



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 207 109.3**

(22) Anmeldetag: **12.07.2022**

(43) Offenlegungstag: **18.01.2024**

(51) Int Cl.: **C30B 33/00** (2006.01)

C30B 29/36 (2006.01)

C30B 29/38 (2006.01)

(71) Anmelder:
DISCO Corporation, Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Kruse, Manuel, 85551 Kirchheim, DE

(74) Vertreter:
**HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte
PartmbB, 81925 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

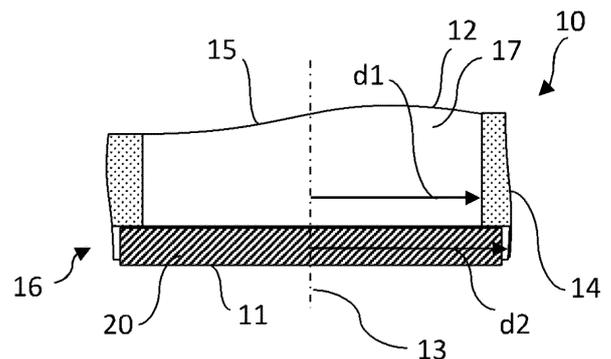
US 2017 / 0 009 378 A1
JP 2006- 97 058 A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BEARBEITEN EINES EINKRISTALLROHLINGS**

(57) Zusammenfassung: Das offenbarte Verfahren ist zum Bearbeiten eines Einkristalls. Der Einkristall weist ein erstes Ende, ein zweites Ende und eine Längsachse zwischen dem ersten Ende und dem zweiten Ende auf. Der Einkristall weist einen Impfkristall auf, wobei sich der Impfkristall zumindest teilweise entlang der Längsachse erstreckt. Das Verfahren umfasst einen Umfangsflächen-Schleifschritt mit einem Schleifen einer Umfangsfläche des Einkristalls zumindest teilweise entlang der Längsachse. Die Umfangsfläche des Einkristalls wird bis zu einem ersten Abstand zu der Längsachse zumindest teilweise entlang eines Abschnitts der Längsachse mit Ausnahme des Impfkristalls geschliffen, wobei der erste Abstand vorzugsweise geringer ist als eine Erstreckung des Impfkristalls zu der Längsachse.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings, der einen Impfkristall und einen gezüchteten Einkristall aufweist, wobei der Einkristallrohling zum Ausbilden eines Ingots oder eines einzelnen Wafers bearbeitet wird. Die vorliegende Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings durch Anwenden des Verfahrens.

HINTERGRUND

[0002] Einkristalle zum Herstellen von Halbleiterbauelementen oder optischen Bauelementen werden im Allgemeinen aus Impfkristallen gezüchtet, um Einkristallrohlinge auszubilden. Obwohl diese Einkristallrohlinge gezüchtet werden, sodass sie eine Form aufweisen, die in etwa mit einer gewünschten Form und Größe eines Ingots oder eines Wafers korrespondiert, erfordern die Rohlinge im Allgemeinen eine Bearbeitung, um diese Form genau mit einer Herstellungsqualität zu erreichen, die eine weitere Bearbeitung zulässt.

[0003] Der Züchtungsvorgang von Einkristallen beginnt auf Grundlage von Impfkristallen. Diese Impfkristalle weisen eine besonders hohe Qualität auf, um einen Einkristall, der ausgehend von diesem Impfkristall gezüchtet wird, mit den Eigenschaften auszustatten, die für ein nachfolgendes Herstellen der oben erwähnten Bauelemente notwendig ist. Insbesondere benötigt ein Impfkristall eine einheitliche Struktur, da jegliche Defekte in einem Impfkristall sich während des Züchtens des Einkristalls vervielfältigen können.

[0004] Aufgrund der Eigenart des Züchtungsvorgangs ist ein aus einem Impfkristall gezüchteter Einkristall integraler Bestandteil der Einkristallrohlinge und wird dementsprechend bearbeitet. Als Ergebnis wird ein solcher Impfkristall nicht wiederverwendet, sondern geht verloren, nachdem der Züchtungsvorgang beendet worden ist.

[0005] Die zum Züchten von Einkristallen notwendige hohe Qualität genauso wie die einmalige Verwendung dieser Impfkristalle verursachen signifikante Kosten während der Herstellung der Einkristallrohlinge. Dies ist insbesondere der Fall bei nur wenigen Wafers oder sogar einem einzigen Wafer, der aus so einem Impfkristall hergestellt werden soll.

[0006] Des Weiteren wurde beobachtet, dass unterschiedliche Impfkristalle unterschiedliche Ergebnisse in Bezug auf die Qualität der Einkristalle liefern, die aus diesen Impfkristallen hervorgehen. Allerdings

erfolgt diese Beobachtung, nachdem ein Impfkristall zu einem Einkristallrohling gezüchtet worden ist. In dieser Hinsicht ist der Verlust des Impfkristalls, der die gewünschten Züchtungsergebnisse erreicht, besonders unerwünscht.

[0007] Ferner ist anzumerken, dass der Fokus der Halbleiterindustrie sich in den letzten Jahren von Silizium zu anderen Materialien als Alternativen oder aufgrund neuer Technologien geändert hat. Ein solches Beispiel ist Siliziumcarbid (SiC), das besonders für Leistungsbauelemente (zum Beispiel SBD (Schottky-Diode - Schottky Barrier Diode), MOSFET (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor), IGBT (Bipolartransistor mit isolierte Gate-Elektrode), usw.) geeignet ist, die verstärkt nachgefragt werden. Jedoch ist dieses Material auch teurer in der Herstellung. Dementsprechend ist dies auch der Fall für die Impfkristalle, die für das Züchten von Einkristallrohlingen aus SiC verwendet werden.

ZUSAMMENFASSUNG

[0008] Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Umstände verbleibt ein Interesse daran, die Herstellungskosten der Einkristallrohlinge zum Herstellen von Ingots und Wafers zu senken.

[0009] Angesichts dieser zugrunde liegenden Situation stellt die vorliegende Offenbarung ein Verfahren zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings bereit, wobei der Einkristallrohling ein erstes Ende, ein zweites Ende und eine Längsachse aufweist, die sich zwischen dem ersten Ende und dem zweiten Ende erstreckt. Der Einkristallrohling beinhaltet einen Impfkristall, wobei sich der Impfkristall zumindest teilweise entlang der Längsachse erstreckt. Das Verfahren umfasst einen Umfangsflächen-Schleifschritt mit einem zumindest teilweise entlang der Längsachse Schleifen einer Umfangsfläche des Einkristallrohlings. Die Umfangsfläche des Einkristallrohlings wird bis zu einem ersten Abstand zu der Längsachse zumindest teilweise entlang eines Abschnitts der Längsachse mit Ausnahme des Impfkristalls geschliffen, wobei der erste Abstand vorzugsweise geringer ist als eine Erstreckung des Impfkristalls zu der Längsachse.

[0010] Der Einkristallrohling beinhaltet den Impfkristall und den Einkristall, der beginnend von dem Impfkristall aus gezüchtet worden ist. Im Folgenden wird auf den Impfkristall des Einkristallrohlings im Allgemeinen als Impfkristall und auf den Einkristall, der ausgehend von dem Impfkristall gezüchtet worden ist, als gezüchteter Einkristall oder Einkristall Bezug genommen. Wenn auf einen Abstand Bezug genommen wird, wird im Allgemeinen auf den kürzesten Abstand zwischen zwei geometrischen Körpern Bezug genommen.

[0011] Das zum Züchten des Einkristalls eingesetzte Verfahren, um den Einkristallrohling herzustellen, ist nicht besonders beschränkt. Jedoch sind die Kostenersparnisse des offenbaren Verfahrens insbesondere vorteilhaft für Impfkristalle, welche in etwa die gleiche Form und Größe im Querschnitt aufweisen wie der Einkristall, der an einer Fläche des Impfkristalls gezüchtet worden ist. Bei so einem Verfahren beginnt das Züchten des Einkristalls insbesondere an einer Stirnseite des Impfkristalls. Dementsprechend korrespondiert der Querschnitt des Impfkristalls im Allgemeinen mit dem Querschnitt des Einkristalls, der auf dem Impfkristall gezüchtet worden ist.

[0012] Die Stirnseite ist bei dem vorliegenden Zusammenhang als eine Fläche definiert, die in der Längsrichtung oder in der Richtung des primären Züchtens des Einkristalls gewandt ist, der an dem Impfkristall gezüchtet wird. Zum Beispiel beinhaltet der Einkristallrohling, der ein erstes Ende, ein zweites Ende, eine Längsachse, die sich zwischen dem ersten und zweiten Ende erstreckt, und eine Umfangsfläche, welche die Längsachse umgibt, aufweist, eine Stirnseite, welche in die Längsrichtung und insbesondere in die Wachstumsrichtung des Einkristalls gewandt ist.

[0013] Des Weiteren korrespondiert der Impfkristall und der sich ergebende Einkristall, der auf dem Impfkristall gezüchtet worden ist im Allgemeinen in ihrer Form mit einem Wafer oder einem Ingot, der aus diesem hergestellt werden soll. Jedoch sind die Querschnitte von sowohl dem Impfkristall als auch dem gezüchteten Einkristall vorzugsweise größer als der Querschnitt des Wafers oder Ingots, der hergestellt werden soll. Diese größere Größe wird insbesondere unter Berücksichtigung von Unregelmäßigkeiten der Form und Größe des Einkristalls aufgrund der Eigenart des Züchtungsvorgangs gewählt. Mit anderen Worten ermöglicht der größere Querschnitt des Einkristallrohlings eine Bearbeitung, insbesondere ein Schleifen, von zumindest (vorzugsweise nur) dem gezüchteten Einkristall zu einer vorbestimmten Form und Größe, während Züchtungs- bzw. Wachstumsunregelmäßigkeiten entfernt werden.

[0014] Nichtsdestotrotz kann der Einkristall gezüchtet werden, um in einem Querschnitt, das heißt senkrecht zu der Längsachse, eine Erstreckung aufzuweisen, die gleich der Abmessung des Querschnitts des Impfkristalls ist oder diese aufgrund von Züchtungsunregelmäßigkeiten leicht überschreitet.

[0015] Vorzugsweise bildet der Impfkristall im Wesentlichen ein Ende des Impfkristallrohlings während und nach dem Wachstum aus. Ferner wird der Einkristall auf dem Impfkristall vorzugsweise gezüchtet, sodass er im Wesentlichen eine zylindrische Form aufweist, wobei das Querschnittsprofil und die

Größe des Impfkristalls im Allgemeinen das Querschnittsprofil des gezüchteten Einkristalls des Einkristallrohlings definiert (zum Beispiel der Kopfabschnitt des gezüchteten Kristalls, Züchtungsunregelmäßigkeiten, usw. können eine Abweichung von dieser Form verursachen).

[0016] Alternativ können andere Techniken zum Züchten von Einkristallen verwendet werden, wie zum Beispiel Techniken, die einen Einkristall in mehr als einer Richtung, wie zum Beispiel in zwei Richtungen, zum Beispiel senkrecht zu und entlang einer Längsachse des Impfkristalls oder des herzustellenden Einkristallrohlings züchten.

[0017] Der Umfangsflächen-Schleifschritt ist zum Bearbeiten der Umfangsfläche, um dem Einkristallrohling eine vorbestimmte Querschnittsform und -größe zu verleihen und insbesondere dem an dem Impfkristall gezüchteten Einkristall.

[0018] Daher wird die Umfangsfläche des Einkristallrohlings bis zu einem ersten Abstand zu der Längsachse geschliffen. Mit anderen Worten entfernt das Schleifmittel Material von dem Einkristallrohling bis zu diesem ersten Abstand, das heißt der erste Abstand definiert die Erstreckung des Einkristallrohlings zwischen der Längsachse und der Umfangsfläche des Einkristallrohlings.

[0019] Da der erste Abstand vorzugsweise geringer ist als eine Erstreckung des Impfkristalls zu der Längsachse, das heißt zwischen der Längsachse und der jeweiligen Umfangsfläche (insbesondere ausgehend von der Längsachse in der gleichen Richtung), wird der sich ergebende Querschnitt des Einkristalls während des Schleifens kleiner als der Querschnitt des Impfkristalls.

[0020] Der Umfangsflächen-Schleifschritt wird zumindest teilweise entlang der Längsachse und insbesondere entlang eines Abschnitts des gezüchteten Einkristalls in dieser Richtung ausgeführt (das heißt vorzugsweise mit Ausnahme des Abschnitts der Längsachse entlang des Impfkristalls).

[0021] Zum Schleifen der Umfangsfläche des Einkristallrohlings wird ein Schleifmittel relativ zu der Umfangsfläche bewegt. Die Relativbewegung wird vorzugsweise durch eine Relativbewegung zwischen dem Schleifmittel und dem Einkristallrohling entlang der Längsachse und/oder eine relative Drehung zwischen dem Schleifmittel und dem Einkristallrohling um die Längsachse ausgeführt (zum Beispiel dient die Längsachse als Rotationsachse).

[0022] Dementsprechend bearbeitet der Umfangsflächen-Schleifschritt vorzugsweise den gezüchteten Einkristall, aber nicht den Impfkristall, sodass der Impfkristall im Wesentlichen unberührt bleibt. Ande-

rerseits kann der gezüchtete Einkristall geschliffen werden, sodass er eine vorbestimmte Form und Größe eines Ingots oder eines Wafers, der aus dem gezüchteten Einkristall hergestellt werden soll, aufweist. Andererseits wird der Impfkristall nicht bearbeitet und kann folglich wiederverwendet werden (zum Beispiel nachdem er von dem gezüchteten Einkristall getrennt worden ist).

[0023] Wie oben beschrieben, wird der Abschnitt des Einkristallrohlings, der den gezüchteten Einkristall beinhaltet, bis zu einem ersten Abstand zu der Längsachse heruntergeschliffen, der geringer ist als eine Erstreckung des Impfkristalls zwischen der Längsachse und der Umfangsfläche des Impfkristalls. Mit anderen Worten ist ein erster Abstand von der Längsachse zu der Umfangsfläche des geschliffenen Einkristalls geringer als ein zweiter Abstand von der Längsachse zu der Umfangsfläche des Impfkristalls.

[0024] Somit weist die Querschnittsform und -größe des Impfkristalls eine größere Erstreckung senkrecht zu der Längsachse auf, als der gezüchtete Einkristall, nachdem der gezüchtete Einkristall auf eine gewünschte Querschnittsform und -größe geschliffen worden ist.

[0025] Die Umfangsfläche des Einkristallrohlings kann zumindest teilweise entlang der Längsachse bis zu einem zweiten Abstand zu der Längsachse geschliffen werden, wobei der zweite Abstand größer oder im Wesentlichen gleich einer Erstreckung des Impfkristalls zu der Längsachse ist. In diesem Fall wird insbesondere der Abschnitt des Einkristallrohlings entlang der Längsachse, der den Impfkristall beinhaltet, geschliffen.

[0026] Mit anderen Worten kann die Umfangsfläche des Einkristallrohlings zumindest entlang eines Impfabchnitts der Längsachse bis zu dem zweiten Abstand zu der Längsachse heruntergeschliffen werden, wobei der Impfabschnitt den Impfkristall, insbesondere den gesamten Impfkristall, beinhaltet. Das Schleifen der Umfangsfläche des Einkristallrohlings entlang eines Impfabchnitts der Längsachse ist jedoch optional. Mit anderen Worten kann die Umfangsfläche des Einkristallrohlings entlang eines Impfabchnitts der Längsachse auch überhaupt nicht geschliffen werden.

[0027] Diese Herangehensweisen haben den Vorteil, nur den gezüchteten Einkristall zu schleifen, wogegen die Abmessungen und Form des Impfkristalls vorzugsweise und im Wesentlichen während des Umfangsflächen-Schleifschritts nicht verändert werden. Infolgedessen kann der Impfkristall zum Züchten eines weiteren Einkristalls mit im Wesentlichen der gleichen Größe und Form wiederverwendet werden. Das heißt, dass der Impfkristall nach dem

Schleifen Abmessungen aufweist, das heißt eine Erstreckung in Längsrichtung und Querrichtung, wie zum Beispiel eine Höhe und ein Durchmesser, die für eine Wiederverwendung des Impfkristalls und zum Züchten eines weiteren Impfkristalls ausreichend sind. Die Abmessungen des Impfkristalls werden im Allgemeinen als ausreichend zum Züchten eines weiteren Einkristalls betrachtet, solange es möglich ist, einen Einkristall mit Abmessungen zu züchten, die größer oder im Wesentlichen gleich dem vorbestimmten Abmessungen eines Ingots oder eines Wafers sind, der aus dem gezüchteten Einkristall hergestellt werden soll.

[0028] Mit anderen Worten schleift der Umfangsflächen-Schleifschritt vorzugsweise nicht den Impfkristall, sondern kann nur Material von dem gezüchteten Einkristall entfernen. Wie dem Fachmann verständlich kann es infolgedessen im Allgemeinen zu keiner Entfernung von Material von dem Impfkristall kommen, mit Ausnahme einer (geringfügigen) Menge, die während eines Abschleifens von Restmaterial des gezüchteten Einkristalls von (der äußeren Fläche) des Impfkristalls entfernt werden kann.

[0029] Dementsprechend kann das oben vorgeschlagene Verfahren verwendet werden, um einen Einkristallrohling auf zumindest zwei Abstände entlang der Längsachse abzuschleifen, um die Form und Größe des Impfkristalls beizubehalten und gleichzeitig damit der gezüchtete Einkristall eine gewünschte Form und Größe aufweist.

[0030] Das Verfahren umfasst ferner vorzugsweise einen Waferherstellungsschritt mit einem Herstellen eines Wafers aus dem Einkristallrohling, wobei der Wafer eine vorbestimmte Dicke entlang (in der Richtung) der Längsachse aufweist, wobei der Waferherstellungsschritt vorzugsweise einen Schritt mit einem Fokussieren eines Laserstrahls im Inneren des Einkristallrohlings aufweist.

[0031] Dieser Waferherstellungsschritt stellt zumindest einen Wafer bereit, der ein Querschnittsprofil mit einer Form und Größe aufweist, die mit dem bearbeiteten, gezüchteten Einkristall korrespondiert. Unter Verwendung eines gepulsten Laserstrahls mit einer Transmissionswellenlänge für das Material des Einkristallrohlings, der zum Ausbilden modifizierter Schichten im Inneren des Einkristallrohlings fokussiert ist, ermöglicht eine kostengünstige Produktion eines Wafers mit einer hohen Qualität, weniger Materialausschuss und vermindert das Maß an Bearbeitung des Wafers, das für die nachfolgende Herstellung von Bauelementen an diesem notwendig ist.

[0032] Das Verfahren kann ferner einen Impfkristall-Bereitstellungsschritt mit einem Bereitstellen eines Impfkristalls für eine Kristallzüchtung und einen Kristallzüchtungsschritt zum Züchten eines Einkristalls

an zumindest einer Fläche des Impfkristalls zum Ausbilden des Einkristallrohlings umfassen.

[0033] Dieser Schritt stellt den Impfkristall bereit, der zum Teil des Einkristallrohlings als Ergebnis eines Züchtens eines Einkristalls auf diesem Impfkristall wirkt. Wie oben erwähnt, wird der Einkristall vorzugsweise zumindest primär an einer Stirnseite in der Längsrichtung des Einkristallrohlings gezüchtet.

[0034] Der bei diesem Schritt bereitgestellte Impfkristall kann ein Impfkristall sein, der bereits zum Züchten eines Einkristalls, das heißt zum Herstellen eines Einkristallrohlings verwendet worden ist. Dies hat den Vorteil, dass insbesondere Impfkristalle wiederverwendet werden können, die bereits gezeigt haben, dass sie eine ausreichende Grundlage zum Züchten eines Einkristalls mit einer Qualität bereitstellen, die für eine weitere Bearbeitung, wie zum Beispiel ein Teilen des Einkristalls unter Verwendung eines gepulsten Laserstrahls oder ein Ausbilden optischer Bauelemente oder von Halbleiterbauelementen aus diesem Einkristall, bereitstellen.

[0035] Das Verfahren beinhaltet zudem vorzugsweise einen Impfkristall-Trennschritt mit einem Trennen des Impfkristalls von dem Einkristallrohling und einen Impfkristall-Bearbeitungsschritt mit einem Bearbeiten des Impfkristalls nach dem Impfkristall-Trennschritt. Der Impfkristall-Bearbeitungsschritt beinhaltet vorzugsweise ein Schleifen und/oder Polieren des Impfkristalls.

[0036] Der Impfkristall wird vorzugsweise von dem Einkristallrohling getrennt, nachdem der gezüchtete Einkristall so geformt worden ist, dass er eine gewünschte Form und Größe aufweist. Durch Bearbeitung kann der Impfkristall wiederverwendet werden, um einen weiteren Einkristall zum Ausbilden eines weiteren Einkristallrohlings auf Grundlage des abgetrennten Kristalls zu züchten.

[0037] Als Mittel zum Vorbereiten des Impfkristalls für einen weiteren Züchtungsvorgang wird die Bearbeitung des Impfkristalls vorzugsweise durch Anwenden eines Schleifschritts ausgeführt. Bei diesem Schritt wird (jegliches) Restmaterial eines Einkristalls entfernt, der zuvor an einer Fläche des Impfkristalls gezüchtet worden ist. Dagegen und wie oben beschrieben bleibt das Material des Impfkristalls während dieses Schritts im Wesentlichen unberührt, sodass der Impfkristall im Allgemeinen seine Form und Größe beibehält.

[0038] Mit anderen Worten ist eine Wiederverwendung eines Impfkristalls möglich, da die äußere Form und Abmessungen des Impfkristalls im Wesentlichen nicht verändert sind. Als Ergebnis ermöglicht das vorgeschlagene Verfahren, die Effizienz des Züchtens von Einkristallen signifikant zu

verbessern, da Impfkristalle nicht verworfen werden, sondern in den Herstellungsprozess wieder eingeführt werden. Zudem ist eine Wiederverwendung eines Impfkristalls eine kosteneffiziente Lösung, da einerseits die Anzahl der vorgesehenen Impfkristalle, die für den Züchtungsvorgang hergestellt und gelagert werden müssen, reduziert werden kann und andererseits insbesondere jene Impfkristalle, die gezeigt haben, eine Grundlage für zufriedenstellende Ergebnisse des gezüchteten Einkristalls bereitzustellen, wiederverwendet werden können, um Einkristallrohlinge mit einer hohen und konsistenteren Qualität herzustellen.

[0039] Das Vorbereiten (das heißt Bearbeiten) des Impfkristalls für einen weiteren Züchtungsvorgang kann auf eine Bearbeitung von nur der mindestens einen Fläche des Impfkristalls beschränkt sein, die als Grundlage zum Züchten des Einkristalls auf dem Impfkristall dient. Insbesondere wird zumindest eine Stirnseite des Impfkristalls (in eine Längsrichtung oder primäre Wachstumsrichtung des Impfkristalls gewandt) bearbeitet und somit für ein nachfolgendes Züchten eines weiteren Einkristalls vorbereitet, das von der Fläche dieser Stirnseite aus beginnt.

[0040] Nichtsdestotrotz und abhängig von dem Verfahren, das zum Züchten des Einkristalls verwendet wird, können auch andere Flächen bei der Vorbereitung zum Züchten eines weiteren Einkristalls bearbeitet werden, wie zum Beispiel die Umfangsfläche des Impfkristalls.

[0041] Wie oben bereits angedeutet, wird der Einkristallrohling zum Ausbilden eines Ingots oder eines Wafers bearbeitet, wobei der Wafer insbesondere unter Verwendung eines Laserstrahls, einer Klinge und/oder einer Drahtsäge abgetrennt wird.

[0042] Der Ingot, der aus der Bearbeitung des Einkristallrohlings hervorgeht, kann verwendet werden, um einen einzelnen Wafer herzustellen. Jedoch wird der Einkristallrohling vorzugsweise zum Herstellen mehrerer Wafer verwendet. Mit anderen Worten weist der Ingot, der aus der Bearbeitung des Einkristallrohlings hervorgeht, eine Dicke oder Länge entlang der Längsachse auf, die ein Abtrennen von mindestens einem und vorzugsweise mehreren Wafers von diesem Ingot zulässt.

[0043] Die vorliegende Offenbarung stellt ferner eine Vorrichtung zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings bereit, wobei der Einkristallrohling ein erstes Ende, ein zweites Ende und eine Längsachse, die sich zwischen dem ersten Ende und dem zweiten Ende erstreckt, aufweist. Der Einkristallrohling weist einen Impfkristall auf, der sich zumindest teilweise entlang der Längsachse erstreckt. Die Vorrichtung weist ein Umfangsflächen-Schleifmittel auf, das ein-

gerichtet ist, eine Umfangsfläche des Einkristallrohlings zumindest teilweise entlang der Längsachse zu schleifen. Das Umfangsflächen-Schleifmittel ist insbesondere eingerichtet, um die Umfangsfläche des Einkristallrohlings bis zu einem ersten Abstand zu der Längsachse zumindest teilweise entlang eines Abschnitts der Längsachse, der den Impfkristall ausschließt, zu schleifen, wobei der erste Abstand vorzugsweise geringer ist als eine Erstreckung des Impfkristalls zu der Längsachse.

[0044] Aufgrund dieser Ausführung ermöglicht die Vorrichtung in Übereinstimmung mit der Offenbarung eine Wiederverwendung eines Impfkristalls, da die Abmessungen des Impfkristalls während der Bearbeitung des Einkristallrohlings im Wesentlichen nicht modifiziert werden.

[0045] Dementsprechend kann das Umfangsflächen-Schleifmittel der Vorrichtung ferner eingerichtet sein, die Umfangsfläche des Einkristallrohlings zumindest teilweise entlang der Längsachse bis zu einem zweiten Abstand zu der Längsachse zu schleifen, wobei der zweite Abstand größer ist oder im Wesentlichen gleich einer Erstreckung des Impfkristalls zu der Längsachse (das heißt ein Abstand zwischen einem Punkt auf der Umfangsfläche des Impfkristalls und der Längsachse).

[0046] Ferner kann das Umfangsflächen-Schleifmittel eingerichtet sein, die Umfangsfläche des Einkristallrohlings zumindest entlang eines Impfabchnitts der Längsachse bis zu dem zweiten Abstand zu der Längsachse zu schleifen, wobei der Impfabschnitt dem Impfkristall, insbesondere den gesamten Impfkristall, beinhaltet.

[0047] Die Vorrichtung kann auch einen Trennschritt zum Trennen des Impfkristalls von einem gezüchteten Einkristall auf Grundlage des Impfkristalls ausführen.

[0048] Vorzugsweise ist die Vorrichtung auch eingerichtet, um eine Bearbeitung an dem Impfkristall auszuführen, der von einem gezüchteten, wie oben beschriebenen Einkristall zum Vorbereiten des Impfkristalls als Grundlage zum Züchten eines weiteren Einkristalls, das heißt, um einen weiteren Einkristallrohling auszubilden, getrennt worden ist.

[0049] Als Teil einer Bearbeitung des Einkristallrohlings kann das Schleifmittel eingerichtet sein, auch zumindest die Stirnseite des gezüchteten Einkristalls zu schleifen, die entlang der Längsrichtung von dem Impfkristall weggerichtet ist. Mit anderen Worten ist die zu schleifende Stirnseite auf der Seite des Einkristallrohlings, die dem Ende gegenüberliegt, wo der Impfkristall angeordnet ist.

[0050] In Übereinstimmung mit einem der oben beschriebenen Aspekte ermöglichen das Verfahren und die Vorrichtung jeweils, die Herstellung von Einkristallen zu verbessern, die für unterschiedliche Arten von Halbleiterbauelementen und/oder optischen Elementen verwendet werden soll, während eine ausreichende Qualität sichergestellt wird und Herstellungskosten gesenkt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0051] Die folgenden Figuren veranschaulichen Beispiele eines Verfahrens zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings und Teilen einer Vorrichtung zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung. In diesen Figuren beziehen sich gleiche Bezugszeichen durch die Zeichnungen hindurch auf Merkmale, welche die gleiche oder eine äquivalente Funktion und/oder Struktur aufweisen. Es ist verständlich, dass die Figuren Beispiele des Verfahrens und der Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung veranschaulichen, ohne die Erfindung auf diese zu beschränken.

Die **Fig. 1A** bis **Fig. 1F** sind Schnittansichten eines Einkristallrohlings entlang einer Längsachse und veranschaulichen aufeinanderfolgende Schritte eines exemplarischen Verfahrens zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung.

Die **Fig. 2A** bis **Fig. 2D** sind Schnittansichten eines Einkristallrohlings entlang einer Längsachse und veranschaulichen unterschiedliche Ausführungsformen eines Umfangsflächen-Schleifschritts bei einem Verfahren zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings, genauso wie unterschiedliche Ausführungsformen eines Schleifmittels einer Vorrichtung zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 3 ist eine Draufsicht eines Einkristallrohlings und veranschaulicht eine Ausrichtungs Ebene, die an der Umfangsfläche des gezüchteten Einkristalls ausgebildet ist.

Fig. 4A ist eine Schnittansicht eines Einkristallrohlings entlang einer Längsachse und veranschaulicht einen Impfkristall-Bearbeitungsschritt bei einem Verfahren zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings und ein Mittel zum Bearbeiten eines Impfkristalls in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 4B ist eine Schnittansicht eines Einkristallrohlings entlang einer Längsachse und veranschaulicht einen Kristallzüchtungsschritt bei einem Verfahren zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung.

AUSFÜHRLICHE ERLÄUTERUNG
BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0052] Das Verfahren und die Vorrichtung zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung werden ferner unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren detaillierter beschrieben.

[0053] Das hierin beschriebene Verfahren und die Vorrichtung beziehen sich im Allgemeinen auf die Bearbeitung eines Einkristallrohlings 10. Eine Bearbeitung eines Einkristallrohlings 10 kann zum Ausbilden eines Ingots notwendig sein, der wiederum verwendet werden kann, um einen einzelnen Wafer 30 oder mehrere Wafer 30 auszubilden.

[0054] Die Fig. 1A bis Fig. 1F sind Schnittansichten eines Einkristallrohlings 10 entlang einer Längsachse 13. Der Einkristallrohling weist ein erstes Ende 11, ein zweites Ende 12 und eine Längsachse 13 auf, die sich zwischen dem ersten und dem zweiten Ende 11 und 12 erstreckt. Der Einkristallrohling 10 weist ferner eine Umfangsfläche 14 auf, welche die Längsachse 13 umgibt.

[0055] Es wird bevorzugt, dass der Einkristallrohling 10 im Wesentlichen zylindrisch geformt ist und die zylindrische Form zumindest teilweise entlang der Längsachse 13 aufweist. Darüber hinaus weist der Einkristallrohling 10 einen Querschnitt senkrecht zu der Längsachse 13 mit einem Umriss auf, der vorzugsweise im Wesentlichen rund oder oval oder noch bevorzugter im Wesentlichen kreisförmig ist. Der Begriff „im Wesentlichen“ wird verwendet, da es eine Eigenart bei der Herstellung des Einkristallrohlings 10 ist (wie nachfolgend weiter erläutert wird), dass die Form des Einkristallrohlings 10 entlang der Längsachse 13 und/oder die Umrisse der Querschnitte von einer gewünschten vordefinierten Form abweichen können. Der Einkristallrohling 10 kann auch zumindest einen linearen Abschnitt entlang des Umrisses seines Querschnitts aufweisen, zum Beispiel eine Ausrichtungsebene 18, eine Form mit zumindest einem linearen Abschnitt, wie zum Beispiel eine rechteckige Form, etc.

[0056] Der Einkristallrohling 10 kann aus einem Halbleitermaterial hergestellt sein, wie zum Beispiel Siliziumcarbid (SiC), Silizium (Si), Diamant, Galliumnitrid (GaN), Galliumarsenid (GaAs), Galliumoxid (Ga₂O₃), Aluminiumnitrid (AlN), Saphir, etc.

[0057] Insbesondere kann der Einkristallrohling 10 zum Beispiel ein Si-Einkristallrohling 10, ein GaAs-Einkristallrohling 10, ein GaN-Einkristallrohling 10, ein Ga₂O₃-Einkristallrohling 10, ein SiC-Einkristallrohling 10 oder ähnliches sein.

[0058] Aus so einem Einkristallrohling 10, der ein Halbleitermaterial aufweist, können Halbleiteringots oder Halbleiterwafer 30 ausgebildet werden. An solchen Halbleiterwafern 30 können Bauelemente ausgebildet werden, wie zum Beispiel Leistungsbauelemente und/oder ICs (integrierte Schaltkreise) und/oder LSIs (großflächige Integrationen).

[0059] Wie in Fig. 1A schematisch veranschaulicht, ist der Einkristallrohling 10 vorzugsweise durch Kristallwachstum (zum Beispiel epitaktisches Wachstum) ausgebildet.

[0060] Das Verfahren in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung umfasst vorzugsweise einen Impfkristall-Bereitstellungsschritt mit einem Bereitstellen eines Impfkristalls 20, um daran einen Einkristall zu züchten. Insbesondere kann der Impfkristall 20 einer Vorrichtung bereitgestellt sein, die eingerichtet ist, einen Einkristall (insbesondere, um einen Einkristallrohling 10 auszubilden) an einer Fläche des Impfkristalls 20 auszubilden. Dies bedeutet, dass zumindest eine Seite des Impfkristalls 20 so an einer Vorrichtung angebracht sein kann, dass zumindest eine Flächenseite des Impfkristalls 20 exponiert ist.

[0061] Das Verfahren in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung kann ferner einen Kristallzüchtungsschritt 110 mit einem Züchten des Einkristallrohlings 10 an einer exponierten Fläche des Impfkristalls 20 umfassen. Wie oben beschrieben, ist diese exponierte Fläche vorzugsweise eine Stirnseitenfläche des Impfkristalls 20.

[0062] Die Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung kann somit ein Haltemittel aufweisen, das eingerichtet ist, einen Impfkristall 20 für eine Kristallzüchtung zu halten. Das heißt, dass die Vorrichtung mindestens einen Interfaceabschnitt aufweist, an dem mindestens eine Fläche des Impfkristalls 20 so angebracht werden kann, dass mindestens eine andere Fläche des Impfkristalls 20 zu einer Substratquelle exponiert ist. Die Vorrichtung kann ferner ein Mittel zum Züchten eines Einkristalls an einer Fläche des Impfkristalls aufweisen, um einen Einkristallrohling 10 auszubilden.

[0063] Der Impfkristall 20 ist nicht auf eine bestimmte Form beschränkt. Das heißt, dass der Impfkristall 20 zylindrisch und/oder plattenförmig sein kann und Querschnitte mit Umrisen aufweisen kann, die im Wesentlichen rund, oval oder kreisförmig sind. Jedoch kann der Impfkristall 20 auch mindestens einen linearen Abschnitt entlang des Umrisses der Querschnitte aufweisen. Insbesondere kann der Impfkristall 20 auch ein quadratischer oder rechteckiger, insbesondere plattenförmiger Körper sein. Bei dem vorliegenden Zusammenhang bedeutet plattenförmig, dass der Impfkristall 20 eine Dicke,

das heißt eine Erstreckung in Längsrichtung, aufweist, die signifikant geringer ist als eine Erstreckung in Querrichtung, zum Beispiel ein Durchmesser, des Impfkristalls 20.

[0064] Der Impfkristall 20 kann eine größere Längs- und/oder Quererstreckung als ein Einkristallwafer 30 aufweisen. Es wird besonders bevorzugt, dass der Impfkristall 20 eine Längserstreckung oder Dicke von mindestens oder im Wesentlichen 1 mm aufweist. Darüber hinaus weist der Impfkristall 20 vorzugsweise eine Quererstreckung und/oder einen Durchmesser von zum Beispiel 151 mm auf, wenn die Quererstreckung und/oder der Durchmesser des aus dem Einkristallrohling 10 herzustellenden einzelnen Wafers 30 150 mm ist, oder 201 mm, wenn die Quererstreckung und/oder der Durchmesser des aus dem Einkristallrohling 10 herzustellenden einzelnen Wafers 30 200 mm ist. Der Impfkristall 20 ist jedoch nicht auf diese bestimmten Größen beschränkt. Allgemein ausgedrückt weist der Impfkristall 20 vorzugsweise größere Abmessungen (das heißt eine Erstreckung in Querrichtung, wie zum Beispiel ein Durchmesser, und/oder eine Erstreckung in Längsrichtung) als die vorbestimmten Abmessungen des aus dem Einkristallrohling 10 herzustellenden Wafers 30 auf. Zum Beispiel kann die Erstreckung in Quer- und/oder Längsrichtung des Impfkristalls 20 0,5 bis 5 mm, bevorzugt 0,5 bis 2 mm oder noch bevorzugter im Wesentlichen 1 mm größer sein als die vorbestimmte Erstreckung in Quer- und/oder Längsrichtung des Wafers 30. Wie oben beschrieben, ist der Impfkristall 20 vorzugsweise aus dem gleichen Material wie der Einkristallrohling 10 ausgebildet.

[0065] Der Impfkristall 20 und insbesondere die Qualität des Impfkristalls 20 ist für die Herstellungsqualität des Einkristallrohlings 10 entscheidend. Die Qualität des Impfkristalls 20 im vorliegenden Zusammenhang bezieht sich unter anderem auf die Reinheit des Materials und die Anordnung der Kristallstruktur des Impfkristalls 20. Ohne an die Theorie gebunden zu sein, wird angenommen, dass während des Kristallzüchtungsschritts 110 der Einkristallrohling 10 mit der gleichen oder zumindest ähnlichen Qualität der Impfkristall 20 ausgebildet wird wie die des Impfkristalls. Folglich ergibt eine hohe Qualität des Impfkristalls 20 im Allgemeinen auch eine hohe Qualität des gezüchteten Einkristallrohlings 10. Die Qualität eines Impfkristalls 20, die für die Herstellung eines Einkristallrohlings 10 notwendig ist, ist folglich relativ hoch.

[0066] Der Einkristallrohling 10 wird typischerweise mit einer Erstreckung entlang der Längsachse in einem Bereich von 0,5 mm bis 50 mm gezüchtet. Das Verfahren ist jedoch nicht auf den oben genannten Bereich für die Längserstreckung des Einkristallrohlings 10 beschränkt. Daher kann der Einkristall-

rohling 10 eine Längserstreckung aufweisen, die größer oder kleiner als der oben genannte Bereich ist.

[0067] Wie ferner in den **Fig. 1A** bis **Fig. 1F** veranschaulicht, kann der Impfkristall 20 aufgrund der Eigenart einer Herstellung des Einkristallrohlings 10 teilweise durch den Einkristall 17 umschlossen sein, der an dem Impfkristall 20 gezüchtet wird. Der Einkristallrohling 10 weist somit den Impfkristall 20 auf, der sich teilweise entlang der Längsachse 13 des Einkristallrohlings 10 und des gezüchteten Einkristalls 17 erstreckt. Der Impfkristall 20 ist vorzugsweise an einem ersten Ende 11 des Einkristallrohlings 10 positioniert. Der Einkristallrohling 10 beinhaltet einen Impfabschnitt 16 entlang der Längsachse 13, wobei der Impfabschnitt 16 den Impfkristall 20, insbesondere den gesamten Impfkristall 20, beinhaltet. Mit anderen Worten erstreckt sich der Impfkristall 20 vorzugsweise nicht über den Impfabschnitt 16 des Einkristallrohlings 10 hinaus.

[0068] Der Einkristallrohling 10 weist den Impfkristall 20 und dem gezüchteten Einkristall 17 auf (oder besteht daraus), die unterscheidbar sind (zum Beispiel basierend auf der Reinheit des Kristalls, der Abmessungen, etc.). Der Impfkristall 20 unterscheidet sich ferner typischerweise dadurch von dem gezüchteten Einkristall 17, dass der Impfkristall 20 aufgrund der Eigenart des Prozesses eine höhere Qualität, zum Beispiel in Bezug auf Defekte der Kristallausrichtung, aufweist, als der gezüchtete Einkristall 17. Mit anderen Worten kann die Qualität des gezüchteten Kristalls abnehmen, während der Kristallzüchtungsvorgang voranschreitet. Daher ist es von Interesse, den ursprünglichen Impfkristall 20 zu erhalten, um eine Wiederverwendung des Impfkristalls 20 für die Kristallzüchtung zu ermöglichen. Ein Interface des Impfkristalls 20 und des gezüchteten Einkristalls 17 kann auch durch Röntgenkristallografie unterscheidbar sein.

[0069] Der Einkristallrohling 10 ist entsprechend seines Namens ein Rohling (oder mit anderen Worten ein Werkstück), der bearbeitet wird, um einen Ingot und/oder einen oder mehrere Wafer 30 auszubilden. Jedoch beinhaltet der Einkristallrohling 10 vorzugsweise keine an dessen Fläche ausgebildete Bauelemente.

[0070] Wie ferner in den **Fig. 1B** und **Fig. 1C** gezeigt, umfasst das Verfahren zum Bearbeiten eines Einkristallrohlings 10 den Schritt eines Umfangsflächen-Schleifschritts 120 mit einem Schleifen der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohlings 10, sodass der Einkristallrohling 10 zumindest teilweise entlang der Längsachse 13 geschliffen wird. Mit anderen Worten wird in diesem Umfangsflächen-Schleifschritt 120 eine Quererstreckung des Einkristallrohlings 10 relativ zu der Längsachse 13,

zum Beispiel einen Durchmesser des Einkristallrohrlings 10, zumindest teilweise entlang der Längsachse 13 des Einkristallrohrlings 10 vermindert. Wie in der exemplarischen Ausführungsform der **Fig. 1B** und **Fig. 1C** schematisch veranschaulicht, sollen die gepunkteten Bereiche des Einkristallrohrlings 10 abgeschliffen werden.

[0071] Die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 wird durch ein Umfangsflächen-Schleifmittel geschliffen, das eingerichtet ist, die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 zumindest teilweise entlang der Längsachse 13 zu schleifen. Folglich weist die Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung so ein Umfangsflächen-Schleifmittel auf.

[0072] Die Vorrichtung kann ferner einen nicht gezeigten Spanntisch aufweisen, an dem der Einkristallrohling 10 über mindestens eine Fläche des Einkristallrohrlings 10 während des Schleifens der Umfangsfläche 14 gehalten (zum Beispiel befestigt) werden kann. Vorzugsweise wird der Einkristallrohling 10 über das erste Ende 11 des Einkristallrohrlings 10 an dem Spanntisch gehalten. Das heißt, dass es vorzugsweise das Ende des Einkristallrohrlings 10 ist, wo der Impfkristall 20 angeordnet ist, der an dem Spanntisch gehalten wird.

[0073] Der Einkristallrohling 10 kann mittels eines Vakuums an dem Spanntisch gehalten werden, das auf die Fläche des Spanntischs aufgebracht wird. Alternativ oder zusätzlich kann der Einkristallrohling 10 durch ein Klammernmittel an dem Spanntisch gehalten werden. Darüber hinaus ist es auch möglich, dass der Einkristallrohling 10 über ein Band oder ein Band und einen Rahmen, der an dem Einkristallrohling 10 angebracht ist, an dem Spanntisch gehalten wird. Darüber hinaus ist es auch möglich, dass der Einkristallrohling 10 über ein Stützsubstrat oder ein Stützsubstrat und einen Rahmen, der an dem Einkristallrohling 10 angebracht ist, an dem Spanntisch gehalten wird. Der Spanntisch kann ferner eingerichtet sein, entlang von zwei oder drei Raumrichtungen bewegbar und um dessen Längsachse drehbar zu sein.

[0074] Die Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung kann ferner den gleichen Spanntisch verwenden, um den Einkristallrohling 10 während der nachfolgenden Verfahrensschritte zu halten (wie nachfolgend weiter beschrieben wird). Die Vorrichtung kann alternativ ferner zusätzliche Spanntische aufweisen, die ähnlich wie der oben beschriebene Spanntisch den Einkristallrohling 10 während nachfolgender Verfahrensschritte halten. Für eine knappe Beschreibung wird hiernach nicht notwendigerweise explizit auf einen Spanntisch Bezug genommen.

[0075] Durch Schleifen der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 werden vorzugsweise Unregelmäßigkeiten des Einkristallrohrlings 10 entfernt, die aus dem Kristallwachstum resultieren, wie zum Beispiel eine unterschiedliche Erstreckung in Querrichtung entlang der Längsachse 13. Dies bedeutet, dass Vorsprünge und/oder Aussparungen an der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 im Wesentlichen entfernt werden, die aus dem Kristallwachstum resultieren und Abweichungen einer gewünschten Form des Ingots repräsentieren. Darüber hinaus wird die Quererstreckung des Einkristallrohrlings 10 entlang der Längsachse 13 bearbeitet, um zumindest teilweise entlang der Längsachse 13 einheitlich zu sein, sodass Ingots oder Wafer 30 im Wesentlichen gleicher Abmessungen, das heißt Erstreckungen in Querrichtung, wie zum Beispiel Durchmesser, aus dem Einkristallrohling 10 ausgebildet werden können.

[0076] Die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 kann geschliffen werden, um entlang der Längsachse 13 eine beliebige vorbestimmte Form und/oder einen vorbestimmten Umriss senkrecht zu der Längsachse 13 aufzuweisen. Das heißt, dass die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 so geschliffen werden kann, dass der Einkristallrohling 10 eine zylindrische Form aufweist, die sich zumindest teilweise entlang der Längsachse 13 erstreckt. Die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 kann auch geschliffen werden, sodass ein Umriss des Querschnitts des Einkristallrohrlings 10 im Wesentlichen rund, oval oder kreisförmig ist. Ein Querschnittsumriss des Querschnitts des Einkristallrohrlings 10 kann nach dem Schleifen mindestens einen linearen Abschnitt und insbesondere eine quadratische oder rechteckige Form aufweisen.

[0077] Es wird besonders bevorzugt, dass die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 in Übereinstimmung mit einer gewünschten Erstreckung in Querrichtung oder einem gewünschten Querschnittsumriss eines Wafers 30 geschliffen wird, der aus dem Einkristallrohling 10 ausgebildet werden soll.

[0078] Die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 wird bis zu einem ersten Abstand d_1 zu der Längsachse 13 geschliffen, wobei das Schleifen zumindest teilweise entlang eines Abschnitts der Längsachse 13 ausgeführt wird, der den Impfkristall 20 ausschließt bzw. diesen nicht beinhaltet. Dies bedeutet, dass das Schleifen der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 bis zu einem ersten Abstand d_1 zumindest teilweise entlang eines Abschnitts der Längsachse 13 des Einkristallrohrlings 10 ausgeführt wird, wo der Impfkristall 20 nicht vorhanden ist. Mit anderen Worten wird das Schleifen der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 bis zu einem ersten Abstand d_1 zu der Längsachse 13 vorzugsweise nicht entlang eines Abschnitts der

Längsachse 13 des Einkristallrohrlings 10 ausgeführt, der den Impfkristall 20 aufweist.

[0079] Der erste Abstand d_1 wird von der Längsachse 13 zu der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 in einer Richtung gemessen, die senkrecht zu der Längsachse 13 ist. Ein Schleifen bis zu einem ersten Abstand d_1 bedeutet, dass der Einkristallrohling 10 mindestens einen Abschnitt entlang des Umfangs mit einer Erstreckung in Querrichtung aufweist, die bei dieser Schleifposition gleich dem ersten Abstand d_1 ist, nachdem der Umfangsflächen-Schleifschritt 120 abgeschlossen ist. Die Schleifposition wird durch eine Position entlang der Längsachse 13 des Einkristallrohrlings 10 definiert (das heißt die Form des Einkristallrohrlings 10 wird bearbeitet, um zylindrisch zu sein). Dies schließt jedoch nicht aus, dass es einen oder mehrere Abschnitte entlang des Umfangs des Einkristallrohrlings 10 gibt, die sich mit Erstreckungen in Querrichtung auf diese Schleifposition beziehen und die kleiner oder größer als der erste Abstand d_1 sind (zum Beispiel wird der Einkristallrohling 10 geschliffen, um einen im Wesentlichen kreisförmigen, rechtwinkligen, quadratischen, etc. Querschnitt aufzuweisen).

[0080] Während des Umfangsflächen-Schleifschritts 120 wird die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 vorzugsweise zumindest teilweise entlang der Längsachse 13 im Wesentlichen gleichmäßig bis zum ersten Abstand d_1 entlang des (gesamten) Umfangs des Einkristallrohrlings 10 geschliffen. Mit anderen Worten weist der Einkristallrohling 10, nachdem der Umfangsflächen-Schleifschritt 120 abgeschlossen ist, die gleiche Erstreckung in Querrichtung, vorzugsweise den ersten Abstand d_1 , um den (gesamten) Umfang zumindest teilweise entlang der Längsachse 13 auf, was in einer im Wesentlichen zylindrischen Form des Einkristallrohrlings 10 zumindest teilweise entlang der Längsachse 13 resultiert.

[0081] Der erste Abstand d_1 ist vorzugsweise geringer als eine Erstreckung des Impfkristalls 20 zu der Längsachse (das heißt, geringer als eine Erstreckung des Impfkristalls 20 zwischen der Längsachse und dem Umfang des Impfkristalls 20). Vorzugsweise ist der erste Abstand d_1 der gewünschte Abstand zu der Längsachse 13 eines Wafers 30, der von dem Einkristallrohling 10 abgetrennt werden soll.

[0082] Die Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung und insbesondere das Umfangsflächen-Schleifmittel der Vorrichtung ist eingerichtet, um, wie oben beschrieben, ein Schleifen der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings bis zu dem ersten Abstand d_1 durchzuführen.

[0083] Da ein Schleifen der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 entlang eines Abschnitts der Längsachse 13 ausschließlich des Impfkristalls 20 ausgeführt wird, ist es möglich, einem Schleifen des Impfkristalls 20 vorzubeugen. Dadurch bleiben die ursprünglichen Abmessungen, das heißt die Dicke und Erstreckung in Querrichtung (zum Beispiel Durchmesser), des Impfkristalls 20 unverändert. Dies stellt den vorteilhaften Effekt bereit, dass der Impfkristall 20 für weitere Kristallzüchtungsschritte wiederverwendet werden kann. Mit anderen Worten ist es möglich, den gleichen Impfkristall 20 für die hierin beschriebenen Verfahrensschritte wiederzuverwenden.

[0084] Dies ermöglicht nicht nur eine konstantere Herstellungsqualität der Einkristallrohlinge 10, der Ingots und der einzelnen Wafer 30, die aus diesem ausgebildet werden, sondern auch die wiederholte Verwendung von Impfkristallen 20 mit einer hohen Qualität. Dies ist besonders wünschenswert, da die Herstellungsqualität der Einkristallrohlinge 10 insgesamt und somit die Ingots und Wafer 30, die aus diesem hergestellt werden, verbessert, beibehalten und konsistent gehalten werden kann.

[0085] Da die Impfkristalle 20 einen signifikanten Einfluss auf die Qualität des gezüchteten Einkristalls 17 haben und somit auf den Ingot und die einzelnen Wafer 30, die aus diesem hergestellt werden, sind die Qualitätsansprüche an die Impfkristalle 20 typischerweise sehr hoch, und die Impfkristalle 20 sind somit sehr teuer. Eine Wiederverwendung der Impfkristalle 20 ermöglicht somit auch Kosteneinsparungen und damit eine Verbesserung der Produktionseffizienz. Zudem ermöglicht die Wiederverwendung oder das Recycling der Impfkristalle 20 eine Verminderung der kostenintensiveren Prozessschritte zum Züchten von Impfkristallen 20. Dadurch können Kosteneinsparungen realisiert werden und die Produktionseffizienz kann sogar noch weiter verbessert werden.

[0086] Zudem wird optional die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 zumindest teilweise entlang der Längsachse 13 bis zu einem zweiten Abstand d_2 zu der Längsachse 13 geschliffen, wobei der zweite Abstand d_2 größer als oder im Wesentlichen gleich einer Erstreckung des Impfkristalls 20 zu der Längsachse 13 ist (das heißt eine Erstreckung des Impfkristalls zwischen der Längsachse 13 und der äußeren Seite des Impfkristalls 20. Mit anderen Worten kann die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 entlang der Längsachse 13 zu unterschiedlichen Durchmessern geschliffen werden, das heißt zu einem zweiten Abstand d_2 und einem ersten Abstand d_1 .

[0087] Nachdem das Schleifen ausgeführt worden ist, weist der Einkristallrohling 10, wie in **Fig. 1C** ver-

anschaulicht, Abschnitte entlang der Längsachse 13 mit unterschiedlichen Erstreckungen in Querrichtung auf, das heißt Erstreckungen senkrecht zu der Längsachse 13.

[0088] Der zweite Abstand d_2 wird von der Längsachse 13 aus zu der Umfangsfläche 14 oder Außenseite des Einkristallrohrlings 10 in einer Richtung senkrecht zu der Längsachse 13 gemessen. Ähnlich zu der obigen Beschreibung in Bezug auf den ersten Abstand d_1 bedeutet ein Schleifen bis zu einem zweiten Abstand d_2 , dass der Einkristallrohrling 10 zumindest einen Abschnitt entlang des Umfangs mit einer Erstreckung in Querrichtung aufweist, die nach dem Schleifen gleich dem zweiten Abstand d_2 an dieser Schleifposition ist (das heißt die Form des Einkristallrohrlings 10 wird bearbeitet, um zylindrisch zu sein) und schließt nicht aus, dass es einen oder mehrere Abschnitte entlang des Umfangs des Einkristallrohrlings 10 gibt, die mit dieser Schleifposition mit Erstreckungen in Querrichtung zusammen hängen, die kleiner oder größer als der zweite Abstand d_2 sind (zum Beispiel wird der Einkristallrohrling 10 geschliffen, um einen im Wesentlichen kreisförmigen, rechteckigen, quadratischen, etc. Querschnitt aufzuweisen).

[0089] Dementsprechend kann das Umfangsflächen-Schleifmittel der Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung eingerichtet sein, ein Schleifen der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 bis zu dem zweiten Abstand d_2 auszuführen.

[0090] Die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 kann zumindest entlang des Impfabchnitts 16 der Längsachse 13 bis zu dem zweiten Abstand d_2 der Längsachse 13 geschliffen werden, wobei der Impfabschnitt 16 den Impfkristall 20, insbesondere den gesamten Impfkristall 20, aufweist. Alternativ kann die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 entlang des Impfabchnitts 16 der Längsachse 13 auch (überhaupt) nicht geschliffen werden.

[0091] Das Umfangsflächen-Schleifmittel der Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung kann ferner eingerichtet sein, ein Schleifen der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 zumindest entlang des Impfabchnitts 16 der Längsachse 13 bis zu dem zweiten Abstand d_2 auszuführen.

[0092] Mit anderen Worten kann die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 nur entlang des Impfkristalls 20, das heißt entlang der Längsachse 13, wo der Impfkristall 20 vorhanden ist, bis zu einem zweiten Abstand d_2 geschliffen werden (oder wird überhaupt nicht geschliffen), sodass die ursprünglichen Abmessungen des Impfkristalls 20 nicht verändert werden. Dies stellt sicher, dass der Impfkristall

20 seine Ausgangsgröße beibehält, sodass der Impfkristall 20 für nachfolgende Produktionszyklen wiederverwendet werden kann.

[0093] In den **Fig. 2A** bis **Fig. 2D** werden unterschiedliche Ausführungsformen eines Umfangsflächen-Schleifschritts 120 und unterschiedliche Ausführungsformen eines Umfangsflächen-Schleifmittels in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht. Wie in den **Fig. 2A** und **Fig. 2B** gezeigt, wird eine Schleifscheibe 41 zum Schleifen der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 verwendet. Die Schleifscheibe 41 kann eine untere Fläche aufweisen, an der Schleifelemente (oder Präzisionsdiamantschleifelemente, wie zum Beispiel Schleifelemente mit einer kleineren Größe zum feinen Schleifen) angebracht sind. Die Schleifelemente sind eingerichtet, das Substrat des Einkristallrohrlings 10 zu schleifen. Die Schleifelemente sind vorzugsweise ringförmig oder sind ringförmig an der Schleifscheibe 41 mit oder ohne einem Abstand zwischen einzelnen Schleifelementen angeordnet. Die ringförmigen Schleifelemente können zumindest einmal entlang des Umfangs unterbrochen sein oder sind überhaupt nicht unterbrochen. Die Schleifscheibe 41 kann genau einen Ring aus Schleifelementen aufweisen.

[0094] Die Schleifscheibe 41 ist an einer Spindel 43 montiert, die eine Spindelachse 44 (das heißt eine Längsachse) der Schleifscheibe 41 als Rotationsachse definiert. Bei Drehung der Spindel wird die Rotationsbewegung zu der Schleifscheibe 41 übertragen. Die Spindelachse 44 und eine Zuführrichtung (das heißt, eine Bewegungsrichtung während des Schleifvorgangs) der Schleifscheibe 41 kann, wie in **Fig. 2A** gezeigt, im Wesentlichen parallel zu der Längsachse 13 ausgerichtet sein oder kann, wie in **Fig. 2B** gezeigt, im Wesentlichen senkrecht zu der Längsachse 13 ausgerichtet sein. Mit anderen Worten ist die Zuführrichtung vorzugsweise entweder von der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 aus (radial) einwärts ausgerichtet (wie in **Fig. 2B** veranschaulicht) oder kann in Richtung eines Endes des Einkristallrohrlings 10 ausgerichtet sein, wo der Impfkristall 20 angeordnet ist (oder mit anderen Worten zu dem Spanntisch ausgerichtet; in **Fig. 2A** veranschaulicht). In beiden Fällen kann die Schleifscheibe 41, der Einkristallrohrling 10, der über das erste Ende 11 des Einkristallrohrlings 10 an dem Spanntisch gehalten wird oder sowohl die Schleifscheibe 41 und der Einkristallrohrling 10, der an dem Spanntisch gehalten wird, eine Rotationsbewegung um deren jeweiligen Längsachsen ausführen. Die in den **Fig. 2A** und **Fig. 2B** veranschaulichten Rotationsrichtungen sollten als Beispiel verstanden und nicht als beschränkend angesehen werden. Mit anderen Worten kann die Schleifscheibe 41 und/oder der an dem Spanntisch gehaltene Einkristallrohrling 10 in eine beliebige Richtung gedreht werden.

[0095] Wie ferner in den **Fig. 2C** und **Fig. 2D** veranschaulicht, kann eine Schneidklinge 42 für den Umfangsflächen-Schleifschritt 120 verwendet werden. Die Schneidklinge 42 weist Schneidelemente (oder Präzisionsdiamantschleifelemente) auf, die vorzugsweise ringförmig entlang des Umfangs der Schneidklinge 42 angeordnet sind. Die Schleifelemente können eingerichtet sein, um ein Schneiden durch Schleifen des Substrats des Einkristallrohrlings 10 auszuführen.

[0096] Die Schneidklinge 42 ist an einer Spindel 43 angebracht, die eine Spindelachse 44 (das heißt eine Längsachse) der Schneidklinge 42 als eine Rotationsachse definiert. Beim Drehen der Spindel wird die Rotationsbewegung zu der Schneidklinge 42 übertragen. Die Spindelachse 44 kann im Wesentlichen senkrecht zu der Längsachse 13 (wie in **Fig. 2C** veranschaulicht) ausgerichtet sein oder kann im Wesentlichen parallel zu der Längsachse 13 (wie in **Fig. 2D** gezeigt) ausgerichtet sein. In beiden Fällen ist die Vorschubrichtung der Schneidklinge 42 vorzugsweise im Wesentlichen parallel zu der Längsachse 13 und in Richtung des Endes des Einkristallrohrlings 10 ausgerichtet, wo der Impfkristall 20 angeordnet ist (oder mit anderen Worten in Richtung des Spanntischs ausgerichtet). Ferner kann entweder die Schneidklinge 42 oder der über das erste Ende 11 oder das zweite Ende 12 des Einkristallrohrlings 10 an dem Spanntisch gehaltene Einkristallrohling 10 oder sowohl die Schneidklinge 42 als auch der Einkristallrohling 10, der an dem Spanntisch gehalten wird, eine Rotationsbewegung um ihre jeweiligen Längsachsen ausführen. Die in den **Fig. 2C** und **Fig. 2D** veranschaulichten Rotationsrichtungen sollten als ein Beispiel und nicht als beschränkend verstanden werden. Mit anderen Worten kann die Schneidklinge 42 und/oder der Einkristallrohling 10, der an dem Spanntisch gehalten wird, in eine oder beide Richtungen gedreht werden.

[0097] Das Verfahren in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung kann ferner einen nicht gezeigten Ausrichtungsebenen-Schleifschritt mit einem Schleifen einer oder mehrerer, zum Beispiel zwei, Ausrichtungsebenen 18 an der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 zumindest teilweise entlang der Längsachse 13 umfassen. Eine Ausrichtungsebene 18 ist ein linearer Abschnitt entlang des Umfangs des Einkristallrohrlings 10. Die Ausrichtungsebene 18 wird im Allgemeinen verwendet, um die Kristallausrichtung des Materials des gezüchteten Einkristalls 17 anzugeben. Die Kristallausrichtung des Materials des gezüchteten Einkristalls 17 kann durch unterschiedliche Weisen erfasst werden, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, wie zum Beispiel Röntgenbeugungsanalyse (Röntgenkristallografie).

[0098] **Fig. 3** ist eine Draufsicht des Einkristallrohrlings 10 in einem Zustand, nachdem ein Ausrichtungsebenen-Schleifschritt ausgeführt worden ist. Der Ausrichtungsebenen-Schleifschritt wird vorzugsweise entlang eines Abschnitts der Längsachse 13 mit Ausnahme des Impfkristalls 20, insbesondere entlang des Abschnitts der Längsachse 13, entlang dem der Umfangsflächen-Schleifschritt 120 ausgeführt wird, ausgeführt. Mit anderen Worten wird der Ausrichtungsebenen-Schleifschritt vorzugsweise nicht entlang eines Abschnitts der Längsachse 13 des Einkristallrohrlings 10 ausgeführt, der den Impfkristall 20 aufweist. Wie exemplarisch in **Fig. 3** veranschaulicht, ist eine Ausrichtungsebene 18 (nur) an der Umfangsfläche 14 des gezüchteten Einkristalls 17 ausgebildet, während an dem Impfkristall 20 keine Ausrichtungsebene 18 ausgebildet ist. Dadurch wird die ursprüngliche Größe des Impfkristalls 20 nicht verändert, das heißt der Impfkristall 20 behält seine ursprüngliche, vorzugsweise kreisförmige, Form bei.

[0099] Der Ausrichtungsebenen-Schleifschritt kann durch ein entsprechend eingerichtetes Schleifmittel, insbesondere durch eine Schleifscheibe 41 oder durch eine Schneidklinge 42, der Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung ausgeführt werden. Das Umfangsflächen-Schleifmittel kann ferner auch eingerichtet sein, den Ausrichtungsebenen-Schleifschritt auszuführen. Darüber hinaus kann der Ausrichtungsebenen-Schleifschritt vor oder nach dem Umfangsflächen-Schleifschritt 120 durchgeführt werden. Ein Ausrichtungsebenen-Schleifschritt ist jedoch optional. Dementsprechend wird in so einem Fall überhaupt keine Ausrichtungsebene 18 an dem Einkristallrohling 10 ausgebildet.

[0100] In Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung und wie in **Fig. 1D** gezeigt, kann das Verfahren in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung ferner einen Schleifschritt mit einem Schleifen der oberen Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 umfassen (Schleifschritt der oberen Fläche). Es wird besonders bevorzugt, dass die obere Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 während dieses Schleifschritts so abgeflacht wird, dass das erste Ende 11 und das zweite Ende 12 des Einkristallrohrlings 10 im Wesentlichen parallel werden (wie als eine gestrichelte Linie in **Fig. 1D** veranschaulicht). Eine obere Fläche 15 bezieht sich im vorliegenden Zusammenhang auf die Endfläche an dem ersten oder zweiten Ende 11, 12 des Einkristallrohrlings 10, das dem Ende gegenüberliegt, wo der Impfkristall 20 angeordnet ist. Die obere Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 ist das freie Ende des Einkristallrohrlings 10, das nicht an einem Spanntisch gehalten wird und das somit exponiert ist, um bearbeitet zu werden.

[0101] Der Schleifschritt kann durch das gleiche Schleifmittel ausgeführt werden, das während des

Umfangsflächen-Schleifschritts 120 verwendet wird. Das Umfangsflächen-Schleifmittel der Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung kann somit ferner eingerichtet sein, ein Schleifen der oberen Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 auszuführen. Die Vorrichtung kann alternativ auch ein zweites Schleifmittel aufweisen, das eingerichtet ist, diesen Schleifschritt auszuführen.

[0102] Durch Schleifen der oberen Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 wird eine Endfläche des Einkristallrohrlings 10 so bearbeitet, dass die Endflächen an dem ersten Ende 11 und dem zweiten Ende 12 im Wesentlichen parallel ausgerichtet sind. Darüber hinaus werden Unregelmäßigkeiten des Einkristallrohrlings 10, die von dem Kristallwachstum des Einkristallrohrlings 10 resultieren, entfernt. Dadurch kann mindestens ein Wafer 30 mit im Wesentlichen gleichen oder zumindest ähnlichen Abmessungen aus dem Einkristallrohrling 10 (oder aus dem Ingot nach den Schleifschritten) ausgebildet werden.

[0103] Der Schleifschritt einer oberen Fläche kann vor oder nach dem Umfangsflächen-Schleifschritt 120 ausgeführt werden. Insbesondere kann ein Abflachen der oberen Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 vorzugsweise vor einem Schleifen der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 insbesondere in den Fällen ausgeführt werden, in denen der Einkristallrohrling 10 signifikante Unregelmäßigkeiten aufweist.

[0104] Ein Schleifen der oberen Fläche 15 oder Stirnseite vor einem Schleifen der Umfangsfläche wird in Fällen besonders bevorzugt, in denen der Umfangsflächen-Schleifschritt 120 durch die Schleifscheibe 41 ausgeführt wird, wobei die Längsachse der Schleifscheibe 41 parallel zu der Längsachse 13 ausgerichtet ist (wie in **Fig. 2A** veranschaulicht). Ein Schleifen der oberen Fläche 15 oder der Stirnseite vor dem Schleifen der Umfangsfläche kann auch bevorzugt werden, wenn der Umfangsflächen-Schleifschritt 120 durch die Schneidklinge 42 ausgeführt wird (wie in den **Fig. 2C** und **Fig. 2D** veranschaulicht). Darüber hinaus wird zum Einstellen der Startposition des Umfangsflächen-Schleifmittels, bevor mit dem Umfangsflächen-Schleifschritt 120 begonnen wird, ein Abflachen der oberen Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 auf eine definierte Längserstreckung des Einkristallrohrlings 10 bevorzugt.

[0105] Darüber hinaus ist ein Anwenden des Schleifschritts einer oberen Fläche vor dem Umfangsflächen-Schleifschritt 120 angesichts eines einheitlichen Entfernens von Material und einer Last, die auf den Einkristallrohrling 10 aufgebracht wird, vorteilhaft. Dadurch wird gegen Unregelmäßigkeiten, die auf dem Einkristallrohrling 10 während eines Schleifens erzeugt werden, vorgebeugt und der vertikale Abstand des Umfangsflächen-Schleifmittels zu

dem Spanntisch (das heißt der Abstand entlang der Längsachse 13) kann angeglichen werden.

[0106] Ein Ausführen des Schleifens der oberen Fläche 15 vor einem Bestrahlen des gezüchteten Einkristalls 17 mit einem Laserstrahl LB während des Waferherstellungsschritts 130 (wie nachfolgend näher erläutert wird) ist besonders bevorzugt, da es ein ordnungsgemäßes Aufbringen des Laserstrahls LB in einer gewünschten Tiefe in dem Einkristall 17 ermöglicht.

[0107] Als ein zu dem Umfangsflächen-Schleifschritt 120 zusätzlicher, zweiter Schleifschritt kann ein Feinschleifschritt an der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 ausgeführt werden. Mit anderen Worten kann der Umfangsflächen-Schleifschritt 120 als ein Grobschleifschritt ausgeführt werden, wonach der Feinschleifschritt an der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 nachfolgend durchgeführt werden kann.

[0108] Auf eine ähnliche Weise kann auch ein Feinschleifschritt an der oberen Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 zusätzlich zu dem Schleifschritt einer oberen Fläche ausgeführt werden. Mit anderen Worten kann der Schleifschritt einer oberen Fläche als ein Grobschleifschritt ausgeführt werden, wonach der Feinschleifschritt an der oberen Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 nachfolgend ausgeführt werden kann.

[0109] Die Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung kann somit ein Schleifmittel aufweisen, das eingerichtet ist, ein Feinschleifen an der Umfangsfläche 14 und/oder der oberen Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 auszuführen. Alternativ kann der Feinschleifschritt auch durch das Umfangsflächen-Schleifmittel oder durch das Schleifmittel durchgeführt werden, das zum Schleifen der oberen Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 verwendet wird.

[0110] Ein Feinschleifen der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 ermöglicht es ein gewünschtes Schleifergebnis, zum Beispiel eine gewünschte Flächenrauigkeit, an der Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 zu erreichen. Mit andere Worten kann während des Umfangsflächen-Schleifschritts 120 die Umfangsfläche 14 des Einkristallrohrlings 10 bis zu den gewünschten Abmessungen des Einkristallrohrlings 10 geschliffen werden und nachfolgend kann ein Feinschleifen an der Umfangsfläche 14 ausgeführt werden, um die gewünschte Qualität der Fläche zu erreichen.

[0111] Wie ferner in den **Fig. 1E** und **Fig. 1F** veranschaulicht, kann das Verfahren in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung ferner einen Waferherstellungsschritt 130 mit einem Herstellen

eines Wafers 30 aus dem Einkristallrohling 10 umfassen. Der aus dem Einkristallrohling 10 hergestellte Wafer 30 weist entlang der Längsachse 13 eine vorbestimmte Dicke auf. Der Waferherstellungsschritt 130 wird vorzugsweise unter Verwendung eines gepulsten Laserstrahls ausgeführt. Der Waferherstellungsschritt 130 kann einen Schritt mit einem Fokussieren eines gepulsten Laserstrahls LB, der für das Material des Einkristallrohlings 10 eine Transmissionswellenlänge aufweist, im Inneren des Einkristallrohlings 10, vorzugsweise in einem Abstand von der oberen Fläche 15 des Einkristallrohlings 10, die mit der vorbestimmten Dicke des Wafers 30 korrespondiert, beinhalten.

[0112] Ohne an die Theorie gebunden zu sein, werden durch Fokussieren des Laserstrahls LB im Inneren des Einkristallrohlings 10 und Bewegen des Laserstrahls LB und des Einkristallrohlings 10 relativ zueinander mehrere modifizierte Bereiche im Inneren des Materials ausgebildet.

[0113] Die modifizierten Bereiche können amorphe Bereiche oder Bereiche beinhalten, in denen Risse ausgebildet sind, oder können amorphe Bereiche oder Bereiche sein, in denen Risse ausgebildet sind. In besonders bevorzugten Ausführungsformen weisen die modifizierten Bereiche amorphe Bereiche auf oder sind amorphe Bereiche. Die mehreren modifizierten Bereiche bilden eine Trennschicht aus, entlang der ein Wafer 30 von dem Einkristallrohling 10 abgetrennt werden kann.

[0114] Der Wafer 30 kann von dem Einkristallrohling 10 nach einem Aufbringen des Laserstrahls LB durch Aufbringen einer äußeren Kraft auf die obere Fläche 15 des Einkristallrohlings 10 und/oder des gesamten Einkristallrohlings 10 getrennt werden. Ein Aufbringen der äußeren Kraft auf den Einkristallrohling 10 kann ein Aufbringen einer Ultraschallwelle auf den Einkristallrohling 10 umfassen oder daraus bestehen. Der Wafer 30 kann auch auf andere Weisen von dem Einkristallrohling 10 abgetrennt werden, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, wie zum Beispiel einem Schneiden mit einer Drahtsäge.

[0115] Die Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung kann somit ein Mittel aufweisen, das eingerichtet ist, einen Wafer 30 aus dem Einkristallrohling 10 herzustellen. Insbesondere kann die Vorrichtung ein Laserstrahl-Aufbringmittel aufweisen, das eingerichtet ist, einen Laserstrahl LB im Inneren des Einkristallrohlings 10 zum Ausbilden einer Trennschicht aufzubringen. Ferner kann die Vorrichtung ein Mittel aufweisen, das eingerichtet ist, den Wafer 30 von dem Einkristallrohling 10 zu trennen. Alternativ kann die Vorrichtung eine Drahtsäge aufweisen, die eingerichtet ist, einen Wafer 30 aus dem Einkristallrohling 10 herzustellen.

[0116] Der aus dem Einkristallrohling 10 ausgebildete Wafer 30 kann eine beliebige Form aufweisen. In einer Draufsicht auf diesen kann der Wafer 30 zum Beispiel eine Kreisform, eine ovale Form, eine elliptische Form oder eine Polygonform, wie zum Beispiel eine rechteckige Form oder eine quadratische Form aufweisen.

[0117] Der Wafer 30 kann ferner ein halbleitergroßer Wafer sein. Hierin bezieht sich der Begriff „halbleitergroßer Wafer“ auf einen Wafer 30 mit den Abmessungen (standardisierten Abmessungen), insbesondere des Durchmessers (standardisierter Durchmesser), das heißt äußeren Durchmessers eines Halbleiterwafers. Die Abmessungen, insbesondere die Durchmesser, das heißt Außendurchmesser, der Halbleiterwafer sind in den SEMI-Standards definiert. Zum Beispiel sind die Abmessungen polierter, einkristalliner Siliziumwafer (Si-Wafer) in den SEMI-Standards M1 und M76 definiert und die Abmessungen polierter, einkristalliner Siliziumcarbid-Wafer (SiC-Wafer) sind in dem SEMI-Standard M55 definiert. Der Halbleitergroße Wafer kann ein 3-Zoll, 4-Zoll, 5-Zoll, 6-Zoll, 8-Zoll, 12-Zoll oder 18-Zoll Wafer sein.

[0118] In Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung weist der Wafer 30 vorzugsweise einen Enddurchmesser von im Wesentlichen 150 mm oder 200 mm auf.

[0119] Der Waferherstellungsschritt 130 kann wiederholt werden, um aus dem Einkristallrohling 10 mehrere Wafer auszubilden. Vorzugsweise wird der Waferherstellungsschritt 130 nicht länger wiederholt, sobald das Fokussieren des Laserstrahls LB im Inneren des Impfkristalls 20 auftreten würde. Mit anderen Worten wird der Waferherstellungsschritt 130 nicht länger wiederholt, sobald kein weiterer Wafer 30 mit der vorbestimmten Dicke von dem Einkristallrohling 10 getrennt werden kann, ohne den Impfkristall 20 zu beschädigen.

[0120] Dadurch werden die Ausgangsabmessungen des Impfkristalls 20 im Wesentlichen nicht verändert, was die Wiederverwendbarkeit des Impfkristalls 20 negativ beeinflussen würde. Darüber hinaus wird die Qualität des Impfkristalls 20 beibehalten. Dies lässt den Impfkristall 20 zu dessen Wiederverwendung für einen weiteren Produktionszyklus intakt.

[0121] Nach der Trennung eines einzelnen Wafers 30 von dem Einkristallrohling 10 während des Waferherstellungsschritts 130 und vor einem nachfolgenden Waferherstellungsschritt 130 zum Abtrennen eines weiteren einzelnen Wafers 30 von dem Einkristallrohling 10 kann die (neu exponierte) obere Fläche 15 des Einkristallrohlings 10 in einem weiteren, nicht gezeigten Schleifschritt geschliffen werden. Dieser Schleifschritt mit einem Schleifen der oberen Fläche

15 des Einkristallrohrlings 10 zwischen aufeinanderfolgenden Waferherstellungsschritten 130 kann im Wesentlichen in Übereinstimmung mit dem Schleifschritt einer oberen Fläche sein. Der Schleifschritt mit einem Schleifen der oberen Fläche 15 des Einkristallrohrlings 10 zwischen aufeinanderfolgenden Waferherstellungsschritten 130 kann als Grobschleifschritt und anschließender Feinschleifschritt ausgeführt werden.

[0122] Ein Schleifen der oberen Fläche 15 des Einkristallrohrlings 15 kann mit einer mit einem entsprechend eingerichteten Schleifmittel der Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung ausgeführt werden, und zwar vorzugsweise durch das gleiche Schleifmittel, das in Bezug auf den Schleifschritt einer oberen Fläche unter Bezugnahme auf **Fig. 1D** offenbart worden ist.

[0123] **Fig. 4A** veranschaulicht einen Einkristallrohrling 10, nachdem der Waferherstellungsschritt 130 mehrere Male ausgeführt worden ist, um mehrere einzelne Wafer 30 mit einer vorbestimmten Dicke von dem Einkristallrohrling 10 abzutrennen. In dem Zustand des in **Fig. 4A** veranschaulichten Einkristallrohrlings 10 kann kein weiterer einzelner Wafer 30 mit einer vorbestimmten (das heißt gewünschten) Dicke von dem Einkristallrohrling 10 abgetrennt werden, ohne den Impfkristall 20 zu beschädigen, und der Einkristallrohrling 10 besteht im Wesentlichen aus dem Impfkristall 20 und Restmaterial von dem Kristallzüchtungsschritt 110 oder von dem gezüchteten Einkristall 17, der integral mit der Fläche des Impfkristalls 20 ist. Mit anderen Worten ist das Restmaterial das Material, das in dem Zustand an der Fläche des Impfkristalls 20 angelagert ist, wenn kein weiterer Waferherstellungsschritt 130 ausgeführt werden kann, ohne die Ausgangsabmessungen des Impfkristalls 20 zu verändern.

[0124] Folglich kann vor einer Wiederverwendung des Impfkristalls 20 eine Bearbeitung des Impfkristalls 20 notwendig sein, um das Restmaterial von dem Impfkristall 20 zu entfernen, wodurch im Wesentlichen der ursprüngliche Impfkristall 20 erhalten und/oder exponiert wird. Das Verfahren kann daher ferner einen Impfkristall-Bearbeitungsschritt 140 mit einem Bearbeiten des Impfkristalls 20 umfassen, um restliches, gezüchtetes, einkristallines Material zu entfernen, was in **Fig. 4A** veranschaulicht ist.

[0125] Während des Impfkristall-Bearbeitungsschritts 140 kann (oder kann nicht) das Restmaterial von dem Kristallzüchtungsschritt 110, das an dem Umfang des Impfkristall 20 angelagert ist, (oder auch nicht) entfernt werden. Für eine Wiederverwendung des Impfkristalls 20 ist es vorteilhaft, dass die Stirnseite des Impfkristalls 20 im Wesentlichen frei von jeglichem Restmaterial ist. Mit anderen Worten wird der Impfkristall 20 zu einem Ausmaß bearbeitet,

zum Beispiel geschliffen, sodass keine nachteiligen Effekte durch Restmaterial des gezüchteten Kristalls 17 verursacht werden.

[0126] Das Bearbeiten des Impfkristalls kann durch Schleifen und/oder Polieren des Impfkristalls 20 ausgeführt werden. Es ist auch möglich, dass die Bearbeitung des Impfkristalls durch Schneiden und/oder Ätzen, zum Beispiel durch ein chemisches Mittel oder durch Plasma (zum Beispiel Trockenätzen), ausgeführt wird. Der Impfkristall 20, der durch den Impfkristall-Bearbeitungsschritt 140 erhalten wird, kann dann während eines nachfolgenden Kristallzüchtungsschritts 110, wie in **Fig. 4B** veranschaulicht, verwendet werden.

[0127] Die Vorrichtung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Offenbarung weist somit ein Mittel auf, das zum Bearbeiten des Impfkristalls 20 eingerichtet ist. Das während des Umfangsflächen-Schleifschritts 120 und/oder des Schleifschritts einer oberen Fläche verwendete Schleifmittel kann ferner auch zum Bearbeiten des Impfkristalls 20 eingerichtet sein.

[0128] Es ist somit möglich, einen Impfkristall 20 mit im Wesentlichen der gleichen Größe und Qualität zu erhalten, die der Impfkristall 20 bei dem vorangegangenen Kristallzüchtungsschritt 110 aufwies. Mit anderen Worten kann der Impfkristall 20 von einem vorangegangenen Kristallzüchtungsschritt 110 für einen nachfolgenden Kristallzüchtungsschritt 110 wiederverwendet werden, während die Qualität, Eigenschaften und im Wesentlichen die gleichen Abmessungen des Impfkristalls 20 beibehalten werden. Der Begriff „im Wesentlichen“ wird verwendet, da aufgrund der Eigenart des Prozesses einer Bearbeitung des Impfkristalls 20 und um Restmaterial zu entfernen, das an der Fläche des Impfkristalls 20 angelagert ist bzw. anhaftet (obwohl die nicht beabsichtigt ist), auch zu einem geringen Ausmaß geschliffen wird.

[0129] Dies ermöglicht Kosteneinsparungen, da der Impfkristall 20 während der Produktion nahezu nicht verloren geht, das heißt nur eine unbedeutende Menge an Material des Impfkristalls 20 entfernt wird, und kann somit mehrere Male verwendet werden. Darüber hinaus ist es möglich, einen Impfkristall 20 guter Qualität für weitere Herstellungsschritte zu behalten, um die Herstellungsqualität zu verbessern und beizubehalten.

Bezugszeichen:

10	Einkristallrohrling
11	erstes Ende
12	zweites Ende
13	Längsachse

14	Umfangsfläche
15	obere Fläche
16	Impfabschnitt
17	Einkristall
18	Ausrichtungsebene
20	Impfkristall
30	Wafer
41	Schleifscheibe
42	Schneidklinge
43	Spindel
44	Spindelachse
110	Kristallzüchtungsschritt
120	Umfangsflächen-Schleifschritt
130	Waferherstellungsschritt
140	Impfkristall-Bearbeitungsschritt
LB	Laserstrahl
d1	erster Abstand
d2	zweiter Abstand

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten eines Einkristallrohrlings (10), wobei der Einkristallrohling (10) ein erstes Ende (11), ein zweites Ende (12) und eine Längsachse (13) aufweist, die sich zwischen dem ersten Ende (11) und dem zweiten Ende (12) erstreckt, wobei der Einkristallrohling (10) einen Impfkristall (20) und einen Einkristall (17) aufweist und sich der Impfkristall (20) zumindest teilweise entlang der Längsachse (13) erstreckt, wobei das Verfahren einen Umfangsflächen-Schleifschritt (120) mit einem Schleifen einer Umfangsfläche (14) des Einkristallrohrlings (10) zumindest teilweise entlang der Längsachse (13) umfasst, wobei die Umfangsfläche (14) des Einkristallrohrlings (10) bis zu einem ersten Abstand (d1) zu der Längsachse (13) zumindest teilweise entlang eines Abschnitts der Längsachse (13) mit Ausnahme des Impfkristalls (20) geschliffen wird, wobei der erste Abstand (d1) geringer ist als eine Erstreckung des Impfkristalls (20) zu der Längsachse (13).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Umfangsfläche (14) des Einkristallrohrlings (10) zumindest teilweise entlang der Längsachse (13) bis zu einem zweiten Abstand (d2) zu der Längsachse (13) geschliffen wird, wobei der zweite Abstand (d2) größer als oder im Wesentlichen gleich einer Erstreckung des Impfkristalls (20) zu der Längsachse (13) ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Umfangsfläche (14) des Einkristallrohrlings (10) zumindest entlang eines Impfabschnitts (16) der Längsachse (13) bis zu dem zweiten Abstand (d2) zu der Längsachse (13) geschliffen wird, wobei der Impfabschnitt (16) den Impfkristall (20), insbesondere den gesamten Impfkristall (20), aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Verfahren einen Waferherstellungsschritt (130) mit einem Herstellen eines Wafers (30) aus dem Einkristallrohling (10) umfasst, wobei der Wafer (30) entlang der Längsachse (13) eine vorbestimmte Dicke aufweist, wobei der Waferherstellungsschritt (130) vorzugsweise einen Teilschritt mit einem Fokussieren eines Laserstrahls (LB) im Inneren des Einkristallrohrlings (10) umfasst.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Verfahren ferner die Schritte umfasst: einen Impfkristall-Bereitstellungsschritt mit einem Bereitstellen des Impfkristalls (20) für ein Kristallwachstum; und einen Kristallzüchtungsschritt (110) mit einem Züchten eines Einkristalls (17) an einer Fläche des Impfkristalls (20) zum Ausbilden des Einkristallrohrlings (10).

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Verfahren ferner den Schritt umfasst: einen Impfkristall-Bearbeitungsschritt (140) mit einem Bearbeiten des Impfkristalls (20), wobei der Impfkristall-Bearbeitungsschritt (140) vorzugsweise ein Schleifen und/oder Polieren des Impfkristalls (20) beinhaltet.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Einkristallrohling (10) zum Ausbilden eines Ingots oder eines Wafers (30) bearbeitet wird, wobei der Wafer (30) insbesondere unter Verwendung eines Laserstrahls (LB), einer Klinge und/oder einer Drahtsäge ausgebildet wird.

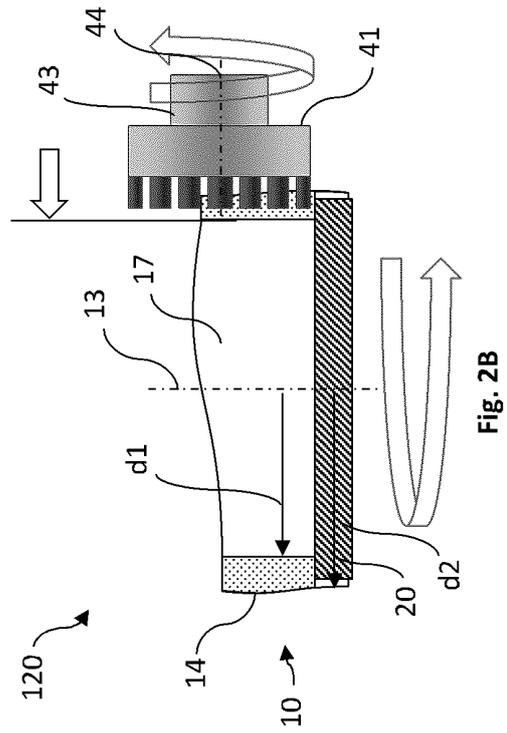
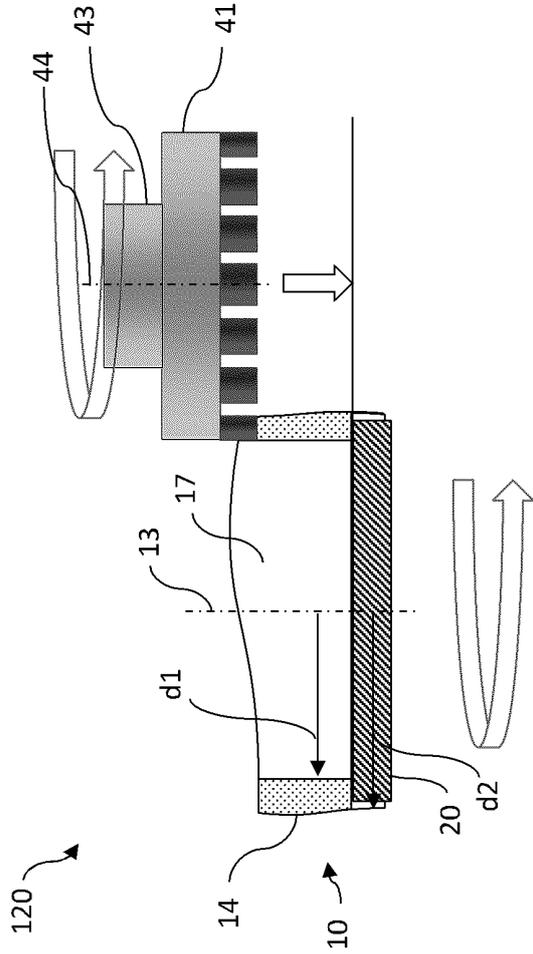
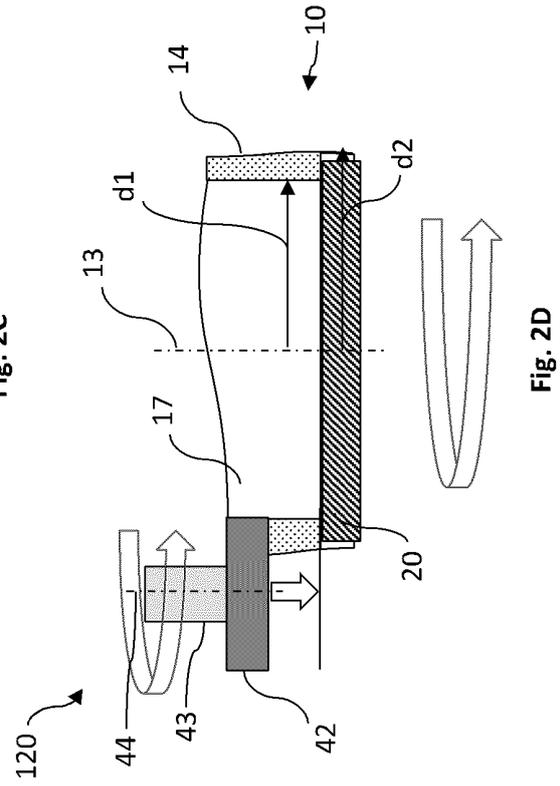
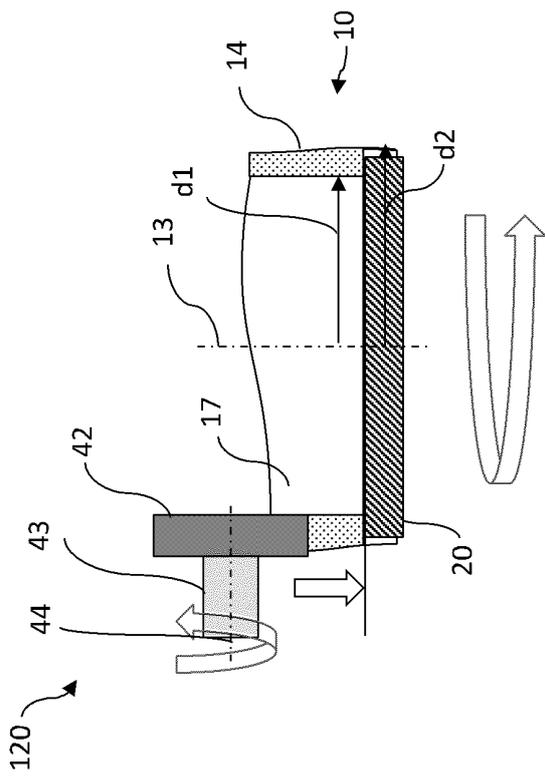
8. Vorrichtung zum Bearbeiten eines Einkristallrohrlings (10), wobei der Einkristallrohling (10) ein erstes Ende (11), ein zweites Ende (12) und eine Längsachse (13) aufweist, die sich zwischen dem ersten Ende (11) und dem zweiten Ende (12) erstreckt, wobei der Einkristallrohling (10) einen Impfkristall (20) und einen Einkristall (17) aufweist und sich der Impfkristall (20) zumindest teilweise entlang der Längsachse (13) erstreckt, wobei die Vorrichtung ein Umfangsflächen-Schleifmittel aufweist, das eingerichtet ist, eine Umfangsfläche (14) des Einkristallrohrlings (10) zumindest

teilweise entlang der Längsachse (13) zu schleifen, wobei das Umfangsflächen-Schleifmittel eingerichtet ist, die Umfangsfläche (14) des Einkristallrohlings (10) bis zu einem ersten Abstand (d_1) zu der Längsachse (13) zumindest teilweise entlang eines Abschnitts der Längsachse (13) mit Ausnahme des Impfkristalls (20) zu schleifen, wobei der erste Abstand (d_1) vorzugsweise geringer ist als eine Erstreckung des Impfkristalls (20) zu der Längsachse (13).

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, bei der das Umfangsflächen-Schleifmittel ferner eingerichtet ist, die Umfangsfläche (14) des Einkristallrohlings (10) zumindest teilweise entlang der Längsachse (13) bis zu einem zweiten Abstand (d_2) zu der Längsachse (13) zu schleifen, wobei der zweite Abstand (d_2) größer als oder im Wesentlichen gleich einer Erstreckung des Impfkristalls (20) zu der Längsachse (13) ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der das Umfangsflächen-Schleifmittel ferner eingerichtet ist, die Umfangsfläche (14) des Einkristallrohlings (10) zumindest entlang eines Impfabchnitts (16) der Längsachse (13) bis zu dem zweiten Abstand (d_2) zu der Längsachse (13) zu schleifen, wobei der Impfabschnitt (16) den Impfkristall (20), insbesondere den gesamten Impfkristall (20) beinhaltet.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen



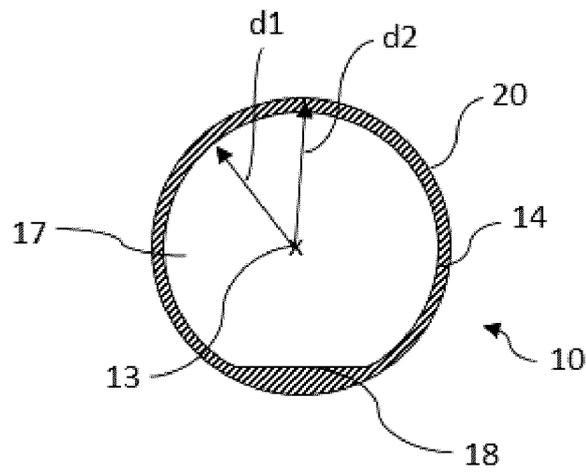


Fig. 3

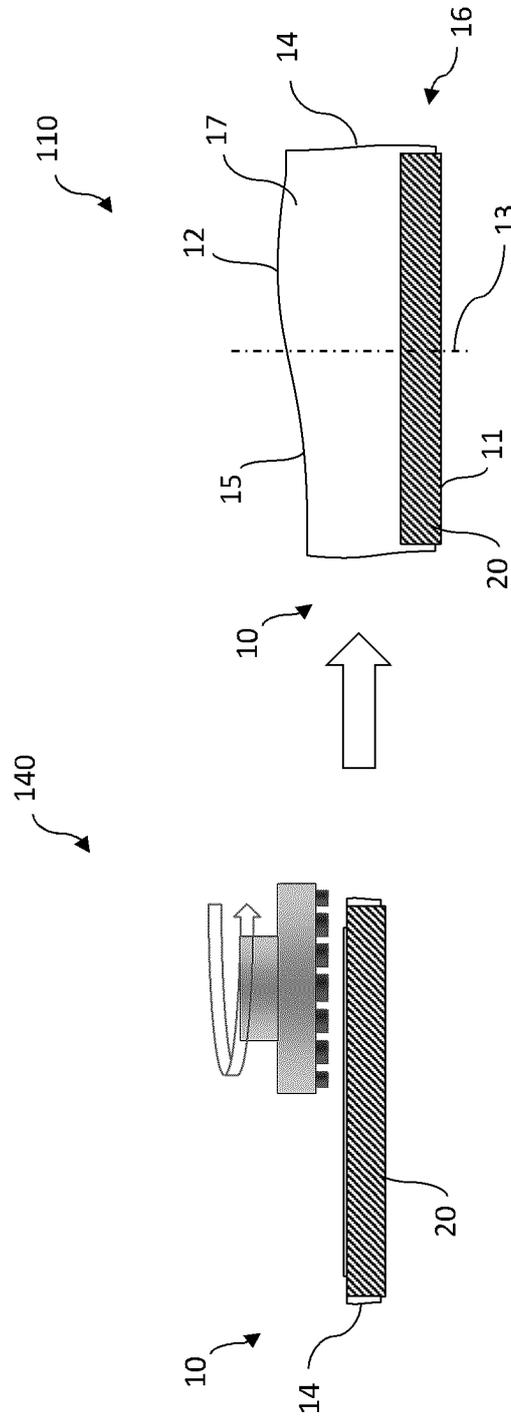


Fig. 4B

Fig. 4A