

WO 2012/171817 A2



Es wird ein Verfahren zum Herstellen einer Mehrzahl von optoelektronischen Halbleiterchips angegeben, das zumindest die folgenden Verfahrensschritte umfasst: - Bereitstellen zumindest eines Halbleiterkörpers (1); - Einbringen von zumindest einem Graben (2) mittels zumindest eines Strukturierungsprozesses (3) in den Halbleiterkörper (1), wobei - der Graben (2) in einer vertikalen Richtung (V) die aktive Zone (12) durchbricht; - Anwendung zumindest eines Reinigungsprozesses (4) zumindest auf freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers (1) im Bereich des Grabens (2), wobei - der Reinigungsprozess (4) zumindest einen Plasmareinigungsprozess (33) umfasst, und - der Plasmareinigungsprozess (44) eine Anzahl und/oder eine räumliche Ausdehnung von Strukturierungsrückständen (333) an freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers (1) zumindest im Bereich des Grabens (2) zumindest verringert; - Aufbringen zumindest einer Passivierungsschicht (5) zumindest auf freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers (1) im Bereich des Grabens (2).

Beschreibung

Verfahren zum Herstellen einer Mehrzahl von optoelektronischen Halbleiterchips

5

Es werden ein Verfahren zum Herstellen einer Mehrzahl von optoelektronischen Halbleiterchips, ein optoelektronischer Halbleiterchip sowie ein optoelektronisches Halbleiterbauteil angegeben.

10

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren anzugeben, mittels dessen alterungsstabile optoelektronische Halbleiterchips kostengünstig herstellbar sind.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird in einem ersten Schritt zunächst ein Halbleiterkörper bereitgestellt, welcher eine Oberfläche sowie zumindest eine zur Strahlungserzeugung geeignete aktive Zone aufweist.

20

Beispielsweise ist der Halbleiterkörper mit einer epitaktisch gewachsenen Halbleiterschichtenfolge gebildet. In diesem Fall kann der Halbleiterkörper die aktive Zone umfassen. Bei der aktiven Zone kann es sich um eine Schicht oder Schichtenfolge handeln, welche unter elektrischer Kontaktierung

25

elektromagnetische Strahlung in einem Wellenlängenbereich innerhalb des ultravioletten bis infraroten Spektralbereichs der elektromagnetischen Strahlung emittiert. Dabei emittiert die aktive Zone im Betrieb elektromagnetische Strahlung durch die Oberfläche und kann dann durch diese aus dem

30

Halbleiterkörper entweichen. Mit anderen Worten wird durch die Oberfläche die in der aktiven Zone innerhalb des Halbleiterkörpers erzeugte elektromagnetische Strahlung zumindest zum Teil aus dem Halbleiterkörper ausgekoppelt. Die Oberfläche verläuft zum Beispiel senkrecht zu einer

Wachstumsrichtung des epitaktisch hergestellten Halbleiterkörpers.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird in
5 einem nächsten Schritt zumindest ein Graben mittels zumindest eines Strukturierungsprozesses über die Oberfläche des Halbleiterkörpers in den Halbleiterkörper eingebracht, wobei im Bereich des Grabens Teile des Halbleiterkörpers entfernt sind. Zum Beispiel erfolgt das Entfernen durch den
10 Strukturierungsprozess mittels physikalischen und/oder chemischen Abtragens des Materials des Halbleiterkörpers. Das heißt, der Graben ist zum Beispiel durch Materialabtrag erzeugt. Der Graben ist zumindest stellenweise seitlich durch den Halbleiterkörper begrenzt. Denkbar ist in diesem
15 Zusammenhang, dass der zumindest eine Graben eine einer Öffnung des Grabens gegenüberliegende Bodenfläche sowie zwei Seitenflächen aufweist, welche durch die Bodenfläche miteinander verbunden sind. Sowohl die Seitenflächen als auch die Bodenfläche können durch Bereiche des Halbleiterkörpers
20 gebildet sein. Mit anderen Worten handelt es sich bei dem Graben um eine Ausnehmung im Halbleiterkörper.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform durchbricht der Graben in einer vertikalen Richtung die aktive Zone. Das heißt, dass
25 der zumindest eine Graben zumindest zwischen der aktiven Zone und der Oberfläche des Halbleiterkörpers verläuft und an diesen Stellen die dazwischen liegenden Materialschichten und die aktive Zone durchbricht. An Stellen, an denen der zumindest eine Graben verläuft, wird dann die aktive Zone
30 unterteilt. Weist der Halbleiterkörper mehrere übereinander gestapelte aktive Zonen auf, so kann der zumindest eine Graben wenigstens eine oder auch alle aktiven Zonen durchbrechen. "Vertikale Richtung" ist in diesem Zusammenhang

eine Richtung parallel zu der Wachstumsrichtung des Halbleiterkörpers.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird in einem nächsten Schritt zumindest ein Reinigungsprozess zumindest auf freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers im Bereich des Grabens angewandt, wobei der Reinigungsprozess zumindest einen Plasmareinigungsprozess umfasst. Zum Beispiel umfassen die freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers die Seitenflächen und/oder die Bodenfläche des Grabens. Der Reinigungsprozess kann dann zumindest auf die Seitenflächen und/oder die Bodenfläche des Grabens angewandt werden. Dabei verringert der Plasmareinigungsprozess eine Anzahl und/oder eine räumliche Ausdehnung von Strukturierungsrückständen an den freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers zumindest im Bereich des Grabens.

Bei dem Strukturierungsprozess handelt es sich um einen Fertigungsschritt, durch den beispielsweise nach dessen Anwendung auf den Halbleiterkörper an freiliegenden Stellen zum Beispiel im Bereich des Grabens des Halbleiterkörpers Strukturierungsrückstände entstanden und dann haften geblieben sein können. Zudem können die Strukturierungsrückstände durch den Strukturierungsprozess zumindest stellenweise von dem Material des Halbleiterkörpers umschlossen sein.

Zum Beispiel handelt es sich bei den Strukturierungsrückständen um organische Reste, zum Beispiel einen Fotolack, der während oder in Zusammenhang mit dem Strukturierungsprozess Verwendung fand und/oder um das Material des Halbleiterkörpers selbst, welches an freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers im Graben haften

geblieben ist und dort hervorragt. Mit anderen Worten kann das Material der Strukturierungsrückstände von dem Material des Halbleiterkörpers verschieden sein. Zudem können derartige Strukturierungsrückstände Unebenheiten an den
5 Seitenflächen des Grabens ausbilden.

Bei dem Plasmareinigungsprozess kann es sich um einen selbständigen Reinigungsprozess oder um ein Element des Reinigungsprozesses handeln, bei dem unter Verwendung und
10 Anwendung eines Plasmas, beispielsweise eines reaktiven Plasmas, auf freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers zumindest im Bereich des Grabens diese Stellen von den Strukturierungsrückständen befreit und damit gereinigt werden können.

15 Zum Beispiel ist eine Konzentration der Strukturierungsrückstände im Halbleitermaterial zumindest im Bereich des Grabens nach Anwendung des Plasmareinigungsprozesses zumindest um 80 Gew.-%, bevorzugt um mehr als 90 Gew.-%, im Vergleich zu einer Konzentration vor Anwendung des Plasmareinigungsprozesses, verringert.
20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird in einem nächsten Schritt zumindest eine Passivierungsschicht
25 zumindest auf freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers im Bereich des Grabens aufgebracht. Denkbar ist, dass die Passivierungsschicht zusätzlich zumindest stellenweise auf weitere freiliegende Außenflächen, zum Beispiel die Oberfläche des Halbleiterkörpers, aufgebracht ist. In diesem
30 Fall kann die Passivierungsschicht zumindest stellenweise strahlungsdurchlässig für von der aktiven Zone emittierte elektromagnetische Strahlung sein. "Strahlungsdurchlässig" heißt in diesem Zusammenhang, dass die Passivierungsschicht

zumindest zu 80 %, bevorzugt zu mehr als 90 %, durchlässig für von der aktiven Zone emittierte elektromagnetische Strahlung ist. Insbesondere kann die Passivierungsschicht in direktem Kontakt mit dem Halbleiterkörper stehen, sodass sich
5 zwischen der Passivierungsschicht und dem Halbleiterkörper weder ein Spalt noch eine Unterbrechung ausbildet. Zum Beispiel verhindert die Passivierungsschicht an den von ihr bedeckten Stellen des Halbleiterkörpers eine Oxidation des Halbleitermaterials. Vorzugsweise ist die
10 Passivierungsschicht elektrisch isolierend. Zum Beispiel ist die Passivierungsschicht zumindest im Bereich des Grabens an der aktiven Zone aufgebracht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird in
15 einem ersten Schritt zumindest ein Halbleiterkörper bereitgestellt, welcher eine Oberfläche sowie zumindest eine zur Strahlungserzeugung geeignete aktive Zone aufweist. In einem nächsten Schritt wird zumindest ein Graben mittels zumindest eines Strukturierungsprozesses über die Oberfläche
20 des Halbleiterkörpers in den Halbleiterkörper eingebracht, wobei im Bereich des Grabens Teile des Halbleiterkörpers entfernt sind, und der Graben in einer vertikalen Richtung die aktive Zone durchbricht. In einem nächsten Schritt wird ein Reinigungsprozess zumindest auf freiliegende Stellen des
25 Halbleiterkörpers im Bereich des Grabens angewandt, wobei der Reinigungsprozess zumindest einen Plasmareinigungsprozess umfasst, und der Plasmareinigungsprozess eine Anzahl und/oder eine räumliche Ausdehnung von Strukturierungsrückständen an freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers zumindest im
30 Bereich des Grabens zumindest verringert. In einem nächsten Schritt wird zumindest eine Passivierungsschicht zumindest auf freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers im Bereich des Grabens aufgebracht.

Das hier beschriebene Verfahren zur Herstellung einer Mehrzahl von optoelektronischen Halbleiterchips beruht dabei unter anderem auf der Erkenntnis, dass sich während des oder
5 nach dem Aufbringen zumindest einer Passivierungsschicht im Bereich eines mittels eines Strukturierungsprozesses in einem Halbleiterkörper erzeugten Grabens sich zum Beispiel Anhaft- und Strukturprobleme der Passivierungsschicht zeigen können.

10 Zum Beispiel besteht die Gefahr, dass sich die Passivierungsschicht schon nach kurzer Zeit stellenweise oder ganz vom Halbleiterkörper löst und/oder stellenweise Unebenheiten und/oder Risse aufweist. Derartige Probleme können auf Strukturierungsrückstände zurückgeführt werden,
15 welche während des Einbringens des Grabens in einen derartigen Halbleiterkörper entstehen. Beispielsweise können Materialreste und/oder andere Reste, zum Beispiel organische Fotolacke, an Seitenflächen des Grabens haften geblieben sein und/oder aus den Seitenflächen hervorragen.

20 Wird nun zum Beispiel auf derartige Seitenflächen des Grabens die Passivierungsschicht flächig auf die Seitenflächen aufgebracht, können sich an diesen Stellen die Anhaft- und Strukturprobleme der Passivierungsschicht zeigen.

25 Beispielsweise ist die Passivierungsschicht im Bereich der Strukturierungsrückstände dann nicht mehr vollständig elektrisch isolierend. Denkbar ist, dass entlang der Risse aus einem beispielsweise dotierten Bereich des Halbleiterkörpers elektrische Ladungen entweichen und mit
30 einem weiteren dotierten Bereich des Halbleiterkörpers entlang der Seitenflächen einen Leckstrom bilden können. Derartige Leckströme können während des Betriebs am fertigen optoelektronischen Halbleiterchip zu einem Einbruch in einer

Betriebsspannung führen, wodurch sich eine optische Ausgangsleistung des optoelektronischen Halbleiterchips verringert. Mit anderen Worten ist ein Einbruch in der Betriebsspannung, beispielsweise über derartige Leckströme,
5 ein Zeichen für einen Ausfall des optoelektronischen Halbleiterchips.

Das hier beschriebene Verfahren ermöglicht nun insbesondere durch die Anwendung eines Reinigungsprozesses, welcher einen
10 Plasmareinigungsprozess umfasst, zumindest auf freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers im Bereich des Grabens die störenden und nach dem Aufbringen der Passivierungsschicht zu Leckströmen führenden Strukturierungsrückstände zumindest in ihrer Anzahl und/oder in ihrer räumlichen Ausdehnung zu
15 verringern. Mit anderen Worten führt das hier beschriebene Verfahren auf kostengünstige Art und Weise dazu, dass nach dem Aufbringen der Passivierungsschicht beispielsweise auf die Seitenflächen diese zum Beispiel keine Risse und/oder Unebenheiten mehr ausbildet. Die oben beschriebenen
20 Leckströme können dadurch vermieden werden. Zudem wird verhindert, dass in einer Umgebungsatmosphäre des Halbleiterkörpers enthaltene Luftfeuchtigkeit über beispielsweise Risse in der Passivierungsschicht in das Material des Halbleiterkörpers gelangen und beispielsweise
25 den späteren optoelektronischen Halbleiterchip schädigen können. Ein mittels des hier beschriebenen Verfahrens hergestellter optoelektronischer Halbleiterchip ist daher alterungsstabil.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind nach der Anwendung des Plasmareinigungsprozesses freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers zumindest im Bereich des Grabens im Wesentlichen frei von Strukturierungsrückständen. "Im

Wesentlichen frei" heißt in diesem Zusammenhang, dass ein Flächenbedeckungsgrad freiliegender Stellen der Außenflächen des Halbleiterkörpers, insbesondere der freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers im Bereich des Grabens, durch die
5 Strukturierungsrückstände höchstens 1 %, bevorzugt höchstens 0,5 %, beträgt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Plasmareinigungsprozess eine Anwendung von geeigneten Gasen, insbesondere von Ar, Cl, F, N₂, N₂O und/oder O₂, zumindest
10 auf die freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers im Bereich des Grabens. Es hat sich gezeigt, dass unter Verwendung eines derartigen Plasmareinigungsprozesses die Strukturierungsrückstände besonders effektiv entfernt werden
15 können.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform basiert der Halbleiterkörper auf einem III-Nitridhalbleitermaterial. "III-Nitridhalbleitermaterial" bedeutet im vorliegenden
20 Zusammenhang, dass der Halbleiterkörper ein Nitridhalbleitermaterial, vorzugsweise $\text{Al}_m\text{Ga}_n\text{In}_{1-n-m}\text{N}$ aufweist oder aus diesem besteht, wobei $0 \leq m \leq 1$, $0 \leq n \leq 1$ und $m + n \leq 1$.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Reinigungsprozess zumindest einen nasschemischen Reinigungsprozess.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der
30 nasschemische Reinigungsprozess eine Anwendung eines gepufferten, oxidierten Ätzmittels (zu engl. BOE) und/oder eine Anwendung von Flusssäure auf die freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers im Bereich des Grabens.

Zum Beispiel kann der nasschemische Reinigungsprozess vor oder nach dem Plasmareinigungsprozess auf freiliegende Stellen beispielsweise im Bereich des Grabens des Halbleiterkörpers angewandt werden. Mit anderen Worten kann der nasschemische Reinigungsprozess je nach den erforderlichen Bedürfnissen mit dem Plasmareinigungsprozess kombiniert werden. Dies führt zu einem möglichst variablen und individuell einsetzbaren Reinigungsprozess.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird zunächst der nasschemische Reinigungsprozess auf die freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers im Bereich des Grabens und anschließend der Plasmareinigungsprozess auf diese Stellen angewandt. Mit anderen Worten dient der nasschemische Reinigungsprozess zu einer beispielsweise groben Vorreinigung dieser Stellen zur teilweisen Entfernung grobkörniger Rückstände. Allerdings ermöglicht der hier beschriebene nasschemische Reinigungsprozess keine Verringerung von den Strukturierungsrückständen, insbesondere nicht im Vergleich zum hier beschriebenen Plasmareinigungsprozess. Ein Reinigen, das heißt Befreien der freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers zumindest im Bereich des Grabens, von den Strukturierungsrückständen, findet erst durch den Plasmareinigungsprozess statt. Dabei hat sich herausgestellt, dass durch eine Vorschaltung des nasschemischen Reinigungsprozesses vor dem Plasmareinigungsprozess die Anzahl und/oder die räumliche Ausdehnung der Strukturierungsrückstände besonders wirkungsvoll verringern lässt. Mit anderen Worten können die groben Reinigungseffekte des nasschemischen Reinigungsprozesses mit den feinen Reinigungseffekten des Plasmareinigungsprozesses zu einem möglichst effektiven Reinigungsprozess kombiniert werden.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Passivierungsschicht mit zumindest einem der Materialien SiO_2 , SiN , TiO_2 , Al_2O_3 und/oder Si gebildet oder enthält
5 zumindest eines der Materialien.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird der Halbleiterkörper im Bereich des Grabens in einzelne optoelektronische Halbleiterchips vereinzelt. Beispielsweise
10 wird der Halbleiterkörper mittels hochenergetischem Laserlichts vereinzelt. Ebenso ist es möglich, dass das Vereinzeln des Halbleiterkörpers mittels Ritzen und anschließendem Brechen oder Schneidens erfolgt.

15 Es wird darüber hinaus ein optoelektronischer Halbleiterchip angegeben. Beispielsweise kann der Halbleiterchip mittels eines Verfahrens hergestellt werden, wie es in Verbindung mit einem oder mehreren der oben genannten Ausführungsformen beschrieben ist. Das heißt, die für das hier beschriebene
20 Verfahren aufgeführten Merkmale sind auch für den hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchip offenbart und umgekehrt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der
25 optoelektronische Halbleiterchip einen Halbleiterkörper, welcher eine Oberfläche sowie zumindest eine zur Strahlungserzeugung geeignete aktive Zone aufweist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der
30 optoelektronische Halbleiterchip zumindest eine Passivierungsschicht, welche zumindest auf freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers zumindest im Bereich von Seitenflanken des Halbleiterkörpers aufgebracht ist.

Dabei begrenzen die Seitenflanken des Halbleiterkörpers den Halbleiterkörper in einer lateralen Richtung. "Laterale Richtung" ist dabei eine Richtung beispielsweise senkrecht zur Wachstumsrichtung des Halbleiterkörpers. Die Passivierungsschicht bedeckt zumindest die Seitenflanken teilweise oder vollständig, insbesondere im Bereich der aktiven Zone, und verhindert so beispielsweise eine Oxidation des Materials der aktiven Zone an der Seitenflanke.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der Halbleiterkörper zumindest an den Seitenflanken im Wesentlichen frei von Strukturierungsrückständen. Insbesondere kann auch die Passivierungsschicht im Wesentlichen frei von den Strukturierungsrückständen sein. "Im Wesentlichen frei" heißt in diesem Zusammenhang, dass ein jeweiliger Flächenbedeckungsgrad der Außenfläche des Halbleiterkörpers, insbesondere der Seitenflanken, und der Außenfläche der Passivierungsschicht durch die Strukturierungsrückstände höchstens 1 %, bevorzugt höchstens 0,5 %, beträgt.

15

20

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform verläuft die Passivierungsschicht an den aufgebrachtten Stellen unterbrechungsfrei. Das heißt, dass die Passivierungsschicht an diesen Stellen weder einen Riss und/oder einen Spalt aufweist. Insbesondere kann die Passivierungsschicht an den aufgebrachtten Stellen in direktem Kontakt mit den Seitenflanken des Halbleiterkörpers stehen.

30

Es wird darüber hinaus ein optoelektronisches Halbleiterbauteil angegeben. Das optoelektronische Halbleiterbauteil weist eine Mehrzahl der hier beschriebenen

optoelektronischen Halbleiterchips auf. Das heißt, die für den hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchip aufgeführten Merkmale sind auch für das hier beschriebene optoelektronische Halbleiterbauteil offenbart und umgekehrt.

5

Zum Beispiel umfasst das optoelektronische Halbleiterbauteil einen gemeinsamen Träger, auf dem die optoelektronischen Halbleiterchips aufgebracht und elektrisch leitend kontaktiert sind. Beispielsweise sind mittels des Trägers die optoelektronischen Halbleiterchips elektrisch miteinander verschaltet.

10

Im Folgenden wird das hier beschriebene Verfahren, der optoelektronische Halbleiterchip sowie das optoelektronische Halbleiterbauteil anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

15

Die Figuren 1A, 1B, 1C und 1D zeigen in schematischen Seitenansichten einzelne Verfahrensschritte zur Herstellung einer Mehrzahl von hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchips.

20

Die Figur 1E zeigt in einer schematischen Seitenansicht einen optoelektronischen Halbleiterchip, bei dem zu dessen Herstellung auf den hier beschriebenen Plasmareinigungsprozess verzichtet ist.

25

Die Figuren 2A, 2B und 2C zeigen mikroskopische Aufnahmen während einzelner Fertigungsschritte des hier beschriebenen Verfahrens.

30

Die Figur 3A zeigt in einer schematischen Draufsicht ein Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterbauteils.

- 5 Die Figur 3B zeigt eine grafische Auftragung einer Betriebsspannung einzelner hier beschriebener optoelektronischer Halbleiterchips des in der Figur 3A beschriebenen optoelektronischen Halbleiterbauteils.

10

In den Ausführungsbeispielen und den Figuren sind gleiche oder gleich wirkende Bestandteile jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die dargestellten Elemente sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können einzelne
15 Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

- In der Figur 1A ist anhand einer schematischen Seitenansicht zunächst ein Trägerelement 8 gezeigt, welches eine
20 Montagefläche 81 sowie eine der Montagefläche 81 gegenüberliegende Auflagefläche 82 aufweist. Bei dem Trägerelement 8 kann es sich um ein Trägersubstrat handeln, das mit einem Halbleitermaterial gebildet ist. Auf der Montagefläche 81 des Trägerelements 8 ist ein
25 Verbindungsmittel 9 aufgebracht, wobei über eine dem Trägerelement 8 abgewandte Oberfläche 91 des Verbindungsmittels 9 Spiegelemente 92 in lateraler Richtung L nebeneinander angeordnet sind. Sowohl auf die Spiegelemente 92 als auch auf die Außenfläche 91 des
30 Verbindungsmittels 9 ist ein Halbleiterkörper 1 aufgebracht, der vorliegend mit einer epitaktisch gewachsenen Halbleiterschichtenfolge gebildet ist. Dabei weist der Halbleiterkörper 1 eine dem Trägerelement 8 abgewandte

Oberfläche 11 sowie zumindest eine zur Strahlungserzeugung geeignete aktive Zone 12 auf und ist vorliegend mit Indiumgalliumnitrid gebildet.

- 5 In lateraler Richtung L zwischen den beiden Spiegelementen 92 wird über die Oberfläche 11 ein Strukturierungsprozess 3 auf den Halbleiterkörper 1 angewandt.

In der Figur 1B ist in einer schematischen Seitenansicht
10 gezeigt, wie mittels des Strukturierungsprozesses 3 über die Oberfläche 11 ein Graben 2 in den Halbleiterkörper 1 eingebracht ist, wobei im Bereich des Grabens 2 der Halbleiterkörper 1 vollständig entfernt ist. Der Graben 2 durchbricht in einer vertikalen Richtung V die aktive Zone 12
15 vollständig und unterteilt diese in der lateralen Richtung L. Dabei bildet die Außenfläche 91 des Verbindungsmittels 9 im Bereich des Grabens 2 eine Bodenfläche 22 des Grabens 2 vollständig, wobei Seitenflächen 23 des Grabens 2 vollständig durch den Halbleiterkörper 1 gebildet sind.

20

Weiter ist erkennbar, dass der Strukturierungsprozess 3 an den Seitenflächen 23 Strukturierungsrückstände 333 erzeugt und hinterlässt. Bei den Strukturierungsrückständen 333 kann es sich um Reste des Halbleitermaterials des
25 Halbleiterkörpers 1 und/oder um während des Strukturierungsprozesses 3 verwendete organische Reste, zum Beispiel um einen Fotolack, handeln.

Insbesondere ist in der Figur 1B bereits ein nasschemischer
30 Reinigungsprozess 45 als ein Element des Reinigungsprozesses 4 auf die Seitenflächen 23 angewandt. Der nasschemische Reinigungsprozess 45 kann eine Anwendung eines gepufferten oxidierten Ätzmittels (zu engl. BOE) und/oder eine Anwendung

von Flusssäure umfassen. Ein derartiger Reinigungsprozess stellt jedoch lediglich eine grobe Säuberung der Seitenflächen 23 dar und ist nicht in der Lage, die Strukturierungsrückstände 333 von den Seitenflächen 23 zu entfernen und/oder abzutragen. Mit anderen Worten verbleiben auch nach Anwendung des nasschemischen Reinigungsprozesses 45 die Strukturierungsrückstände 333 auf den und/oder im Bereich der Seitenflächen 23.

10 In der Figur 1C ist in einer schematischen Seitenansicht ein nächster Schritt des hier beschriebenen Verfahrens gezeigt, bei dem zumindest auf die Seitenflächen 23 ein Plasmareinigungsprozess 44 als ein Element des Reinigungsprozesses 4 angewandt wird. Dabei ist erkennbar, dass die Strukturierungsrückstände 333 mittels des Plasmareinigungsprozesses 44 entfernt werden. Mit anderen Worten sind nach Anwendung des Plasmareinigungsprozesses 44 auf die Seitenflächen 23 diese im Wesentlichen frei von den Strukturierungsrückständen 333.

20 In der Figur 1D ist in einer schematischen Seitenansicht ein weiterer Schritt eines hier beschriebenen Verfahrens gezeigt, bei dem eine Passivierungsschicht 5 sowohl auf die Seitenflächen 23 als auch auf die Oberfläche 11 vollständig aufgebracht wird. Dabei ist die Passivierungsschicht 5 ebenso frei von den Strukturierungsrückständen 333 und verläuft unterbrechungsfrei sowohl auf den Seitenflächen 23 als auch auf der Oberfläche 11. Die Passivierungsschicht kann mit zumindest einem der Materialien SiO_2 , SiN , TiO_2 , Al_2O_3 und/oder Si gebildet sein.

In der Figur 1E ist in einer schematischen Seitenansicht ein optoelektronischer Halbleiterchip gezeigt, bei dem zu dessen

Herstellung auf den hier beschriebenen
Plasmareinigungsprozess 44 verzichtet wurde. Wie bereits obig
erwähnt, verbleiben, nach Anwendung lediglich des
nasschemischen Reinigungsprozesses 45, die

5 Strukturierungsrückstände 333 an den Seitenflächen 23. Wird
nun die Passivierungsschicht 5 auf die Seitenflächen 23, und
damit auch auf die Strukturierungsrückstände 333,
aufgebracht, können die Strukturierungsrückstände 333 zu
Unterbrechungen U in der Passivierungsschicht 5 und
10 Anhaftproblemen am Halbleiterkörper 1 führen. Dies kann zu
Leckströmen an den Seitenflächen 23 führen, welche ein
Kleinstromverhalten des optoelektronischen Halbleiterchips
negativ beeinflussen. Insbesondere können die
Strukturierungsrückstände 333 und damit eine derartig
15 fehlerhafte Aufbringung der Passivierungsschicht 5 während
des Betriebs eines derartigen optoelektronischen
Halbleiterchips zu einem Einbruch in der Betriebsspannung und
damit zu einem Ausfall des optoelektronischen Halbleiterchips
führen.

20

Mit anderen Worten wird durch die Anwendung eines
Plasmareinigungsprozesses 44 auf die Seitenflächen 23, wie in
Zusammenhang mit den Figuren 1A bis 1D erläutert, ein
Kleinstromverhalten verbessert und damit auf kostengünstige
25 Art und Weise die Lebensdauer des gesamten optoelektronischen
Halbleiterchips 100 erhöht.

In der Figur 2A ist in einer mikroskopischen Seitenaufnahme
ein Ausschnitt der Seitenflächen 23 des Grabens 2 direkt nach
30 Anwendung des Strukturierungsprozesses 3 gezeigt. Erkennbar
sind an und/oder im Bereich der Seitenflächen 23
verbleibenden und durch den Strukturierungsprozess 3
erzeugten Strukturierungsrückstände 333.

In der Figur 2B ist einer weiteren mikroskopischen
Seitenaufnahme, am gleichen Ort wie in der Figur 2A im
Halbleiterkörper 1, direkt nach Anwendung des nachchemischen
5 Reinigungsprozesses 45 dieser gezeigt, wobei erkennbar ist,
dass selbst nach Anwendung des nasschemischen
Reinigungsprozesses 45 immer noch die
Strukturierungsrückstände 333 im Halbleiterkörper 1 und/oder
an den Seitenflächen 23 des Halbleiterkörpers 1 verbleiben.

10

In der Figur 2C ist der gleiche Ausschnitt wie in den Figuren
2A und 2B in einer mikroskopischen Seitenaufnahme gezeigt.
Dabei zeigt sich, dass nach Anwendung des hier beschriebenen
Plasmareinigungsprozesses 44 auf die Seitenflächen 23 des
15 Halbleiterkörpers 1, der Halbleiterkörper 1 und/oder
Seitenflächen 23 des Halbleiterkörpers 1 frei von den
Strukturierungsrückständen 333 sind. Mit anderen Worten führt
erst die Anwendung des Plasmareinigungsprozesses 44 zu der
Verringerung in der Anzahl und/oder der räumlichen Ausdehnung
20 der Strukturierungsrückstände 333. Umgekehrt heißt dies, dass
der nasschemische Reinigungsprozess 45 zu keiner Verringerung
einer Anzahl und/oder einer räumlichen Ausdehnung der
Strukturierungsrückstände 333, insbesondere nicht im
Vergleich zu dem hier beschriebenen Plasmareinigungsprozess
25 45, führt.

In der Figur 3A ist einer schematischen Draufsicht ein hier
beschriebenes optoelektronisches Halbleiterbauteil 1000
gezeigt, bei dem auf einem Träger 1001 des Halbleiterbauteils
30 1000 eine Mehrzahl von matrixartig angeordneten, hier
beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchips 100
angeordnet ist. Dabei können die hier beschriebenen
optoelektronischen Halbleiterchips 100 vorgebbar

beispielsweise über, in oder an dem Träger 1001 befindliche Leiterbahnen miteinander elektrisch leitend kontaktiert sein.

5 In der Figur 3B ist eine grafische Auftragung gezeigt, bei dem einzelne Spannungsmesswerte einzelner unter anderem hier beschriebener optoelektronischer Halbleiterchips 100 aufgetragen sind.

Zunächst sind 100 Spannungsreferenzmesswerte M_R von 100
10 einzelnen Referenzhalbleiterchips 100R eines Referenzhalbleiterbauteils 1000R aufgetragen. Jedem der Spannungsreferenzmesswerte M_R ist dabei jeweils ein Referenzhalbleiterchip 100R eindeutig zugeordnet. Dabei sind die Referenzhalbleiterchips 100R bis auf den
15 Plasmareinigungsprozess 44 mittels des hier beschriebenen Verfahrens hergestellt. Mit anderen Worten weisen die Referenzhalbleiterchips 100R des Referenzhalbleiterbauteils 1000R die Strukturierungsrückstände 333 an ihren Seitenflanken auf. Gemessen wurde die jeweilige Spannung U_B
20 mit denen die einzelnen Referenzhalbleiterchips 100R nach 1000 Gesamtbetriebsstunden, bei einem Betriebsstrom von $100\mu A$, noch betrieben werden.

Die Spannungsmesswerte M_1 und M_2 sind jeweils einem hier
25 beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchip 100 eines hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterbauteils 1000 zugeordnet. Auch hierbei wurden die einzelnen Spannungsmesswerte M_1 und M_2 nach 1000 Gesamtbetriebsstunden bei dem Betriebsstrom von $100\mu A$ gemessen.

30

Dabei sind die den 100 Spannungsmesswerten M_1 zugeordneten 100 optoelektronischen Halbleiterchips 100 nur unter

Verwendung des hier beschriebenen Plasmareinigungsprozesses 44 hergestellt. Auf den nasschemischen Reinigungsprozess 45 ist zur Herstellung bei diesen Halbleiterchips 100 daher verzichtet.

5

Im Gegensatz dazu sind den 100 Spannungsmesswerten M_2 jeweils 100 solche der hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchips 100 zugeordnet, welche zusätzlich mittels des nasschemischen Reinigungsprozesses 45 hergestellt sind.

10

Bezogen auf das Referenzhalbleiterbauteil 1000R ist erkennbar, dass nach dem Messzeitpunkt von 1000 Gesamtbetriebsstunden, etwa 50 % der einzelnen Halbleiterchips 100R noch mit einer idealen Betriebsspannung U_{OPT} betrieben werden können oder betrieben sind. Unterhalb der 50 % Schwelle erfährt eine durch die Messpunkte M_R gelegte Messkurve M_S einen Knick in Richtung zu niedrigeren Betriebsspannungen U_B . Ein derartiger Knick geht mit einem Einbrechen in dieser Betriebsspannung U_B einher.

20

Zudem ist erkennbar, dass infolge eines derartigen Einbrechens in der Betriebsspannung U_B nach den 1000 Betriebsstunden bereits 5 % der Halbleiterchips 100R des Halbleiterbauteils 1000R bei einer Betriebsspannung U_B von weniger als einem Volt betrieben sind. Legt man einen Ort K_N des Knicks der Messkurve M_S innerhalb der grafischen Auftragung als den Ort zugrunde, ab dem der jeweilige Halbleiterchip 100R ausfällt, können nach 1000 Betriebsstunden des Referenzbauteils 1000R lediglich nur noch etwa 50 % der Halbleiterchips 100R für Anwendungen nutzbar gemacht werden.

30

Weiter ist aus der grafischen Auftragung der Figur 3B erkennbar, dass weder eine Messkurve M_{S1} der Messwerte M_1 noch eine Messkurve M_{S2} der Messwerte M_2 einen derartigen Knick aufweisen. Vielmehr ist erkennbar, dass sich alle
5 Messwerte der einzelnen Halbleiterchips 100, innerhalb einer Betriebstoleranz, im Bereich der U_{OPT} aufhalten und auch noch nach 1000 Stunden Gesamtbetriebsdauer für Anwendungen zur Verfügung stehen. Mit anderen Worten zeigen die hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchips 100 eine
10 signifikant erhöhte Lebensdauer und keinen Einbruch in der Betriebsspannung U_B .

Die hier beschriebene Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt.
15 Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet. Dies gilt auch, wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder den
20 Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102011104515.9, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Mehrzahl von optoelektronischen Halbleiterchips (100), das zumindest die folgenden Verfahrensschritte umfasst:
- Bereitstellen zumindest eines Halbleiterkörpers (1), welcher eine Oberfläche (11) sowie zumindest eine zur Strahlungserzeugung geeignete aktive Zone (12) aufweist;
 - Einbringen von zumindest einem Graben (2) mittels zumindest eines Strukturierungsprozesses (3) über die Oberfläche (11) des Halbleiterkörpers (1) in den Halbleiterkörper (1), wobei
 - im Bereich des Grabens (2) Teile des Halbleiterkörpers (1) entfernt sind, und
 - der Graben (2) in einer vertikalen Richtung (V) die aktive Zone (12) durchbricht;
 - Anwendung zumindest eines Reinigungsprozesses (4) zumindest auf freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers (1) im Bereich des Grabens (2), wobei
 - der Reinigungsprozess (4) zumindest einen Plasmareinigungsprozess (33) umfasst, und
 - der Plasmareinigungsprozess (44) eine Anzahl und/oder eine räumliche Ausdehnung von Strukturierungsrückständen (333) an freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers (1) zumindest im Bereich des Grabens (2) zumindest verringert;
 - Aufbringen zumindest einer Passivierungsschicht (5) zumindest auf freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers (1) im Bereich des Grabens (2).
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem nach der Anwendung des Plasmareinigungsprozesses (44) freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers (1) zumindest im Bereich des Grabens (2) im Wesentlichen frei von den Strukturierungsrückständen (333) sind.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem der Plasmareinigungsprozesses (44) eine Anwendung von
Ar, Cl, F, N₂, N₂O und/oder O₂ zumindest auf die
5 freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers (1) im Bereich
des Grabens (2) umfasst.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem der Halbleiterkörper (1) auf einem III-Nitrid
10 Halbleitermaterial basiert.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem der Reinigungsprozesses (4) zumindest einen
nasschemischen Reinigungsprozess (45) umfasst.

15

6. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
bei dem der nasschemische Reinigungsprozess (45) eine
Anwendung eines gepufferten, oxidierten Ätzmittels und/oder
eine Anwendung von Flusssäure auf die freiliegenden Stellen
20 des Halbleiterkörpers (1) im Bereich des Grabens (2) umfasst.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 6,
bei dem zunächst der nasschemische Reinigungsprozesses (45)
auf die freiliegenden Stellen des Halbleiterkörpers (1) im
25 Bereich des Grabens (2) und anschließend der
Plasmareinigungsprozess (44) auf diese Stellen angewandt
wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
30 bei dem die Passivierungsschicht (5) mit zumindest einem der
folgenden Materialien gebildet ist oder zumindest eines der
folgenden Materialien enthält: SiO₂, SiN, TiO₂, Al₂O₃
und/oder Si.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Halbleiterkörper (1) im Bereich des Grabens (2) in einzelne optoelektronische Halbleiterchips (100)

5 vereinzelt wird.

10. Optoelektronischer Halbleiterchip (100), mit
- einem Halbleiterkörper (1), welcher eine Oberfläche (11) sowie zumindest eine zur Strahlungserzeugung geeignete aktive
10 Zone (12) aufweist;

- zumindest einer Passivierungsschicht (5), welche zumindest auf freiliegende Stellen des Halbleiterkörpers (1) zumindest im Bereich von Seitenflanken des Halbleiterkörpers (1) aufgebracht ist, wobei

15 - der Halbleiterkörper (1) zumindest an den Seitenflanken (11) im Wesentlichen frei von Strukturierungsrückständen (333) ist, und

- die Passivierungsschicht (5) an den aufgebrachten Stellen unterbrechungsfrei verläuft.

20

11. Halbleiterchip (100) nach Anspruch 10, der mit einem Verfahren gemäß zumindest einem der Ansprüche 1 bis 9 hergestellt ist.

25 12. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1000), mit einer Mehrzahl von optoelektronischen Halbleiterchips (100) gemäß zumindest einem der Ansprüche 10 bis 11.

FIG 1A

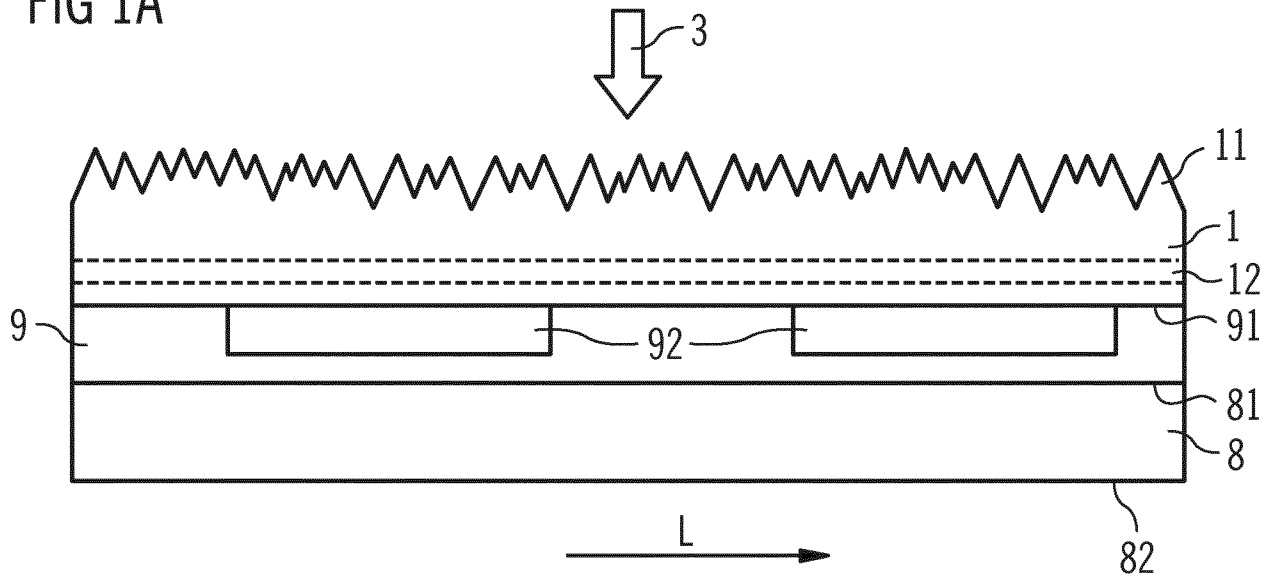


FIG 1B

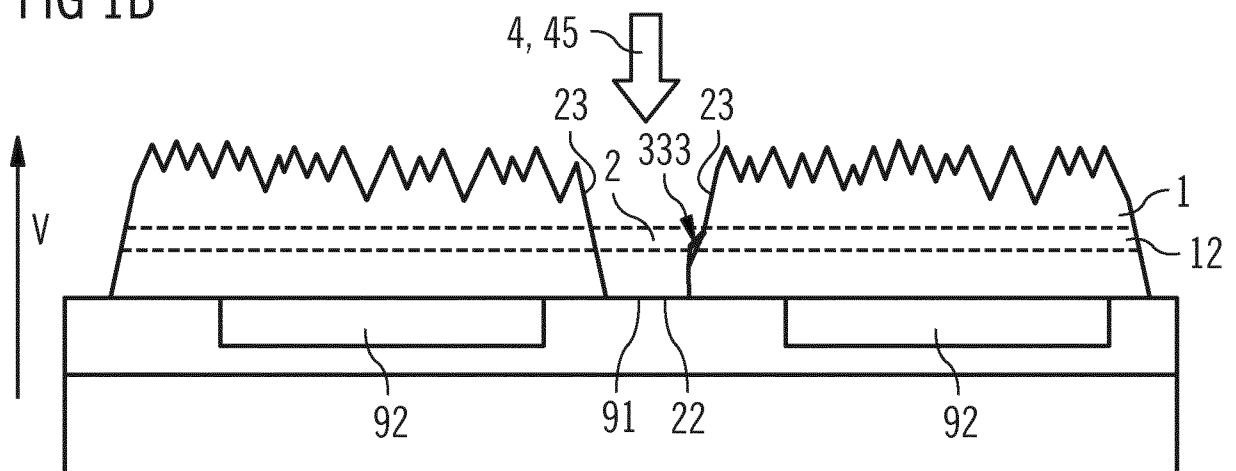


FIG 1C

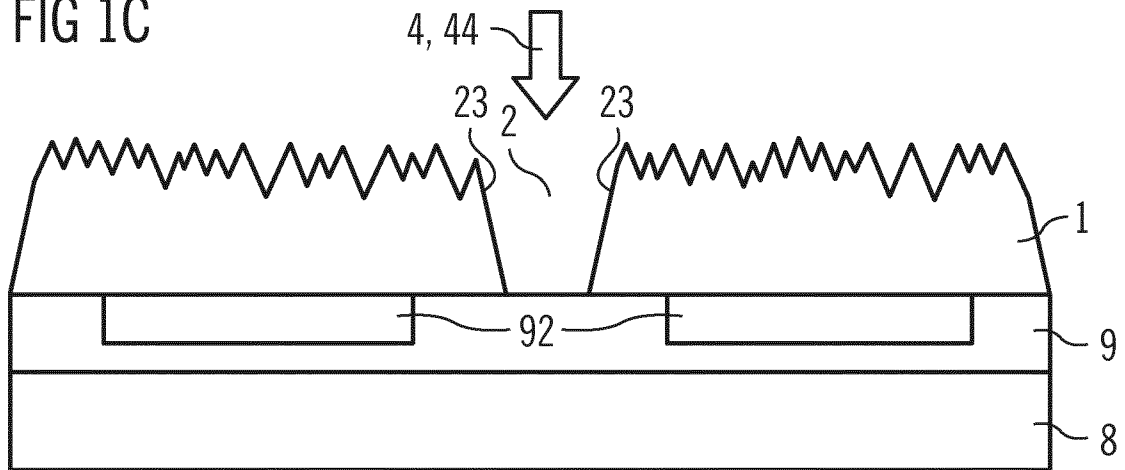


FIG 1D

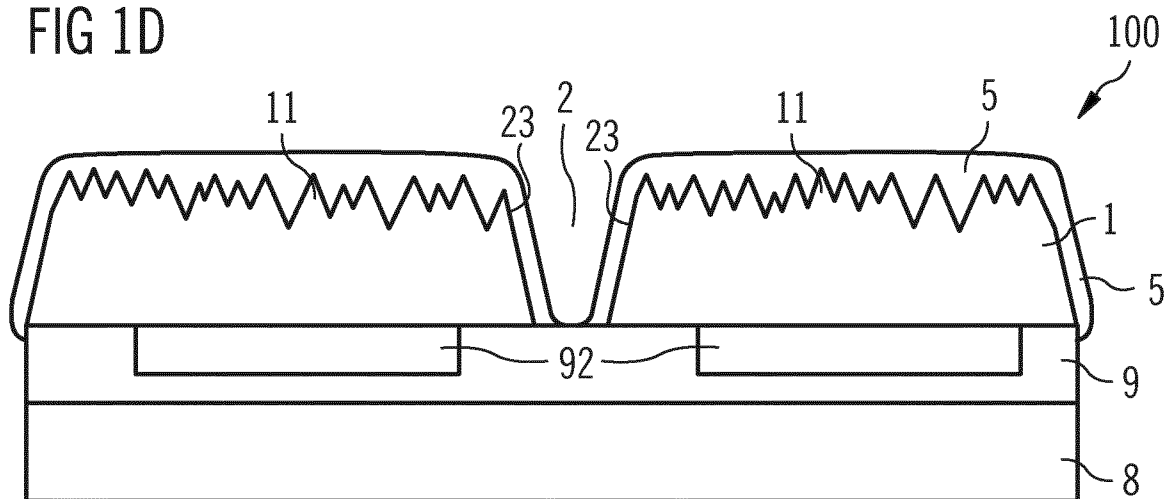


FIG 1E

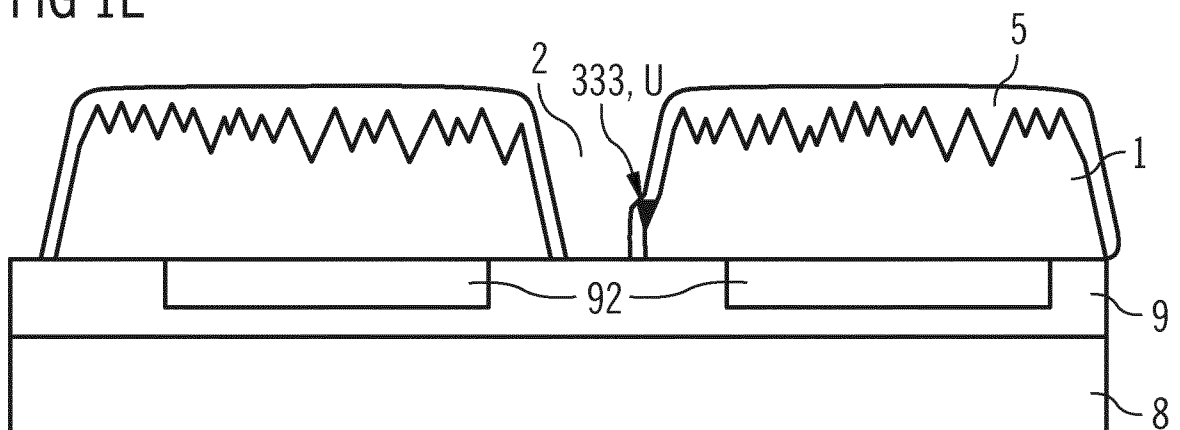


FIG 2A

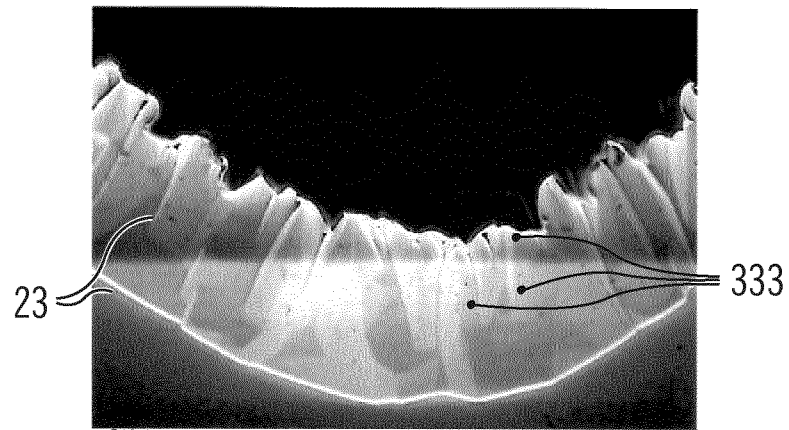


FIG 2B

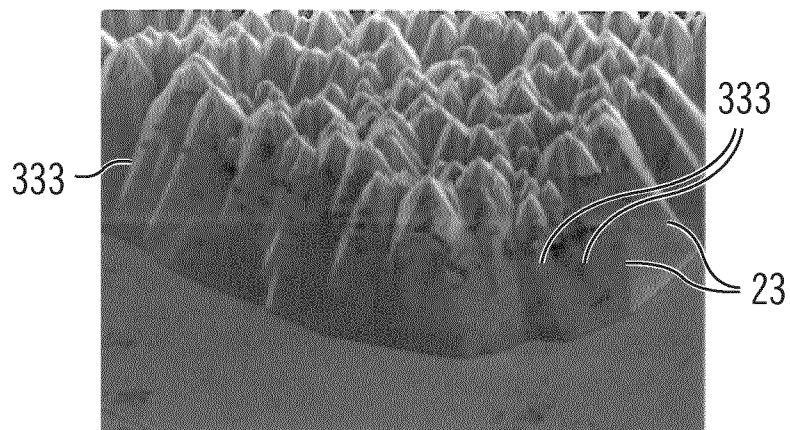


FIG 2C

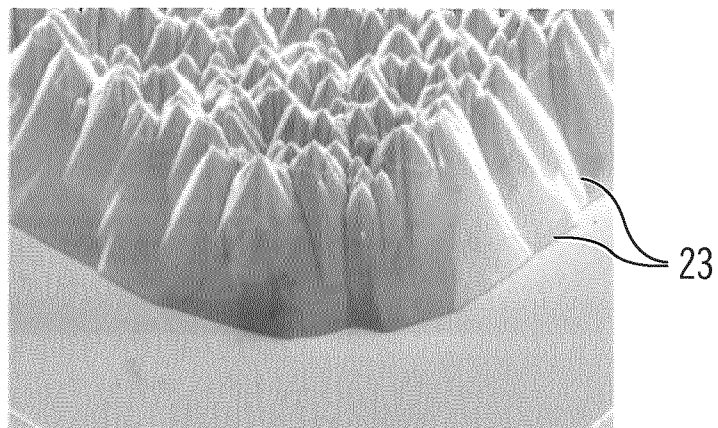


FIG 3A

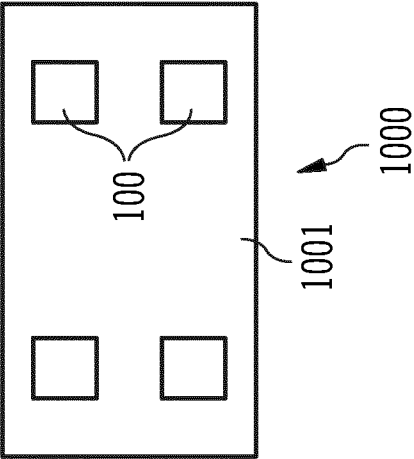


FIG 3B

