



(10) **DE 10 2021 212 374 A1** 2022.05.12

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2021 212 374.0**

(22) Anmeldetag: **03.11.2021**

(43) Offenlegungstag: **12.05.2022**

(51) Int Cl.: **H01L 21/304** (2006.01)

B23K 26/53 (2014.01)

(30) Unionspriorität:
2020-186938 **10.11.2020** **JP**

(71) Anmelder:
DISCO CORPORATION, Tokyo, JP

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

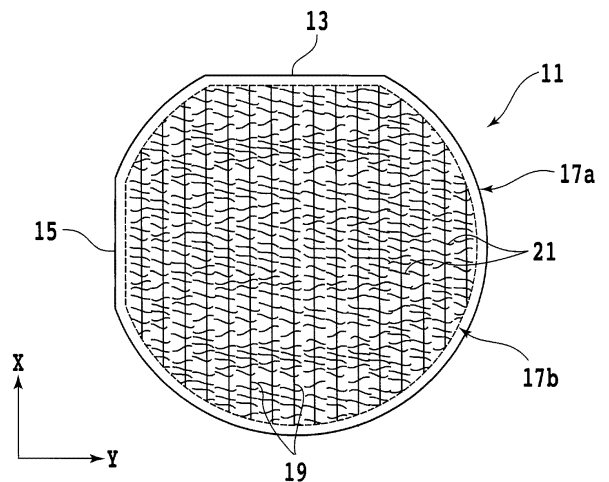
(72) Erfinder:
Hirata, Kazuya, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **WAFERHERSTELLUNGSVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Eine Abziehschicht wird dadurch ausgebildet, dass ein Laserstrahl nur auf einen mittleren Bereich eines Werkstücks aufgebracht wird, nicht aber auf einen Randbereich, der sich von der Umfangskante des Werkstücks um einen vorbestimmten Abstand nach innen erstreckt. In diesem Fall wird durch das Aufbringen des Laserstrahls die Abziehschicht im Randbereich des Werkstücks nicht ausgebildet, und der Ausbildung einer Ablationsspur an der äußeren Umfangsfläche des Werkstücks wird vorgebeugt. Als Ergebnis ist es möglich, die Wahrscheinlichkeit eines Auftretens von Abplatzungen im Randbereich eines vom Werkstück abgezogenen Wafers zu verringern, wenn der Wafer einem Nachbearbeitungsvorgang unterzogen wird.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Waferherstellungsverfahren.

BESCHREIBUNG DES IN BEZIEHUNG STEHENDEN STANDS DER TECHNIK

[0002] Chips von Halbleiterbauelementen werden im Allgemeinen unter Verwendung eines scheibenförmigen Wafers hergestellt. Dieser Wafer wird beispielsweise mit einer Drahtsäge aus einem zylindrischen Ingot herausgeschnitten und anschließend durch Polieren der oberen Fläche des Wafers und somit Fertigstellen der oberen Fläche zu einer Spiegelfläche hergestellt (siehe zum Beispiel das japanische offengelegte Patent Nr. 2000-94221).

[0003] Insbesondere werden beim Abtrennen des Wafers von dem Ingot mit der Drahtsäge winzige Unregelmäßigkeiten auf der oberen Fläche des Wafers ausgebildet, und der Wafer wird als Ganzes gekrümmt (es entsteht eine Verwerfung im Wafer). Daher wird die obere Fläche des so abgetrennten Wafers häufig poliert, um den Wafer durch Entfernen der Unregelmäßigkeiten zu planarisieren.

[0004] Wenn der Wafer jedoch poliert wird, wird ein Teil der polierten Flächenseite des Wafers zu Polierspänen und wird weggeworfen, so dass der Wafer dünner wird. Aus diesem Grund wird der Wafer im Allgemeinen so aus dem Ingot herausgeschnitten, dass er dicker ist als ein Wafer, der für die Herstellung von Halbleiterbauelementen verwendet wird.

[0005] Der Ingot, der für die Herstellung von Chips für Halbleiterbauelemente verwendet wird, ist teuer. Wenn der Wafer mit einem Verfahren hergestellt wird, das Polieren erfordert, sind die Herstellungskosten für die Chips der Halbleiterbauelemente, die unter Verwendung des Wafers hergestellt werden, daher ebenfalls tendenziell hoch.

[0006] Ferner weist einkristallines Siliziumkarbid (SiC), das als Material für Leistungsbaulemente vorgesehen ist, eine hohe Härte auf. Wenn daher ein Wafer aus einem einkristallinen SiC-Ingot mit einer Drahtsäge herausgeschnitten wird, ist die Zeit, die zum Herausschneiden des Wafers benötigt wird, tendenziell lang, und die Drahtsäge neigt zum Verschleiß.

[0007] Infolgedessen sind die Herstellungskosten für den einkristallinen SiC-Wafer tendenziell hoch. Angesichts dessen wurde ein Verfahren entwickelt, bei dem der Wafer mit Hilfe eines Laserstrahls vom Ingot abgezogen wird, ohne dass eine Drahtsäge

zum Einsatz kommt (siehe zum Beispiel das japanische Patent Laid-Open Nr. 2016-111143).

[0008] Dieses Verfahren bestrahlt den Ingot mit dem Laserstrahl in einem Zustand, in dem der Brennpunkt des Laserstrahls, der eine durch den Ingot gehende Wellenlänge aufweist, innerhalb des Ingots positioniert ist. Dadurch wird innerhalb des Ingots eine Abziehschicht ausgebildet, die eine modifizierte Schicht und von der modifizierten Schicht ausgehende Risse aufweist. Dann wird der Wafer von dem Ingot abgezogen, indem der Ingot an der Abziehschicht getrennt wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Bei dem oben beschriebenen Verfahren bewegt sich ein Spanntisch, der den Ingot hält, linear, sodass ein Teil von einem Ende zum anderen Ende des Ingots direkt unter einem Kondensator (Laserkopf) entlangläuft, während eine Laserstrahl-Bestrahlungseinheit den Laserstrahl auf eine Position direkt unter dem Kondensator aufbringt.

[0010] Dabei kann es vorkommen, dass die Leistung des Laserstrahls am Brennpunkt nicht stabil ist, wenn die Umgebung des einen Endes und die Umgebung des anderen Endes (Randbereich) des Ingots mit dem Laserstrahl bestrahlt werden. Dies wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die **Fig. 10A** bis **Fig. 10E** beschrieben. Die **Fig. 10A** bis **Fig. 10E** sind übrigens Schaubilder, die Zustände veranschaulichen, in denen die Umgebung eines Endes eines Ingots 1 mit einem Laserstrahl 3 bestrahlt wird, während der Spanntisch, der den Ingot 1 hält, bewegt wird.

[0011] Wenn die Umgebung eines Endes des Ingot 1, wie in **Fig. 10A** veranschaulicht, mit dem Laserstrahl 3 bestrahlt werden soll, wird der Brennpunkt des Laserstrahls 3 in einem Zustand, in dem eine optische Achse 5 des Laserstrahls 3 ausreichend von der äußeren Umfangsfläche des Ingot 1 getrennt ist, in einer Höhe positioniert, die dem Inneren des Ingot 1 entspricht.

[0012] Wenn der Spanntisch bewegt wird, bis die optische Achse 5, wie in **Fig. 10B** veranschaulicht, etwas außerhalb der äußeren Umfangsfläche des Ingot 1 positioniert ist, geht ein Teil des Laserstrahls 3 durch die obere Fläche des Ingot 1. Im Übrigen gibt es aufgrund des unterschiedlichen Brechungsindex zwischen dem Ingot 1 und der Atmosphäre einen Unterschied zwischen der Höhe des Brennpunkts des Laserstrahls 3, der durch das Innere des Ingots 1 verläuft, und der Höhe des Brennpunkts des Laserstrahls 3, der nicht durch das Innere des Ingots 1 verläuft.

[0013] Wenn der Spanntisch bewegt wird, bis die optische Achse 5, wie in **Fig. 10C** veranschaulicht, bei der äußeren Umfangsfläche des Ingot 1 positioniert ist, tritt etwa die Hälfte des Laserstrahls 3, die sich auf einer zu dem Ingot 1 benachbarten Seite befindet, durch die obere Fläche des Ingot 1. Im Übrigen ist, wie oben beschrieben, die Höhe des Brennpunkts des Laserstrahls, der durch das Innere des Ingots 1 verläuft, anders als die Höhe des Brennpunkts des Laserstrahls 3, der nicht durch das Innere des Ingots 1 verläuft.

[0014] Wenn der Spanntisch bewegt wird, bis die optische Achse 5, wie in **Fig. 10D** veranschaulicht, etwas innerhalb der äußeren Umfangsfläche des Ingots 1 positioniert ist, gelangt ein Teil des Laserstrahls 3 über die äußere Umfangsfläche des Ingots 1 zum Brennpunkt innerhalb des Ingots 1. Zu diesem Zeitpunkt wird an der äußeren Umfangsfläche des Ingots 1 eine Ablationsspur durch Multiphotonenabsorption ausgebildet. Die Höhe des Brennpunkts des Laserstrahls 3, der durch die äußere Umfangsfläche des Ingots 1 verläuft, unterscheidet sich übrigens, wie oben beschrieben, von der Höhe des Brennpunkts des Laserstrahls 3, der durch die obere Fläche des Ingots 1 verläuft.

[0015] Wenn der Spanntisch bewegt wird, bis die optische Achse 5, wie in **Fig. 10E** veranschaulicht, einen ausreichenden Abstand zur äußeren Umfangsfläche des Ingots 1 hat, gelangt der gesamte Laserstrahl 3 durch die obere Fläche des Ingots 1. Zu diesem Zeitpunkt läuft der gesamte Laserstrahl 3 zu einem einzigen Brennpunkt innerhalb des Ingots 1. Daher ist die Leistungsdichte des Laserstrahls 3 am Brennpunkt innerhalb des Ingots 1 zu diesem Zeitpunkt am höchsten in einem Zeitraum von der Positionierung des Strahlkondensors des Laserstrahls 3 an der äußeren Umfangsfläche des Ingots 1 (siehe **Fig. 10C**) bis zu diesem Zeitpunkt (siehe **Fig. 10E**).

[0016] Darüber hinaus wird auch dann, wenn der Spanntisch so bewegt wird, dass ein anderes Ende des Ingots 1 mit dem Laserstrahl 3 bestrahlt wird, auf der äußeren Umfangsfläche des Ingots 1 ebenfalls eine durch Multiphotonenabsorption entstandene Ablationsspur ausgebildet und die Leistungsdichte des Laserstrahls 3 am Brennpunkt innerhalb des Ingots 1 verändert sich.

[0017] In einem Fall, in dem die Umgebung des einen Endes und die Umgebung des anderen Endes (Randbereich) des Ingots 1 so mit dem Laserstrahl 3 bestrahlt werden und die Ablationsspuren auf der äußeren Umfangsfläche des Ingots 1 ausgebildet werden, ist zu befürchten, dass in einem Nachbearbeitungsvorgang (Schleifen, chemisch-mechanisches Polieren (CMP), Kantenentgraten, Anfasen oder Ähnliches), der an dem vom Ingot 1 abgezoge-

nen Wafer durchgeführt wird, Abplatzungen im Randbereich des Wafers auftreten.

[0018] Angesichts dessen ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Waferherstellungsverfahren bereitzustellen, das die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Abplatzungen im Randbereich eines Wafers in einem Nachbearbeitungsvorgang verringern kann.

[0019] In Übereinstimmung mit einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Herstellen eines Wafers bereitgestellt, um aus einem Werkstück, das ein einkristalliner SiC-Ingot oder ein einkristalliner SiC-Wafer ist und eine erste Fläche und eine der ersten Fläche gegenüberliegende zweite Fläche aufweist, einen Wafer herzustellen, der eine Dicke aufweist, die geringer ist als ein Abstand zwischen der ersten Fläche und der zweiten Fläche. Das Waferherstellungsverfahren umfasst einen Abziehschicht-Ausbildungsschritt mit einem Positionieren eines Brennpunkts eines Laserstrahls mit einer Wellenlänge, die durch das Werkstück hindurchgeht, innerhalb des Werkstücks, einem Aufbringen des Laserstrahls, während das Werkstück und der Brennpunkt relativ zueinander entlang einer Schnittlinie bewegt werden, an der eine Ebene parallel zu einer c-Ebene des Werkstücks und die erste Fläche einander kreuzen, und einem Ausbilden einer Abziehschicht, die einen modifizierten Abschnitt und einen Riss aufweist, der sich von dem modifizierten Abschnitt entlang der c-Ebene erstreckt, und einen Waferabziehschritt mit einem Abziehen des Wafers von dem Werkstück durch Trennen des Werkstücks an der Abziehschicht, wobei der Abziehschicht-Ausbildungsschritt den Laserstrahl nur in einem Zustand aufbringt, in dem der Brennpunkt in einem mittleren Abschnitt des Werkstücks positioniert ist, der sich von einem Randbereich unterscheidet, der sich von einer Umfangskante des Werkstücks um einen vorbestimmten Abstand nach innen erstreckt.

[0020] Vorzugsweise weist das Waferherstellungsverfahren ferner einen Umfangskanten-Erfassungsschritt mit einem Erfassen der Umfangskante des Werkstücks auf, indem vor dem Abziehschicht-Ausbildungsschritt durch eine Bildgebungseinheit die erste Flächenseite des Werkstücks erfasst wird.

[0021] Vorzugsweise weist das Waferherstellungsverfahren nach dem Waferabziehschritt ferner einen Schleifschritt zum Schleifen einer Abziehfläche des Wafers auf, wobei die Abziehfläche durch Abziehen des Wafers vom Werkstück freigelegt wird.

[0022] Vorzugsweise weist das Waferherstellungsverfahren ferner einen Anfassschritt auf, bei dem die Umfangskante des Wafers nach dem Waferabziehschritt angefasst wird.

[0023] Die vorliegende Erfindung bildet die Abziehschicht aus, indem der Laserstrahl nur auf den mittleren Bereich des Werkstücks aufgebracht wird, nicht aber auf den Randbereich, der sich von der Umfangskante des Werkstücks um einen vorgegebenen Abstand nach innen erstreckt. In diesem Fall wird durch das Aufbringen des Laserstrahls die Abziehschicht im Randbereich des Werkstücks nicht ausgebildet, und die Bildung einer Ablationsspur auf der äußeren Umfangsfläche des Werkstücks wird verhindert. Dadurch ist es möglich, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Abplatzungen im Randbereich des Wafers zu verringern, wenn der vom Werkstück abgezogene Wafer einem Nachbearbeitungsvorgang unterzogen wird.

[0024] Die obige und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung und die Weise ihrer Umsetzung werden durch ein Studium der folgenden Beschreibung und der beigefügten Ansprüche mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen, die eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeigen, deutlicher, und die Erfindung selbst wird hierdurch am besten verstanden.

Figurenliste

Fig. 1A ist eine perspektivische Ansicht, die ein Beispiel für ein Werkstück schematisch veranschaulicht;

Fig. 1B ist eine Seitenansicht, die das Beispiel des Werkstücks schematisch veranschaulicht;

Fig. 2 ist ein Schaubild, das das Werkstück in einem Zustand schematisch veranschaulicht, in dem eine Umgebung eines Endes des Werkstücks mit einem Laserstrahl bestrahlt wird;

Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für ein Waferherstellungsverfahren veranschaulicht;

Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht, die eine Laserbestrahlungsvorrichtung zur Durchführung eines Abziehschicht-Ausbildungsschritts und des Werkstücks schematisch veranschaulicht;

Fig. 5A ist eine Schnittansicht, die einen mittleren Bereich des Werkstücks nach dem Abziehschicht-Ausbildungsschritt schematisch veranschaulicht;

Fig. 5B ist ein Schaubild, das das Werkstück nach dem Abziehschicht-Ausbildungsschritt schematisch veranschaulicht;

Fig. 6 ist eine Schnittansicht, die eine Trennvorrichtung zur Durchführung eines Waferabziehschritts und das Werkstück schematisch veranschaulicht;

Fig. 7 ist ein Flussdiagramm, das ein weiteres Beispiel für das Waferherstellungsverfahren veranschaulicht;

Fig. 8 ist eine perspektivische Ansicht, die eine Schleifvorrichtung zur Durchführung eines Schleifschritts und einen von dem Werkstück abgezogenen Wafer schematisch veranschaulicht;

Fig. 9 ist eine Seitenansicht, die eine Anfasvorrichtung zur Durchführung eines Anfassschritts und den vom Werkstück abgezogenen Wafer schematisch veranschaulicht;

Fig. 10A ist ein Schaubild, das einen Zustand veranschaulicht, in dem die Umgebung eines Endes eines Ingots mit einem Laserstrahl bestrahlt wird;

Fig. 10B ist ein Schaubild, das einen Zustand veranschaulicht, in dem die Umgebung eines Endes des Ingots mit dem Laserstrahl bestrahlt wird;

Fig. 10C ist ein Schaubild, das einen Zustand veranschaulicht, in dem die Umgebung eines Endes des Ingots mit dem Laserstrahl bestrahlt wird;

Fig. 10D ist ein Schaubild, das einen Zustand veranschaulicht, in dem die Umgebung eines Endes des Ingots mit dem Laserstrahl bestrahlt wird; und

Fig. 10E ist ein Schaubild, das einen Zustand veranschaulicht, in dem die Umgebung eines Endes des Ingots mit dem Laserstrahl bestrahlt wird.

AUSFÜHRLICHE ERLÄUTERUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0025] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. **Fig. 1A** ist eine perspektivische Ansicht, die ein Beispiel für ein Werkstück schematisch veranschaulicht, das in einem Waferherstellungsverfahren in Übereinstimmung mit der vorliegenden Ausführungsform verwendet wird. **Fig. 1B** ist eine Seitenansicht, die ein Beispiel des Werkstücks schematisch veranschaulicht. Das in **Fig. 1A** und **Fig. 1B** veranschaulichte Werkstück 11 ist ein zylindrischer SiC-Ingots mit einer oberen Fläche (erste Fläche) 11a und einer unteren Fläche (zweite Fläche) 11b, die im Wesentlichen parallel zueinander sind.

[0026] Das Werkstück 11 wird durch epitaktisches Wachstum hergestellt. Dann wird das Werkstück 11 so hergestellt, dass eine c-Achse 11c aus einkristallinem SiC in Bezug auf eine Senkrechte 11d zur oberen Fläche 11a und zur unteren Fläche 11b leicht geneigt ist, um die im Inneren ausgebildeten Gitter-

defekte zu verringern. Beispielsweise beträgt ein Winkel (Abweichungswinkel) α , der zwischen der c-Achse 11c und der Senkrechten 11d ausgebildet ist, 1° bis 6° (typischerweise 4°).

[0027] Zwei flache Abschnitte, die die Kristallausrichtung des einkristallinen SiC anzeigen, d. h. eine primäre Ausrichtungsebene 13 und eine sekundäre Ausrichtungsebene 15, werden in einem Randbereich des Werkstücks 11 ausgebildet. Dabei ist die primäre Ausrichtungsebene 13 länger als die sekundäre Ausrichtungsebene 15. Darüber hinaus ist die sekundäre Ausrichtungsebene 15 so ausgebildet, dass sie parallel zu einer Schnittlinie verläuft, an der sich eine zu einer c-Ebene 11e des SiC-Einkristalls parallele Ebene und die obere Fläche 11a oder die untere Fläche 11b einander kreuzen.

[0028] Es ist zu anmerken, dass das Werkstück 11 nicht auf den einkristallinen SiC-Ingots beschränkt ist, sondern auch ein einkristalliner SiC-Wafer sein kann, der vom einkristallinen SiC-Ingots abgezogen wird. Darüber hinaus kann die primäre Ausrichtungsebene 13 und/oder die sekundäre Ausrichtungsebene 15 nicht an der seitlichen Fläche des Werkstücks 11 vorgesehen sein.

[0029] Ferner ist das Werkstück 11 in einen Randbereich 17a, der sich von der Umfangskante des Werkstücks 11 um einen vorbestimmten Abstand nach innen erstreckt, und einen mittleren Bereich 17b, der sich innerhalb des Randbereichs 17a befindet, abgegrenzt. Übrigens ist eine Grenzlinie zwischen dem Randbereich 17a und dem mittleren Bereich 17b in **Fig. 1A** und **Fig. 1B** zwar durch eine gestrichelte Linie angedeutet, aber diese Grenzlinie ist eine imaginäre Linie und existiert nicht auf einem tatsächlichen Werkstück 11.

[0030] Insbesondere ist der Randbereich 17a ein Bereich, in dem in einem später beschriebenen Abziehschicht-Ausbildungsschritt keine absichtliche Ausbildung einer Abziehschicht ausgeführt wird. Andererseits ist der mittlere Bereich 17b ein Bereich, in dem die absichtliche Ausbildung einer Abziehschicht in dem später beschriebenen Abziehschicht-Ausbildungsschritt ausgeführt wird.

[0031] Mit anderen Worten ist der Randbereich 17a ein Bereich, in dem der Brennpunkt eines zur Ausbildung einer Abziehschicht aufgetragenen Laserstrahls in dem später beschriebenen Abziehschicht-Ausbildungsschritt nicht positioniert ist. Der mittlere Bereich 17b hingegen ist ein Bereich, in dem der Brennpunkt des zur Ausbildung einer Abziehschicht aufgetragenen Laserstrahls in dem später beschriebenen Abziehschicht-Ausbildungsschritt positioniert ist.

[0032] Darüber hinaus wird die Breite des Randbereichs 17a, d. h. ein Abstand zwischen der Umfangskante und dem mittleren Bereich 17b des Werkstücks 11, vorzugsweise so eingestellt, dass er gleich oder größer ist als der Mindestwert des Abstands zwischen dem Brennpunkt des Laserstrahls, der die obere Fläche des Werkstücks 11 durchdringt, und der äußeren Umfangsfläche des Werkstücks 11. Daher kann die Breite des Randbereichs 17a in Abhängigkeit von der numerischen Apertur NA einer Kondensorlinse zum Bündeln des auf das Werkstück 11 aufgetragenen Laserstrahls und dergleichen eingestellt werden.

[0033] Dies wird unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben. **Fig. 2** ist übrigens ein Schaubild, welches das Werkstück 11 in einem Zustand schematisch veranschaulicht, in dem eine Umgebung eines Endes des Werkstücks 11 mit dem Laserstrahl bestrahlt wird. Die Umgebung des in **Fig. 2** veranschaulichten Endes des Werkstücks 11 wird mit einem Laserstrahl L von oben bestrahlt. Der Laserstrahl L wird in einem Brennpunkt F gebündelt, der sich auf einer optischen Achse O innerhalb des Werkstücks 11 befindet.

[0034] Wenn ein Abstand zwischen der optischen Achse O des Laserstrahls L und der äußeren Umfangsfläche des Werkstücks 11 gleich oder größer als r ist, gelangt der gesamte Laserstrahl L durch die obere Fläche des Werkstücks 11, ohne durch die äußere Umfangsfläche des Werkstücks 11 zu gelangen. Mit anderen Worten ist r hier der Mindestwert des Abstands zwischen dem Brennpunkt des Laserstrahls L, der vollständig durch die obere Fläche des Werkstücks 11 gelangt, und der äußeren Umfangsfläche des Werkstücks 11. Daher muss die Breite des Randbereichs 17a gleich oder größer als r gewählt werden, damit der Laserstrahl L nicht durch die äußere Umfangsfläche des Werkstücks 11 hindurchgeht.

[0035] Wenn θ hier ein Winkel ist, der zwischen einer imaginären Linie für den Fall ausgebildet wird, dass sich der Laserstrahl L beim Eintritt in das Werkstück 11 in einer geraden Linie bewegt, ohne gebrochen zu werden, und der optischen Achse O, und wenn z ein Abstand zwischen der oberen Fläche des Werkstücks 11 und einem Schnittpunkt (imaginärer Brennpunkt F0) der imaginären Linie und der optischen Achse O ist, kann r durch die folgende Gleichung 1 ausgedrückt werden.

[Math. 1]

$$r = z \times \tan\theta \quad (\text{Gleichung 1})$$

[0036] Wenn n der Brechungsindex einer Atmosphäre ist, kann die numerische Apertur NA der Kondensorlinse, die den Laserstrahl L bündelt, durch die folgende Gleichung 2 ausgedrückt werden, und der

Winkel θ , der zwischen der imaginären Linie und der optischen Achse 0 ausgebildet wird, kann unter Verwendung der numerischen Apertur NA durch die folgende Gleichung 3 ausgedrückt werden.

[Math. 2]

$$NA = n \times \sin \theta \quad (\text{Gleichung 2})$$

[Math. 3]

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{NA}{n} \right) \quad (\text{Gleichung 3})$$

[0037] Wenn Gleichung 3 in Gleichung 1 eingesetzt wird, kann r durch die folgende Gleichung 4 ausgedrückt werden.

[Math. 4]

$$r = z \times \tan \left\{ \sin^{-1} \left(\frac{NA}{n} \right) \right\} \quad (\text{Gleichung 4})$$

[0038] Die numerische Apertur NA und der Brechungsindex n der Atmosphäre unter den Parametern, die zu der rechten Seite der Gleichung 4 gehören, können vor der Bestrahlung des Werkstücks 11 mit dem Laserstrahl L erfasst werden. Außerdem kann der Abstand z zwischen der oberen Fläche des Werkstücks 11 und dem imaginären Brennpunkt F0 bei der Bestrahlung des Werkstücks 11 mit dem Laserstrahl L festgelegt werden.

[0039] Daher kann die Breite r des Randbereichs 17a, die erforderlich ist, damit der Laserstrahl L nicht durch die äußere Umfangsfläche des Werkstücks 11 gelangt, berechnet werden, bevor das Werkstück 11 tatsächlich mit dem Laserstrahl L bestrahlt wird. Dann wird die Breite des Randbereichs 17a vorzugsweise so eingestellt, dass sie gleich oder größer als das so berechnete r ist.

[0040] In einem Fall, in dem die Leistungsdichte des Laserstrahls, der auf das Werkstück 11 aufgebracht wird, um eine Abziehschicht auszubilden, nicht sehr hoch ist (zum Beispiel in einem Fall, in dem keine Ablationsspur ausgebildet wird, selbst wenn die äußere Umfangsfläche des Werkstücks 11 mit dem Laserstrahl bestrahlt wird), kann die Breite des Randbereichs 17a jedoch so eingestellt werden, dass sie kleiner als das oben beschriebene r ist.

[0041] Andererseits ist der Randbereich 17a ein Bereich, in dem in einem später beschriebenen Waferabziehschritt ein Riss von der Grenze zwischen dem Randbereich 17a und dem mittleren Bereich 17b bis zur äußeren Umfangsfläche des Werkstücks 11 entwickelt werden soll. Daher ist die Breite des Randbereichs 17a vorzugsweise nicht übermäßig groß.

[0042] Beispielsweise wird die Breite des Randbereichs 17a vorzugsweise auf das Vierfache von r oder weniger, noch bevorzugter auf das Dreifache von r oder weniger und ganz besonders bevorzugt auf das Zweifache von r oder weniger eingestellt.

[0043] Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für ein Waferherstellungsverfahren in Übereinstimmung mit der vorliegenden Ausführungsform veranschaulicht. Bei diesem Verfahren wird zunächst eine Abziehschicht durch Bestrahlung des Werkstücks 11 mit dem Laserstrahl ausgebildet (Abziehschicht-Ausbildungsschritt: S1).

[0044] Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht, die eine Laserbestrahlungsvorrichtung zur Durchführung des Abziehschicht-Ausbildungsschritts (S1) und das Werkstück 11 schematisch veranschaulicht. Übrigens sind eine X-Achsenrichtung und eine Y-Achsenrichtung, die in Fig. 4 veranschaulicht sind, auf einer horizontalen Ebene senkrechte Richtungen zueinander, und eine Z-Achsenrichtung ist eine Richtung (vertikale Richtung), die senkrecht zu der X-Achsenrichtung und zu der Y-Achsenrichtung steht.

[0045] Die in Fig. 4 veranschaulichte Laserbestrahlungsvorrichtung 2 schließt einen Spanntisch 4 ein, der eine kreisförmige Haltefläche aufweist, die im Wesentlichen parallel zu der horizontalen Ebene verläuft, und der das Werkstück 11 durch die Haltefläche halten kann. Der Spanntisch 4 ist mit einem nicht veranschaulichten Saugmechanismus gekoppelt.

[0046] Der Saugmechanismus weist einen Ejektor oder dergleichen auf. Dadurch kann der Saugmechanismus einen Unterdruck in der Haltefläche des Spanntisches 4 erzeugen. Wenn der Saugmechanismus in einem Zustand arbeitet, in dem das Werkstück 11 an der Haltefläche angebracht ist, wird das Werkstück 11 vom Spanntisch 4 angesaugt und gehalten.

[0047] Ferner ist der Spanntisch 4 mit einem nicht veranschaulichten X-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus und einem nicht veranschaulichten Y-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus verbunden. Der X-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus und der Y-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus weisen beispielsweise jeweils eine Kugelspindel, einen Motor und dergleichen auf. Wenn der X-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus und/oder der Y-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus arbeitet, bewegt sich der Spanntisch 4 entlang der X-Achsenrichtung und/oder der Y-Achsenrichtung.

[0048] Darüber hinaus ist der Spanntisch 4 mit einem nicht veranschaulichten Rotationsmechanismus gekoppelt. Der Rotationsmechanismus weist

zum Beispiel eine Spindel, einen Motor und dergleichen auf. Wenn der Rotationsmechanismus arbeitet, dreht sich der Spanntisch 4 um eine Rotationsachse. Diese Rotationsachse ist eine gerade Linie, die durch den Mittelpunkt der Haltefläche und entlang der Z-Achsenrichtung verläuft.

[0049] Oberhalb des Spanntisches 4 ist ein Kopf 8 einer Laserstrahl-Bestrahlungseinheit 6 vorgesehen. Der Kopf 8 ist an einem distalen Abschnitt (einem Ende) einer Kopplungseinheit 10 bereitgestellt, die sich entlang der Y-Achsenrichtung erstreckt. Der Kopf 8 enthält übrigens ein optisches System aus einer Kondensorlinse, einem Spiegel und dergleichen, und die Kopplungseinheit 10 enthält ein optisches System aus einem Spiegel und/oder einer Linse oder dergleichen.

[0050] Ein anderer Endabschnitt der Kupplungseinheit 10 ist mit einem nicht veranschaulichten Z-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus gekoppelt. Der Z-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus weist beispielsweise eine Kugelspindel, einen Motor und dergleichen auf. Wenn der Z-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus arbeitet, bewegen sich der Kopf 8 und die Kupplungseinheit 10 entlang der Z-Achsenrichtung.

[0051] Darüber hinaus weist die Laserstrahl-Bestrahlungseinheit 6 einen nicht veranschaulichten Laseroszillator auf, der einen Laserstrahl mit einer Wellenlänge (zum Beispiel 1064 nm) erzeugt, der das Werkstück 11 durchdringt. Der Laseroszillator weist zum Beispiel Nd:YAG oder ähnliches als Lasermedium auf. Wenn der Laseroszillator den Laserstrahl erzeugt, wird der Laserstrahl über die in der Kopplungseinheit 10 und dem Kopf 8 untergebrachten optischen Systeme auf die Halteflächenseite des Spanntisches 4 aufgebracht.

[0052] Ferner ist an einem seitlichen Abschnitt der Kopplungseinheit 10 eine Bildgebungseinheit 12 vorgesehen, die die Halteflächenseite des Spanntisches 4 abbilden kann. Die Bildgebungseinheit 12 weist beispielsweise eine Lichtquelle, wie zum Beispiel eine lichtemittierende Diode (LED), ein Objektiv und ein Bildgebungselement, wie zum Beispiel einen ladungsgekoppelten Bauelement-Bildsensor (CCD) oder einen komplementären Metalloxid-Halbleiter-Bildsensor (CMOS) auf. Dann wird das Objektiv der Bildgebungseinheit 12 an einer Position vorgesehen, die entlang der X-Achsenrichtung von der im Kopf 8 untergebrachten Kondensorlinse aus gesehen getrennt ist.

[0053] Der Abziehschicht-Ausbildungsschritt (S1) unter Verwendung der Laserbestrahlungsvorrichtung 2 wird beispielsweise in der folgenden Reihenfolge durchgeführt. Als Erstes wird das Werkstück 11 auf der Haltefläche des Spanntisches 4 angebracht,

so dass die obere Fläche 11a nach oben gerichtet ist. Als Nächstes wird die Saugwirkung aktiviert, um das Werkstück 11 auf dem Spanntisch 4 anzusaugen und zu halten.

[0054] Als Nächstes dreht der Rotationsmechanismus den Spanntisch 4 so, dass die sekundäre Ausrichtungsebene 15 auf der Grundlage eines Bildes der oberen Fläche 11a des Werkstücks 11 oder dergleichen, das durch die Bildgebungseinheit 12 ausgebildet wird, parallel zu der X-Achsenrichtung wird. Als Nächstes bewegt der X-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus und/oder der Y-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus den Spanntisch 4 derart, dass der Kopf 8 direkt über einer Position des mittleren Bereichs 17b positioniert wird, die sich in der Nähe der Grenze zwischen dem Randbereich 17a und dem mittleren Bereich 17b des Werkstücks 11 befindet.

[0055] Als Nächstes wird das optische System bzw. werden die optischen Systeme des Kopfes 8 und/oder der Kopplungseinheit 10 so eingestellt, dass der Brennpunkt des von der Laserstrahl-Bestrahlungseinheit 6 aufgebrachten Laserstrahls innerhalb des Werkstücks 11 positioniert wird. Zum Beispiel bewegt der Z-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus den Kopf 8 und die Kopplungseinheit 10 so, dass ein Abstand zwischen der im Kopf 8 untergebrachten Kondensorlinse und der oberen Fläche 11a des Werkstücks 11 einen vorbestimmten Abstand annimmt.

[0056] Es ist anzumerken, dass eine solche Einstellung des optischen Systems zu einem beliebigen Zeitpunkt vor der Bestrahlung des Werkstücks 11 mit dem Laserstrahl hergestellt werden kann. Zum Beispiel kann die Einstellung des optischen Systems vor der Drehung und Bewegung des oben beschriebenen Spanntisches 4 hergestellt werden. Darüber hinaus wird eine solche Einstellung des optischen Systems so vorgenommen, dass der Abstand zwischen dem Brennpunkt des Laserstrahls und der oberen Fläche 11a des Werkstücks 11 etwas größer ist als die Dicke eines Wafers, der zur Herstellung von Chips von Halbleiterbauelementen verwendet wird.

[0057] Als Nächstes bringt die Laserstrahl-Bestrahlungseinheit 6 den Laserstrahl der Wellenlänge auf, die durch das Werkstück 11 hindurchgeht, während der X-Achsenrichtung-Bewegungsmechanismus den Spanntisch 4 so bewegt, dass der Brennpunkt des Laserstrahls nicht aus dem mittleren Bereich 17b herausgeht. Das heißt, die Laserstrahl-Bestrahlungseinheit 6 bestrahlt den mittleren Bereich 17b mit dem Laserstrahl, während das Werkstück 11 und der Brennpunkt des Laserstrahls relativ zueinander entlang der Schnitlinie bewegt werden, an der sich eine zur c-Ebene 11e des Werkstücks 11 (Einkristall-SiC)

parallele Ebene und die obere Fläche 11a gegenseitig schneiden.

[0058] Als Nächstes wird ein ähnliches Aufbringen des Laserstrahls wiederholt. Insbesondere wird der Laserstrahl in ähnlicher Weise auf einen linearen Teil entlang der X-Achsenrichtung in dem mittleren Bereich 17b aufgebracht, wobei dieser lineare Teil um einen vorbestimmten Abstand in Y-Achsenrichtung von einem linearen Teil entlang der X-Achsenrichtung getrennt ist, der mit dem Laserstrahl bestrahlt worden ist. Mehrere Reihen modifizierter Abschnitte 19 entlang der X-Achsenrichtung werden so über die gesamte Innenseite des mittleren Bereichs 17b ausgebildet.

[0059] Fig. 5A ist eine Schnittansicht, die schematisch den mittleren Bereich 17b des Werkstücks 11 nach dem Abziehschicht-Ausbildungsschritt (S1) veranschaulicht. Fig. 5B ist ein Schaubild, in dem das Werkstück 11 nach dem Abziehschicht-Ausbildungsschritt (S1) schematisch dargestellt ist.

[0060] Wie in Fig. 5A und Fig. 5B veranschaulicht, können sich, wenn die modifizierten Abschnitte 19 im Abziehschicht-Ausbildungsschritt (S1) ausgebildet werden, von den modifizierten Abschnitten 19 entlang der c-Ebene 11e Risse 21 bilden. Dadurch wird im mittleren Bereich 17b eine Abziehschicht 23 ausgebildet, welche die modifizierten Abschnitte 19 und die Risse 21 aufweist und durch das Aufbringen einer äußeren Kraft auf das Werkstück 11 vertikal abgetrennt werden soll.

[0061] Bei dem in Fig. 3 veranschaulichten Verfahren wird ein Wafer von dem Werkstück 11 abgezogen (Waferabziehschritt: S2), indem das Werkstück 11 nach dem Abziehschicht-Ausbildungsschritt (S1) an der Abziehschicht 23 getrennt wird. Fig. 6 ist eine Schnittansicht, die eine Trennvorrichtung zur Durchführung des Waferabziehschritts (S2) und des Werkstücks 11 schematisch veranschaulicht.

[0062] Die in Fig. 6 veranschaulichte Trennvorrichtung 14 weist einen Flüssigkeitstank 18 auf, in dem sich eine Flüssigkeit 16 befindet. Ein unterer Abschnitt des Flüssigkeitsbehälters 18 ist mit einem Aufnahmetisch 20 versehen, auf dem das Werkstück 11 angebracht werden kann. Das Werkstück 11 wird auf dem Aufnahmetisch 20 so angebracht, dass es in den Flüssigkeitsbehälter 18 eingetaucht ist.

[0063] Ferner weist die Trennvorrichtung 14 eine Ultraschallbestrahlungseinheit 22 auf, die eine Ultraschallwelle aufbringen kann. Die Ultraschallbestrahlungseinheit 22 kann beispielsweise zwischen einer eingefahrenen Position, in der die Ultraschallbestrahlungseinheit 22 von der Flüssigkeit 16 getrennt ist, und einer Betriebsposition, in der die untere Flä-

che der Ultraschallbestrahlungseinheit 22 mit der Flüssigkeit 16 in Kontakt ist, bewegt werden.

[0064] Der Waferabziehschritt (S2) unter Verwendung der Trennvorrichtung 14 wird beispielsweise in der folgenden Reihenfolge durchgeführt. Als Erstes wird die Ultraschallbestrahlungseinheit 22 in der eingefahrenen Position positioniert, und anschließend wird das Werkstück 11 auf dem Aufnahmetisch 20 angebracht, sodass die obere Fläche 11a nach oben gerichtet ist.

[0065] Als Nächstes wird die Ultraschall-Bestrahlungseinheit 22 an der Betriebsposition positioniert und anschließend eine Ultraschallwelle von der unteren Fläche der Ultraschall-Bestrahlungseinheit 22 aufgebracht. Diese Ultraschallwelle breitet sich in der Flüssigkeit 16 aus und wird auf das Werkstück 11 aufgebracht.

[0066] Dabei wird eine Ultraschallschwingung (äußere Kraft) auf das Werkstück 11 aufgebracht, so dass sich die im Abziehschicht-Ausbildungsschritt (S1) ausgebildeten Risse 21 weiter entwickeln. Die Risse 21 entwickeln sich dann nicht nur im mittleren Bereich 17b, sondern auch zum Randbereich 17a. Infolgedessen wird das Werkstück 11 an der Abziehschicht 23 abgetrennt, und ein Wafer wird vom Werkstück 11 abgezogen.

[0067] Während Fig. 6 eine Ausführungsform veranschaulicht, bei der das gesamte auf dem Aufnahmetisch 20 angebrachte Werkstück 11 in die Flüssigkeit 16 eingetaucht ist, kann das gesamte Werkstück 11 übrigens im Waferabziehschritt (S2) nicht in die Flüssigkeit 16 eingetaucht sein.

[0068] In der Trennvorrichtung 14 kann zum Beispiel eine Düse, die dem Werkstück 11 die Flüssigkeit zuführt, in der Umgebung der Ultraschall-Bestrahlungseinheit 22 vorgesehen sein. Dann kann im Waferabziehschritt (S2) durch die Ultraschall-Bestrahlungseinheit 22 eine Ultraschallschwingung (äußere Kraft) auf das Werkstück 11 aufgebracht werden, indem die Ultraschallwelle aufgebracht wird, während die Flüssigkeit von der Düse zum Werkstück 11 geführt wird.

[0069] Bei dem in Fig. 3 veranschaulichten Waferherstellungsverfahren wird die Abziehschicht 23 dadurch ausgebildet, dass der Laserstrahl nur auf den mittleren Bereich 17b des Werkstücks 11 aufgebracht wird, nicht aber auf den Randbereich 17a, der sich von der Umfangskante des Werkstücks 11 um einen vorgegebenen Abstand nach innen erstreckt.

[0070] In diesem Fall bildet das Aufbringen des Laserstrahls die Abziehschicht 23 im Randbereich 17a des Werkstücks 11 nicht aus, und die Ausbildung einer Ablationsspur an der äußeren Umfangs-

fläche des Werkstücks 11 wird vorgebeugt. Dadurch ist es möglich, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Abplatzungen im Randbereich des Wafers zu verringern, wenn der vom Werkstück 11 abgezogene Wafer einem Nachbearbeitungsvorgang (Schleifen, chemisch-mechanisches Polieren, Kantenbeschneiden, Anfasen oder dergleichen) unterzogen wird.

[0071] Es ist anzumerken, dass das in **Fig. 3** veranschaulichte Waferherstellungsverfahren ein Aspekt der vorliegenden Erfindung ist und dass ein Waferherstellungsverfahren, das von diesem Verfahren abweichende Merkmale aufweist, ebenfalls in den technischen Schutzbereich der vorliegenden Erfindung einbezogen ist. **Fig. 7** ist ein Flussdiagramm, das ein weiteres Beispiel für ein Waferherstellungsverfahren schematisch veranschaulicht, das in dem technischen Schutzbereich der vorliegenden Erfindung einbezogen ist. Insbesondere ist **Fig. 7** ein Flussdiagramm, das ein Waferherstellungsverfahren veranschaulicht, das zusätzlich zu dem Abziehschicht-Ausbildungsschritt (S1) und dem Waferabziehschritt (S2) des in **Fig. 3** veranschaulichten Waferherstellungsverfahrens weitere Schritte aufweist.

[0072] Bei dem in **Fig. 7** veranschaulichten Waferherstellungsverfahren wird die Umfangskante des Werkstücks 11 (Umfangskanten-Erfassungsschritt: S3) vor dem Abziehschicht-Ausbildungsschritt (S1) erfasst. Der Umfangskanten-Erfassungsschritt (S3) wird beispielsweise auf der Grundlage eines von der Bildgebungseinheit 12 ausgebildeten Bildes durchgeführt, indem die obere Fläche 11a des Werkstücks 11 abgebildet wird, nachdem der Spanntisch 4 der in **Fig. 4** veranschaulichten Laserbestrahlungsvorrichtung 2 das Werkstück 11 ansaugt und hält.

[0073] In einem Fall, in dem der Umfangskanten-Erfassungsschritt (S3) durchgeführt wird, kann der Randbereich 17a, der sich von der Umfangskante des Werkstücks 11 um einen vorbestimmten Abstand nach innen erstreckt, genau identifiziert werden. Daher wird durch das Aufbringen des Laserstrahls zuverlässig gegen die Bildung der Abziehschicht 23 im Randbereich 17a des Werkstücks 11 vorgebeugt. Dadurch kann die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Abplatzungen im Randbereich des Wafers weiter verringert werden, wenn der vom Werkstück 11 abgezogene Wafer einem Nachbearbeitungsvorgang unterzogen wird.

[0074] Außerdem schleift das in **Fig. 7** veranschaulichte Waferherstellungsverfahren nach dem Waferabziehschritt (S2) eine Abziehfläche des vom Werkstück 11 abgezogenen Wafers (Fläche des Wafers, die aufgrund des Abziehens des Wafers vom Werkstück 11 freigelegt ist) (Schleifschritt: S4). **Fig. 8** ist eine perspektivische Ansicht, die eine Schleifvorrichtung zur Durchführung des Schleifschritts (S4) und

den vom Werkstück 11 abgezogenen Wafer schematisch veranschaulicht.

[0075] Die in **Fig. 8** veranschaulichte Schleifvorrichtung 24 schließt einen Spanntisch 26 ein, der eine Haltefläche in einer Form aufweist, die der Seitenfläche eines Kreiskegels entspricht, dessen Zentrum leicht über eine Außenkante desselben hinausragt, und der den Wafer 25 durch die Haltefläche halten kann. Der Spanntisch 26 ist mit einem nicht veranschaulichten Saugmechanismus gekoppelt.

[0076] Der Saugmechanismus weist einen Ejektor oder dergleichen auf. Dadurch kann der Saugmechanismus einen Unterdruck in der Haltefläche des Spanntisches 26 erzeugen. Wenn der Saugmechanismus in einem Zustand arbeitet, in dem der Wafer 25 auf der Haltefläche angebracht ist, wird der Wafer 25 vom Spanntisch 26 angesaugt und gehalten.

[0077] Ferner ist der Spanntisch 26 mit einem nicht veranschaulichten Horizontal-Bewegungsmechanismus gekoppelt. Der Horizontal-Bewegungsmechanismus weist beispielsweise eine Kugelspindel, einen Motor und dergleichen auf. Wenn der Horizontal-Bewegungsmechanismus arbeitet, bewegt sich der Spanntisch 26 entlang einer horizontalen Richtung.

[0078] Darüber hinaus ist der Spanntisch 26 mit einem nicht veranschaulichten Rotationsmechanismus gekoppelt. Der Rotationsmechanismus weist zum Beispiel eine Spindel, einen Motor und dergleichen auf. Wenn der Rotationsmechanismus in Betrieb ist, dreht sich der Spanntisch 26 um eine Rotationsachse in der Richtung des in **Fig. 8** veranschaulichten Pfeils. Diese Rotationsachse ist eine gerade Linie, die durch die Mitte der Haltefläche und entlang einer vertikalen Richtung verläuft.

[0079] Oberhalb des Spanntisches 26 ist eine Schleifeinheit 28 vorgesehen. Die Schleifeinheit 28 weist eine Spindel 30 auf, deren oberer Endabschnitt mit einem Motor gekoppelt ist. An einem unteren Endabschnitt der Spindel 30 ist eine scheibenförmige Scheibenhalterung 32 angebracht.

[0080] Die Scheibenhalterung 32 ist mit mehreren nicht veranschaulichten Öffnungen versehen, die die Scheibenhalterung 32 in einer Aufwärts-Abwärts-Richtung durchdringen. Die mehreren Öffnungen sind so ringförmig angeordnet, dass sie entlang der Umfangsrichtung der Scheibenhalterung 32 voneinander beabstandet sind.

[0081] An einem unteren Abschnitt der Scheibenhalterung 32 ist eine Schleifscheibe 36 angebracht. Die Schleifscheibe 36 weist eine ringförmige Basis 38 auf. Ein oberer Abschnitt der Basis 38 ist mit mehreren Abschnitten mit einem nicht veranschaulichten

Innengewinde versehen. Untere Endabschnitte der Bolzen 34 werden in die entsprechenden Abschnitte mit Innengewinde geschraubt.

[0082] Außerdem sind an einem unteren Endabschnitt der Basis 38 mehrere Schleifsteine 40 befestigt, die ringförmig so angeordnet sind, dass sie entlang der Umfangsrichtung der Basis 38 voneinander beabstandet sind. Die unteren Flächen der mehreren Schleifsteine 40 sind im Wesentlichen auf der gleichen Höhe angeordnet. Diese unteren Flächen bilden eine Schleiffläche der Schleifeinheit 28 aus.

[0083] Ferner ist die Spindel 30 mit einem nicht veranschaulichten Vertikal-Bewegungsmechanismus gekoppelt. Der Vertikal-Bewegungsmechanismus weist z.B. eine Kugelspindel, einen Motor und dergleichen auf. Wenn der Vertikal-Bewegungsmechanismus in Betrieb ist, bewegen sich die Spindel 30, die Scheibenhalterung 32 und die Schleifscheibe 36 entlang der vertikalen Richtung.

[0084] Der Schleifschritt (S4) unter Verwendung der Schleifvorrichtung 24 wird beispielsweise in der folgenden Reihenfolge durchgeführt. Als Erstes wird in einem Zustand, in dem der Spanntisch 26 und die Schleifeinheit 28 sowohl in horizontaler Richtung als auch in vertikaler Richtung voneinander getrennt sind, der Wafer 25 so an dem Spanntisch 26 angebracht, dass die Abziehfläche (Fläche, die aufgrund der Trennung des Werkstücks 11 an der Abziehschicht 23 freiliegt) 25a des Wafers 25 nach oben gerichtet ist.

[0085] Als Nächstes arbeitet der Saugmechanismus, um den Wafer 25 anzusaugen und auf dem Spanntisch 26 zu halten. Als Nächstes bewegt der Horizontal-Bewegungsmechanismus den Spanntisch 26 so, dass die Rotationsachse des Spanntisches 26 mit einem ringförmigen Bereich zusammenfällt, in dem die mehreren Schleifsteine 40 angeordnet sind.

[0086] Als Nächstes dreht der Rotationsmechanismus den Spanntisch 26, und der mit dem oberen Endabschnitt der Spindel 30 gekoppelte Motor dreht die Spindel 30, die Scheibenhalterung 32 und die Schleifscheibe 36.

[0087] Als Nächstes senkt der Vertikal-Bewegungsmechanismus die Spindel 30, die Scheibenhalterung 32 und die Schleifscheibe 36 ab, so dass die Abziehfläche 25a des Wafers 25 und die unteren Flächen der mehreren Schleifsteine 40 miteinander in Kontakt kommen. Die Abziehfläche 25a des Wafers 25 wird dadurch geschliffen.

[0088] Hier wird der Wafer 25 mit den Rissen 21 als Grenze von dem Werkstück 11 getrennt, wobei sich die Risse 21 entlang der c-Ebene 11e leicht schräg

von der oberen Fläche 11a und der unteren Fläche 11b aus entwickeln. Daher werden auf der Abziehfläche 25a des Wafers 25 oft winzige Unregelmäßigkeiten ausgebildet.

[0089] Der oben beschriebene Schleifschritt (S4) kann jedoch die winzigen Unregelmäßigkeiten entfernen, die auf der Abziehfläche 25a des Wafers 25 ausgebildet sind. Die Durchführung des Schleifschritts (S4) nach dem Schritt des Ausbildens des Wafers (S2) ist daher eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0090] Darüber hinaus wird bei dem in **Fig. 7** veranschaulichten Waferherstellungsverfahren die Umfangskante des Wafers 25 (Anfassschritt: S5) nach dem Schleifschritt (S4) angefasst. **Fig. 9** ist eine Seitenansicht, die schematisch eine Anfasvorrichtung zur Durchführung des Anfassschritts (S5) und den Wafer 25 veranschaulicht.

[0091] Die in **Fig. 9** veranschaulichte Anfasvorrichtung 42 schließt einen Spanntisch 44 ein, der eine im Wesentlichen parallele kreisförmige Haltefläche aufweist und der den Wafer 25 durch die Haltefläche festhalten kann. Übrigens ist die Größe (Durchmesser) der Haltefläche kleiner als die Größe (Durchmesser) des Wafers 25. Daher wird die Umgebung der Umfangskante des Wafers 25 nicht direkt durch den Spanntisch 44 unterstützt.

[0092] Ein oberer Endabschnitt einer Spindel 46 ist an einem unteren Endabschnitt des Spanntisches 44 befestigt. Darüber hinaus ist ein nicht veranschaulichter Motor mit einem unteren Endabschnitt der Spindel 46 gekoppelt. Wenn der Motor in Betrieb ist, drehen sich der Spanntisch 44 und die Spindel 46 um eine Rotationsachse entlang der Richtung des in **Fig. 9** veranschaulichten Pfeils c. Diese Rotationsachse ist eine gerade Linie, die durch die Mitte der Haltefläche des Spanntisches 44 entlang der vertikalen Richtung verläuft.

[0093] Ferner ist der Spanntisch 44 über die Spindel 46 mit einem nicht veranschaulichten Saugmechanismus gekoppelt. Der Saugmechanismus weist einen Ejektor oder dergleichen auf. Der Saugmechanismus kann dadurch einen Unterdruck in der Haltefläche des Spanntisches 44 erzeugen. Wenn der Saugmechanismus in einem Zustand in Betrieb ist, in dem der Wafer 25 an der Haltefläche angebracht ist, wird der Wafer 25 vom Spanntisch 26 angesaugt und gehalten.

[0094] Darüber hinaus ist der Spanntisch 44 über die Spindel 46 mit einem nicht veranschaulichten Horizontal-Bewegungsmechanismus gekoppelt. Der Horizontal-Bewegungsmechanismus weist zum Beispiel eine Kugelspindel, einen Motor und dergleichen auf. Wenn der Horizontal-Bewegungsmechanismus

in Betrieb ist, bewegt sich der Spanntisch 44 entlang der horizontalen Richtung.

[0095] An einer Seite des Spanntisches 44 ist ein Schleifstein 48 vorgesehen. Der Schleifstein 48 weist einen oberen Abschnitt 48a und einen unteren Abschnitt 48b mit einer Scheibenform, wobei die Abschnitte im Wesentlichen den gleichen Durchmesser haben, einen mittleren Abschnitt 48c mit einer Scheibenform, dessen Durchmesser kleiner ist als der des oberen Abschnitts 48a und des unteren Abschnitts 48b, einen Oberseiten-Fasenabschnitt 48d in der Form eines kreisförmigen Kegelstumpfs, wobei der Fasenabschnitt zwischen dem oberen Abschnitt 48a und dem mittleren Abschnitt 48c vorgesehen ist, um den oberen Abschnitt 48a und den mittleren Abschnitt 48c miteinander zu verbinden, und einen Unterseiten-Fasenabschnitt 48e in der Form eines kreisförmigen Kegelstumpfs auf, wobei der Fasenabschnitt zwischen dem unteren Abschnitt 48b und dem mittleren Abschnitt 48c vorgesehen ist, um den unteren Abschnitt 48b und den mittleren Abschnitt 48c miteinander zu verbinden.

[0096] Ein oberer Endabschnitt einer Spindel 50 ist an einem unteren Endabschnitt des unteren Abschnitts 48b befestigt. Darüber hinaus ist ein nicht veranschaulichter Motor mit einem unteren Endabschnitt der Spindel 50 gekoppelt. Wenn der Motor in Betrieb ist, drehen sich der Schleifstein 48 und die Spindel 50 um eine Rotationsachse entlang der Richtung des in **Fig. 9** veranschaulichten Pfeils d. Diese Rotationsachse ist eine gerade Linie, die in einem Querschnitt in horizontaler Richtung des Schleifsteins 48 und entlang der vertikalen Richtung durch einen Mittelpunkt verläuft.

[0097] Ferner ist die Spindel 50 mit einem nicht veranschaulichten Vertikal-Bewegungsmechanismus gekoppelt. Der Vertikal-Bewegungsmechanismus weist zum Beispiel eine Kugelspindel, einen Motor und dergleichen auf. Wenn der Vertikal-Bewegungsmechanismus in Betrieb ist, bewegen sich der Schleifstein 48 und die Spindel 50 entlang der vertikalen Richtung.

[0098] Der Anfassschritt (S5) unter Verwendung der Anfassvorrichtung 42 wird beispielsweise in der folgenden Reihenfolge durchgeführt. Als Erstes wird in einem Zustand, in dem der Spanntisch 44 und der Schleifstein 48 in horizontaler Richtung voneinander getrennt sind, der Wafer 25 an dem Spanntisch 44 angebracht.

[0099] Als Nächstes arbeitet der Saugmechanismus so, dass der Wafer 25 auf dem Spanntisch 44 angesaugt und gehalten wird. Als Nächstes bewegt der Vertikal-Bewegungsmechanismus den Schleifstein 48 und die Spindel 50 so, dass die Höhe eines Mittelpunkts in vertikaler Richtung des mittleren Abschnitts

48c des Schleifsteins 48 und die Höhe eines Mittelpunkts in der vertikalen Richtung des Wafers 25 miteinander übereinstimmen.

[0100] Als Nächstes dreht der mit dem unteren Endabschnitt der Spindel 46 gekoppelte Motor den Spanntisch 44 und die Spindel 46, und der mit dem unteren Endabschnitt der Spindel 50 gekoppelte Motor dreht den Schleifstein 48 und die Spindel 50.

[0101] Als Nächstes bewegt der Horizontal-Bewegungsmechanismus den Spanntisch 44 und die Spindel 46 so, dass die Umfangskante des Wafers 25 mit dem Oberseiten-Fasenabschnitt 48d und dem Unterseiten-Fasenabschnitt 48e des Schleifsteins 48 in Kontakt kommt. Die Umfangskante des Wafers 25 wird dadurch angefast.

[0102] Hier wird der Wafer 25 von dem Werkstück 11 abgezogen, wobei die Abziehschicht 23, die die modifizierten Abschnitte 19 und die Risse 21 aufweist, nicht im Randbereich 17a ausgebildet ist. Die Wahrscheinlichkeit, dass die modifizierten Abschnitte 19 und die Risse 21 auch in der Umgebung der Umfangskante des Wafers 25 vorhanden sind, ist folglich gering. Der Wafer 25 ist daher ein bevorzugter Wafer als Wafer, dessen Umfangskante angefast werden soll.

[0103] Es ist anzumerken, dass das in **Fig. 7** veranschaulichte Waferherstellungsverfahren einen oder zwei der Schritte der Umfangskanten-Erfassung (S3), des Schleifens (S4) und des Anfasens (S5) nicht durchführen kann bzw. muss. Mit anderen Worten schließt der technische Schutzbereich der vorliegenden Erfindung ein Waferherstellungsverfahren ein, das den Abziehschicht-Ausbildungsschritt (S1) und den Waferabziehschritt (S2) sowie einen oder zwei der Schritte der Umfangskanten-Erfassung (S3), des Schleifens (S4) und des Anfasens (S5) ausführt.

[0104] Außerdem können Strukturen, Verfahren und dergleichen in Übereinstimmung mit der oben beschriebenen Ausführungsform und Abwandlung modifiziert und in geeigneter Weise implementiert werden, ohne den objektiven Schutzbereich der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0105] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die Details der oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsform beschränkt. Der Schutzbereich der Erfindung wird durch die beigefügten Ansprüche definiert, und sämtliche Änderungen und Abwandlungen, die in den Schutzbereich der Ansprüche fallen, sind daher von der Erfindung umfasst.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- JP 200094221 [0002]
- JP 2016111143 [0007]

Patentansprüche

1. Waferherstellungsverfahren zur Herstellung eines Wafers aus einem Werkstück, das ein einkristalliner SiC-Ingots oder ein einkristalliner SiC-Wafer ist und eine erste Fläche und eine der ersten Fläche gegenüberliegende zweite Fläche aufweist, mit einer Dicke, die geringer ist als ein Abstand zwischen der ersten Fläche und der zweiten Fläche, wobei das Waferherstellungsverfahren umfasst:
 einen Abziehschicht-Ausbildungsschritt mit einem Positionieren eines Brennpunkts eines Laserstrahls mit einer Wellenlänge, die durch das Werkstück hindurchgeht, im Inneren des Werkstücks, einem Aufbringen des Laserstrahls, während das Werkstück und der Brennpunkt relativ zueinander entlang einer Schnittlinie bewegt werden, an der sich eine zu einer c-Ebene des Werkstücks parallele Ebene und die erste Fläche einander kreuzen, und einem Ausbilden einer Abziehschicht, die einen modifizierten Abschnitt und einen Riss aufweist, der sich von dem modifizierten Abschnitt entlang der c-Ebene erstreckt; und
 einen Waferabziehschritt mit einem Abziehen des Wafers von dem Werkstück durch Trennen des Werkstücks an der Abziehschicht, wobei der Abziehschicht-Ausbildungsschritt den Laserstrahl nur in einem Zustand aufbringt, in dem der Brennpunkt in einem mittleren Bereich des Werkstücks positioniert ist, der sich nicht in einem Randbereich befindet, der sich von einer Umfangskante des Werkstücks um einen vorgegebenen Abstand nach innen erstreckt.

2. Waferherstellungsverfahren nach Anspruch 1, das ferner umfasst:
 vor dem Abziehschicht-Ausbildungsschritt einen Umfangskanten-Erfassungsschritt mit einem Erfassen der Umfangskante des Werkstücks durch Abbilden der ersten Flächenseite des Werkstücks durch eine Bildgebungseinheit.

3. Waferherstellungsverfahren nach Anspruch 1, das ferner umfasst:
 nach dem Waferabziehschritt einen Schleifschritt mit einem Schleifen einer Abziehfläche des Wafers, wobei die Abziehfläche durch Abziehen des Wafers von dem Werkstück freigelegt wird.

4. Waferherstellungsverfahren nach Anspruch 2, das ferner umfasst:
 nach dem Waferabziehschritt einen Schleifschritt mit einem Schleifen einer Abziehfläche des Wafers, wobei die Abziehfläche durch Abziehen des Wafers von dem Werkstück freigelegt wird.

5. Waferherstellungsverfahren nach Anspruch 1, das ferner umfasst:
 nach dem Waferabziehschritt einen Anfassschritt mit einem Anfasen der Umfangskante des Wafers.

6. Waferherstellungsverfahren nach Anspruch 2, das ferner umfasst:
 nach dem Waferabziehschritt einen Anfassschritt mit einem Anfasen der Umfangskante des Wafers.

7. Waferherstellungsverfahren nach Anspruch 3, das ferner umfasst:
 nach dem Waferabziehschritt einen Anfassschritt mit einem Anfasen der Umfangskante des Wafers.

8. Waferherstellungsverfahren nach Anspruch 4, das ferner umfasst:
 nach dem Waferabziehschritt einen Anfassschritt mit einem Anfasen der Umfangskante des Wafers.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

FIG. 1 A

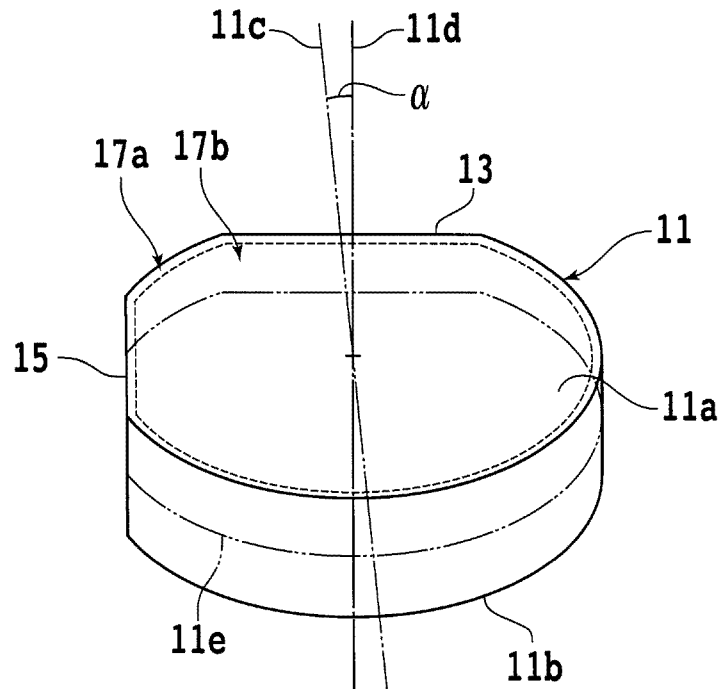


FIG. 1 B

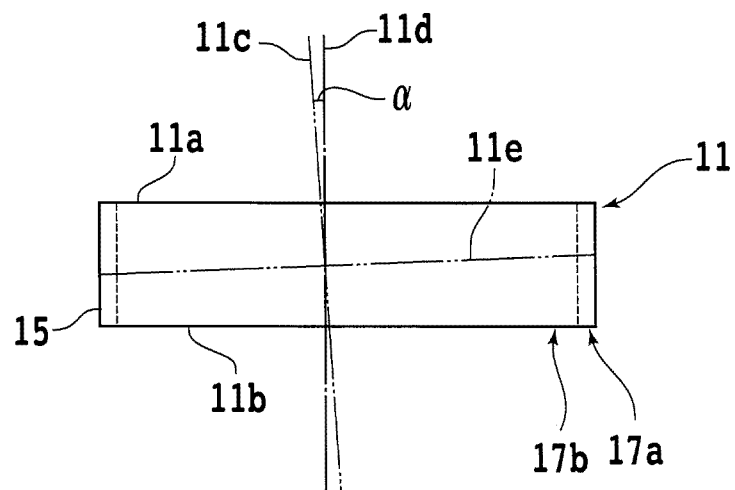


FIG. 2

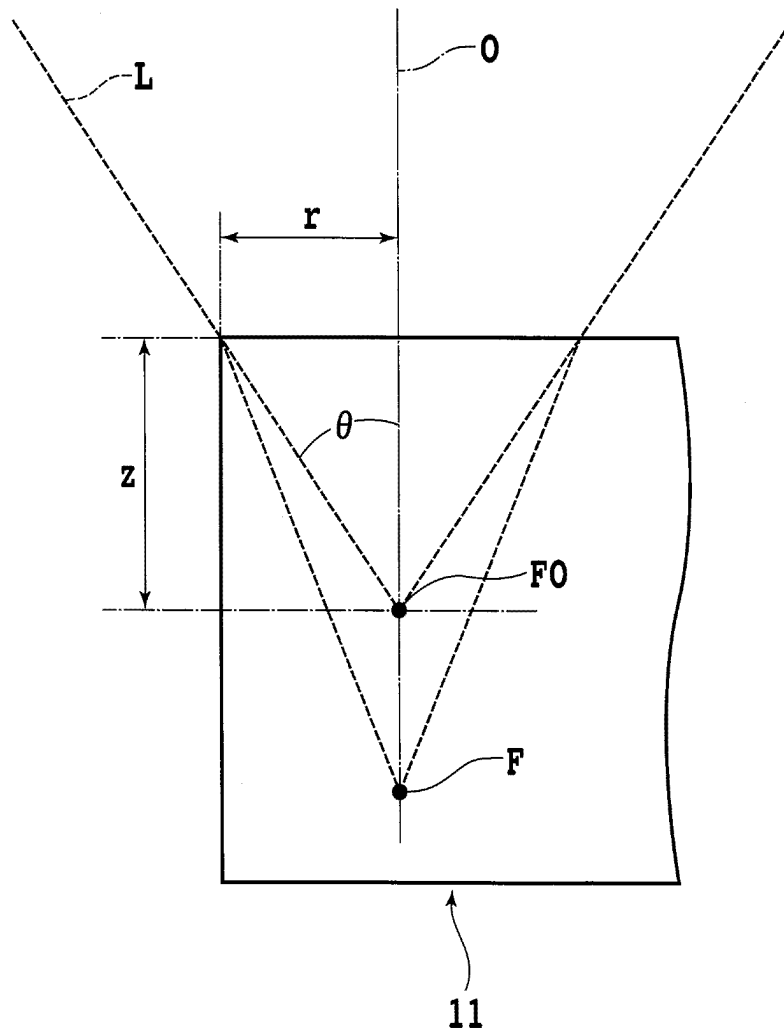


FIG. 3

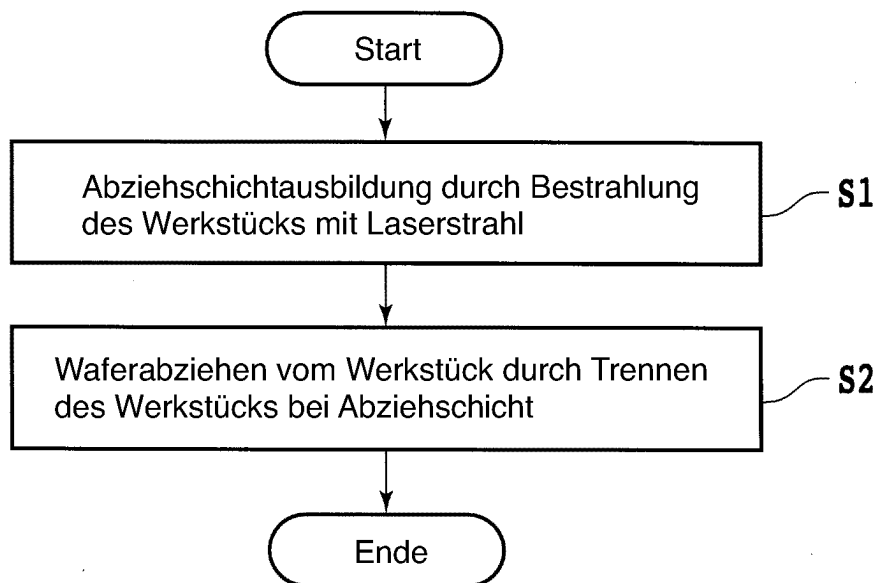


FIG. 4

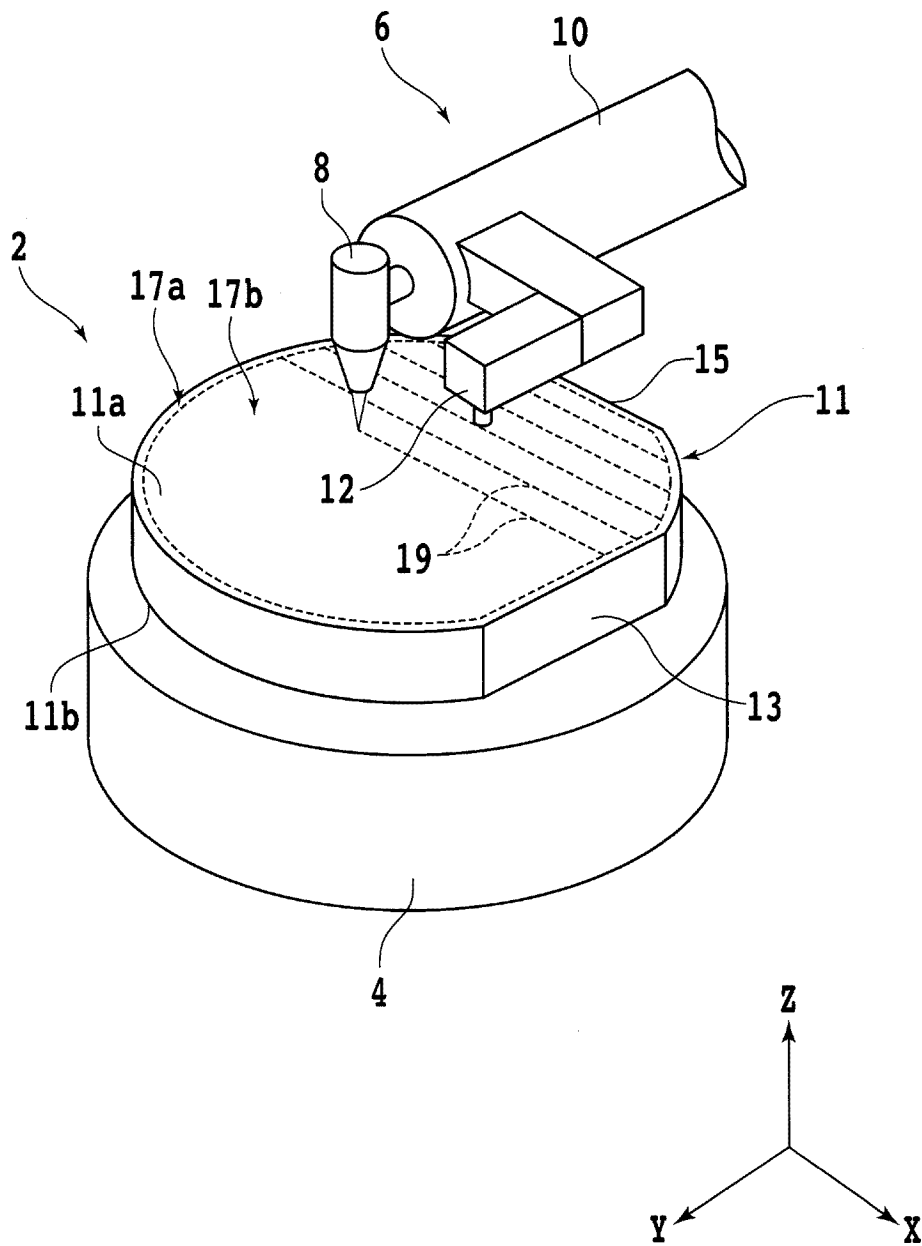


FIG. 5A

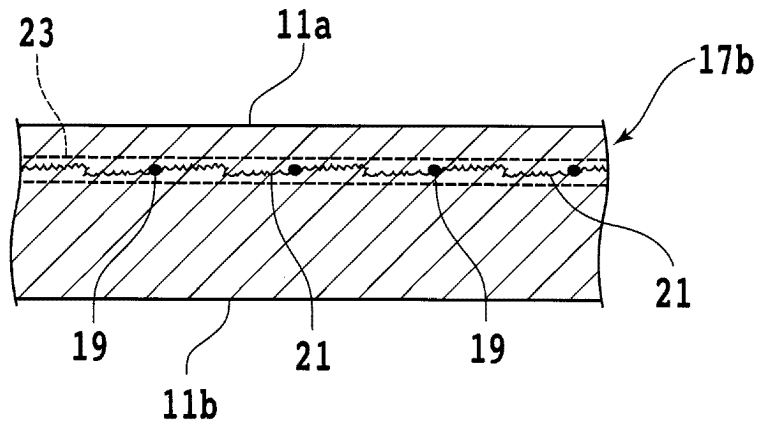


FIG. 5B

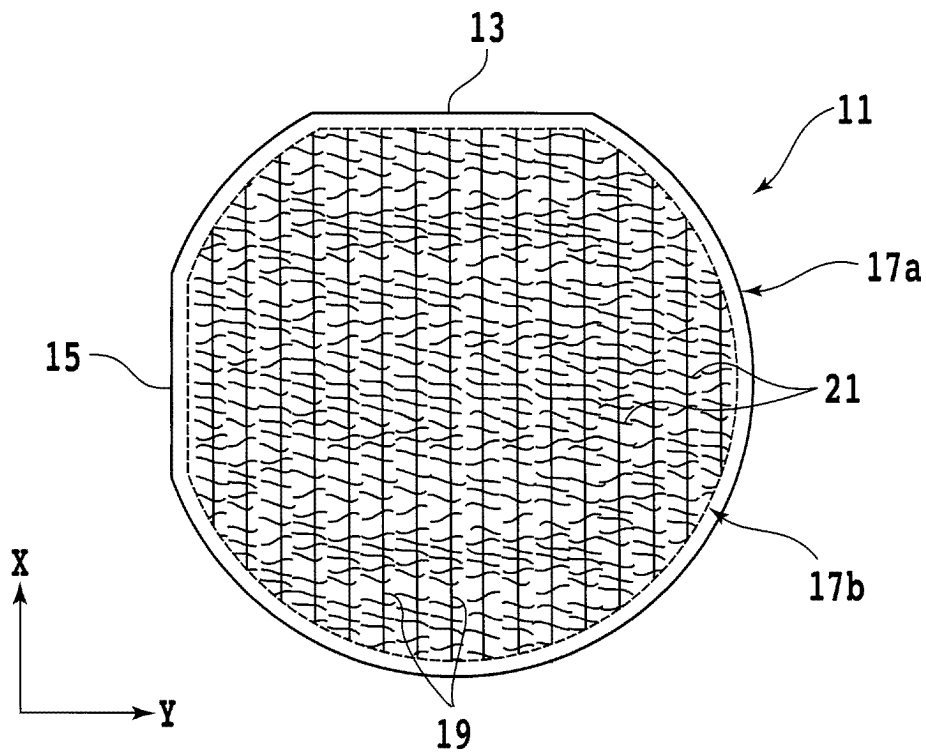


FIG. 6

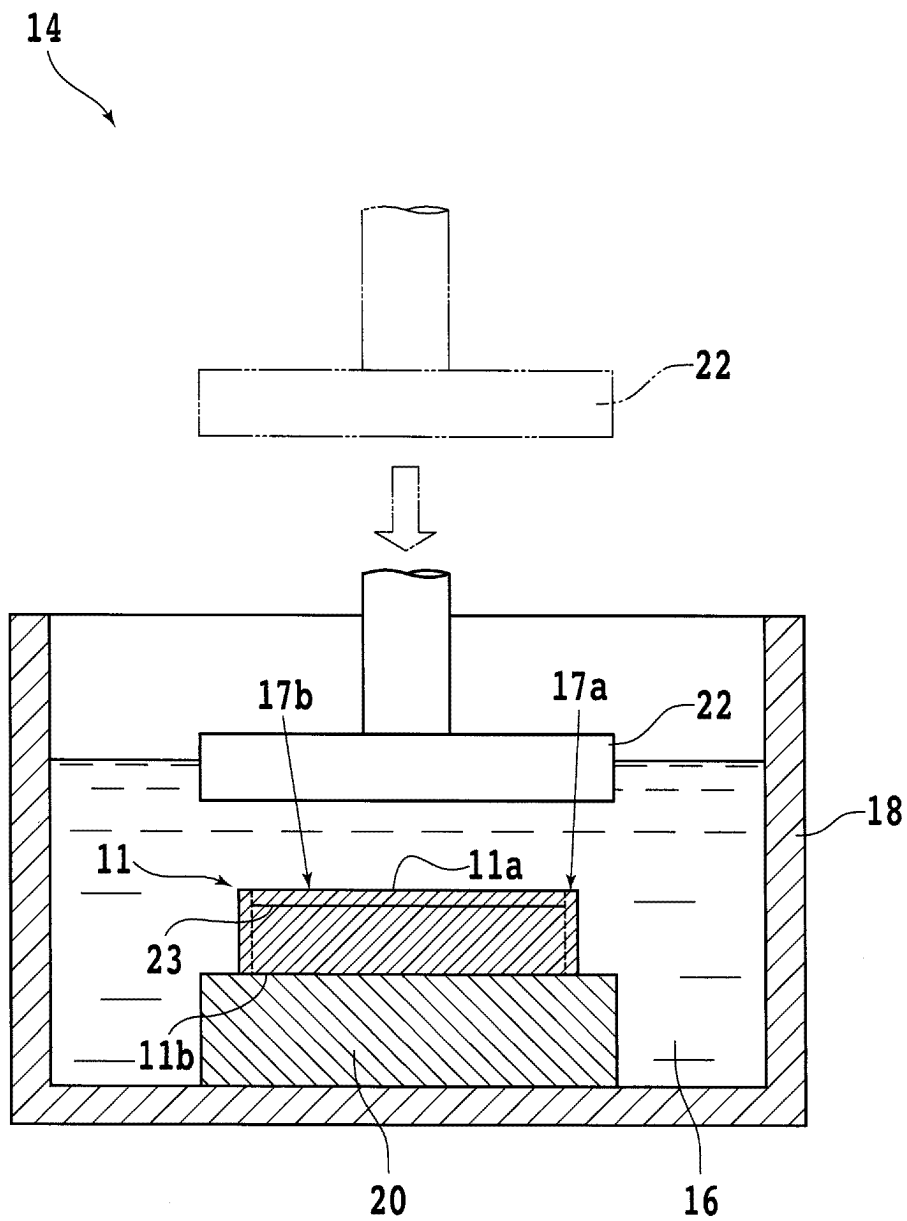


FIG. 7

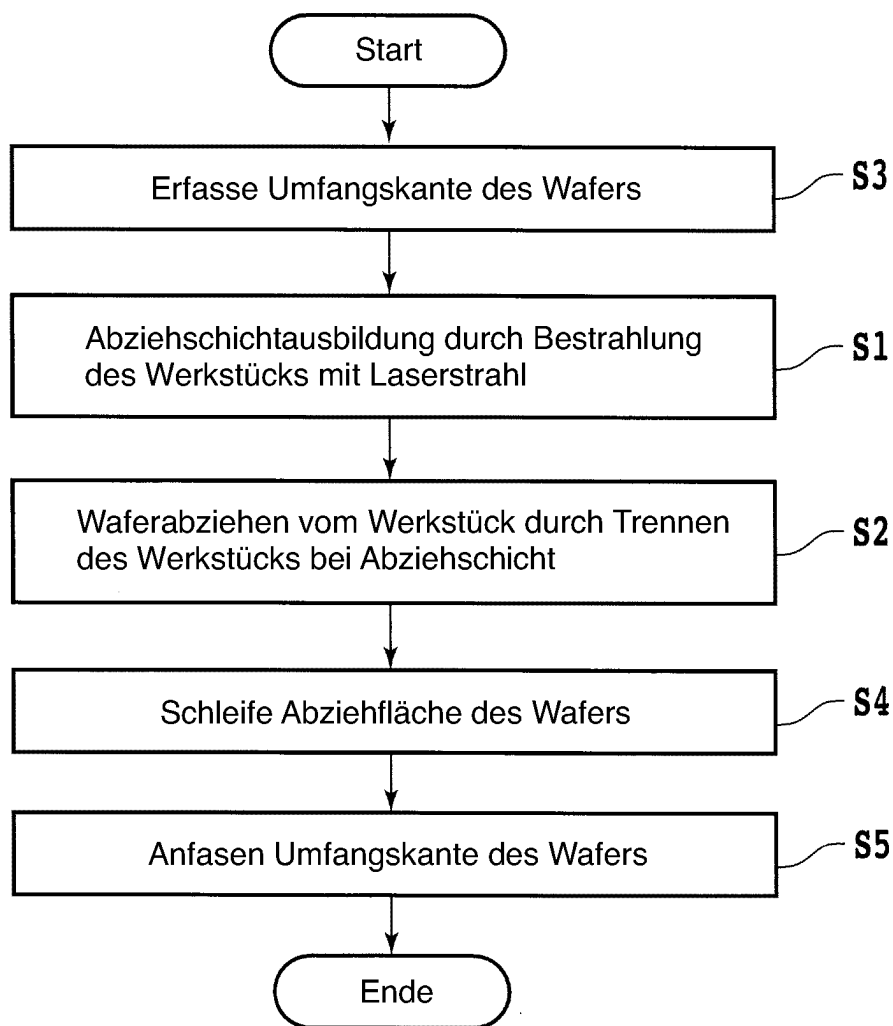


FIG. 8

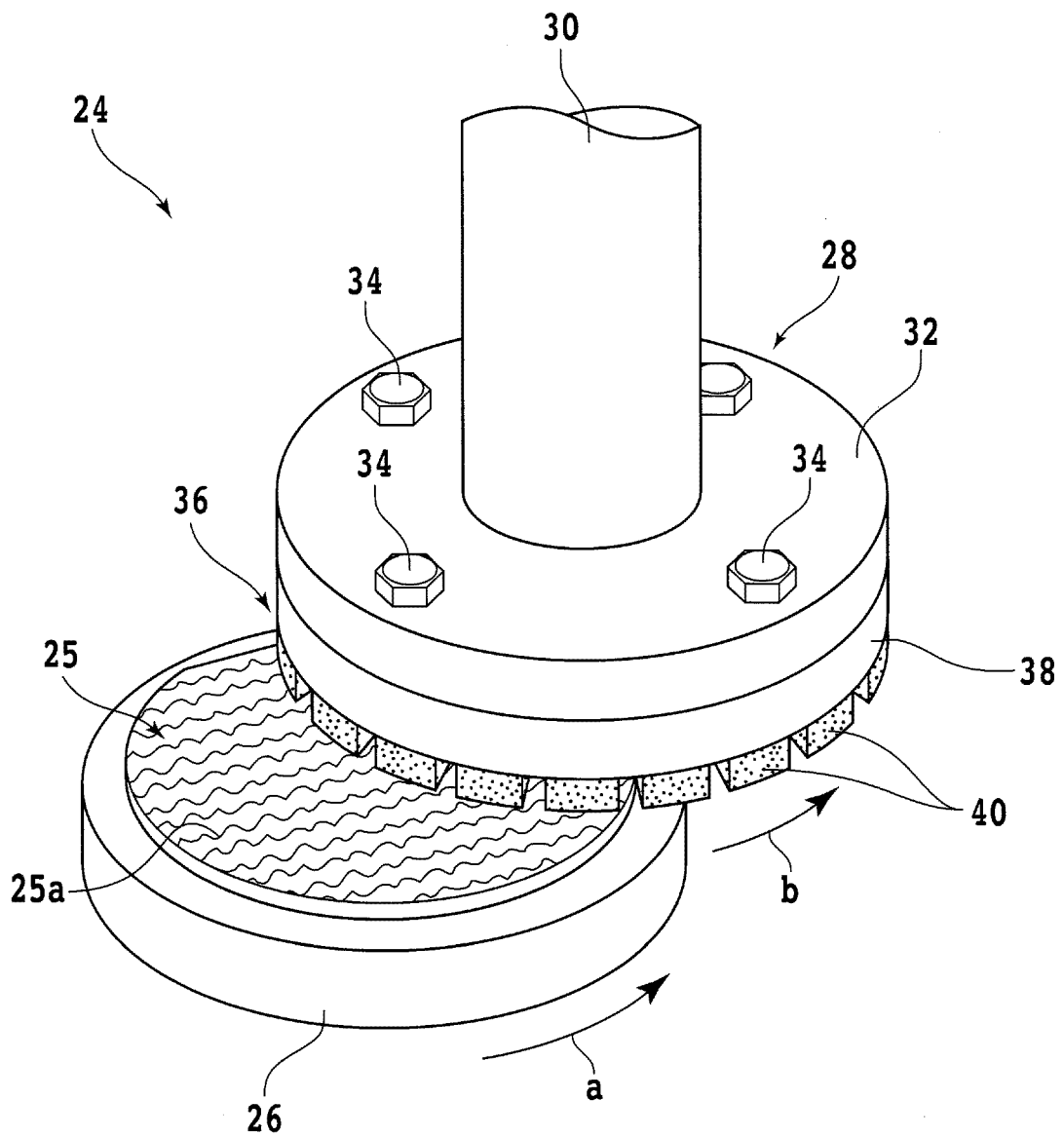


FIG. 9

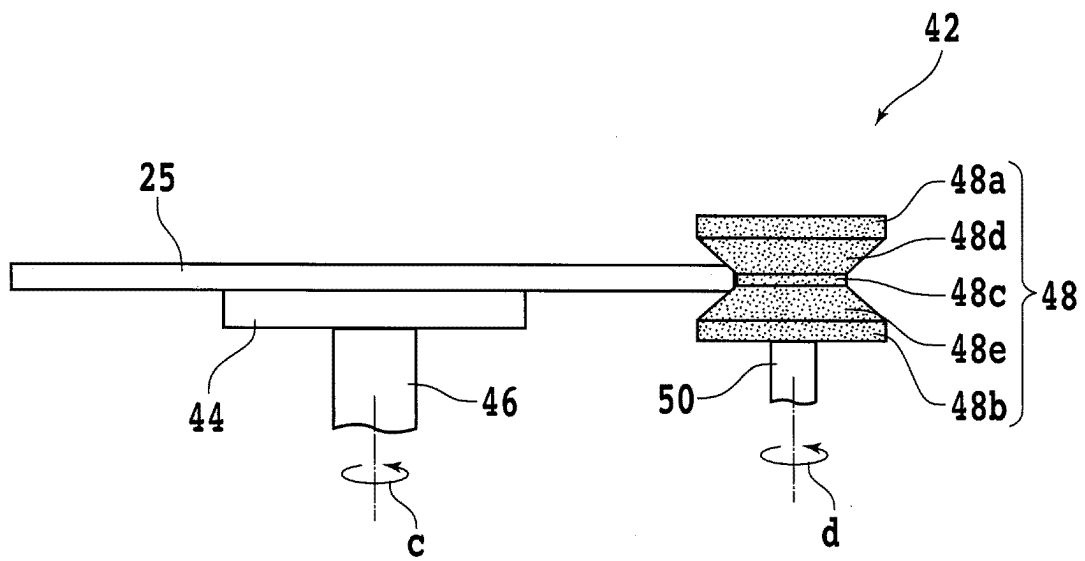


FIG. 10A

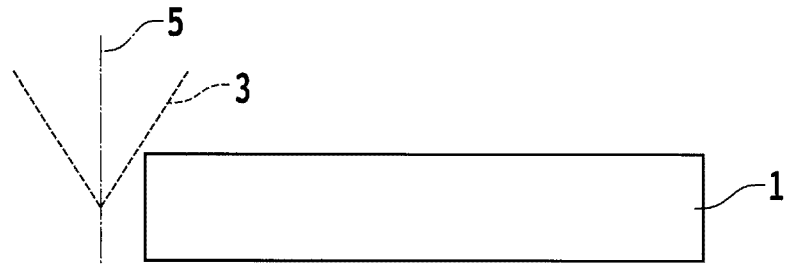


FIG. 10B

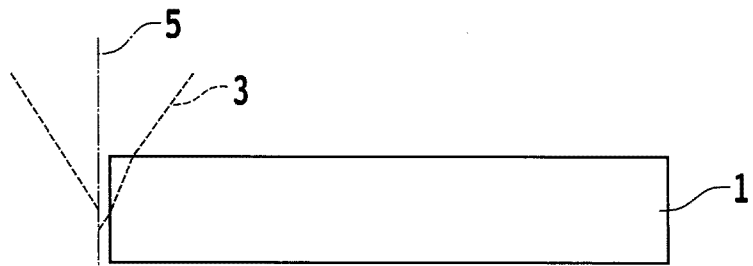


FIG. 10C

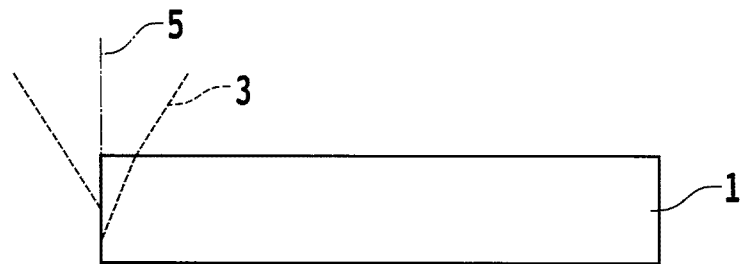


FIG. 10D

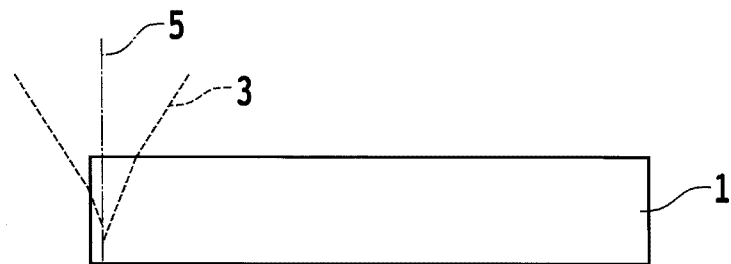


FIG. 10E

