich insbesondere um Auswölbungen oder Ausstülpungen der aktiven Schicht, die sich senkrecht zu einer Hauptstreckungsebene der aktiven Schicht erstrecken. Die Erhebungen in der aktiven Schicht können beispielsweise durch das Aufwachsen der Halbleiterschichtenfolge auf den Halbleiterstrukturen bedingt sein. Beispielsweise sind die Erhebungen durch so genannter V-Pits gebildet. Die V-Pits können dann jeweils einer Halbleiterstruktur zugeordnet sein. Durch die Erhebungen in der aktiven Schicht kann die Leuchtdichte erhöht werden.

**[0030]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Halbleiterstrukturen in einer Spiegelschicht der Halbleiterschichtenfolge eingebettet. Die Spiegelschicht ist insbesondere ein Bragg-Spiegel aus mehreren Halbleiterschichten. Die Spiegelschicht kann epitaktisch gewachsen sein. Zum Beispiel umfasst die Spiegelschicht eine Schicht aus n-dotiertem AlInN und eine Schicht aus GaN. Die Spiegelschicht ist bevorzugt ein Spiegel für die von der aktiven Schicht emittierte Primärstrahlung. Einzelne Schichten der Spiegelschicht erfüllen zum Beispiel die A/4-Bedingung in Bezug auf die Primärstrahlung. Dadurch kann die Primärstrahlung vorteilhaft dazu gebracht werden, länger in der Spiegelschicht zu verweilen, was wiederum die Konversionswahrscheinlichkeit durch die Konversionselemente erhöht.

**[0031]** Darüber hinaus wird ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips angegeben. Das Verfahren eignet sich insbesondere dazu, einen wie eben beschriebenen Halbleiterchip herzustellen. Alle im Zusammenhang mit dem optoelektronischen Halbleiterchip offenbarten Merkmale sind daher auch für das Verfahren offenbart und umgekehrt.

**[0032]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips einen Schritt A), in dem ein Aufwachssubstrat mit einer Wachstumsseite bereitgestellt wird. In einem Schritt B) werden Halbleiterstrukturen mit jeweils einem aktiven Bereich auf der Wachstumsseite aufgewachsen, insbesondere epitaktisch aufgewachsen. In einem Schritt C) wird eine Halbleiterschichtenfolge auf der Wachstumsseite aufgewachsen, insbesondere epitaktisch aufgewachsen. Dabei ist jede Halbleiterstruktur ein Nanorod oder ein Mikrorod. Die aktiven Bereiche der Halb-

leiterstrukturen sind jeweils zur Emission und/oder Absorption von elektromagnetischer Strahlung eingerichtet. Die aktiven Bereiche unterschiedlicher Halbleiterstrukturen hängen nicht zusammen. Die Halbleiterstrukturen werden bei dem Verfahren in der Halbleiterschichtenfolge eingebettet.

**[0033]** Die Schritte B) und C) werden bevorzugt abwechselnd ausgeführt. Beispielsweise wird zuerst ein Teil der Halbleiterschichtenfolge gewachsen, anschließend werden die Halbleiterstrukturen gewachsen, und daraufhin wird ein weiterer Teil der Halbleiterschichtenfolge gewachsen.

**[0034]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden die Halbleiterstrukturen mit der Halbleiterschichtenfolge überwachsen. Das heißt, die Halbleiterschichtenfolge wird auf den Halbleiterstrukturen gewachsen, wobei die Halbleiterstrukturen bevorzugt ein Wachstum der Halbleiterschichtenfolge mit einer geringeren Defektdichte bewirken. Zum Beispiel bewirken die Halbleiterstrukturen ein laterales Zusammenwachsen der Halbleiterschichtenfolge (ELOG).

**[0035]** Nachfolgend werden ein hier beschriebener optoelektronischer Halbleiterchip sowie ein hier beschriebenes Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips unter Bezugnahme auf Zeichnungen anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen geben dabei gleiche Elemente in den einzelnen Figuren an. Es sind dabei jedoch keine maßstäblichen Bezüge dargestellt, vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

**[0036]** Es zeigen:

**Fig. 1A, Fig. 1B, Fig. 1C, Fig. 1E, Fig. 3A, Fig. 3B, Fig. 5A, Fig. 5B** Ausführungsbeispiele des optoelektronischen Halbleiterchips in verschiedenen Ansichten,

**Fig. 2A bis Fig. 2I, Fig. 4A bis Fig. 4F, Fig. 6A bis Fig. 6E** Positionen in verschiedenen Ausführungsbeispielen des Verfahrens zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips,

**[0037]** **Fig. 1D** und **Fig. 7** Ausführungsbeispiele von Halbleiterstrukturen in Detailansichten.

**[0038]** In den **Fig. 1A bis Fig. 1C** ist ein erstes Ausführungsbeispiel des optoelektronischen Halbleiterchips **100** in perspektivischen Ansichten und Seitenansicht dargestellt. Der Halbleiterchip **100** umfasst ein Aufwachssubstrat **3**, beispielsweise ein Saphirsubstrat. Auf dem Aufwachssubstrat **3** ist eine Hilfsschicht **13** gewachsen. Die Hilfsschicht **13** ist eine Halbleiterschicht und basiert beispielsweise auf GaN. Auf der Hilfsschicht **13** sind Halbleiterstrukturen **21, 22** in Form von Nanorods oder Mikrorods gewachsen.

Bei den Halbleiterstrukturen **21, 22** handelt es sich um Konversionselemente. Erste Halbleiterstrukturen **21** unterscheiden sich von zweiten Halbleiterstrukturen **22** beispielsweise hinsichtlich der Konversionseigenschaften. Die Halbleiterstrukturen **21, 22** basieren beispielsweise auf einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial.

**[0039]** Die Halbleiterstrukturen **21, 22** sind mit einer Halbleiterschichtenfolge **1**, die zum Beispiel auf AlInGaN basiert, überwachsen. Die Halbleiterschichtenfolge **1** umfasst eine erste Halbleiterschicht **11**. Die erste Halbleiterschicht **11** ist zum Beispiel n-dotiert. Der ersten Halbleiterschicht **11** ist eine aktive Schicht **10** in Form eines Multiquantentopfs, MQW, nachgeordnet. Der aktiven Schicht **10** wiederum ist eine zweite Halbleiterschicht **12**, die zum Beispiel p-dotiert ist, nachgeordnet.

**[0040]** Weiter ist in **Fig. 1A bis Fig. 1C** ein erstes Kontaktelement **41** zur Kontaktierung der ersten Halbleiterschicht **11** und ein zweites Kontaktelement **42** zur Kontaktierung der zweiten Halbleiterschicht **12** gezeigt. Beide Kontaktelemente **41, 42** sind auf einer dem Aufwachssubstrat **3** abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge **1** angeordnet. Das erste Kontaktelement **41** ist in einer Ausnehmung der Halbleiterschichtenfolge **1** angeordnet, in der die erste Halbleiterschicht **11** freigelegt ist. Die Kontaktelemente **41, 42** können mit Kontaktdrähten **43** von einer dem Aufwachssubstrat **3** abgewandten Seite her kontaktiert werden. Bei dem Halbleiterchip **100** der **Fig. 1A bis Fig. 1C** handelt es sich insbesondere um einen so genannten Saphir-Chip.

**[0041]** In der **Fig. 1D** ist eine Detailansicht einer ersten Halbleiterstruktur **21** gezeigt. Zu erkennen ist, dass die erste Halbleiterstruktur **21** einen ersten Halbleiterabschnitt **211** in Form eines Kerns umfasst. Der erste Halbleiterabschnitt **211** ist mit einem aktiven Bereich **210** ummantelt. Der aktive Bereich **210** dient zur Absorption und/oder Emission von elektromagnetischer Strahlung. Der aktive Bereich **210** ist von einem zweiten Halbleiterabschnitt **212** in Form einer Schicht ummantelt. Außerdem sind in der **Fig. 1** die Reste einer Maske **25** gezeigt, die zum Wachstum der ersten Halbleiterstrukturen **21** verwendet wurde.

**[0042]** In der **Fig. 1E** ist ein zweites Ausführungsbeispiel des optoelektronischen Halbleiterchips **100** gezeigt. Wiederum handelt es sich hier um einen Saphir-Chip. Anders als in den **Fig. 1A bis Fig. 1C** sind die als Konversionselemente ausgebildeten Halbleiterstrukturen **21, 22** nun auf einer dem Aufwachssubstrat **3** abgewandten Seite der aktiven Schicht **10** in die Halbleiterschichtenfolge **1** eingebettet. Auf einer der Halbleiterschichtenfolge **1** abgewandten Seite des Aufwachssubstrats **3** ist ein Spiegel **7**, beispielsweise ein Bragg-Spiegel, angeordnet. Ein sol-

cher Spiegel 7 kann auch in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1A bis Fig. 1C vorgesehen sein.

[0043] In den Fig. 2A bis Fig. 2I sind verschiedene Positionen in einem ersten Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Herstellung des optoelektronischen Halbleiterchips der Fig. 1A bis Fig. 1C gezeigt.

[0044] In der Fig. 2A ist zunächst ein Aufwachssubstrat 3 mit einer Hilfsschicht 13 bereitgestellt. Die Hilfsschicht 13 ist eine Halbleiterschicht und ist auf einer Wachstumsseite 31 des Aufwachssubstrats 3 epitaktisch aufgewachsen.

[0045] In der Fig. 2B ist eine erste Halbleiterstruktur 21 in Form eines Nanorods oder Mikrorods auf der Wachstumsseite 31 des Aufwachssubstrats 3 aufgewachsen. Dazu wurde zunächst eine Maske 25 auf die Wachstumsseite 31 aufgebracht. Die Maske 25 kann beispielsweise mit einem elektrisch isolierenden Material, zum Beispiel mit einem Fotolackmaterial und/oder mit einem Siliziumoxid und/oder mit einem Siliziumnitrid, gebildet sein. Anschließend wurde die Maske 25 strukturiert, indem Löcher in die Maske 25 eingebracht wurden. Die Größe der Löcher in der Maske 25 definiert dabei den Durchmesser der später entstehenden Halbleiterstrukturen. Innerhalb der Löcher wurden dann die ersten Halbleiterstrukturen 21 gewachsen. Dies sind zum Beispiel grüne Konversionselemente.

[0046] In der Fig. 2C ist die Maske 25 erneut mit Löchern strukturiert. Innerhalb der zusätzlichen Löcher sind zweite Halbleiterstrukturen 22 wieder in Form von Nanorods oder Mikrorods gewachsen. Für die zweiten Halbleiterstrukturen 22 sind beispielsweise die Durchmesser anders gewählt als für die ersten Halbleiterstrukturen 21. Es handelt sich hier zum Beispiel um rote Konversionselemente. Die ersten Halbleiterstrukturen 21 sind mit einer Passivierung 26, zum Beispiel  $\text{SiO}_2$  oder  $\text{SiN}$ , überzogen. Anders als in Fig. 2B und Fig. 2C dargestellt, können die ersten Halbleiterstrukturen 21 und die zweiten Halbleiterstrukturen 22 aber auch gleichzeitig gewachsen werden.

[0047] In der Fig. 2D ist die Position der Fig. 2C nochmals in perspektivischer Ansicht und Querschnittsansicht dargestellt.

[0048] In den Fig. 2E bis Fig. 2G ist dargestellt, wie die Halbleiterstrukturen 21, 22 zunächst mit einer ersten Halbleiterschicht 11, anschließend einer aktiven Schicht 10 und daraufhin mit einer zweiten Halbleiterschicht 12 überwachsen werden, so dass eine Halbleiterschichtenfolge 1 entsteht, in der die Halbleiterstrukturen 21, 22 eingebettet sind. Die erste Halbleiterschicht 11 kann zum Beispiel eine Spiegelschicht, insbesondere einen Braggspiegel, umfassen oder daraus bestehen.

[0049] In den Fig. 2H und Fig. 2I ist gezeigt, wie die Halbleiterschichten 11, 12 anschließend mit Kontaktelementen 41, 42 kontaktiert werden.

[0050] In den Fig. 3A und Fig. 3B ist ein zweites Ausführungsbeispiel des optoelektronischen Halbleiterchips 100 dargestellt. Bei diesem Halbleiterchip 100 handelt es sich um einen so genannten Flip-Chip. Die Kontaktelemente 41, 42 zur Kontaktierung der Halbleiterschichtenfolge 1 sind auf einer dem Aufwachssubstrat 3 abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge 1 angeordnet. Zwischen der Halbleiterschichtenfolge 1 und den Kontaktelementen 41, 42 ist eine Kontaktschicht 6 zur Kontaktierung der zweiten Halbleiterschicht 12 sowie ein Spiegel 7 angeordnet. Die Kontaktschicht 6 ist mit einer zweiten Elektrode 420 elektrisch leitend verbunden. Die erste Halbleiterschicht 11 ist über Durchkontaktierungen 411, die sich durch die zweite Halbleiterschicht 12 und die aktive Schicht 10 erstrecken, mit einer ersten Elektrode 410 verbunden. Beide Elektroden 410, 420 sind auf derselben Seite der Halbleiterschichtenfolge 1 angeordnet. Auf den Elektroden 410, 420 ist eine Isolationsschicht 8 angeordnet. Durch die Isolationsschicht 8 hindurch sind die Elektroden 410, 420 mit den Kontaktelementen 41, 42 elektrisch leitend verbunden.

[0051] In den Fig. 4A bis Fig. 4F sind verschiedene Positionen eines Ausführungsbeispiels zur Herstellung des Halbleiterchips 100 der Fig. 3A und Fig. 3B gezeigt. Zunächst wird beispielsweise das Verfahren wie im Zusammenhang mit den Fig. 2A bis Fig. 2G erläutert durchgeführt. Die in der Fig. 4A dargestellte Position schließt sich an die Position der Fig. 2G an.

[0052] In der Fig. 4A sind von einer dem Aufwachssubstrat 3 abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge 1 her Öffnungen in die Halbleiterschichtenfolge 1 eingebracht, die sich durch die zweite Halbleiterschicht 12 und die aktive Schicht 10 bis hinein in die erste Halbleiterschicht 11 erstrecken und in der ersten Halbleiterschicht 11 münden. Anschließend werden auf die zweite Halbleiterschicht 12 eine Kontaktschicht 6, zum Beispiel aus Silber, (Fig. 4B) und ein Spiegel 7, zum Beispiel aus Metall, (Fig. 4C) aufgebracht. Die Öffnungen werden mit einem elektrisch leitenden Material, wie einem Metall, aufgefüllt (Fig. 4C). Dadurch entstehen Durchkontaktierungen 411 zur Kontaktierung der ersten Halbleiterschicht 11. Auf den Spiegel 7 werden Elektroden 410, 420 aufgebracht (Fig. 4D). Die erste Elektrode 410 ist mit den Durchkontaktierungen 411 elektrisch leitend verbunden. Die zweite Elektrode 420 ist über Löcher in dem Spiegel 7 mit der Kontaktschicht 6 elektrisch leitend verbunden. In der Fig. 4E ist auf die Elektroden 410, 420 eine Isolationsschicht 8 aufgebracht. Die Isolationsschicht 8 umfasst beispielsweise Siliziumoxid oder Siliziumnitrid. In der Fig. 4F sind dann noch Kontaktelemente 41, 42 auf einer dem Aufwachs-

strat **3** abgewandten Seite der Isolationsschicht **8** aufgebracht.

**[0053]** In den **Fig. 5A** und **Fig. 5B** ist ein drittes Ausführungsbeispiel des optoelektronischen Halbleiterchips **100** dargestellt. Anders als in den vorherigen Ausführungsbeispielen ist nun das Aufwachssubstrat abgelöst. Dafür ist zusätzlich ein Träger **5**, beispielsweise einen Siliziumträger, auf eine der aktiven Schicht **10** abgewandten Seite der zweiten Halbleiterschicht **12** aufgebracht. Zwischen der zweiten Halbleiterschicht **12** und dem Träger **5** ist außerdem ein Spiegel **7** vorgesehen, der gleichzeitig als zweite Elektrode **420** zur Kontaktierung der zweiten Halbleiterschicht **12** dient. Auf eine der Halbleiterschichtenfolge **1** abgewandte Seite der zweiten Elektrode **420** ist eine erste Elektrode **410** aufgebracht. Die beiden Elektroden **410**, **420** sind durch eine Isolationsschicht **8** voneinander getrennt und elektrisch isoliert. Die erste Elektrode **410** ist über Durchkontaktierungen **411**, die sich durch die Isolationsschicht **8**, die zweite Elektrode **24**, die zweite Halbleiterschicht **12** und die aktive Schicht **10** bis hinein in die erste Halbleiterschicht **11** erstrecken, mit der ersten Halbleiterschicht **11** elektrisch leitend verbunden. Auf der ersten Elektrode **410** ist der Träger **5** aufgebracht.

**[0054]** Auf einer der Halbleiterschichtenfolge **1** abgewandten Seite des Trägers **5** ist ein erstes Kontaktelement **41** aufgebracht. Der Träger **5** ist in diesem Fall bevorzugt elektrisch leitend.

**[0055]** In die Halbleiterschichtenfolge **1** ist außerdem eine Ausnehmung eingebracht, die sich von einer dem Träger **5** abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge **1** bis hin zur zweiten Elektrode **420** erstreckt. In der Ausnehmung ist ein zweites Kontaktelement **42** zur elektrischen Kontaktierung der zweiten Elektrode **420** vorgesehen. Das zweite Kontaktelement **42** kann von einer dem Träger **5** abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge **1** her mit einem Kontaktdraht **43** elektrisch kontaktiert werden (**Fig. 5B**).

**[0056]** In den **Fig. 6A** bis **Fig. 6B** sind verschiedene Positionen in einem Ausführungsbeispiel zur Herstellung des optoelektronischen Halbleiterchips gemäß der **Fig. 5A** und **Fig. 5B** dargestellt. Zunächst wurde beispielsweise wiederum das Verfahren gemäß den Schritten **2A** bis **2G** ausgeführt. Die Position der **Fig. 6A** schließt sich an die Position der **Fig. 2G** an.

**[0057]** In der **Fig. 6A** sind zunächst Öffnungen in die Halbleiterschichtenfolge **1** von einer dem Aufwachssubstrat **3** abgewandten Seite her in die Halbleiterschichtenfolge **1** eingebracht. Außerdem ist ein Spiegel **7**, der gleichzeitig eine zweite Elektrode **420** bildet, auf die zweite Halbleiterschicht **12** aufgebracht. Dann wird auf den Spiegel **7** eine Isolationsschicht **8** aufgebracht (**Fig. 6B**). Auf die Isolationsschicht **8** wird

eine erste Elektrode **410** aufgebracht (**Fig. 6C**). Außerdem sind die Öffnungen mit einem elektrisch leitenden Material aufgefüllt, das mit der ersten Elektrode **410** elektrisch leitend verbunden ist. Dadurch sind Durchkontaktierungen **411** in der Halbleiterschichtenfolge **1** entstanden. In der **Fig. 6D** ist auf die erste Elektrode **410** ein Träger **5** aufgebracht, der elektrisch leitend mit der ersten Elektrode **410** verbunden ist. Anschließend wird das Aufwachssubstrat **3** abgelöst (**Fig. 6E**).

**[0058]** In der **Fig. 7** sind verschiedene Ausführungsbeispiele für die Halbleiterstrukturen dargestellt. Die Halbleiterstrukturen können Kern-Hülle-Stäbe sein, die zum Beispiel zylinderförmig, pyramidenförmig oder obeliskenförmig ausgebildet sind. Die aktiven Bereiche **210** der Halbleiterstrukturen können jeweils in Form eines Multiquantentopfs ausgebildet sein.

**[0059]** Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn diese Merkmale oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben sind.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Halbleiterschichtenfolge
<b>3</b>	Aufwachssubstrat
<b>6</b>	Kontaktschicht
<b>7</b>	Spiegel
<b>8</b>	Isolationsschicht
<b>10</b>	aktive Schicht
<b>11</b>	erste Halbleiterschicht
<b>12</b>	zweite Halbleiterschicht
<b>13</b>	Hilfsschicht
<b>21</b>	erstes Konversionselement
<b>22</b>	zweites Konversionselement
<b>25</b>	Maske
<b>26</b>	Passivierung
<b>31</b>	Wachstumsseite
<b>41</b>	erstes Kontaktelement
<b>42</b>	zweites Kontaktelement
<b>43</b>	K Kontaktdraht
<b>100</b>	optoelektronischer Halbleiterchip
<b>210</b>	aktiver Bereich
<b>211</b>	Halbleiterschicht

<b>212</b>	Halbleiterschicht
<b>410</b>	erste Elektrode
<b>411</b>	Durchkontaktierung
<b>420</b>	zweite Elektrode

### Patentansprüche

1. Optoelektronischer Halbleiterchip (100), umfassend:

- eine Halbleiterschichtenfolge (1),
- mehrere Halbleiterstrukturen (21, 22) mit jeweils einem aktiven Bereich (210), wobei
- die aktiven Bereiche (210) jeweils zur Emission und/oder Absorption von elektromagnetischer Strahlung eingerichtet sind,
- die aktiven Bereiche (210) unterschiedlicher Halbleiterstrukturen (21, 22) nicht zusammenhängen,
- die Halbleiterstrukturen (21, 22) jeweils als Nanorod oder Mikrorod ausgebildet sind,
- die Halbleiterstrukturen (21, 22) in der Halbleiterschichtenfolge (1) eingebettet sind.

2. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach Anspruch 1, wobei

- die Halbleiterstrukturen (21, 22) Konversionselemente (21, 22) sind,
- die Halbleiterschichtenfolge (1) eine aktive Schicht (10) umfasst, die im bestimmungsgemäßen Betrieb eine Primärstrahlung erzeugt oder absorbiert,
- die Konversionselemente (21, 22) dazu eingerichtet sind, die Primärstrahlung in eine Sekundärstrahlung zu konvertieren oder eine Sekundärstrahlung in die Primärstrahlung zu konvertieren.

3. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Halbleiterstrukturen (21, 22) mit der Halbleiterschichtenfolge (1) epitaktisch überwachsen sind.

4. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach Anspruch 2 oder nach Anspruch 3 im Rückbezug auf Anspruch 2, wobei die Halbleiterstrukturen (21, 22) zwischen der aktiven Schicht (10) und einem Aufwachssubstrat (3) der Halbleiterschichtenfolge (1) angeordnet sind.

5. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach Anspruch 2 oder nach Anspruch 3 im Rückbezug auf Anspruch 2, wobei

- der Halbleiterchip (100) frei von einem Aufwachssubstrat der Halbleiterschichtenfolge (1) ist,
- der Halbleiterchip (100) einen Träger (5) umfasst, auf dem die Halbleiterschichtenfolge (1) angeordnet ist,
- die aktive Schicht (10) zwischen dem Träger (5) und den Halbleiterstrukturen (21, 22) angeordnet ist.

6. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Halb-

leiterstrukturen (21, 22) sich jeweils entlang einer Längsachse der Halbleiterstruktur (21, 22) verjüngen.

7. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- der Halbleiterchip (100) eine Mehrzahl von einzeln und unabhängig ansteuerbaren Pixeln (13) umfasst,
- unterschiedlichen Pixeln (13) unterschiedliche Halbleiterstrukturen (21, 22) zugeordnet sind.

8. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach Anspruch 2 oder einem der Ansprüche 3 bis 7 im Rückbezug auf Anspruch 2, wobei die aktive Schicht (10) mehrere Erhebungen aufweist und jede Erhebung einer Halbleiterstruktur (21, 22) zugeordnet ist.

9. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips (100), umfassend die Schritte:

A) Bereitstellen eines Aufwachssubstrats (3) mit einer Wachstumsseite (31);

B) Aufwachsen von Halbleiterstrukturen (21, 22) mit jeweils einem aktiven Bereich (210) auf die Wachstumsseite (31);

C) Aufwachsen einer Halbleiterschichtenfolge (1) auf der Wachstumsseite (31), wobei

- jede Halbleiterstruktur (21, 22) ein Nanorod oder ein Mikrorod ist,

- die aktiven Bereiche (210) jeweils zur Emission und/oder Absorption von elektromagnetischer Strahlung eingerichtet sind,

- die aktiven Bereiche (210) unterschiedlicher Halbleiterstrukturen (21, 22) nicht zusammenhängen,

- die Halbleiterstrukturen (21, 22) in der Halbleiterschichtenfolge (1) eingebettet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei im Schritt C) die Halbleiterstrukturen (21, 22) mit der Halbleiterschichtenfolge (1) überwachsen werden.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1A

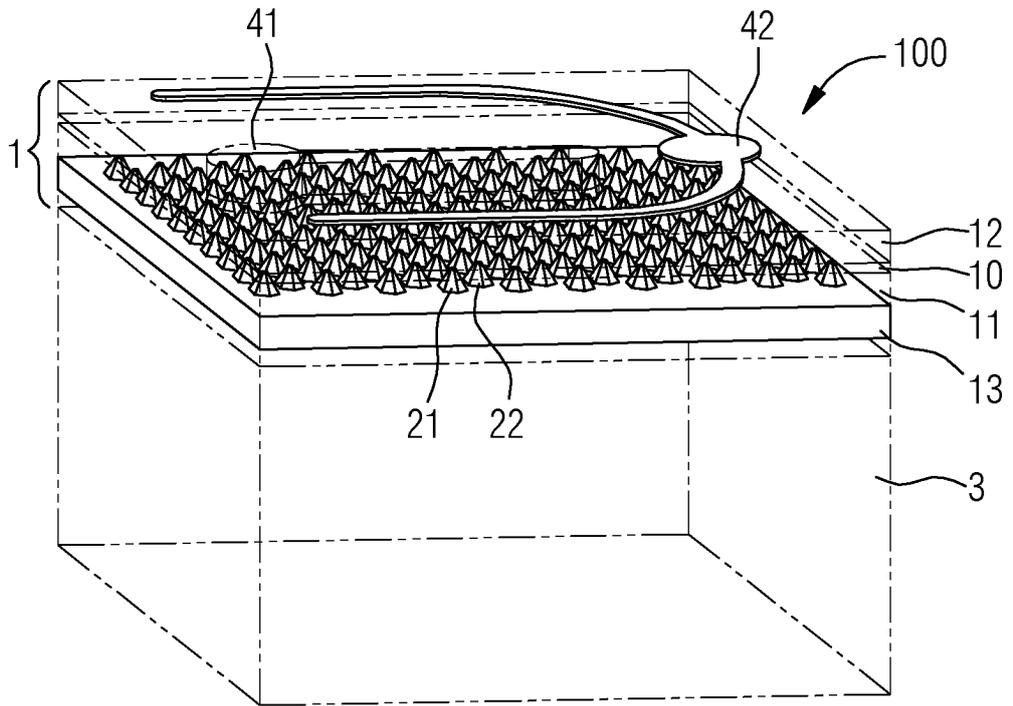


FIG 1B

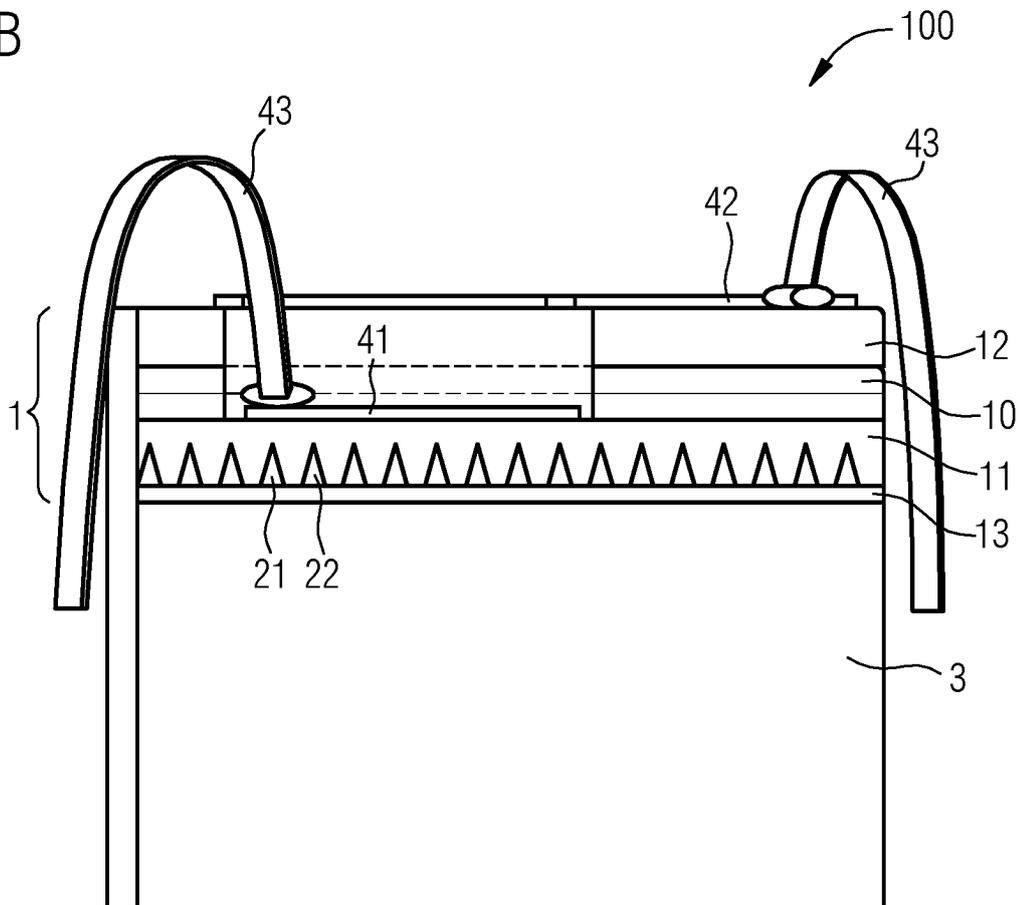


FIG 1C

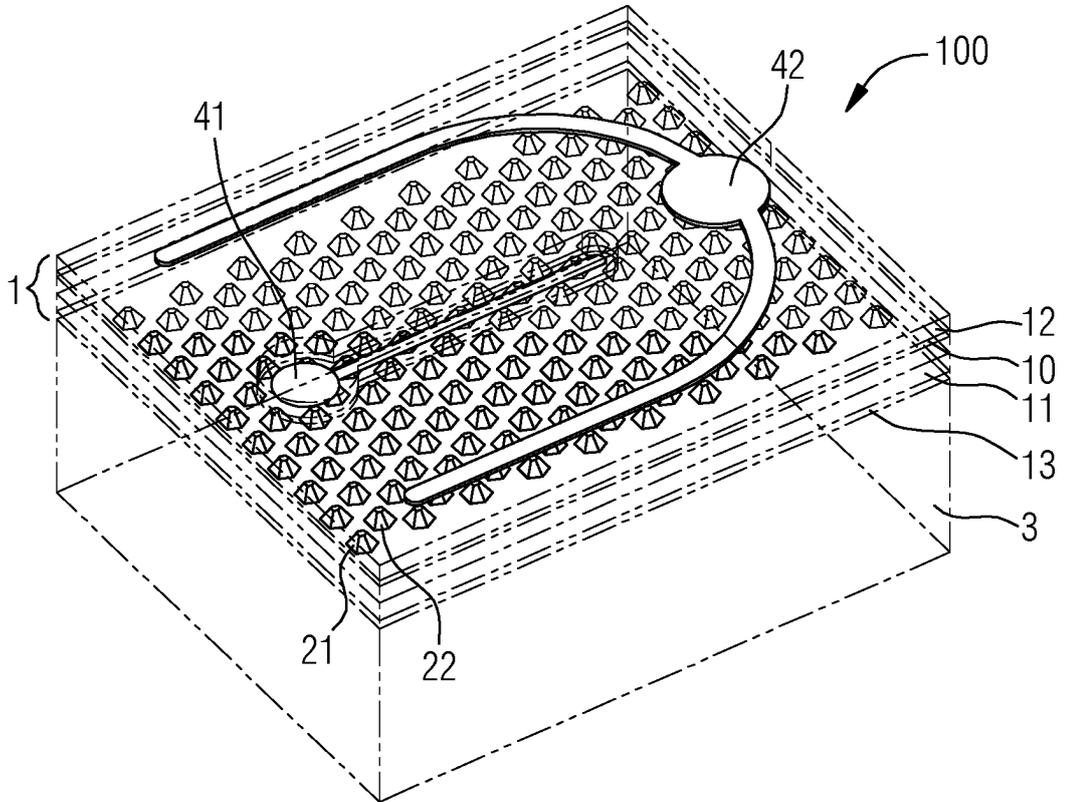


FIG 1D

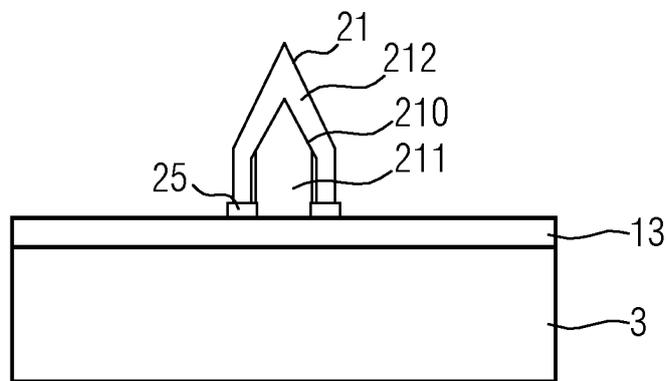


FIG 1E

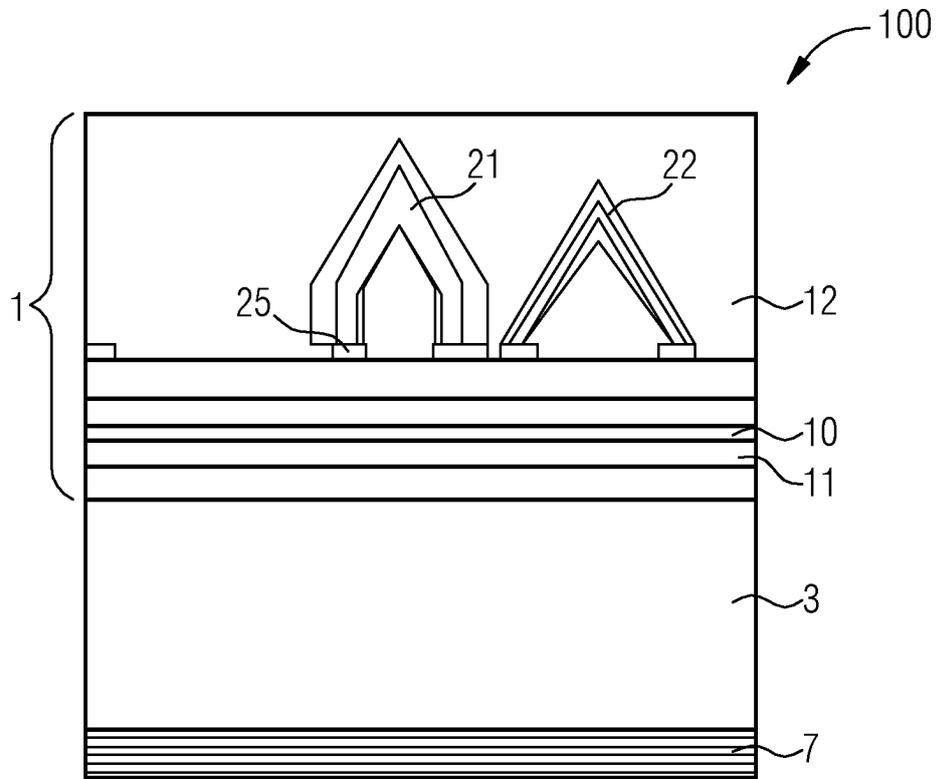


FIG 2A

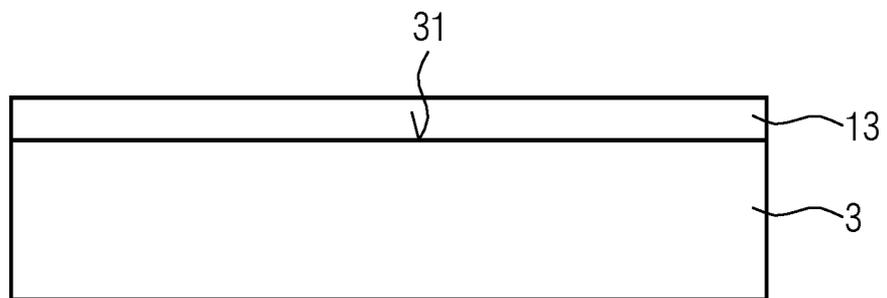


FIG 2B

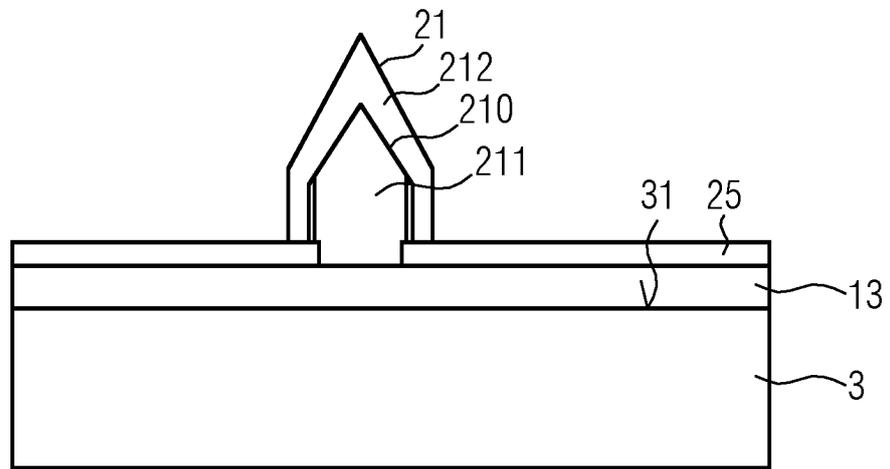


FIG 2C

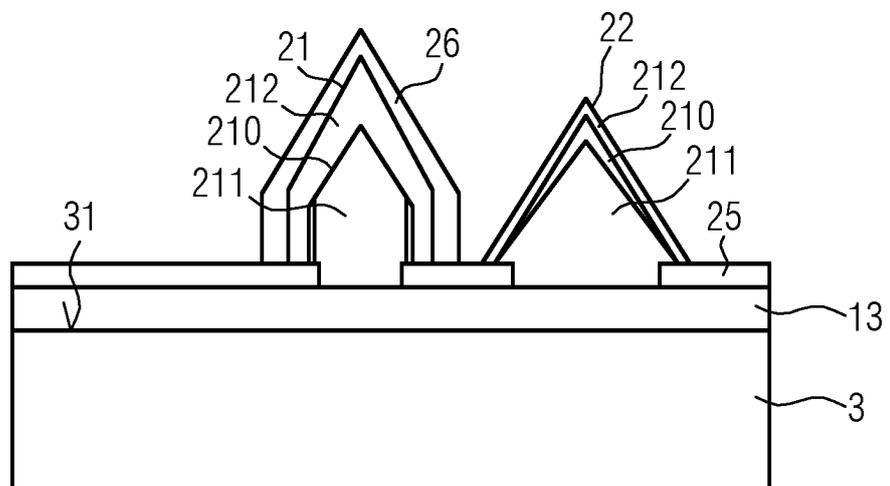


FIG 2D

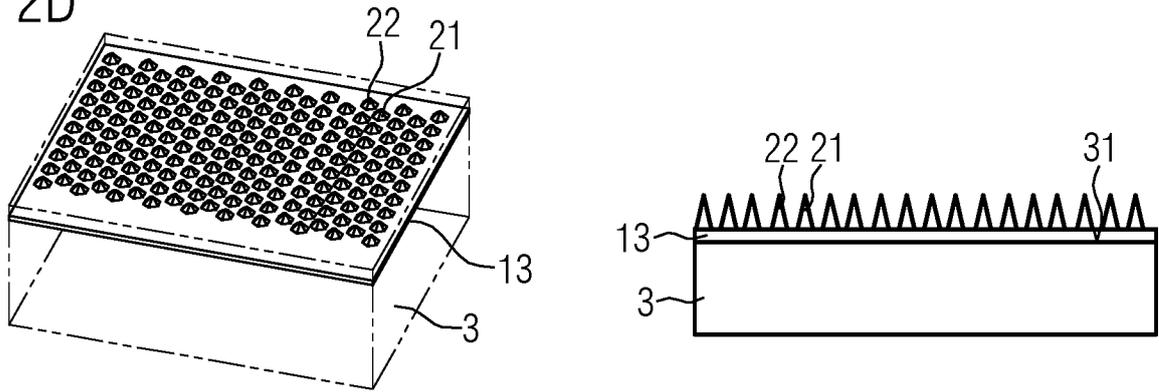


FIG 2E

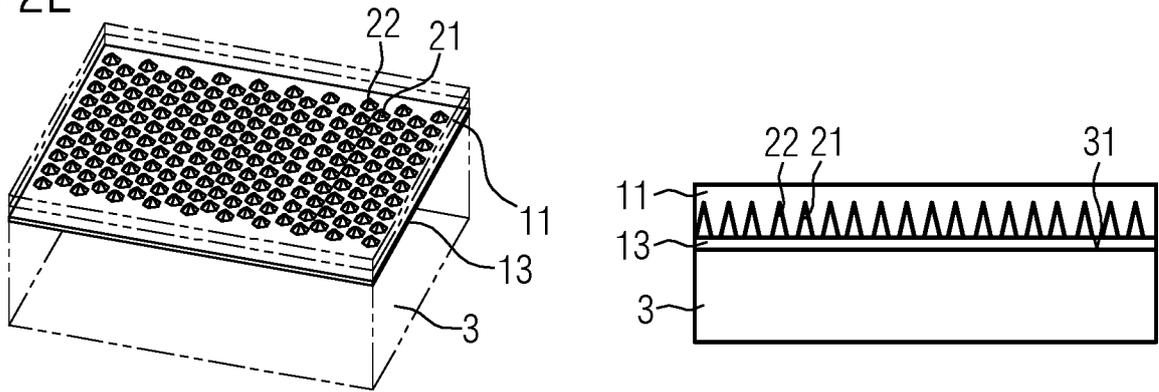


FIG 2F

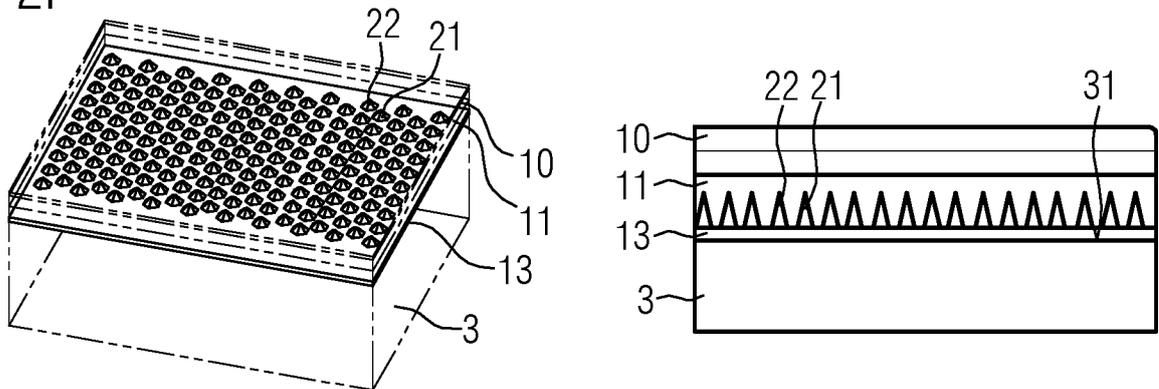


FIG 2G

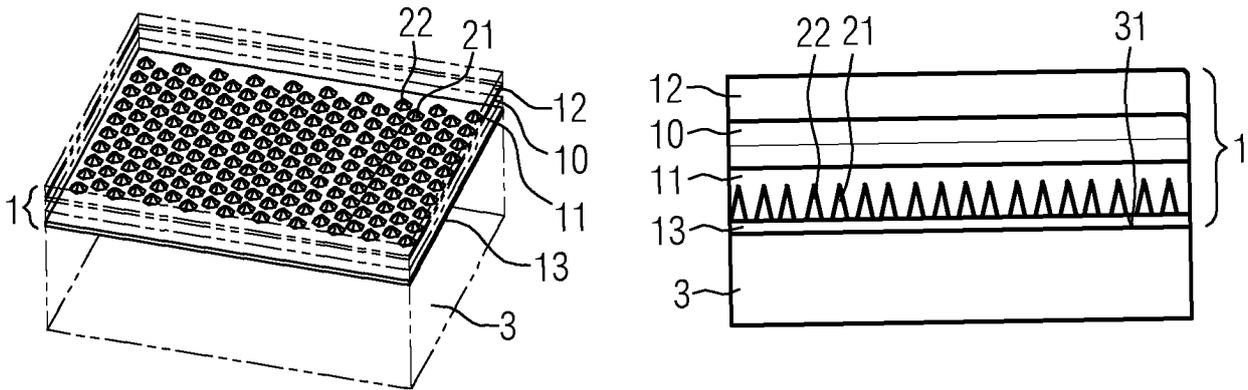


FIG 2H

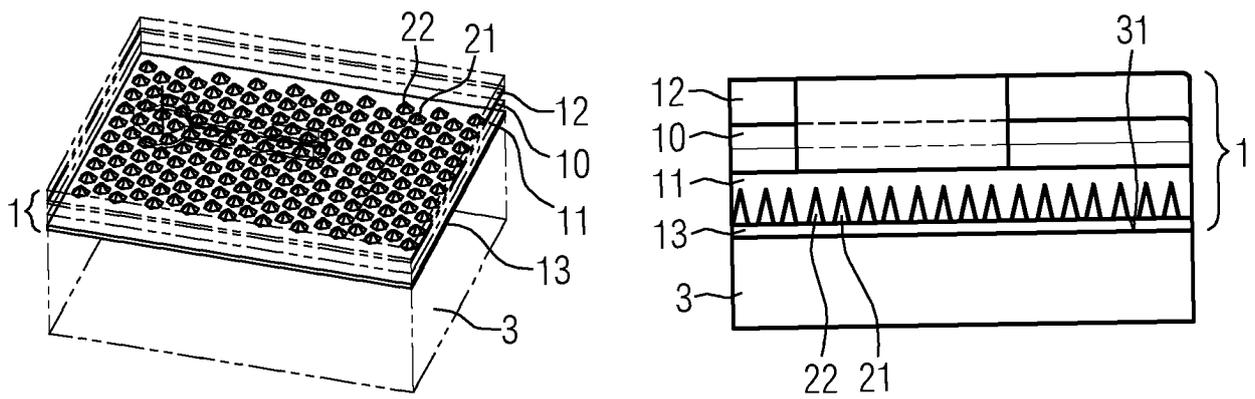


FIG 2I

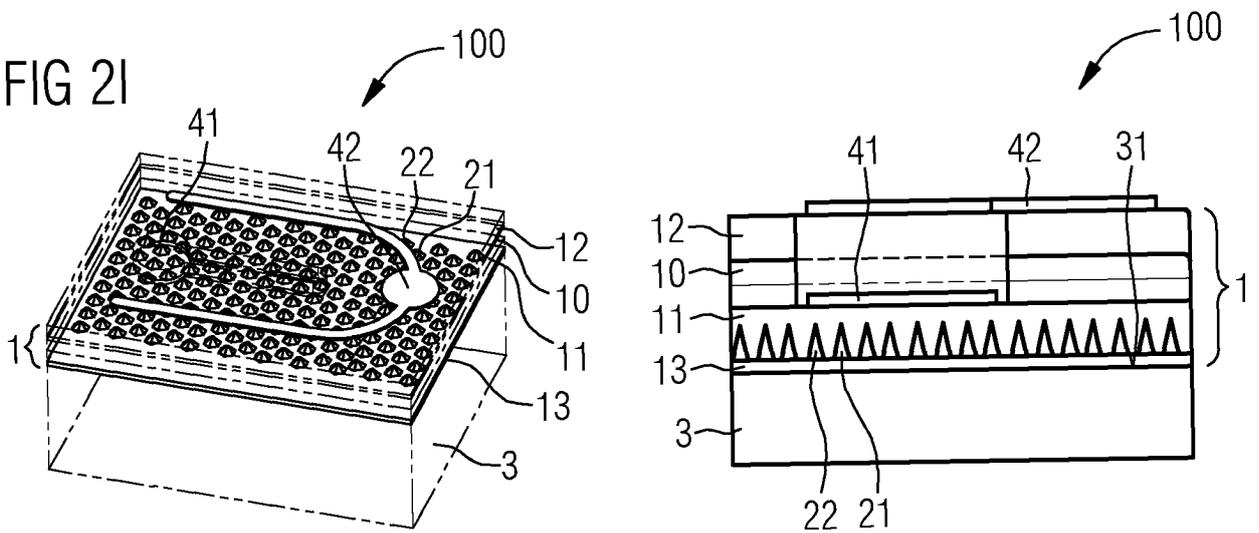


FIG 3A

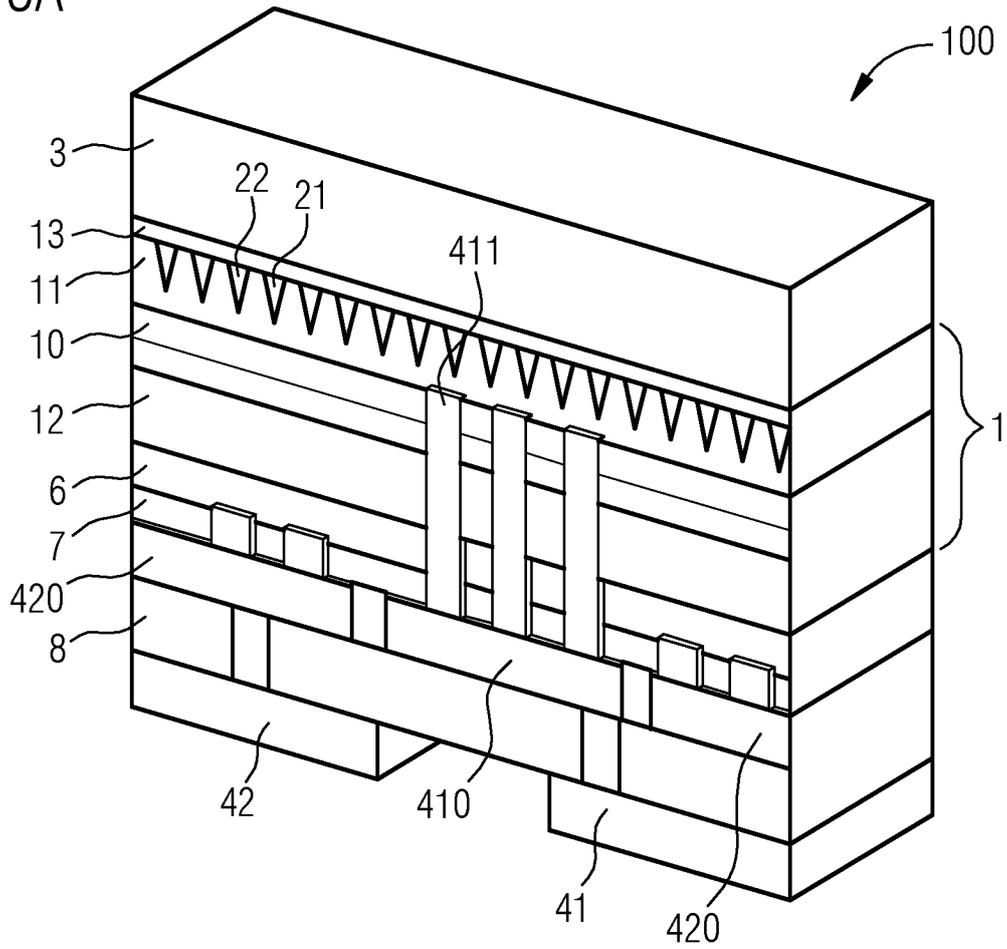


FIG 3B

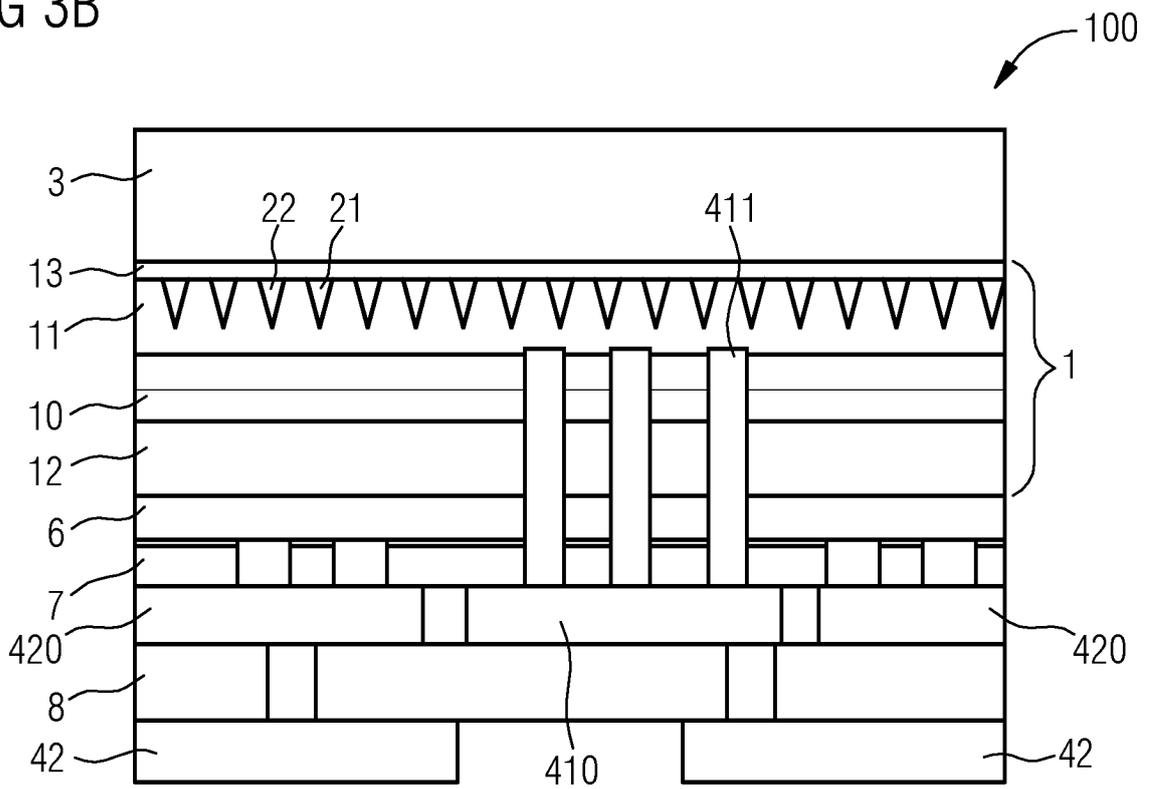


FIG 4A

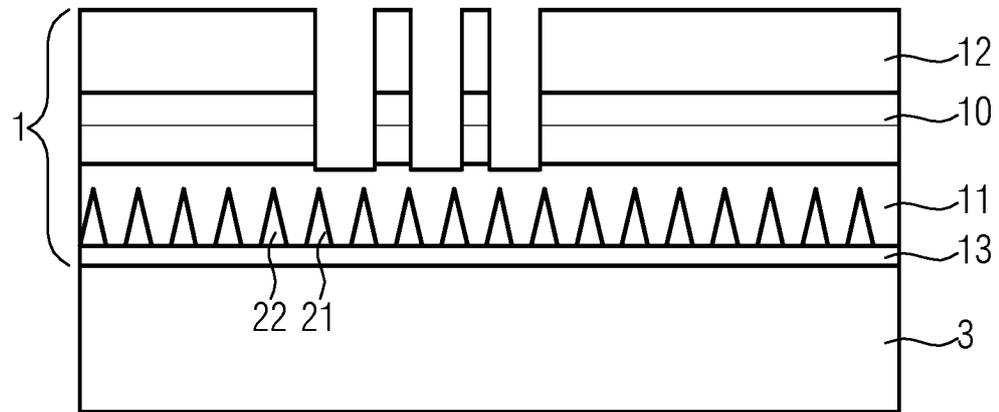


FIG 4B

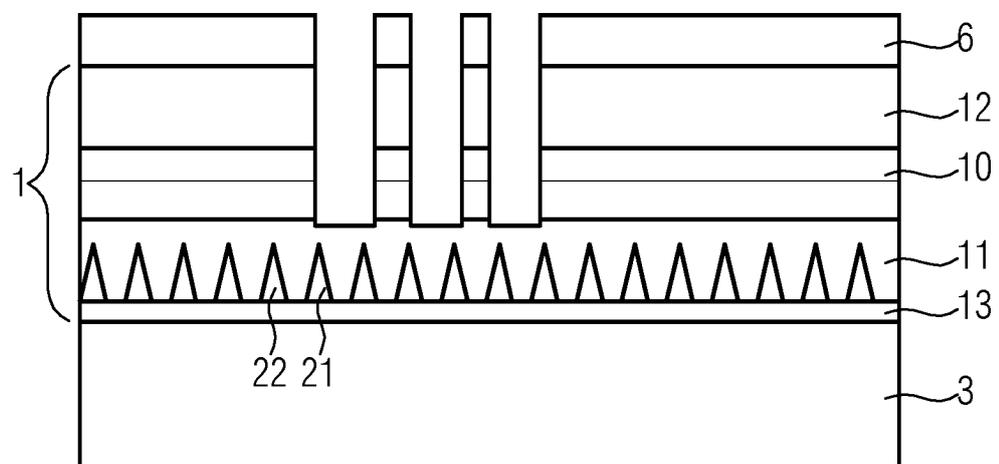


FIG 4C

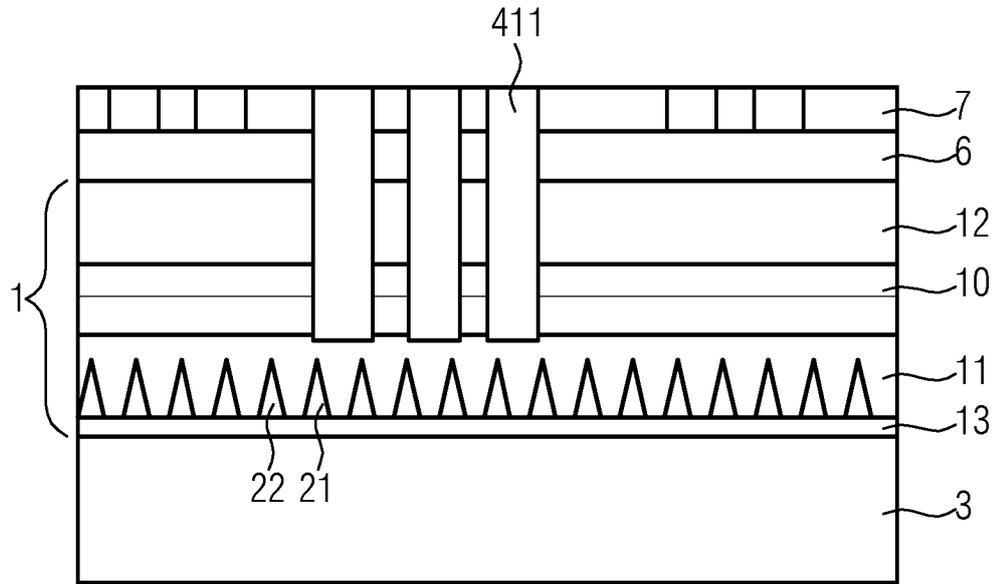


FIG 4D

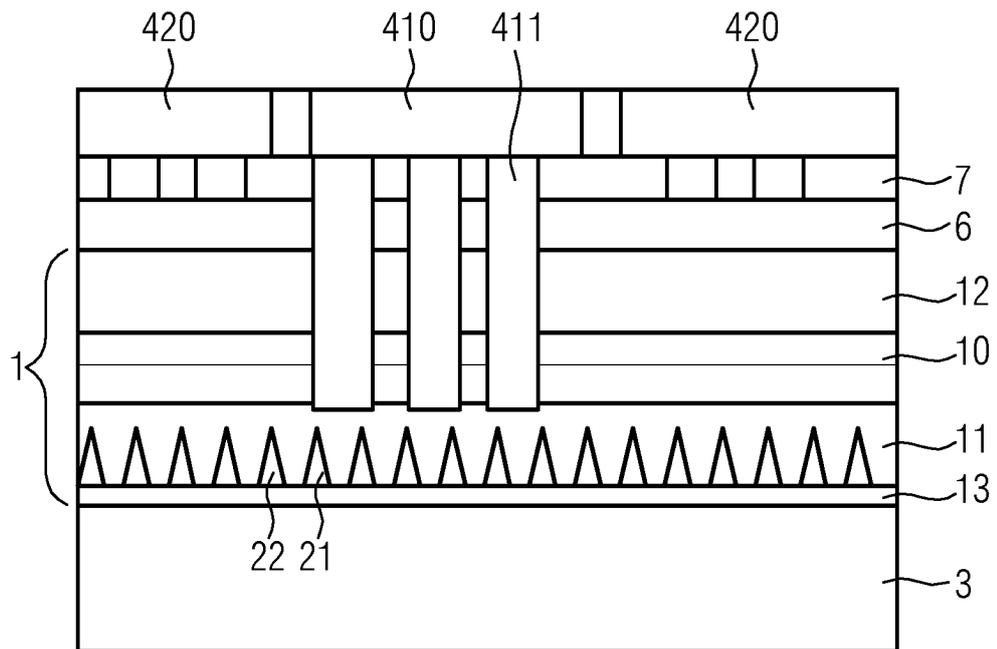


FIG 4E

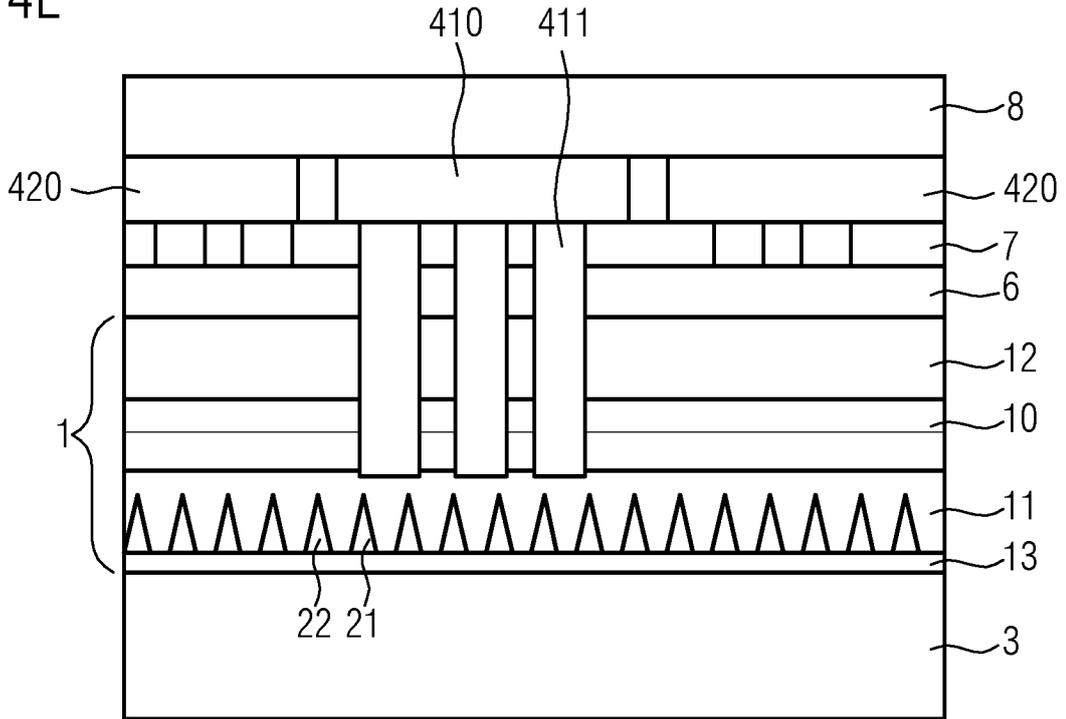


FIG 4F

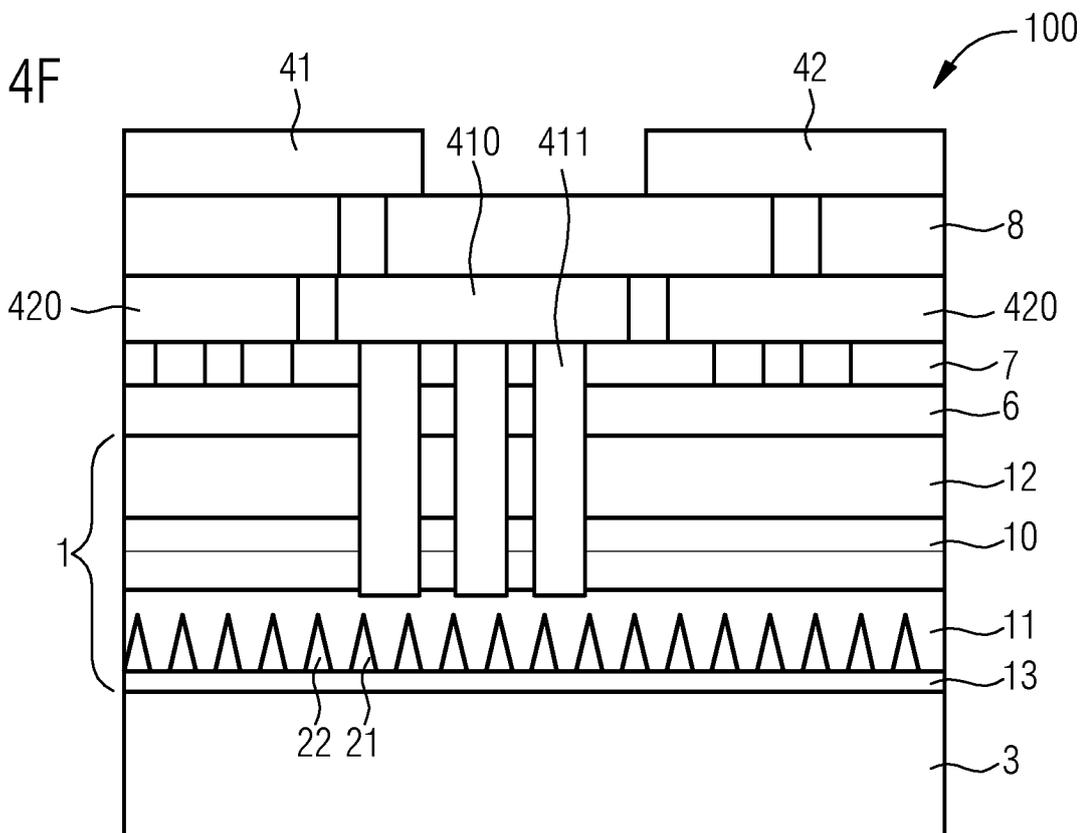


FIG 5A

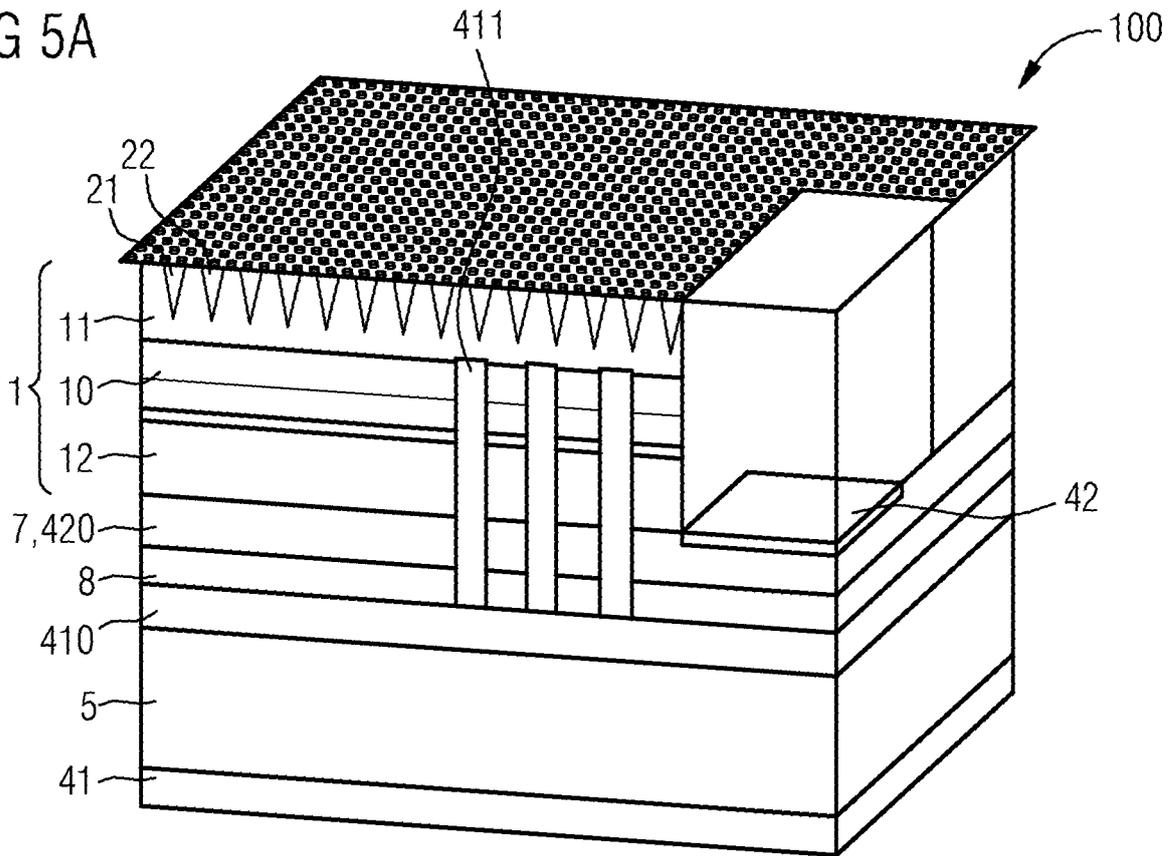


FIG 5B

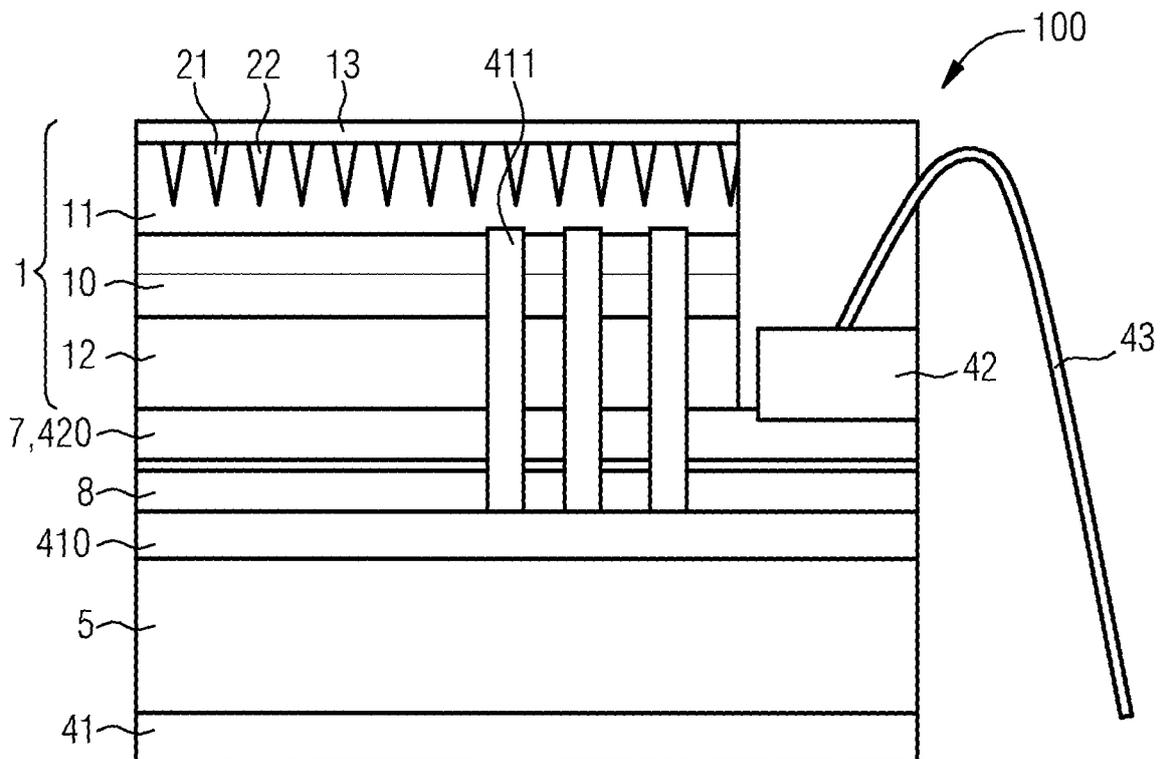


FIG 6A

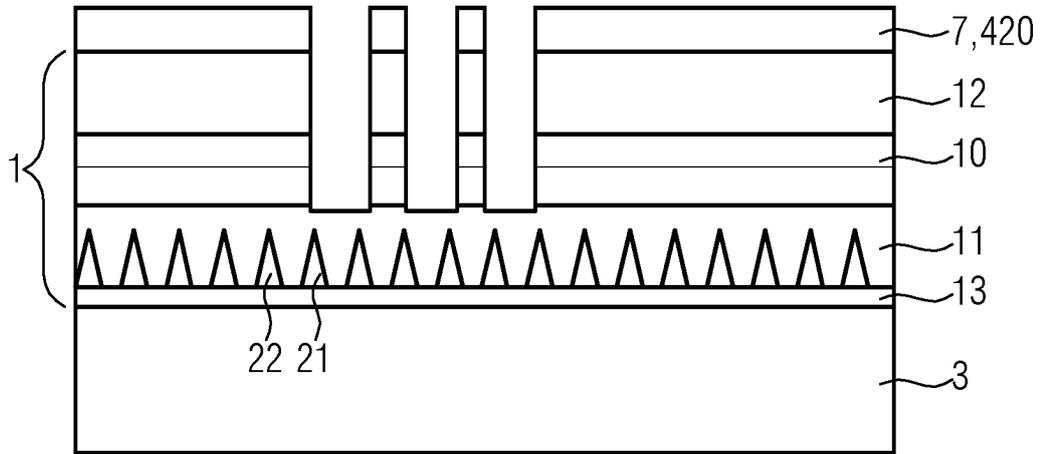


FIG 6B

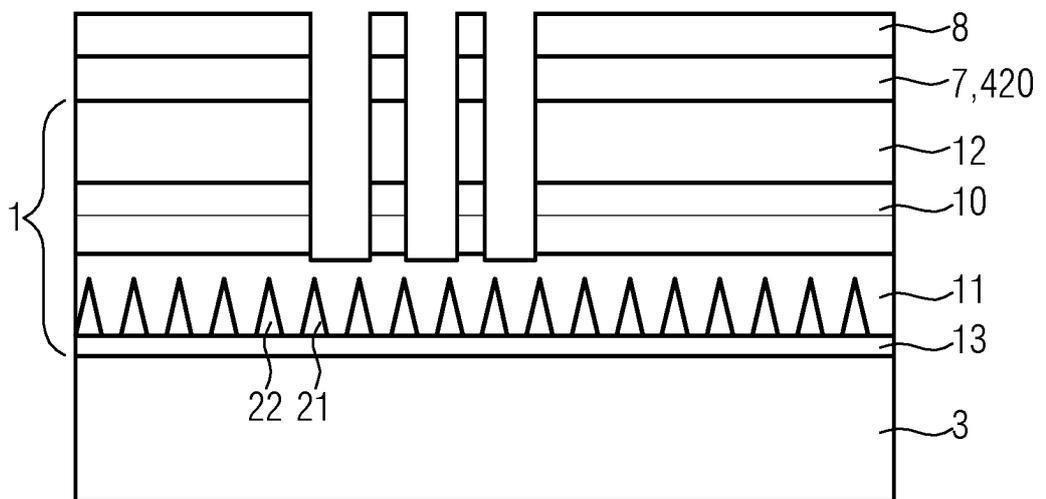


FIG 6C

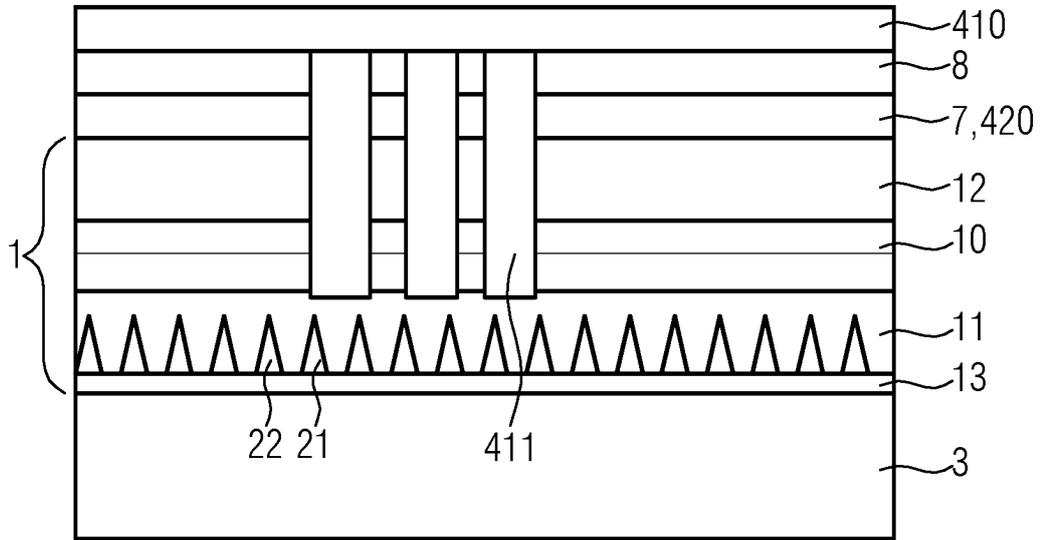


FIG 6D

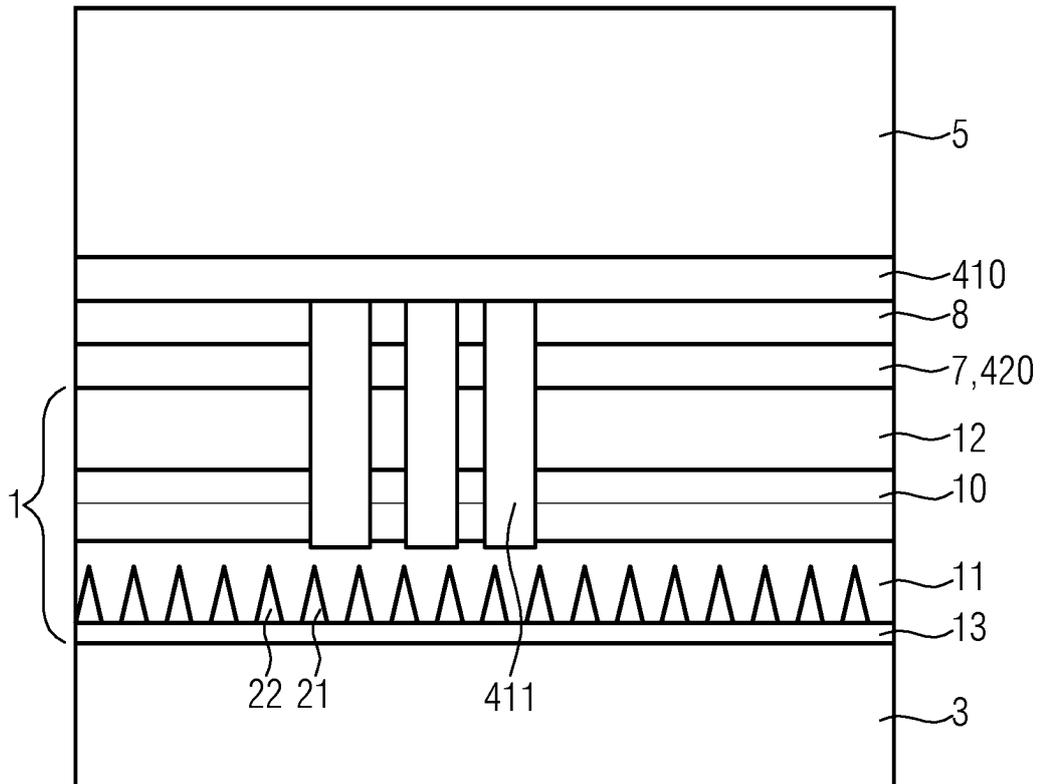


FIG 6E

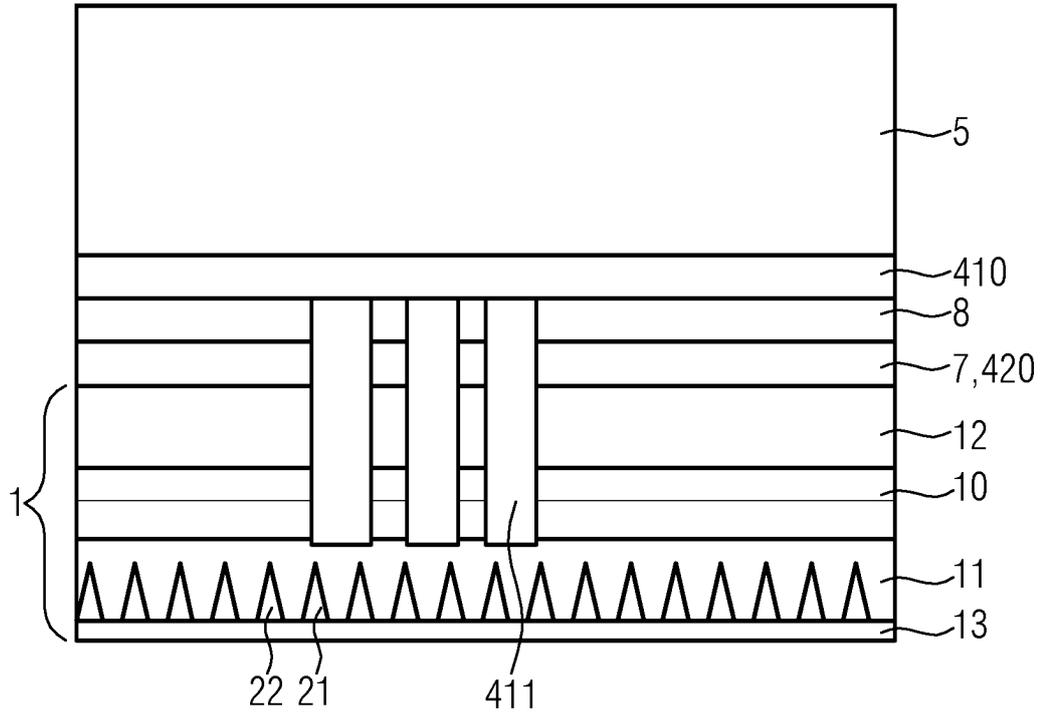


FIG 7

