



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/203614**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2022 006 864.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2022/018064**
(86) PCT-Anmeldetag: **18.04.2022**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.10.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **20.02.2025**

(51) Int Cl.: **H01L 21/301** (2006.01)
B23K 26/03 (2006.01)

(71) Anmelder:
**YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKI KAISHA, Iwata-
shi, Shizuoka, JP**

(74) Vertreter:
**Müller-Boré & Partner Patentanwälte PartG mbB,
80639 München, DE**

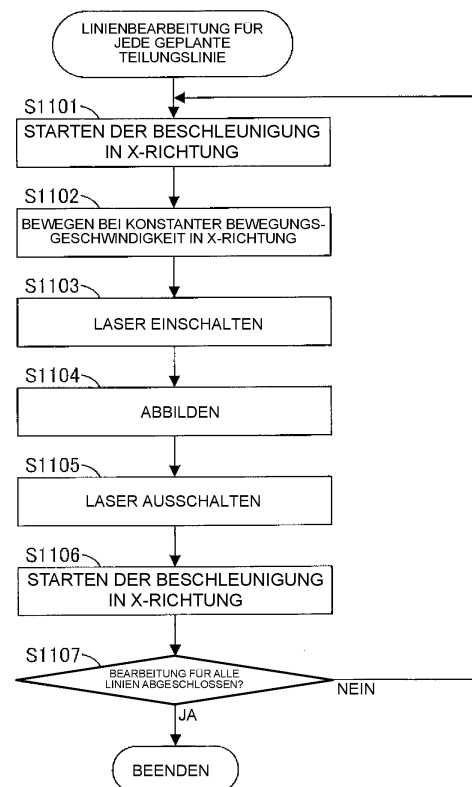
(72) Erfinder:
Suzuki, Yoshikuni, Iwata-shi, Shizuoka, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Laserbearbeitungsvorrichtung, Laserbearbeitungsverfahren, Laserbearbeitungsprogramm, Aufzeichnungsmedium, Halbleiterchip-Herstellungsvorverfahren und Halbleiterchip**

(57) Zusammenfassung: Das Bild des Teils des Halbleiter-
substrats W, der den Abbildungsbereich Ri überlappt, wird
durch Abbilden des Abbildungsbereichs Ri erlangt, der sich
während der Ausführung der Linienbearbeitung (Schritt
S1003 bis S1004, S1103 bis S1105) der Bearbeitung der
geplanten Teilungslinie S durch Aufstrahlen des Laser-
strahls B auf die Laserbestrahlungsposition Lb, während
die Laserbestrahlungsposition Lb entlang der geplanten Teilungslinie S bewegt wird (Schritte S1008, S1104) in Bezug auf das Halbleitersubstrat W relativbewegt. Das bedeutet, dass der Ausführungszeitraum der Linienbearbeitung effektiv genutzt wird, um das Halbleitersubstrat W abzubilden. Auf diese Weise kann das Halbleitersubstrat W in der Laserbearbeitungstechnik zum Bearbeiten der geplanten Teilungslinie S durch Aufstrahlen des Laserstrahls B auf die geplante Teilungslinie S effizient abgebildet werden.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Diese Erfindung betrifft eine Technik zum Bearbeiten einer Bearbeitungslinie durch Bestrahlung der auf einem Bearbeitungsobjekt vorgesehenen Bearbeitungslinie mit einem Laserstrahl.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] In Patentliteratur 1 bis 3 wird eine Laserbearbeitungstechnik zum Bearbeiten einer geplanten Teilungslinie beschrieben, bei der ein Laserstrahl relativ zu einem Halbleitersubstrat bewegt wird, während der Laserstrahl auf die auf dem Halbleitersubstrat vorgesehene geplante Teilungslinie gestrahlt wird. Wie in der Patentliteratur 1 gezeigt, werden beispielsweise mehrere geplante Teilungslinien der Reihe nach bearbeitet, indem ein Laserstrahl hin- und herbewegt wird, während die geplante Teilungslinie, auf die der Laserstrahl gestrahlt wird, bei dieser Laserbearbeitungstechnik auf Vorwärts- und Rückwärtswegen verändert wird. Zu diesem Zeitpunkt kann der Laserstrahl präzise auf die geplante Teilungslinie gestrahlt werden, indem die Position des Laserstrahls entsprechend dem Ergebnis einer Ausrichtungsverarbeitung zur Erkennung der Position der geplanten Teilungslinie auf Grundlage eines Bildes, das durch die Abbildung eines vorgegebenen Teils des Halbleitersubstrats erlangt wurde, eingestellt wird (Patentliteratur 2). Wie in der Patentliteratur 3 dargelegt, kann eine Breite der geplanten Teilungslinie durch die Bearbeitung der geplanten Teilungslinie durch den Laserstrahl erweitert werden, und die Position der unbearbeiteten geplanten Teilungslinie kann in einer Vorschubrichtung orthogonal zu einer Bearbeitungsrichtung verschoben werden. Um einer solchen Positionsverschiebung der geplanten Teilungslinie zu begegnen, ist es zweckmäßig, das Halbleitersubstrat entsprechend abzubilden.

LISTE DER BEZUGNAHMEN

PATENTLITERATUR

Patentliteratur 1: Veröffentlichung des japanischen Patents Nr. 5804716

Patentliteratur 2: Veröffentlichung des japanischen Patents Nr. 5554593

Patentliteratur 3: Veröffentlichung des japanischen Patents Nr. 5037082

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

TECHNISCHES PROBLEM

[0003] Bei der eingangs beschriebenen Laserbearbeitungstechnik ist es erforderlich, ein Bearbeitungs-

objekt (Halbleitersubstrat) effizient abzubilden, um den Einfluss der Bearbeitung durch Aufstrahlen eines Laserstrahls auf eine Bearbeitungslinie (geplante Teilungslinie) zu erkennen.

[0004] Diese Erfindung wurde im Hinblick auf das eingangs genannte Problem entwickelt und zielt darauf ab, eine Technik bereitzustellen, die es ermöglicht, ein Bearbeitungsobjekt in einer Laserbearbeitungstechnik zur Bearbeitung einer Bearbeitungslinie durch Bestrahlung der Bearbeitungslinie effizient mit einem Laserstrahl abzubilden.

LÖSUNG DER AUFGABE

[0005] Eine erfindungsgemäße Laserbearbeitungsvorrichtung weist auf: ein Stützelement, das ein Bearbeitungsobjekt mit einer Vielzahl von parallel zueinander verlaufenden Bearbeitungslinien stützt, so dass die Bearbeitungslinien parallel zu einer vorgegebenen Bearbeitungsrichtung verlaufen; einen Bearbeitungskopf, der einen Laserstrahl auf eine vorgegebene Laserbestrahlungsposition strahlt; einen Bearbeitungsachsen-Antreiber, der die Laserbestrahlungsposition in der Bearbeitungsrichtung relativ zu dem Bearbeitungsobjekt bewegt, indem er das Stützelement und/oder den Bearbeitungskopf in der Bearbeitungsrichtung antreibt; eine Steuerungseinheit, die durch Aufstrahlen des Laserstrahls aus dem Bearbeitungskopf auf die Laserbestrahlungsposition eine Linienbearbeitung des Bearbeitens der Bearbeitungslinie durchführt, während sie die Laserbestrahlungsposition durch den Bearbeitungsachsen-Antreiber entlang der Bearbeitungslinie bewegt, und einen Abbildungsteil, der einen vorgegebenen Abbildungsbereich abbildet, der sich relativ zu dem Bearbeitungsobjekt integral mit der Laserbestrahlungsposition bewegt, während sich die Laserbestrahlungsposition relativ zu dem Bearbeitungsobjekt bewegt, wobei der Abbildungsteil ein Bild eines Teils des Bearbeitungsobjekts erlangt, der den Abbildungsbereich überlappt, indem der Abbildungsbereich abgebildet wird, der sich während der Ausführung der Linienbearbeitung relativ zu dem Bearbeitungsobjekt bewegt.

[0006] Ein erfindungsgemäßes Laserbearbeitungsverfahren umfasst: Stützen eines Bearbeitungsobjekts, das eine Vielzahl von zueinander parallelen Bearbeitungslinien aufweist, durch ein Stützelement, so dass die Bearbeitungslinien parallel zu einer vorgegebenen Bearbeitungsrichtung sind; Durchführen einer Linienbearbeitung des Bearbeitens der Bearbeitungslinie durch Aufstrahlen eines Laserstrahls auf eine Laserbestrahlungsposition durch einen Bearbeitungskopf zum Aufstrahlen des Laserstrahls auf eine vorgegebene Laserbestrahlungsposition, während die Laserbestrahlungsposition von einem Bearbeitungsachsenantreiber entlang der Bearbeitungslinie bewegt wird, um die Laserbestrahlungsposition

sition in Bearbeitungsrichtung in Bezug auf das Bearbeitungsobjekt durch Antreiben des Bearbeitungskopfes und/oder des Stützelements in Bearbeitungsrichtung relativzubewegen; und Erlangen eines Bildes eines Teils des Bearbeitungsobjekts, das einen Abbildungsbereich überlappt, durch einen Abbildungsteil, der den Abbildungsbereich abbildet, der sich während der Ausführung der Linienbearbeitung relativ zu dem Bearbeitungsobjekt bewegt, wobei der Abbildungsteil einen vorgegebenen Abbildungsbereich abbildet, der sich relativ in Bezug auf das Bearbeitungsobjekt integral mit der Laserbestrahlungsposition bewegt, während sich die Laserbestrahlungsposition relativ zu dem Bearbeitungsobjekt bewegt.

[0007] Bei der auf diese Weise konfigurierten Erfindung (Laserbearbeitungsvorrichtung und Laserbearbeitungsverfahren) wird das Bild des Teils des Bearbeitungsobjekts, der den Abbildungsbereich überlappt, durch Abbilden des Abbildungsbereichs erlangt, der sich während des Ausführens der Linienbearbeitung des Bearbeitens der Bearbeitungslinie durch Aufstrahlen des Laserstrahls auf die Laserbestrahlungsposition relativ zu dem Bearbeitungsobjekt bewegt, während die Laserbestrahlungsposition entlang der Bearbeitungslinie bewegt wird. Das bedeutet, dass ein Ausführungszeitraum der Linienbearbeitung effektiv genutzt wird, um das Bearbeitungsobjekt abzubilden. Auf diese Weise kann das Bearbeitungsobjekt in einer Laserbearbeitungstechnik zur Bearbeitung der Bearbeitungslinie durch Aufstrahlen des Laserstrahls auf die Bearbeitungslinie effizient abgebildet werden.

[0008] Die Laserbearbeitungsvorrichtung kann so konfiguriert sein, dass der Abbildungsteil den Abbildungsbereich abbildet, der bei der Linienbearbeitung in einer Bewegungsrichtung der Laserbestrahlungsposition in Bezug auf die Bearbeitungslinie auf einer Stromabwärtsseite bereitgestellt ist. Bei einer solchen Konfiguration kann das Bild einer unbearbeiteten Seite der Position, die durch den Laserstrahl bearbeitet wird (d. h. die Laserbestrahlungsposition), erlangt werden. Daher kann auf Grundlage dieses Bildes ein Einfluss der Bearbeitung durch den Laserstrahl auf den unbearbeiteten Teil des Bearbeitungsobjekts erkannt werden.

[0009] Die Laserbearbeitungsvorrichtung kann so konfiguriert sein, dass der Abbildungsteil den Abbildungsbereich während eines Zeitraums der einmaligen Durchführung der Linienbearbeitung mehrmals abbildet. In einer solchen Konfiguration können durch effektive Nutzung des Ausführungszeitraums der Linienbearbeitung eine Vielzahl von Bildern des Bearbeitungsobjekts erlangt werden.

[0010] Die Laserbearbeitungsvorrichtung kann ferner einen Vorschubachsen-Antreiber aufweisen, der

die Laserbestrahlungsposition in einer zur Bearbeitungsrichtung orthogonalen Vorschubrichtung relativ zu dem Bearbeitungsobjekt durch Antreiben des Stützelements und/oder des Bearbeitungskopfs in der Vorschubrichtung bewegt, wobei: unter der Vielzahl von Bearbeitungslinien die Bearbeitungslinie, die linienbearbeitet werden soll, von dem Vorschubachsen-Antreiber geändert wird, der die Laserbestrahlungsposition in Bezug auf das Bearbeitungsobjekt bewegt, die Steuerungseinheit der Reihe nach eine erste Linienbearbeitung des Bearbeitens einer ersten Bearbeitungslinie aus der Vielzahl von Bearbeitungslinien durch die Linienbearbeitung des Bewegens der Laserbestrahlungsposition in Richtung einer ersten Seite in der Bearbeitungsrichtung und eine zweite Linienbearbeitung des Bearbeitens einer zweiten, sich von der ersten Bearbeitungslinie unterscheidenden Bearbeitungslinie, aus der Vielzahl von Bearbeitungslinien durch die Linienbearbeitung des Bewegens der Laserbestrahlungsposition in Richtung einer zweiten Seite gegenüberliegend der ersten Seite in der Bearbeitungsrichtung durchführt, der Bearbeitungsachsen-Antreiber einen Rückwärtsantrieb durchführt, um die Laserbestrahlungsposition zu der zweiten Bearbeitungslinie zu bringen, indem er die Laserbestrahlungsposition in Richtung der zweiten Seite beschleunigt, nachdem die Laserbestrahlungsposition, die die erste Bearbeitungslinie in Richtung der ersten Seite durchlaufen hat, in Richtung der ersten Seite in der Bearbeitungsrichtung verlangsamt und angehalten wird, und der Vorschubachsen-Antreiber einen kontinuierlichen Vorschubantrieb durchführt, um die Laserbestrahlungsposition in der Vorschubrichtung von einer ersten gedachten Geraden, die sich in der Bearbeitungsrichtung entlang der ersten Bearbeitungslinie erstreckt, zu einer zweiten gedachten Geraden, die sich in der Bearbeitungsrichtung entlang der zweiten Bearbeitungslinie erstreckt, in einem Umschaltzeitraum ab dem Ende der ersten Linienbearbeitung bis zum Beginn der zweiten Linienbearbeitung kontinuierlich zu bewegen, und die Steuerungseinheit den Vorschubachsen-Antreiber veranlasst, die Laserbestrahlungsposition in der Vorschubrichtung während der gesamten Zeit vor und nach dem Zeitpunkt zu bewegen, zu dem eine Bewegung der Laserbestrahlungsposition in der Bearbeitungsrichtung aufgrund des Rückwärtsantriebs gestoppt wird, indem der Bearbeitungsachsen-Antreiber und der Vorschubachsen-Antreiber so gesteuert werden, dass der Vorschubachsen-Antreiber den kontinuierlichen Vorschubantrieb beginnt, bevor der Bearbeitungsachsen-Antreiber die Laserbestrahlungsposition durch den Rückwärtsantrieb stoppt, und der Vorschubachsen-Antreiber den kontinuierlichen Vorschubantrieb beendet, nachdem der Bearbeitungsachsen-Antreiber die Laserbestrahlungsposition durch den Rückwärtsantrieb stoppt.

[0011] Bei einer solchen Konfiguration werden die erste Linienbearbeitung des Bearbeitens der ersten Bearbeitungslinie und die zweite Linienbearbeitung des Bearbeitens der zweiten Bearbeitungslinie durchgeführt, unter Verwendung des Bearbeitungsachsen-Antriebers zum Relativbewegen der Laserbestrahlungsposition in der Bearbeitungsrichtung in Bezug auf das Bearbeitungsobjekt und des Vorschubachsen-Antriebers zum Relativbewegen der Laserbestrahlungsposition in der Zufuhrrichtung in Bezug auf das Bearbeitungsobjekt. Ferner führen der Bearbeitungsachsen-Antrieber und der Vorschubachsen-Antrieber den nachstehenden Vorgang aus, um die Laserbestrahlungsposition, die die erste Bearbeitungslinie durchlaufen hat, in dem Umschaltzeitraum zwischen der ersten Linienbearbeitung und der zweiten Linienbearbeitung in Richtung der zweiten Bearbeitungslinie zu bewegen. Das bedeutet, dass der Bearbeitungsachsen-Antrieber den Rückwärtsantrieb durchführt, um die Laserbestrahlungsposition zur zweiten Bearbeitungslinie zu bringen, indem er die Laserbestrahlungsposition in Richtung der zweiten Seite beschleunigt, nachdem die Laserbestrahlungsposition, die die erste Bearbeitungslinie in Richtung der ersten Seite durchlaufen hat, in Richtung der ersten Seite in der Bearbeitungsrichtung verlangsamt und angehalten wird. Ferner bewegt der Vorschubachsen-Antrieber die Laserbestrahlungsposition in der Vorschubrichtung von der ersten gedachten Geraden, die in der Bearbeitungsrichtung nach außerhalb der ersten Bearbeitungslinie entlang der ersten Bearbeitungslinie verläuft, zu der zweiten gedachten Geraden, die in der Bearbeitungsrichtung nach außerhalb der zweiten Bearbeitungslinie entlang der zweiten Bearbeitungslinie verläuft.

[0012] Insbesondere führt der Vorschubachsen-Antrieber den kontinuierlichen Vorschubantrieb zum kontinuierlichen Bewegen der Laserbestrahlungsposition in Vorschubrichtung von der ersten gedachten Geraden zu der zweiten gedachten Geraden durch. Die Steuerungseinheit veranlasst den Vorschubachsen-Antrieber, die Laserbestrahlungsposition in der Vorschubrichtung während der gesamten Zeit vor und nach dem Zeitpunkt zu bewegen, zu dem eine Bewegung der Laserbestrahlungsposition in der Bearbeitungsrichtung aufgrund des Rückwärtsantriebs gestoppt wird, indem der Bearbeitungsachsen-Antrieber und der Vorschubachsen-Antrieber so gesteuert werden, dass der Vorschubachsen-Antrieber den kontinuierlichen Vorschubantrieb beginnt, bevor der Bearbeitungsachsen-Antrieber die Laserbestrahlungsposition durch den Rückwärtsantrieb stoppt, und der Vorschubachsen-Antrieber den kontinuierlichen Vorschubantrieb beendet, nachdem der Bearbeitungsachsen-Antrieber die Laserbestrahlungsposition durch den Rückwärtsantrieb stoppt. Das bedeutet, dass in dem Umschaltzeitraum sowohl ein Zeitraum der Verzögerung der Laserbe-

arbeitung hin zu der ersten Seite in der Bearbeitungsrichtung als auch ein Zeitraum der Beschleunigung der Laserbestrahlungsposition hin zu der zweiten Seite in der Bearbeitungsrichtung effektiv genutzt werden, um die Laserbestrahlungsposition in der Vorschubrichtung zu bewegen. Im Ergebnis ist es möglich, den Einfluss des Umschaltzeitraums zum Umschalten der Bewegungsrichtung des Laserstrahls auf die für die Vollendung der Bearbeitung des Bearbeitungsobjekts erforderliche Zeit zu unterdrücken. Darüber hinaus ist es, da der Ausführungszeitraum der Linienbearbeitung effektiv genutzt wird, um das Bearbeitungsobjekt wie eingangs beschrieben abzubilden, möglich, die Zeit zu unterdrücken, die erforderlich ist, um die Bearbeitungslinie auf die Linienbearbeitung umzuschalten, das Bearbeitungsobjekt effizient abzubilden und die Bearbeitung des Bearbeitungsobjekts rasch abzuschließen.

[0013] Die Laserbearbeitungsvorrichtung kann so konfiguriert sein, dass der Abbildungsteil während des Ausführens der Linienbearbeitung den Abbildungsbereich abbildet, der zumindest die Bearbeitungslinie beinhaltet. Ein Teil, der der Bearbeitungslinie entspricht, scheint sich aufgrund des Kontrasts zwischen beiden Seiten der Bearbeitungslinie und der Bearbeitungslinie in der Vorschubrichtung in dem durch eine solche Bildgebung erhaltenen Bild in der Bearbeitungsrichtung zu erstrecken. Daher kann ein Einfluss der Laserbearbeitung auf die Position der Bearbeitungslinie in der Vorschubrichtung auf Grundlage der Position dieses Teils in der Vorschubrichtung präzise erkannt werden.

[0014] Die Laserbearbeitungsvorrichtung kann so konfiguriert sein, dass eine Mitte des Abbildungsbereichs des Abbildungsteils und ein Fokus des Laserstrahls, der auf die Laserbestrahlungsposition aufgestrahlt werden soll, in der Bearbeitungsrichtung angeordnet sind. Bei einer solchen Konfiguration kann ein Zustand unmittelbar vor dem Aufstrahlen des Laserstrahls durch das Bild des Abbildungsbereichs präzise erfasst werden.

[0015] Die Laserbearbeitungsvorrichtung kann so konfiguriert sein, dass der Abbildungsteil das Bild durch Vollzeitraumabbildung erlangt, um eine Kamera zu veranlassen, die Belichtung während eines Überlappungszeitraums fortzusetzen, während dessen ein unbearbeiteter Teil, der nicht durch Aufstrahlen des Laserstrahls in einer Ziellinie bearbeitet wurde, den Abbildungsbereich während der Ausführung der Linienbearbeitung für die eine Ziellinie aus der Vielzahl von Bearbeitungslinien durchquert. Bei einer solchen Konfiguration können Informationen, die durch Akkumulieren einer Luminanz des Bildes des Abbildungsbereichs in der Bearbeitungsrichtung erlangt werden, erhalten werden.

[0016] Die Laserbearbeitungsvorrichtung kann so konfiguriert sein, dass eine Belichtungszeit T_c und eine Beleuchtungsstärke L_0 in der Vollzeitraumabbildung die nachstehende Beziehung für eine Belichtungszeit T_0 und eine Beleuchtungsstärke L_0 erfüllen, wenn die Kamera das Bearbeitungsobjekt in Bezug auf die Kamera ortsfest abbildet:

$$L_c = T_0 \times L_0 / T_c.$$

[0017] Bei einer solchen Konfiguration kann die Luminanzsättigung des Bildes unterdrückt werden.

[0018] Die Laserbearbeitungsvorrichtung kann so konfiguriert sein, dass die Steuerungseinheit basierend auf dem durch Vollzeitraumabbildung erlangten Bild bestimmt, ob die Laserbestrahlungsposition für die Bearbeitungslinie korrekt ist oder nicht. Bei einer solchen Konfiguration kann bestätigt werden, ob die Laserbestrahlungsposition korrekt ist oder nicht.

[0019] Die Laserbearbeitungsvorrichtung kann so konfiguriert sein, dass die Steuerungseinheit auf Grundlage eines mittleren Teils des Bildes mit Ausnahme der beiden Endteile in einer orthogonalen Richtung, die orthogonal zu der Bearbeitungsrichtung ist, bestimmt, ob die Laserbestrahlungsposition für die Bearbeitungslinie korrekt ist oder nicht. Bei einer solchen Konfiguration kann bestätigt werden, ob die Laserbestrahlungsposition korrekt ist oder nicht, wobei unnötige Informationen, die in den beiden Endteilen in der orthogonalen Richtung des Bildes erscheinen, ausgeschlossen werden.

[0020] Die Laserbearbeitungsvorrichtung kann so konfiguriert sein, dass die Steuerungseinheit einen Positionsabweichungsbetrag in der orthogonalen Richtung der Laserbestrahlungsposition von der einen Ziellinie erlangt und die Laserbestrahlungsposition auf Grundlage der Positionsabweichung in der orthogonalen Richtung korrigiert, wenn die Linienbearbeitung nach der einen Ziellinie durchgeführt wird, wenn auf Grundlage des Bildes bestätigt wird, dass eine Positionsabweichung der Laserbestrahlungsposition von der einen Ziellinie in einer orthogonalen Richtung orthogonal zur Bearbeitungsrichtung vorliegt. Bei einer solchen Konfiguration kann die Linienbearbeitung durch Korrigieren der Positionsabweichung der Laserbestrahlungsposition korrekt durchgeführt werden.

[0021] Die Laserbearbeitungsvorrichtung kann so konfiguriert sein, dass wenn auf Grundlage des Bildes die Neigung einer Spur der Laserbestrahlungsposition in Bezug auf die eine Ziellinie bestätigt wird, die Steuerungseinheit eine Ausrichtung zum Korrigieren der Neigung durchführt. Bei einer solchen Konfiguration kann die Linienbearbeitung korrekt durchgeführt werden, indem die Neigung der Laser-

bestrahlungsposition hinsichtlich der Bearbeitungslinie korrigiert wird.

[0022] Ein erfindungsgemäßes Halbleiterchip-Herstellungsverfahren umfasst: Bearbeiten eines Halbleitersubstrats, das eine Vielzahl von Halbleiterchips aufweist, die durch Bearbeitungslinien abgegrenzt und aufgereiht sind, durch das oben beschriebene Laserbearbeitungsverfahren; und Trennen eines jeden der Vielzahl von Halbleiterchips durch Aufdehnen eines Bandes, das das Halbleitersubstrat durch eine Klebekraft hält, bearbeitet durch das Laserbearbeitungsverfahren.

[0023] Ein erfindungsgemäßer Halbleiterchip wird hergestellt durch: Bearbeiten eines Halbleitersubstrats, das eine Vielzahl von Halbleiterchips aufweist, die durch Bearbeitungslinien abgegrenzt und aufgereiht sind, durch das oben beschriebene Laserbearbeitungsverfahren; und Trennen eines jeden der Vielzahl von Halbleiterchips durch Aufdehnen eines Bandes, das das Halbleitersubstrat durch eine Klebekraft hält, bearbeitet durch das Laserbearbeitungsverfahren.

[0024] Ein erfindungsgemäßes Laserbearbeitungsprogramm veranlasst einen Computer, das oben beschriebene Laserbearbeitungsverfahren auszuführen.

[0025] Ein erfindungsgemäßes Aufzeichnungsmedium speichert das oben beschriebene Laserbearbeitungsprogramm computerlesbar.

WIRKUNG DER ERFINDUNG

[0026] Erfindungsgemäß kann ein Bearbeitungsobjekt effizient bei einer Laserbearbeitungstechnik zum Bearbeiten einer Bearbeitungslinie abgebildet werden, indem ein Laserstrahl auf die Bearbeitungslinie aufgestrahlt wird.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[Fig. 1] Vorderansicht, die schematisch ein Beispiel für eine erfindungsgemäße Laserbearbeitungsvorrichtung zeigt.

[Fig. 2] Draufsicht, die schematisch die Laserbearbeitungsvorrichtung der **Fig. 1** zeigt.

[Fig. 3] Blockdiagramm, das die elektrische Konfiguration der Laserbearbeitungsvorrichtung der **Fig. 1** zeigt.

[Fig. 4] Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für ein Verfahren zur Herstellung eines laserbearbeiteten Substrats zeigt, bei dem die Laserbearbeitung bereits durchgeführt wurde.

[Fig. 5] Ablaufdiagramm das ein Beispiel für die Entnahme des Ringrahmens zeigt.

[Fig. 6] Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Übertragung des Ringrahmens zeigt.

[Fig. 7A] Draufsicht, die schematisch ein Beispiel eines Vorgangs zeigt, der gemäß den Ablaufdiagrammen der Fig. 5 und 6 durchgeführt wird.

[Fig. 7B] Draufsicht, die schematisch ein Beispiel eines Vorgangs zeigt, der gemäß den Ablaufdiagrammen der Fig. 5 und 6 durchgeführt wird.

[Fig. 7C] Draufsicht, die schematisch ein Beispiel eines Vorgangs zeigt, der gemäß den Ablaufdiagrammen der Fig. 5 und 6 durchgeführt wird.

[Fig. 7D] Draufsicht, die schematisch ein Beispiel eines Vorgangs zeigt, der gemäß den Ablaufdiagrammen der Fig. 5 und 6 durchgeführt wird.

[Fig. 7E] Draufsicht, die schematisch ein Beispiel eines Vorgangs zeigt, der gemäß den Ablaufdiagrammen der Fig. 5 und 6 durchgeführt wird.

[Fig. 8] Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Aufbewahrung des Ringrahmens zeigt.

[Fig. 9] Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Ringrahmenausrichtung zeigt.

[Fig. 10] Draufsicht, die schematisch ein Beispiel für einen bei der Ringrahmenausrichtung durchgeführten Vorgang zeigt.

[Fig. 11] Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Substratbearbeitung zeigt.

[Fig. 12] Draufsicht, die schematisch ein Beispiel eines Vorgangs zeigt, der gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 11 durchgeführt wird.

[Fig. 13A] Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Kalibrierung zeigt.

[Fig. 13B] Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Bühnenebenenspezifikation zeigt, die bei der Kalibrierung von Fig. 13A durchgeführt wird.

[Fig. 13C] Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Substratebenenspezifikation zeigt, die bei der Kalibrierung von Fig. 13A durchgeführt wird.

[Fig. 14] Ablaufdiagramm, das den grundlegenden Prozess der Linienbearbeitung für jede geplante Teilungslinie zeigt.

[Fig. 15A] Diagramm, das schematisch ein erstes Beispiel eines Vorgangs zeigt, der gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 14 durchgeführt wird.

[Fig. 15B] Diagramm, das schematisch ein zweites Beispiel für den gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 14 durchgeführten

gramm von Fig. 14 durchgeführten Vorgang zeigt.

[Fig. 15C] Diagramm, das schematisch ein drittes Beispiel für den gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 14 durchgeführten Vorgang zeigt.

[Fig. 15D] Diagramm, das schematisch ein viertes Beispiel für den gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 14 durchgeführten Vorgang zeigt.

[Fig. 15E] Diagramm, das schematisch ein fünftes Beispiel für den gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 14 durchgeführten Vorgang zeigt.

[Fig. 15F] Diagramm, das schematisch ein sechstes Beispiel für den gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 14 durchgeführten Vorgang zeigt.

[Fig. 15G] Diagramm, das schematisch ein siebtes Beispiel für den gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 14 durchgeführten Vorgang zeigt.

[Fig. 16] Ablaufdiagramm, das ein erstes Anwendungsbeispiel der Linienbearbeitung für jede geplante Teilungslinie zeigt.

[Fig. 17] Diagramm, das schematisch ein Beispiel eines Vorgangs zeigt, der gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 16 durchgeführt wird.

[Fig. 18] Ablaufdiagramm, das ein zweites Anwendungsbeispiel der Linienbearbeitung für jede geplante Teilungslinie zeigt.

[Fig. 19A] Diagramm, das schematisch ein erstes Beispiel eines Vorgangs zeigt, der gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 18 durchgeführt wird.

[Fig. 19B] Diagramm, das schematisch ein zweites Beispiel für den gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 18 durchgeführten Vorgang zeigt.

[Fig. 20] Diagramm, das schematisch ein Beispiel für ein Bild des Halbleitersubstrats zeigt, das in Schritt S1008 von Fig. 16 oder Schritt S1104 von Fig. 18 erlangt wurde.

[Fig. 21] Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für ein Verfahren zur Bestimmung der Laserbearbeitungsbedingungen bei der Linienbearbeitung zeigt.

[Fig. 22A] Diagramm mit Parametern, die sich auf die Bestimmung der Laserbearbeitungsbedingungen beziehen.

[Fig. 22B] Diagramm, das den zeitlichen Einfluss der Laserbearbeitungsbedingungen zeigt.

[Fig. 22C] Tabelle mit einem Beispiel für eine Tabelle, auf die bei der Bestimmung der Laserbearbeitungsbedingungen aus Fig. 21 Bezug genommen werden muss.

[Fig. 23] Draufsicht, die schematisch eine Positionsbeziehung der Laserbestrahlungsposition und der Abbildungsbereiche beim detaillierten Vorgang des Abbildens der Abbildungsbereiche zeigt.

[Fig. 24] Draufsicht, die schematisch ein Abbildungsobjekt beim detaillierten Vorgang des Abbildens des Abbildungsbereichs zeigt.

[Fig. 25] Ablaufdiagramm, das ein Beispiel einer Kamerabelichtungssteuerung zeigt.

[Fig. 26] Tabelle, die schematisch Informationen zeigt, die aus Schwenkbildern erlangt wurden, die durch den Schwenkvorgang aufgenommen wurden.

[Fig. 27] Ablaufdiagramm, das ein Beispiel einer für das Schwenkbild durchgeführten Bildbestimmung zeigt.

[Fig. 28] Darstellung, die schematisch eine bei der Bildbestimmung aus Fig. 27 verwendete Maske zeigt.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0027] Fig. 1 ist eine Vorderansicht, die schematisch ein Beispiel für eine erfindungsgemäße Laserbearbeitungsvorrichtung zeigt, und Fig. 2 ist eine Draufsicht, die schematisch die Laserbearbeitungsvorrichtung aus Fig. 1 zeigt. In beiden und den nachfolgenden Figuren sind eine X-Richtung, die eine horizontale Richtung ist, eine Y-Richtung, die eine horizontale Richtung senkrecht zur X-Richtung ist, und eine Z-Richtung, die eine vertikale Richtung ist, zweckmäßig dargestellt. Ferner sind eine (+X)-Seite in der X-Richtung (rechte Seite in Fig. 2) und eine (-X)-Seite (linke Seite in Fig. 2), die der (+X)-Seite in der X-Richtung gegenüberliegt, wie jeweils zweckmäßig dargestellt und eine (+Y)-Seite in Y-Richtung (obere Seite in Fig. 2) und eine (-Y)-Seite (untere Seite in Fig. 2) gegenüberliegend der (+Y)-Seite in Y-Richtung zweckmäßig dargestellt.

[0028] Die Laserbearbeitungsvorrichtung 1 bearbeitet ein Halbleitersubstrat W, indem ein Laserstrahl auf das Halbleitersubstrat W (Bearbeitungsobjekt) gestrahlt wird. Dieses Halbleitersubstrat W wird von einem Ringrahmen Fr über ein Band E gehalten. Das Band E ist eine Sägefolie oder ein Bonding Tape, und die Vorderseite (Oberseite) des Bandes E ist klebend. Der Ringrahmen Fr hat eine äußere Form, die durch Schneiden von Teilen einer regelmäßigen Achteckform erlangt wird, um Schlitze Fs bereitzustellen, und eine kreisförmige Öffnung Fo ist in einer Mitte des Ringrahmens Fr vorgesehen. Die vor-

der Oberfläche des Bandes E ist dem Ringrahmen Fr von unten zugewandt, um die gesamte Öffnung Fo zu überlappen, und die Umfangskante der vorderen Oberfläche des Bandes E ist durch eine Klebekraft an die Bodenfläche des Ringrahmens Fr gebondet. Ferner wird das Halbleitersubstrat W durch eine Klebekraft an die vordere Oberfläche des Bandes E gebondet. Das Halbleitersubstrat W wird in der Laserbearbeitungsvorrichtung 1 transportiert, während es durch den Ringrahmen Fr über das Band E auf diese Weise gehalten wird. Es wird angemerkt, dass das Halbleitersubstrat W eine Vorderseite und eine der Vorderseite gegenüberliegende Rückseite hat, und dass auf der Vorderseite des Halbleitersubstrats W eine elektronische Schaltung ausgebildet ist, während die Rückseite des Halbleitersubstrats W flach ist. Die nach unten weisende Vorderseite des Halbleitersubstrats W ist an die Vorderseite des Bandes E gebondet, d. h. das Halbleitersubstrat W wird mit der nach oben weisenden Rückseite des Halbleitersubstrats W gehalten.

[0029] Die Laserbearbeitungsvorrichtung 1 ist mit einem Substrataufbewahrungsteil 2 zum Aufbewahren des Halbleitersubstrats W und einer Spann Bühne 3 (Stützelement) zum Halten des aus dem Substrataufbewahrungsteil 2 herausgenommenen Halbleitersubstrats W versehen. Die Laserbearbeitungsvorrichtung 1 ist mit einer Grundplatte 11 in Form einer flachen Platte versehen, und der Substrataufbewahrungsteil 2 und die Spann Bühne 3 werden von der Grundplatte 11 getragen. Die Spann Bühne 3 ist auf der (+X)-Seite des Substrataufbewahrungsteils 2 in der X-Richtung und auf der (-Y)-Seite des Substrataufbewahrungsteils 2 in der Y-Richtung angeordnet. Ein Raum auf der (-X)-Seite der Spann Bühne 3 in der X-Richtung und auf der (-Y)-Seite des Substrataufbewahrungsteils 2 in der Y-Richtung ist ein Substrattransferbereich Aw.

[0030] Das Substrataufbewahrungsteil 2 weist eine Substrataufbewahrungskassette 21 auf. Die Substrataufbewahrungskassette 21 umfasst ein Paar von Seitenwänden 22, die auf beiden Seiten in der X-Richtung vorgesehen sind, und eine Öffnung 23, die zwischen den Seitenwänden 22 vorgesehen ist, und die Öffnung 23 ist zur (-Y)-Seite (d.h. zum Substrattransferbereich Aw) gerichtet. Bei dem Paar von Seitenwänden 22 handelt es sich um flache Platten, die senkrecht zur X-Richtung verlaufen und einander in der X-Richtung gegenüberliegen. Ferner sind innerhalb eines jeden des Pairs von Seitenwänden 22 Stützvorsprünge 24 vorgesehen. Ein Paar von Stützvorsprüngen 24, die einander in der X-Richtung zugewandt sind, befinden sich auf der gleichen Höhe. Der Ringrahmen Fr, der das Halbleitersubstrat W hält, kann von der (-Y)-Seite über die Öffnung 23 in eine Position oberhalb des Pairs von Stützvorsprüngen 24 eingeführt werden. Beide Enden in der X-Richtung des auf diese Weise eingesetzten Ringrah-

mens Fr werden von unten durch das Paar von Stützvorsprüngen 24 gestützt. Das bedeutet, dass eine Seite oberhalb des Paares von Stützvorsprüngen 24 als Steckplatz 25 zur Aufnahme des Ringrahmens Fr fungiert, und der Ringrahmen Fr, der von der (-Y)-Seite über die Öffnung 23 in den Steckplatz 25 eingeführt wird, durch das Paar von Stützvorsprüngen 24 entsprechend diesem Steckplatz 25 gestützt wird. Daher kann das Halbleitersubstrat W, das von dem Ringrahmen Fr getragen wird, in der Substrataufbewahrungskassette 21 gelagert werden, indem der Ringrahmen Fr in den Steckplatz 25 der Substrataufbewahrungskassette 21 eingesetzt wird, und das Halbleitersubstrat W kann aus der Substrataufbewahrungskassette 21 entnommen werden, indem der Ringrahmen Fr aus dem Steckplatz 25 der Substrataufbewahrungskassette 21 herausgezogen wird.

[0031] Die Substrataufbewahrungskassette 21 beinhaltet ferner einen Z-Achsen-Schieber 26 zum Stützen der Substrataufbewahrungskassette 21 und einen Z-Achsen-Antriebsmechanismus 27 zum Antreiben des Z-Achsen-Schiebers 26 in der Z-Richtung. Der Z-Achsen-Antriebsmechanismus 27 ist ein einachsiger Roboter, der auf der Grundplatte 11 montiert ist und einen Z-Achsen-Antriebsübertrager 271 zum in der Z-Richtung bewegbaren Tragen des Z-Achsen-Schiebers 26 und einen Z-Achsen-Kassettenmotor 272 zum Antreiben des auf dem Z-Achsen-Antriebsübertrager 271 getragenen Z-Achsen-Schiebers 26 in der Z-Richtung aufweist. Der Z-Achsen-Antriebsübertrager 271 weist eine Kugelumlaufspindel auf, die von dem Z-Achsen-Kassettenmotor 272 angetrieben wird, und der Z-Achsen-Schieber 26 ist an einer Mutter der Kugelumlaufspindel befestigt. Eine bestimmte Konfiguration des Z-Achsen-Antriebsmechanismus 27 ist jedoch nicht auf dieses Beispiel beschränkt und kann ein Linearmotor sein. Ein solcher Z-Achsen-Antriebsmechanismus 27 bewegt die auf dem Z-Achsen-Schieber 26 gelagerte Substrataufbewahrungskassette 21 in der Z-Richtung, indem er den auf dem Z-Achsen-Antriebsübertrager 271 gelagerten Z-Achsen-Schieber 26 durch den Z-Achsen-Kassettenmotor 272 antreibt.

[0032] Für die Substrataufbewahrungskassette 21 wird eine Substrateinschubhöhe 211 festgelegt, und das Halbleitersubstrat W kann in den Steckplatz 25, der sich auf der Substrateinschubhöhe 211 befindet, eingeschoben und aus diesem herausgezogen werden. Daher kann der Steckplatz 25, in den das Halbleitersubstrat W eingeschoben und aus dem es entnommen wird, durch Bewegen der Substrataufbewahrungskassette 21 in der Z-Richtung durch den Z-Achsen-Antriebsmechanismus 27 geändert werden, um den Steckplatz 25, der sich auf der Substrateinschubhöhe 211 befindet, aus einer Vielzahl von Steckplätzen 25 zu ändern.

[0033] Im Gegensatz dazu ist die Laserbearbeitungsvorrichtung 1 mit einem Y-Achsen-Fördermechanismus 4 zum Transportieren des Ringrahmens Fr in der Y-Richtung zwischen dem Steckplatz 25 auf der Substrateinschubhöhe 211 und dem Substrattransferbereich Aw bereitgestellt. Der Y-Achsen-Fördermechanismus 4 weist eine Anhebehand 41, einen Y-Achsen-Schieber 43 zum Tragen der Anhebehand 41 und einen Y-Achsen-Antriebsmechanismus 45 zum Antreiben des Y-Achsen-Schiebers 43 in der Y-Richtung auf. Der Y-Achsen-Antriebsmechanismus 45 ist ein einachsiger Roboter, der durch einen nicht dargestellten Rahmen auf der Grundplatte 11 montiert ist und einen Y-Achsen-Antriebsübertrager 451 zur in der Y-Richtung bewegbaren Lagerung des Y-Achsen-Schiebers 43 und einen Y-Achsen-Anhebehandmotor 452 zum Antrieb des auf dem Y-Achsen-Antriebsübertrager 451 gelagerten Y-Achsen-Schiebers 43 in der Y-Richtung umfasst. Der Y-Achsen-Antriebsübertrager 451 weist eine Kugelumlaufspindel auf, die von dem Y-Achsen-Anhebehandmotor 452 angetrieben wird, und der Y-Achsen-Schieber 43 ist an einer Mutter der Kugelumlaufspindel befestigt. Eine bestimmte Konfiguration des Y-Achsen-Antriebsmechanismus 45 ist jedoch nicht auf dieses Beispiel beschränkt und kann ein Linearmotor sein. Ein solcher Y-Achsen-Antriebsmechanismus 45 bewegt die auf dem Y-Achsen-Schieber 43 gelagerte Anhebehand 41 in der Y-Richtung, indem er den auf dem Y-Achsen-Antriebsübertrager 451 gelagerten Y-Achsen-Schieber 43 durch den Y-Achsen-Anhebehandmotor 452 antreibt.

[0034] Die Anhebehand 41 weist ein Basisteil 411, das sich auf dem Y-Achsen-Schieber 43 abstützt, und eine Gabel 412 auf, die von dem Basisteil 411 zur (+Y)-Seite hin vorsteht. Die Gabel 412 befindet sich auf der Substrateinschubhöhe 211 und kann den Ringrahmen Fr von unten halten. Der Y-Achsen-Fördermechanismus 4 bewegt den von der Gabel 412 der Anhebehand 41 gehaltenen Ringrahmen Fr zwischen der Substrataufbewahrungskassette 21 und dem Substrattransferbereich Aw, indem er die Anhebehand 41 durch den Y-Achsen-Antriebsmechanismus 45, wie später beschrieben, in der Y-Richtung antreibt.

[0035] Ferner ist die Laserbearbeitungsvorrichtung 1 mit einem XZ-Achsen-Fördermechanismus 5 zum Transportieren des Ringrahmens Fr in der X-Richtung zwischen der Anhebehand 41, die sich in dem Substrattransferbereich Aw befindet, und der Spannbühne 3 bereitgestellt. Der XZ-Achsen-Fördermechanismus 5 weist eine Saughand 51, einen X-Achsen-Schieber 53 zur Unterstützung der Saughand 51 und einen X-Achsen-Antreiber 55 zum Antrieb des X-Achsen-Schiebers 53 in der X-Richtung auf. Der X-Achsen-Antreiber 55 ist ein einachsiger Roboter, der durch einen nicht dargestellten Rahmen auf der

Grundplatte 11 montiert ist und einen X-Achsen-Antriebsübertrager 551 zur in der X-Richtung bewegbaren Lagerung des X-Achsen-Schiebers 53 und einen X-Achsen-Saughandmotor 552 zum Antrieb des auf dem X-Achsen-Antriebsübertrager 551 gelagerten X-Achsen-Schiebers 53 in der X-Richtung aufweist. Der X-Achsen-Antriebsübertrager 551 weist eine Kugelumlaufspindel auf, die von dem X-Achsen-Saughandmotor 552 angetrieben wird, und der X-Achsen-Schieber 53 ist an einer Mutter der Kugelumlaufspindel befestigt. Eine bestimmte Konfiguration des X-Achsen-Antriebers 55 ist jedoch nicht auf dieses Beispiel beschränkt und kann ein Linearmotor sein. Ein solcher X-Achsen-Antrieber 55 bewegt die auf dem X-Achsen-Schieber 53 gelagerte Saughand 51 in der X-Richtung, indem er den auf dem X-Achsen-Antriebsübertrager 551 gelagerten X-Achsen-Schieber 53 durch den X-Achsen-Saughandmotor 552 antreibt.

[0036] Der XZ-Achsen-Fördermechanismus 5 weist ferner einen Z-Achsen-Schieber 56, der an der Saughand 51 befestigt ist, und einen Z-Achsen-Antrieber 58 zum Antreiben des Z-Achsen-Schiebers 56 in der Z-Richtung in Bezug auf den X-Achsen-Schieber 53 auf. Das bedeutet, dass sich die Saughand 51 über den Z-Achsen-Schieber 56 und der Z-Achsen-Antrieber 58 auf dem X-Achsen-Schieber 53 abstützt. Der Z-Achsen-Antrieber 58 ist ein einachsiger Roboter, der auf dem X-Achsen-Schieber 53 montiert ist und einen Z-Achsen-Antriebsübertrager 581 zur in der Z-Richtung bewegbaren Lagerung des Z-Achsen-Schiebers 56 und einen Z-Achsen-Saughandmotor 582 zum Antrieb des auf dem Z-Achsen-Antriebsübertrager 581 gelagerten Z-Achsen-Schiebers 56 in der Z-Richtung aufweist. Der Z-Achsen-Antriebsübertrager 581 weist eine Kugelumlaufspindel auf, die von dem Z-Achsen-Saugmotor 582 angetrieben wird, und der Z-Achsen-Schieber 56 ist an einer Mutter der Kugelumlaufspindel befestigt. Eine konkrete Konfiguration des Z-Achsen-Antriebers 58 ist jedoch nicht auf dieses Beispiel beschränkt und kann ein Linearmotor sein. Der Z-Achsen-Schieber 56 erstreckt sich von dem Z-Achsen-Antrieber 58 bis zu einer Seite unterhalb des X-Achsen-Antriebsübertragers 551, und die Saughand 51 ist am unteren Ende des Z-Achsen-Schiebers 56 befestigt. Ein solcher Z-Achsen-Antrieber 58 bewegt die auf dem Z-Achsen-Schieber 56 gelagerte Saughand 51 in der Z-Richtung, indem er den auf dem Z-Achsen-Antriebsübertrager 581 gelagerten Z-Achsen-Schieber 56 durch den Z-Achsen-Saughandmotor 582 antreibt.

[0037] Die Saughand 51 weist ein Basisteil 511, das auf dem Z-Achsen-Schieber 56 gelagert ist, und ein ringförmiges Saugelement 512 auf, das in Richtung der (+Y)-Seite von dem Basisteil 511 vorsteht. Das ringförmige Saugelement 512 hat eine kreisförmige Ringform, und eine Vielzahl von Sauglöchern mün-

den in einer Bodenfläche 513 des ringförmigen Saugelements 512. Der Ringrahmen Fr kann von oben von der Saughand 51 gehalten werden, indem der Ringrahmen Fr durch einen Unterdruck, der in jedem Saugloch der Bodenfläche 513 erzeugt wird, angesaugt wird, während die Bodenfläche 513 dieses ringförmigen Saugelements 512 von oben in Kontakt mit dem Ringrahmen Fr gebracht wird. Der XZ-Achsen-Fördermechanismus 5 bewegt den Ringrahmen Fr, der von dem ringförmigen Saugelement 512 der Saughand 51 gehalten wird, zwischen dem Substrattransferbereich Aw und der Spannbühne 3, indem die Saughand 51 wie später beschrieben in der X-Richtung durch den X-Achsen-Antrieber 55 und die Saughand 51 durch den Z-Achsen-Antrieber 58 in der Z-Richtung angetrieben wird.

[0038] Die Spannbühne 3 weist eine Saugplatte 31 auf, auf der der Ringrahmen Fr, der das Halbleitersubstrat W über das Band E trägt, platziert ist. Die Saugplatte 31 hat eine kreisförmige Form, und eine Vielzahl von Sauglöchern münden in einer oberen Fläche 311 der Saugplatte 31. Das Band E kann an der Saugplatte 31 befestigt werden, indem das Band E in Kontakt mit der oberen Fläche 311 durch einen Unterdruck angesaugt wird, der in jedem Saugloch der oberen Fläche 311 der Saugplatte 31 erzeugt wird. Ferner weist die Spannbühne 3 eine Vielzahl von Klammern 32 auf, die am Umfangsrand der Saugplatte 31 bereitgestellt sind. Diese Spannbühne 3 fixiert den Ringrahmen Fr an der Saugplatte 31, indem sie bewirkt, dass die Klammern 32 dem Ringrahmen Fr gegenüberliegen, der von oben auf der Saugplatte 31 platziert wird, und den Ringrahmen Fr zwischen den Klammern 32 und der Saugplatte 31 einklemmt. Ferner löst die Spannbühne 3 die Befestigung des Ringrahmens Fr an der Saugplatte 31, indem sie die Klammern 32 seitlich von dem Ringrahmen Fr zurückzieht.

[0039] Wie soeben beschrieben, hält die Spannbühne 3 das Halbleitersubstrat W über das Band E auf dem Ringrahmen Fr, indem das Band E durch die Saugplatte 31 angesaugt und der Ringrahmen Fr durch die Klammern 32 fixiert wird. Durch die Verwendung der Klammern 32 in Kombination auf diese Weise kann das Band E mit einer schwachen Saugkraft an die Saugplatte 31 gesaugt werden, und ein Einfluss der Saugkraft des Bandes E auf das Halbleitersubstrat W kann verglichen mit dem Fall, in dem das Halbleitersubstrat W nur durch das Ansaugen des Bandes E an der Saugplatte 31 gehalten wird, abgeschwächt werden.

[0040] Ferner ist die Laserbearbeitungsvorrichtung 1 mit einem XY Θ -Antriebstisch 6 zur Aufnahme der Spannbühne 3 ausgestattet. Der XY Θ -Antriebstisch 6 ist auf der Grundplatte 11 angeordnet und treibt die Spannbühne 3 in der X-Richtung, der Y-Richtung und einer Θ -Richtung in Bezug auf die Grundplatte 11 an.

Dabei ist die Θ -Richtung eine Drehrichtung um eine zur Z-Richtung parallele Drehachse. Das bedeutet, dass der XY Θ -Antriebstisch 6 eine Y-Achsenführung 61, die parallel zur Y-Richtung auf der Grundplatte 11 montiert ist, einen Y-Achsenchieber 62, der durch die Y-Achsenführung 61 in der Y-Richtung bewegbar gelagert ist, und einen Y-Achsen-Antrieber 63 zum Antrieb des Y-Achsenchiebers 62 in der Y-Richtung aufweist. Der Y-Achsen-Antrieber 63 ist ein einachsiger Roboter, der auf der Grundplatte 11 montiert ist und einen Y-Achsen-Antriebsübertrager 631 zur in der Y-Richtung bewegbaren Lagerung des Y-Achsen-Schiebers 62 und einen Y-Achsen-Tischmotor 632 zum Antrieb des auf dem Y-Achsen-Antriebsübertrager 631 gelagerten Y-Achsen-Schiebers 62 in der Y-Richtung aufweist. Der Y-Achsen-Antriebsübertrager 631 weist eine Kugelumlaufspindel auf, die von dem Y-Achsen-Tischmotor 632 angetrieben wird, und der Y-Achsen-Schieber 62 ist an einer Mutter der Kugelumlaufspindel befestigt. Die konkrete Konfiguration des Y-Achsen-Antriebers 63 ist jedoch nicht auf dieses Beispiel beschränkt und kann auch ein Linearmotor sein.

[0041] Der XY Θ -Antriebstisch 6 weist ferner einen X-Achsen-Schieber 64 und einen X-Achsen-Antrieber 65 zum Antrieb des X-Achsen-Schiebers 64 in der X-Richtung in Bezug auf den Y-Achsen-Schieber 62 auf. Der X-Achsen-Antrieber 65 ist ein einachsiger Roboter, der auf dem Y-Achsen-Schieber 62 montiert ist und einen X-Achsen-Antriebsübertrager 651 zur in der X-Richtung bewegbaren Lagerung des X-Achsen-Schiebers 64 und einen X-Achsen-Tischmotor 652 zum Antrieb des auf dem X-Achsen-Antriebsübertrager 651 gelagerten X-Achsen-Schiebers 64 in der X-Richtung aufweist. Der X-Achsen-Antriebsübertrager 651 weist eine Kugelumlaufspindel auf, die von dem X-Achsen-Tischmotor 652 angetrieben wird, und der X-Achsen-Schieber 64 ist an einer Mutter der Kugelumlaufspindel befestigt. Die konkrete Konfiguration des X-Achsen-Antriebers 65 ist jedoch nicht auf dieses Beispiel beschränkt und kann auch ein Linearmotor sein.

[0042] Der XY Θ -Antriebstisch 6 weist ferner einen Θ -Achsen-Tischmotor 66 auf, der auf dem X-Achsen-Schieber 64 montiert ist. Dieser Θ -Achsen-Tischmotor 66 treibt die Spannbühne 3 in der Θ -Richtung in Bezug auf den X-Achsen-Schieber 64 an.

[0043] Ein solcher XY Θ -Antriebstisch 6 kann die Spannbühne 3 in der Y-Richtung durch den Y-Achsen-Tischmotor 632 antrieben, kann die Spannbühne 3 in der X-Richtung durch den X-Achsen-Tischmotor 652 antreiben und kann die Spannbühne 3 in Θ -Richtung durch den Θ -Achsen-Tischmotor 66 antreiben.

[0044] Die Laserbearbeitungsvorrichtung 1 ist ferner mit einem Laserbearbeitungsteil 7 zum Durchführen

einer Laserbearbeitung für das auf der Spannbühne 3 gehaltene Halbleitersubstrat W bereitgestellt. Der Laserbearbeitungsteil 7 weist einen Bearbeitungskopf 71 auf, der dem auf der Spannbühne 3 gehaltenen Halbleitersubstrat W von oben zugewandt ist. Der Bearbeitungskopf 71 weist eine Laserlichtquelle 72 zum Erzeugen eines Laserstrahls B mit einer vorgegebenen Frequenz und ein optisches System 73 (eine Linse, eine Blende und dergleichen) zum Aufstrahlen des von der Laserlichtquelle 72 emittierten Laserstrahls B auf das Halbleitersubstrat W auf. Dieser Bearbeitungskopf 71 weist eine vorgegebene Laserbestrahlungsposition Lb auf und ist der Laserbestrahlungsposition Lb von oben in der Z-Richtung zugewandt. Der Bearbeitungskopf 71 bündelt den aus der Laserlichtquelle 72 auf die Laserbestrahlungsposition Lb emittierten Laserstrahl B durch das optische System 73, wodurch in einem Teil des Halbleitersubstrats W, der die Laserbestrahlungsposition Lb überlappt, eine modifizierte Schicht gebildet wird.

[0045] Der Laserbearbeitungsteil 7 weist ferner einen Z-Achsen-Schieber 78 zum Tragen des Bearbeitungskopfes 71 und einen Z-Achsen-Antrieber 79 zum Antreiben des Z-Achsen-Schiebers 78 in der Z-Richtung auf. Der Z-Achsen-Antrieber 79 ist ein auf der Grundplatte montierter einachsiger Roboter und weist einen Z-Achsen-Antriebsübertrager 791 zur in der Z-Richtung bewegbaren Lagerung des Z-Achsen-Schiebers 78 und einen Z-Achsen-Kopfmotor 792 zum Antrieb des auf dem Z-Achsen-Antriebsübertrager 791 gelagerten Z-Achsen-Schiebers 78 in der Z-Richtung auf. Der Z-Achsen-Antriebsübertrager 791 weist eine Kugelumlaufspindel, die von dem Z-Achsen-Kopfmotor 792 angetrieben wird, und der Z-Achsen-Schieber 78 ist an einer Mutter der Kugelumlaufspindel befestigt. Eine bestimmte Konfiguration des Z-Achsen-Antriebers 79 ist jedoch nicht auf dieses Beispiel beschränkt und kann ein Linearmotor sein. Ein solcher Z-Achsen-Antrieber 79 bewegt die Laserbestrahlungsposition Lb einer Infrarotkamera 81 in der Z-Richtung, indem er den Z-Achsen-Schieber 78, der auf dem Z-Achsen-Antriebsübertrager 791 gelagert ist, durch den Z-Achsen-Kopfmotor 792 antreibt, um den auf dem Z-Achsen-Schieber 78 gelagerten Bearbeitungskopf 71 in der Z-Richtung zu bewegen.

[0046] Die Laserbearbeitungsvorrichtung 1 ist ferner mit Abbildungsteilen 8 zum Abbilden des Halbleitersubstrats W bereitgestellt, das auf der Spannbühne 3 gehalten wird. Genauer sind zwei Abbildungsteile 8 quer zum Laserbearbeitungsteil 7 in der X-Richtung angeordnet. Zur Unterscheidung dieser beiden Abbildungsteile 8 wird der Abbildungsteil 8 auf der (+X)-Seite des Laserbearbeitungsteils 7 als Abbildungsteil 8A und der Abbildungsteil 8 auf der (-X)-Seite des Laserbearbeitungsteils 7 als Abbildungsteil 8B bezeichnet. Auf diese Weise sind der Abbildungsteil 8A, der Laserbearbeitungsteil 7 und der Abbil-

ungsteil 8B in der X-Richtung aufgereiht. Es wird angemerkt, dass jeder der Abbildungsteile 8A, 8B eine gemeinsame Grundkonfiguration hat. Daher werden die Komponenten, die den Abbildungsteilen 8A, 8B gemeinsam sind, ohne Unterscheidung beschrieben.

[0047] Der Abbildungsteil 8 weist die Infrarotkamera 81 auf, die dem auf der Spannbühne 3 gehaltenen Halbleitersubstrat W von oben zugewandt ist. Diese Infrarotkamera 81 hat einen vorgegebenen Abbildungsbereich Ri (mit anderen Worten ein Sichtfeld) und ist diesem Abbildungsbereich Ri von oben in der Z-Richtung zugewandt. Die Infrarotkamera 81 bildet den Abbildungsbereich Ri ab, indem sie die aus dem Abbildungsbereich Ri emittierten Infrarotstrahlen detektiert und ein Bild des Abbildungsbereichs Ri erlangt.

[0048] Der Abbildungsteil 8 weist ferner einen Z-Achsen-Schieber 88 zum Tragen der Infrarotkamera 81 und einen Z-Achsen-Antrieber 89 zum Antreiben des Z-Achsen-Schiebers 88 in der Z-Richtung auf. Der Z-Achsen-Antrieber 89 ist ein einachsiger Roboter, der auf der Grundplatte montiert ist und einen Z-Achsen-Antriebsübertrager 891 zur in der Z-Richtung bewegbaren Lagerung des Z-Achsen-Antriebers 88 und einen Z-Achsen-Kameramotor 892 zum Antrieb des auf dem Z-Achsen-Antriebsübertrager 891 gelagerten Z-Achsen-Schiebers 88 in der Z-Richtung aufweist. Der Z-Achsen-Antriebsübertrager 891 weist eine Kugelumlaufspindel auf, die von dem Z-Achsen-Kameramotor 892 angetrieben wird, und der Z-Achsen-Schieber 88 ist an einer Mutter der Kugelumlaufspindel befestigt. Eine konkrete Konfiguration des Z-Achsen-Antriebers 89 ist jedoch nicht auf dieses Beispiel beschränkt und kann ein Linearmotor sein. Ein solcher Z-Achsen-Antrieber 89 bewegt den Abbildungsbereich Ri der Infrarotkamera 81 in der Z-Richtung, indem er den Z-Achsen-Schieber 88, der von dem Z-Achsen-Kameramotor 892 auf dem Z-Achsen-Antriebsübertrager 891 gelagert wird, antreibt, um die auf dem Z-Achsen-Schieber 88 gelagerte Infrarotkamera 81 in der Z-Richtung zu bewegen.

[0049] Es wird angemerkt, dass die Infrarotkamera 81 des Abbildungsteils 8A und die Infrarotkamera 81 des Abbildungsteils 8B unterschiedliche Auflösungen haben. Insbesondere hat die Infrarotkamera 81 des Abbildungsteils 8A eine höhere Auflösung, d. h. ein schmaleres Sichtfeld, als die Infrarotkamera 81 des Abbildungsteils 8B. Die Auflösungen der Infrarotkameras 81 müssen jedoch nicht zwischen den Abbildungsteilen 8A und 8B unterschiedlich sein, und diese Infrarotkameras 81 können die gleiche Auflösung haben. Ferner sind in diesem Beispiel die Mittelpunkte des Abbildungsbereichs Ri des Abbildungsteils 8A, der Laserbestrahlungsposition Lb des Bearbeitungskopfs 71 und des Abbildungsbe-

reichs Ri des Abbildungsteils 8B parallel zur X-Richtung angeordnet. Diese müssen jedoch nicht unbedingt parallel zur X-Richtung sein, und der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8A muss nur auf der (+X)-Seite und der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8B muss nur auf der (-X)-Seite in Bezug auf die Laserbestrahlungsposition Lb des Bearbeitungskopfes 71 liegen.

[0050] Fig. 3 ist ein Blockdiagramm, das die elektrische Konfiguration der Laserbearbeitungsvorrichtung aus Fig. 1 zeigt. Wie in Fig. 3 dargestellt, ist die Laserbearbeitungsvorrichtung 1 mit einer Steuerungseinheit 100 zum Steuern der in Fig. 1 und 2 gezeigten Komponenten bereitgestellt. Die Steuerungseinheit 100 weist einen Handhabungssteuerungsrechner 110, der für die Steuerung eines Substrattransportsystems (Substrataufbewahrungsteil 2, Y-Achsen-Fördermechanismus 4 und XZ-Achsen-Fördermechanismus 5) in Bezug auf den Transport des Halbleitersubstrats W in der Laserbearbeitungsvorrichtung 1 zuständig ist, und einen Laserbearbeitungssteuerungsrechner 120 auf, der zum Steuern eines Laserbearbeitungssystems (Spannbühne 3, XY Θ -Antriebstisch 6, Laserbearbeitungsteil 7 und Abbildungsteile 8) in Bezug auf die Laserbearbeitung des Halbleitersubstrats W zuständig ist.

[0051] Die Steuerungseinheit 100 weist ferner einen Kassettencontroller 111 auf, um in Reaktion auf einen Befehl des Handhabungssteuerungsrechners 110 das Einsetzen und Entnehmen des Halbleitersubstrats W in die und aus der Substrataufbewahrungskassette 21 zu steuern. Dieser Kassettencontroller 111 stellt durch Steuern des Z-Achsen-Kassettenmotors 272 die Position in der Z-Richtung der Substrataufbewahrungskassette 21 ein und stellt durch Steuern des Y-Achsen-Anhebehandmotors 452 die Position in der Y-Richtung der Anhehand 41 ein.

[0052] Die Steuerungseinheit 100 weist ferner einen Handcontroller 112 auf, um in Reaktion auf einen Befehl aus dem Handhabungssteuerungsrechner 110 einen Fördervorgang des Halbleitersubstrats W durch die Saughand 51 zu steuern. Der Handcontroller 112 stellt durch Steuern des X-Achsen-Saughandmotors 552 die Position in der X-Richtung der Saughand 51 ein und stellt durch Steuern des Z-Achsen-Saughandmotors 582 die Position in der Z-Richtung der Saughand 51 ein. Ferner steuert der Handcontroller 112 eine Saugpumpe 591 zum Ansaugen der Sauglöcher in der Bodenfläche 513 des ringförmigen Saugelements 512 der Saughand 51. Das bedeutet, dass der Handcontroller 112 saugt den Ringrahmen Fr durch die Saughand 51 ansaugt, indem er den Sauglöchern durch die Saugpumpe 591 einen Unterdruck zuführt, und den Ringrahmen Fr von der Saughand 51 trennt, indem er die Zufuhr

des Unterdrucks zu den Sauglöchern durch die Saugpumpe 591 stoppt.

[0053] Die Steuerungseinheit 100 weist ferner einen Bühnencontroller 121 auf, um in Reaktion auf einen Befehl des Laserbearbeitungssteuerungsrechners 120 einen Substratfixiervorgang durch die Spann­bühne 3 und den Antrieb der Spann­bühne 3 zu steuern. Der Bühnencontroller 121 stellt die Positionen in der X-Richtung, der Y-Richtung und der Θ -Richtung der Spann­bühne 3 ein, indem er den X-Achsen-Tischmotor 652, den Y-Achsen-Tischmotor 632 und den Θ -Achsen-Tischmotor 66 steuert. Des Weiteren steuert der Bühnencontroller 121 die Fixierung des Ringrahmens Fr an der Saugplatte 31 und das Lösen der Fixierung durch einen Klammerantrieb 691, indem er den Klammerantrieb 691 zum Antrieb der Klammern 32 steuert. Des Weiteren steuert der Bühnencontroller 121 eine Saugpumpe 692 zum Ansaugen der Sauglöcher in der Oberseite 311 der Saugplatte 31. Das bedeutet, dass der Bühnencontroller 121 das Band E durch die Saugplatte 31 ansaugt, indem er den Sauglöchern durch die Saugpumpe 692 einen Unterdruck zuführt, und das Ansaugen des Bandes E durch die Saugplatte 31 löst, indem er die Zufuhr des Unterdrucks an die Sauglöcher durch die Saugpumpe 692 stoppt.

[0054] Die Steuerungseinheit 100 weist ferner einen Kameracontroller 122A zum Steuern des Abbildungsteils 8A und einen Kameracontroller 122B zum Steuern des Abbildungsteils 8B auf. Diese Handcontroller 112A, 112B führen für die Infrarotkameras 81 und die Z-Achsen-Kameramotoren 892 der Abbildungsteile 8A, 8B, die jeweils diese Ziele sind die nachstehenden Steuerungen aus. Das bedeutet, dass jeder der Kameracontroller 122A, 122B die Infrarotkamera 81 veranlasst, das Halbleitersubstrat W abzubilden, um ein Bild des Halbleitersubstrats W zu erlangen, und die Infrarotkamera 81 in der Z-Richtung durch den Z-Achsen-Kameramotor 892 antreibt, um einen Abstand in der Z-Richtung von der Infrarotkamera 81 zu dem Halbleitersubstrat W einzustellen.

[0055] Die Steuerungseinheit 100 weist ferner einen Bearbeitungskopfcontroller 123 zum Steuern des Laserbearbeitungsteils 7 auf. Der Bearbeitungskopfcontroller 123 treibt die Laserlichtquelle 72 an, um aus der Laserlichtquelle 72 einen Laserstrahl B zu emittieren, und treibt den Bearbeitungskopf 71 in der Z-Richtung durch den Z-Achsen-Kopfmotor 792 an, um einen Abstand in der Z-Richtung von dem Bearbeitungskopf 71 zu dem Halbleitersubstrat W einzustellen. Der Bearbeitungskopf 71 weist ferner einen Höhendetektor 74 zum Detektieren einer Höhe (Abstand in der Z-Richtung) von dem Halbleitersubstrat W auf. Dieser Höhendetektor 74 ist ein sogenannter Abstandssensor. Das optische System 73 des Bearbeitungskopfes 71 weist ferner einen Fokussiermechanismus 75 auf. Der Fokussierme-

chanismus 75 stellt eine Position ein, auf die der Laserstrahl B gebündelt wird, indem er einen Fokus des optischen Systems 73 in der Z-Richtung verschiebt. Insbesondere bündelt der Bearbeitungskopfcontroller 123 den Laserstrahl B an einer vorgegebenen Position innerhalb des Halbleitersubstrats W, indem er den Fokussiermechanismus 75 auf Grundlage der Höhe des Bearbeitungskopfes 71 von dem Halbleitersubstrat W steuert, die von dem Höhendetektor 74 detektiert wird.

[0056] Es wird angemerkt, dass jede Funktion der eingangs beschriebenen Steuerungseinheit 100 durch einen Prozessor wie etwa eine CPU (Central Processing Unit), ein FPGA (Field Programmable Gate Array) etc. verwirklicht werden kann.

[0057] Die Steuerungseinheit 100 weist ferner einen Speicher 190 auf, bei dem es sich um eine Speichervorrichtung wie eine HDD (Hard Disk Drive) oder eine SDD (Solid State Drive) handelt. In diesem Speicher 190 ist ein Laserbearbeitungsprogramm 191 zum Spezifizieren später beschriebener Operationen gespeichert, die in der Laserbearbeitungsvorrichtung 1 zur Laserbearbeitung des Halbleitersubstrats W durchgeführt werden. Das bedeutet, die Steuerungseinheit 100 führt jede Steuerung, die später anhand der Fig. 4 bis 22C beschrieben wird, durch Implementierung des Laserbearbeitungsprogramms 191 aus. Es wird angemerkt, dass das Laserbearbeitungsprogramm 191 von einem Aufzeichnungsmedium 192 außerhalb der Laserbearbeitungsvorrichtung 1 bereitgestellt wird, und die Steuerungseinheit 100 (Computer) das auf dem Aufzeichnungsmedium 192 aufgezeichnete Laserbearbeitungsprogramm 191 ausliest und das Laserbearbeitungsprogramm 191 in dem Speicher 190 speichert. Beispiele für ein solches Aufzeichnungsmedium 192 sind ein USB-Speicher (Universal Serial Bus), eine Speichervorrichtung eines externen Computers und dergleichen.

[0058] Fig. 4 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für ein Verfahren zur Herstellung eines laserbearbeiteten Substrats zeigt, für das die Laserbearbeitung bereits durchgeführt wurde. Das Ablaufdiagramm von Fig. 4 wird gemäß einer Steuerung der Steuerungseinheit 100 auf Grundlage des Laserbearbeitungsprogramms 191 ausgeführt. In Schritt S101 entnimmt die Anhebebehandlung 41 den Ringrahmen Fr aus der Substrataufbewahrungskassette 21 in den Substrattransferbereich Aw. In Schritt S102 übergibt die Saughand 51 in dem Substrattransferbereich Aw den Ringrahmen Fr von der Anhebebehandlung 41 an die Spann­bühne 3. Auf diese Weise wird das von dem Ringrahmen Fr gehaltene Halbleitersubstrat W aus der Substrataufbewahrungskassette 21 in den Substrattransferbereich AW entnommen und dann aus dem Substrattransferbereich Aw in die Spann­bühne 3 überführt. Konkret wird die Entnahme

des Ringrahmens aus **Fig. 5** in Schritt S101 durchgeführt und der Transfer des Ringrahmens aus **Fig. 6** in Schritt S102 durchgeführt.

[0059] **Fig. 5** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Entnahme des Ringrahmens zeigt, **Fig. 6** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für den Transfer des Ringrahmens zeigt, und **Fig. 7A** bis **7E** sind Draufsichten, die schematisch ein Beispiel für einen Vorgang zeigen, der gemäß den Ablaufdiagrammen der **Fig. 5** und **6** durchgeführt wird.

[0060] In Schritt S201 der **Fig. 5** bestätigt die Steuerungseinheit 100, ob die Anhebehand 41 leer ist oder nicht, d.h. ob der Ringrahmen Fr nicht auf der Anhebehand 41 platziert ist oder nicht. Ob die Anhebehand 41 leer ist oder nicht, kann auf Grundlage eines Verlaufs oder dergleichen von Operationen, die von der Anhebehand 41 durchgeführt wurden, bestätigt werden. Das Ablaufdiagramm aus **Fig. 5** wird beendet, wenn die Anhebehand 41 nicht leer ist („NEIN“ in Schritt S201), wohingegen zu Schritt S201 vorangeschritten wird, wenn die Anhebehand 41 leer ist („JA“ in Schritt S201).

[0061] In Schritt S202 bestätigt die Steuerungseinheit 100, ob sich zumindest ein Teil der Anhebehand 41 in der Substrataufbewahrungskassette 21 befindet oder nicht, also sich auf der Innenseite (d.h. (+Y)-Seite) der Substrataufbewahrungskassette 21 als die Öffnung 23 der Substrataufbewahrungskassette 21 befindet. Ob sich zumindest ein Teil der Anhebehand 41 in der Substrataufbewahrungskassette 21 befindet oder nicht, kann beispielsweise anhand der Position der Anhebehand 41 bestätigt werden, die durch eine Ausgabe eines Encoders des Y-Achsen-Anhebehandmotors 452 für den Antrieb der Anhebehand 41 in der Y-Richtung angezeigt wird. Es erfolgt ein Voranschreiten zu S204, ohne Schritt S203 auszuführen, wenn die Anhebehand 41 zur (-Y)-Seite von der Substrataufbewahrungskassette 21 zurückgezogen ist („NEIN“ in Schritt S202), während zu Schritt S203 vorangeschritten wird, wenn sich ein Teil der Anhebehand 41 in der Substrataufbewahrungskassette 21 befindet („JA“ in Schritt S202). In Schritt S203 zieht die Steuerungseinheit 100 die Anhebehand 41 aus der Substrataufbewahrungskassette 21 in Richtung der (-Y)-Seite heraus und zieht die Anhebehand 41 in Richtung der (-Y)-Seite der Substrataufbewahrungskassette 21 zurück, indem die Anhebehand 41 von dem Y-Achsen-Anhebehandmotor 452 in Richtung der (-Y)-Seite angetrieben wird.

[0062] In Schritt S204 positioniert die Steuerungseinheit 100 den Steckplatz 25, in dem der Ringrahmen Fr aufbewahrt wird, an einer Position, die um eine vorgegebene Höhe höher ist als die Substrateinschubhöhe 211, indem die Substrataufbewahrungs-

kassette 21 in der Z-Richtung durch den Z-Achsen-Kassettenmotor 272 angetrieben wird. Diese vorgegebene Höhe ist kürzer als ein Abstand zwischen den in der Z-Richtung benachbarten Steckplätzen 25. Auf diese Weise wird die Bodenfläche des herauszunehmenden Ringrahmens Fr auf eine Position eingestellt, die um die vorgegebene Höhe höher liegt als die Anhebehand 41.

[0063] In Schritt S205 setzt die Steuerungseinheit 100 wie in **Fig. 7A** dargestellt, die Anhebehand 41 in die Substrataufbewahrungskassette 21 ein, indem sie die Anhebehand 41 durch den Y-Achsen-Anhebehandmotor 452 in Richtung der (+Y)-Seite antreibt. Auf diese Weise ist die Anhebehand 41 dem Ringrahmen Fr zugewandt und kann über einen Spalt von unten her entnommen werden.

[0064] In Schritt S206 senkt die Steuerungseinheit 100 die Substrataufbewahrungskassette 21 in der Z-Richtung mit Hilfe des Z-Achsen-Kassettenmotor 272 ab. Daher wird der zu entnehmende Ringrahmen Fr auf die Anhebehand 41 aufgesetzt und in Bezug auf den Steckplatz 25 (d. h. das Paar von Stützvorsparungen 24, die den Steckplatz 25 definieren) nach oben bewegt.

[0065] In Schritt S207 zieht die Steuerungseinheit 100 die Anhebehand 41 in den außerhalb der Substrataufbewahrungskassette 21 bereitgestellten Substrattransferbereich Aw zurück, indem sie die Anhebehand 41 durch den Y-Achsen-Anhebehandmotor 452 zur (-Y)-Seite hin antreibt. Auf diese Weise befindet sich, wie in **Fig. 7B** gezeigt, der Ringrahmen Fr, der auf der Anhebehand 41 platziert ist, in dem Substrattransferbereich Aw.

[0066] In Schritt S301 der **Fig. 6** veranlasst die Steuerungseinheit 100, dass die Saughand 51 dem Ringrahmen Fr zugewandt ist, der in dem Substrattransferbereich Aw auf der Anhebehand 41 von oben gestützt wird, indem wie in **Fig. 7C** gezeigt die Position in der X-Richtung der Saughand 51 durch den X-Achsen-Saughandmotor 552 eingestellt wird. Zu diesem Zeitpunkt stellt die Steuerungseinheit 100 die Saughand 51 auf eine Position ein, die höher liegt als der Ringrahmen Fr, indem die Höhe der Saughand 51 durch den Z-Achsen-Saughandmotor 582 eingestellt wird. Daher ist die Saughand 51 dem Ringrahmen Fr über einen Spalt hinweg zugewandt.

[0067] In Schritt S302 bringt die Steuerungseinheit 100 die Bodenfläche 513 der Saughand 51 mit der oberen Fläche des Ringrahmens Fr in Kontakt, indem sie die Saughand 51 durch den Z-Achsen-Antriebsübertrager 581 bezüglich des Ringrahmens Fr absenkt. In Schritt S303 veranlasst die Steuerungseinheit 100 die Saugpumpe 591, einen Unterdruck in den in der Bodenfläche 513 der Saughand 51 vorgesehenen Sauglöchern zu erzeugen, und die

Saughand 51 saugt den Ringrahmen Fr durch diesen Unterdruck an. Auf diese Weise wird der Ringrahmen Fr von der Saughand 51 gehalten. In Schritt S304 hebt die Steuerungseinheit 100 die Saughand 51 durch den Z-Achsen-Saughandmotor 582 an. Auf diese Weise hebt die Saughand 51 den Ringrahmen Fr von der Anhebehand 41 ab.

[0068] In Schritt S305 veranlasst die Steuerungseinheit 100, dass die Saughand 51 von oberhalb der Spannbühne 3 als Transferziel des Ringrahmens Fr weist, indem die Saughand 51 durch den X-Achsen-Saughandmotor 552 in Richtung der (+X)-Seite angetrieben wird, wie in **Fig. 7D** gezeigt. Zu diesem Zeitpunkt stellt die Steuerungseinheit 100 den Ringrahmen Fr, der von der Saughand 51 gehalten wird, auf eine Position ein, die höher ist als die Spannbühne 3, indem die Höhe der Saughand 51 durch den Z-Achsen-Saughandmotor 582 eingestellt wird. Daher ist der von der Saughand 51 gehaltene Ringrahmen Fr über einen Spalt hinweg der Spannbühne 3 zugewandt.

[0069] In Schritt S306 platziert die Steuerungseinheit 100 den von der Saughand 51 gehaltenen Ringrahmen Fr (und das Band E) auf der Saugplatte 31 der Spannbühne 3, indem die Saughand 51 durch den Z-Achsen-Saughandmotor 582 abgesenkt wird. In Schritt S307 löst die Steuerungseinheit 100 das Ansaugen des Ringrahmens Fr durch die Saughand 51, indem sie die Saugpumpe 591 stoppt.

[0070] In Schritt S308 bestätigt die Steuerungseinheit 100, ob es sich bei dem Transferziel des Ringrahmens Fr um die Spannbühne 3 handelt oder nicht. Wenn es sich bei dem Transferziel des Ringrahmens Fr beispielsweise um die Anhebehand 41 handelt, wie in Schritt S104, der später beschrieben wird, wird in Schritt S308 „NEIN“ bestimmt und das Ablaufdiagramm von **Fig. 6** ist beendet. Da es sich hier bei dem Transferziel des Ringrahmens Fr um die Spannbühne 3 handelt, wird in Schritt S308 „JA“ bestimmt, und es erfolgt ein Voranschreiten zu S309.

[0071] In Schritt S309 klemmt die Steuerungseinheit 100 den Ringrahmen Fr, der auf der Saugplatte 31 der Spannbühne 3 platziert ist, zwischen den Klammern 32 und der Saugplatte 31 ein, um den Ringrahmen Fr zu klemmen, indem die Klammern 32 von dem Klammerantrieb 691 angetrieben werden. Ferner veranlasst die Steuerungseinheit 100 in Schritt S310 die Saugpumpe 591, einen Unterdruck in den in der oberen Fläche 311 der Saugplatte 31 vorgesehenen Sauglöchern zu erzeugen, und die Saugplatte 31 saugt das mit dem Ringrahmen Fr verbundene Band E durch diesen Unterdruck an. Auf diese Weise wird der Ringrahmen Fr von der Spannbühne 3 gehalten. In Schritt S311 hebt die Steuerungseinheit 100 die Saughand 51 durch den Z-Achsen-Saughandmotor 582 an. Dies bewirkt, dass sich die

Saughand 51 nach oben von dem auf der Spannbühne 3 gehaltenen Ringrahmen Fr zurückzieht. Auf diese Weise wird, wie in **Fig. 7E** gezeigt, der Transfer des Ringrahmens Fr von der Substrataufbewahrungskassette 21 an die Spannbühne 3 abgeschlossen (Schritte S101, S102 von **Fig. 4**).

[0072] In Schritt S103 der **Fig. 4** wird eine Substratbearbeitung durchgeführt, um das Halbleitersubstrat W, das auf der Spannbühne 3 gehalten wird, durch den Laserstrahl B zu bearbeiten, und der Laserstrahl B wird auf die Vielzahl der geplanten Teilungslinien, die auf dem Halbleitersubstrat W bereitgestellt sind, gestrahlt. Diese Substratbearbeitung wird an späterer Stelle ausführlich beschrieben.

[0073] Wenn die Substratbearbeitung abgeschlossen ist, werden die Schritte S104, S105 durchgeführt. In Schritt S104 übergibt die Saughand 51 den Ringrahmen Fr von der Spannbühne 3 an die Anhebehand 41 in dem Substrattransferbereich Aw. In Schritt S105 legt die Anhebehand 41 den Ringrahmen Fr aus dem Substrattransferbereich Aw in der Substrataufbewahrungskassette 21 ab. Auf diese Weise wird das Halbleitersubstrat W, das auf dem Ringrahmen Fr gehalten wird, in der Substrataufbewahrungskassette 21 aus dem Substrattransferbereich Aw aufbewahrt, nachdem es von der Spannbühne 3 zum Substrattransferbereich Aw transferiert wurde. Insbesondere wird der Transfer des Ringrahmens von **Fig. 6** in Schritt S104 durchgeführt, die Aufbewahrung des Ringrahmens von **Fig. 8** wird in Schritt S105 durchgeführt, und ein Vorgang, der dem in **Fig. 7A** bis **7E** gezeigten Vorgang entgegengesetzt ist, wird durchgeführt. **Fig. 8** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Aufbewahrung des Ringrahmens zeigt.

[0074] Da der in Schritt S104 durchgeführte Vorgang von **Fig. 6** dem in Schritt S102 ausgeführten Vorgang von **Fig. 6** ähnlich ist, konzentriert sich die Beschreibung auf die Unterschiede zum obigen Vorgang, und die Beschreibung gemeinsamer Vorgangsteile entfällt gegebenenfalls. In Schritt S301 von **Fig. 6** veranlasst die Steuerungseinheit 100, dass die Saughand 51 dem Ringrahmen Fr, der auf der Spannbühne 3 platziert ist, von oben zugewandt ist, indem die Position in der X-Richtung der Saughand 51 durch den X-Achsen-Saughandmotor 552 eingestellt wird. Dann senkt die Steuerungseinheit 100 die Saughand 51 auf den Ringrahmen Fr ab (Schritt S302) und veranlasst die Saughand 51, den Ringrahmen Fr anzusaugen (Schritt S303). Anschließend hebt die Steuerungseinheit 100 die Saughand 51 an (Schritt S304). Auf diese Weise hebt die Saughand 51 den Ringrahmen Fr von der Spannbühne 3 ab.

[0075] In Schritt S305 treibt die Steuerungseinheit 100 die Saughand 51 durch den X-Achsen-Saug-

handmotor 552 in Richtung der (-X)-Seite. Zu diesem Zeitpunkt befindet sich die Anhebehand 41 in dem Substrattransferbereich Aw in Wartestellung. Auf diese Weise weist die Saughand 51 von oberhalb der Anhebehand 41 in den Substrattransferbereich Aw als Transferziel des Ringrahmens Fr. Dann platziert die Steuerungseinheit 100 den von der Saughand 51 gehaltenen Ringrahmen Fr auf der Anhebehand 41 durch Absenken der Saughand 51 durch den Z-Achsen-Saughandmotor 582 (Schritt S306). Dann löst die Steuerungseinheit 100 das Ansaugen des Ringrahmens Fr durch die Saughand 51, indem sie die Saugpumpe 591 stoppt (Schritt S307). In Schritt S308 bestätigt die Steuerungseinheit 100, ob das Transferziel des Ringrahmens Fr die Spann­bühne 3 ist oder nicht. Da das Transferziel des Ringrahmens Fr hier nicht die Spann­bühne 3, sondern die Anhebehand 41 ist, wird in Schritt S308 „NEIN“ festgestellt, und das Ablaufdiagramm von **Fig. 6** ist beendet.

[0076] In Schritt S401 von **Fig. 8** bestätigt die Steuerungseinheit 100, ob der Ringrahmen Fr auf der Anhebehand 41 platziert wurde oder nicht. Die Platzierung des Ringrahmens Fr auf der Anhebehand 41 kann beispielsweise auf Grundlage eines Verlaufs von Operationen der Saughand 51 zur Platzierung des Ringrahmens Fr bestätigt werden. Wenn die Platzierung des Ringrahmens Fr auf der Anhebehand 41 bestätigt wird („JA“ in Schritt S401), bestätigt die Steuerungseinheit 100, ob sich zumindest ein Teil der Anhebehand 41 in der Substrataufbewahrungskassette 21 befindet oder nicht (Schritt S402), wie in Schritt S202 oben beschrieben. Es erfolgt ein Voranschreiten zu Schritt S404, ohne Schritt S403 durchzuführen, wenn die Anhebehand 41 zur (-Y)-Seite von der Substrataufbewahrungskassette 21 zurückgezogen ist („NEIN“ in Schritt S402), während zu Schritt S403 vorangeschritten wird, wenn sich ein Teil der Anhebehand 41 in der Substrataufbewahrungskassette 21 befindet („JA“ in Schritt S402). In Schritt S403 zieht die Steuerungseinheit 100 die Anhebehand 41 in Richtung der (-Y)-Seite der Substrataufbewahrungskassette 21 zurück und zieht die Anhebehand 41 in Richtung der (-Y)-Seite aus der Substrataufbewahrungskassette 21 zurück, indem sie die Anhebehand 41 in Richtung der (-Y)-Seite durch den Y-Achsen-Anhebehandmotor 452 antreibt.

[0077] In Schritt S404 positioniert die Steuerungseinheit 100 den Steckplatz 25 (mit anderen Worten, das Paar von Stützvorsprüngen 24, die den Steckplatz 25 spezifizieren), in dem der Ringrahmen Fr gelagert werden soll, in einer Position, die um eine vorgegebene Höhe niedriger ist als die Substrateinsetzhöhe 211, indem die Substrataufbewahrungskassette 21 in der Z-Richtung durch den Z-Achsen-Kassettenmotor 272 angetrieben wird. Auf diese Weise wird der Steckplatz 25 für die Aufbewahrung auf eine Position eingestellt, die um die vorgegebene

Höhe niedriger ist als die Bodenfläche des Ringrahmens Fr, der von der Anhebehand 41 gestützt wird.

[0078] In Schritt S405 führt die Steuerungseinheit 100 die Anhebehand 41 in die Substrataufbewahrungskassette 21 ein, indem sie die Anhebehand 41 durch den Y-Achsen-Anhebehandmotor 452 zur (+Y)-Seite hin bewegt. Auf diese Weise ist das das Paar von Stützvorsprüngen 24, die den Steckplatz 25 für die Aufbewahrung vorgeben, von unten über einen Spalt hinweg und auf der Anhebehand gestützt dem Ringrahmen Fr zugewandt.

[0079] In Schritt S406 hebt die Steuerungseinheit 100 die Substrataufbewahrungskassette 21 in der Z-Richtung durch den Z-Achsen-Kassettenmotor 272 an. Auf diese Weise wird der Ringrahmen Fr auf dem Paar von Stützvorsprüngen 24, die den Steckplatz 25 für die Aufbewahrung vorgeben, platziert und in Bezug auf die Anhebehand 41 angehoben. In Schritt S407 zieht die Steuerungseinheit 100 die Anhebehand 41 nach außerhalb der Substrataufbewahrungskassette 21 zurück, indem sie die Anhebehand 41 durch den Y-Achsen-Anhebehandmotor 452 zur (-Y)-Seite hin antreibt.

[0080] Es wird angemerkt, dass beim Herausnehmen oder Aufbewahren des Ringrahmens Fr aus der oder in die Substrataufbewahrungskassette 21 eine Ringrahmenausrichtung Fr in Bezug auf die Anhebehand 41 durchgeführt werden kann. **Fig. 9** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Ringrahmenausrichtung zeigt, und **Fig. 10** zeigt Draufsichten, die schematisch ein Beispiel für einen Vorgang zeigen, der bei der Ringrahmenausrichtung durchgeführt wird. Es wird angemerkt, dass das Ablaufdiagramm in **Fig. 9** durch eine Steuerung der Steuerungseinheit 100 durchgeführt wird.

[0081] In **Fig. 10** sind Elemente (Ausrichtungsvorsprünge 413 und dergleichen) unterhalb der Saughand 51 durch die Saughand 51 hindurch dargestellt. Das bedeutet, dass die Anhebehand 41 in diesem Beispiel eine Vielzahl von Ausrichtungsvorsprüngen 413 aufweist, die von dem Basisteil 41 nach oben ragen. Die Vielzahl dieser Ausrichtungsvorsprünge 413 entspricht der Vielzahl von Schlitzen Fs des Ringrahmens Fr. Die Ringrahmenausrichtung wird mit Hilfe der Ausrichtungsvorsprünge 413 und der Schlitze Fs durchgeführt.

[0082] Bei dieser Ringrahmenausrichtung wird der Ringrahmen Fr an der Anhebehand 41 von der Saughand 51 angesaugt (Schritt S501). Dann wird die Saughand 51, die den Ringrahmen Fr hält, angehoben, um den Ringrahmen Fr nach oben von der Anhebehand 41 zu trennen (Schritt S502). Zu diesem Zeitpunkt wird eine Trennhöhe des Ringrahmens Fr von der Anhebehand 41 so eingestellt, dass sich der Ringrahmen Fr in der Z-Richtung auf

einer Höhe zwischen den unteren und oberen Enden der Ausrichtungsvorsprünge 413 befindet.

[0083] In Schritt S503 wird ein XY Θ -Schwebemechanismus 561, der in den Z-Achsen-Schieber 56 eingebaut ist, eingeschaltet. Dieser XY Θ -Schwebemechanismus 561 nimmt selektiv einen Schwebestand zur schwebenden Abstützung der Saughand 51 und einen Sperrzustand zur festen Abstützung der Saughand 51 ein. Dabei bedeutet die schwebend Abstützung die Abstützung der Saughand 51 in einem Zustand, in dem sich die Saughand 51 in der X-Richtung, der Y-Richtung und der Θ -Richtung in Bezug auf den XY Θ - Schwebemechanismus 561 bewegen kann, und die feste Abstützung meint die Abstützung der Saughand 51 in einem Zustand, in dem die Saughand 51 an dem XY Θ -Schwebemechanismus 561 befestigt ist. Wenn der XY Θ -Schwebemechanismus 561 in Schritt S503 eingeschaltet wird, stützt der XY Θ -Schwebemechanismus 561 schwebend die Saughand 51 und die Saughand 51 wird in der X-Richtung, der Y-Richtung und der Θ -Richtung in Bezug auf den XY Θ -Schwebemechanismus 561 bewegbar.

[0084] In Schritt S504 bewegt sich die Anhebehand 41 in der Y-Richtung und die Ausrichtungsvorsprünge 413 der Anhebehand 41 werden in Kontakt mit dem Umfangsrand des Ringrahmens Fr gebracht, der von der Saughand 51 gehalten wird. Zu diesem Zeitpunkt bewegt sich die Saughand 51 in Bezug auf den XY Θ -Schwebemechanismus 561, so dass die Ausrichtungsvorsprünge 413 dem Umfangsrand des Ringrahmens Fr folgen. Im Ergebnis werden, wie in Feld von Schritt S504 von **Fig. 10** gezeigt, die jeweiligen Ausrichtungsvorsprünge 413 der Anhebehand 41 mit den jeweiligen Schlitzen Fs des Ringrahmens Fr in Eingriff gebracht und der Ringrahmen Fr wird in Bezug auf die Anhebehand 41 positioniert.

[0085] In Schritt S505 wird der XY Θ -Schwebemechanismus 561 verriegelt. Auf diese Weise wird die Saughand 51 durch den XY Θ -Schwebemechanismus 561 fest gehalten. In Schritt S506 wird dann die Ansaugung des Ringrahmens Fr durch die Saughand 51 gelöst und der Ringrahmen Fr wird auf die Anhebehand 41 gesetzt. In Schritt S507 wird der XY Θ -Schwebemechanismus 561 ausgeschaltet, und die Saughand 51 wird durch den Z-Achsen-Schieber 56 gestützt, während sie am Z-Achsen-Schieber 56 befestigt ist. Auf diese Weise kann der Ringrahmen Fr in Bezug auf die Anhebehand 41 positioniert werden (Ringrahmenausrichtung).

[0086] Als nächstes wird die Substratbearbeitung ausführlich beschrieben. **Fig. 11** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Substratbearbeitung zeigt, und **Fig. 12** zeigt Draufsichten, die schematisch ein Beispiel für einen Vorgang zeigen, der

gemäß dem Ablaufdiagramm der **Fig. 11** durchgeführt wird. Das Ablaufdiagramm der **Fig. 11** wird durch eine Steuerung der Steuerungseinheit 100 durchgeführt.

[0087] In Schritt S601 der Substratbearbeitung von **Fig. 11** wird eine Kalibrierung durchgeführt, um eine Ebene der oberen Fläche (Rückfläche) des zu bearbeitenden Halbleitersubstrats W zu erlangen. **Fig. 13A** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Kalibrierung zeigt, **Fig. 13B** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Bühnenebenenspezifikation zeigt, die bei der Kalibrierung von **Fig. 13A** durchgeführt wird, und **Fig. 13C** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für die Substratebenenspezifikation zeigt, die bei der Kalibrierung von **Fig. 13A** durchgeführt wird. Es wird angemerkt, dass bei der Kalibrierung von **Fig. 13A** die Saugplatte 31 oder das Halbleitersubstrat W je nach Bedarf abgebildet wird. In dieser Beschreibung wird davon ausgegangen, dass die Bildgebung durch den Abbildungsteil 8B durchgeführt wird. Der folgende Vorgang kann jedoch in ähnlicher Weise durchgeführt werden, auch wenn die Bildgebung durch den Abbildungsteil 8A durchgeführt wird.

[0088] In Schritt S701 der Kalibrierung von **Fig. 13A** wird die Bühnenebenenspezifikation (**Fig. 13B**) durchgeführt. Wie in **Fig. 13B** gezeigt, wird bei der Bühnenebenenspezifikation ein Zählwert I zur Unterscheidung einer Vielzahl von (drei) Abbildungspunkten Ps(I), die auf der oberen Fläche 311 der Saugplatte 31 der Spannbühne 3 vorgesehen sind, auf Null zurückgesetzt (Schritt S801), und der Zählwert I wird um 1 erhöht (Schritt S802). Der Abbildungspunkt Ps(I) ist zum Beispiel eine Markierung mit einem vorgegebenen Muster.

[0089] In Schritt S803 veranlasst die Steuerungseinheit 100, dass der Abbildungspunkt Ps(I) der Infrarotkamera 81 von unten zugewandt ist, indem sie die Position der Spannbühne 3 durch den XY Θ -Antriebsstisch 6 verstellt. Auf diese Weise fällt der Abbildungspunkt Ps(I) in ein Sichtfeld der Infrarotkamera 81. In Schritt S803 bildet die Infrarotkamera 81 diesen Abbildungspunkt Ps(I) ab und erlangt ein Bild, das den Abbildungspunkt Ps(I) zeigt. In Schritt S804 bestätigt die Steuerungseinheit 100, ob das vorgegebene Muster des Abbildungspunkts Ps(I) durch eine Bildverarbeitung wie zum Beispiel Mustererkennung aus dem Bild detektiert werden kann oder nicht.

[0090] Wenn ein Fokus der Infrarotkamera 81 von dem Abbildungspunkt Ps(I) abweicht und das vorgegebene Muster nicht aus dem Bild heraus detektiert werden kann („NEIN“ in Schritt S804), ändert die Steuerungseinheit 100 einen Abstand der Infrarotkamera 81 zu dem Abbildungspunkt Ps(I) in der Z-Richtung, indem sie die Infrarotkamera 81 durch den Z-Achsen-Kameramotor 892 in der Z-Richtung antreibt

(Schritt S805). Auf diese Weise wird der Fokus der Infrarotkamera 81 in der Z-Richtung geändert. Die Schritte S803 bis S805 werden wiederholt, bis der Fokus der Infrarotkamera 81 mit dem Abbildungspunkt Ps(l) übereinstimmt und das vorgegebene Muster detektiert wird („JA“ in Schritt S804).

[0091] In Schritt S806 berechnet die Steuerungseinheit 100 die Position (X, Y, Z) des Abbildungspunktes Ps(l) auf Grundlage des vorgegebenen Musters, das aus dem durch Abbildung des Abbildungspunktes Ps(l) erlangten Bild detektiert wurde. Die X- und Y-Koordinaten des Abbildungspunktes Ps(l) werden auf Grundlage der Position des in dem Bild enthaltenen vorgegebenen Musters berechnet. Eine Z-Koordinate des Abbildungspunktes Ps(l) wird auf Grundlage der Position der Infrarotkamera 81 in der Z-Richtung berechnet, wenn das Bild, aus dem das vorgegebene Muster detektiert werden konnte, abgebildet wurde.

[0092] In Schritt S807 wird bestätigt, ob der Zählwert I den Wert 2 erreicht hat oder nicht, d.h. die Positionen (X, Y, Z) zweier Bildpunkte Ps(1), Ps(2) wurden erlangt. Ist der Zählwert I kleiner als 2 („NEIN“ in Schritt S807), erfolgt eine Rückkehr zu Schritt S802 und es werden die Schritte S802 bis S806 durchgeführt. Wenn der Zählwert I gleich 2 ist („JA“ in Schritt S807), erfolgt ein Voranschreiten zu Schritt S808.

[0093] In Schritt S808 wird ein Drehwinkel Θ_a für die Drehung der Spannbühne 3 in der Θ -Richtung so berechnet, dass eine durch die beiden Abbildungspunkte Ps(1) und Ps(2) verlaufende Gerade horizontal ist. Wenn eine Differenz zum aktuellen Drehwinkel der Saugebene 31 (Differenz zwischen einem aktuellen Drehwinkel und dem Drehwinkel Θ_a) nicht Null ist („NEIN“ in Schritt S809), wird die Spannbühne 3 um den Drehwinkel Θ_a gedreht (Schritt S810) und es erfolgt eine Rückkehr zu Schritt S801. Auf diese Weise werden die Schritte S801 bis S809 durchgeführt.

[0094] Wenn die Differenz zum aktuellen Drehwinkel der Saugebene 31 (Differenz zwischen dem aktuellen Drehwinkel und dem Drehwinkel Θ_a) Null ist („JA“ in Schritt S809), erfolgt ein Voranschreiten zu Schritt S811. In Schritt S811 bildet die Steuerungseinheit 100 den Abbildungspunkt Ps(3) durch die Infrarotkamera 81 ab und erlangt ein Bild, das den Abbildungspunkt Ps(3) in der gleichen Weise wie in Schritt S803 zeigt. In Schritt S812 bestätigt die Steuerungseinheit 100, ob ein vorgegebenes Muster, das in dem Abbildungspunkt Ps(3) enthalten ist, aus diesem Bild durch eine Bildverarbeitung, wie zum Beispiel Mustererkennung, detektiert werden kann oder nicht.

[0095] Wenn das vorgegebene Muster nicht aus dem Bild detektiert werden kann („NEIN“ in Schritt S812), ändert die Steuerungseinheit 100 einen Abstand der Infrarotkamera 81 zum Abbildungspunkt Ps(3) in der Z-Richtung, indem sie die Infrarotkamera 81 mit dem Z-Achsen-Kameramotor 892 in der Z-Richtung antreibt (Schritt S813). Die Schritte S811 bis S813 werden so lange wiederholt, bis das vorgegebene Muster detektiert wird („JA“ in Schritt S812).

[0096] Wenn das vorgegebene Muster in Schritt S812 (JA) detektiert werden kann, berechnet die Steuerungseinheit 100 die Position (X, Y, Z) des Abbildungspunktes Ps(3) auf Grundlage des vorgegebenen Musters, das aus dem Bild detektiert wurde, das durch Abbilden des Abbildungspunktes Ps(3) erlangt wurde (Schritt S814). Auf diese Weise wird die Position (X, Y, Z) von jedem der drei Abbildungspunkte Ps(1), Ps(2) und Ps(3) erlangt. In Schritt S815 wird eine Ebene, die durch diese drei Positionen (X, Y, Z) verläuft, als eine Ebene festgelegt, die die Ebene der Spannbühne 3, insbesondere die obere Fläche 311 der Saugebene 31, darstellt.

[0097] In Schritt S702 der Kalibrierung von **Fig. 13A** wird die Substratebenenspezifikation (**Fig. 13C**) durchgeführt. Wie in **Fig. 13C** gezeigt, wird bei der Substratebenenspezifikation ein Zählwert I zur Unterscheidung einer Vielzahl von (drei) Abbildungspunkten Pw(l) des Halbleitersubstrats W auf Null zurückgesetzt (Schritt S901), und der Zählwert I wird um 1 erhöht (Schritt S902). Die Abbildungspunkte Pw(l) sind zum Beispiel ein Bereich mit einem vorgegebenen Muster.

[0098] Konkret ist das Halbleitersubstrat W, wie in **Fig. 12** gezeigt, in Form eines Gitters durch geplante Teilungslinien S (S_a , S_b) orthogonal zueinander abgegrenzt. Das bedeutet, das Halbleitersubstrat W ist mit einer Vielzahl der geplanten Teilungslinien S_a parallel zueinander und einer Vielzahl der geplanten Teilungslinien S_b parallel zueinander versehen, und die geplanten Teilungslinien S_a und die geplanten Teilungslinien S_b sind orthogonal zueinander. Auf diese Weise wird eine Vielzahl von Halbleiterchips C in einem Gitter über die geplanten Teilungslinien S_a , S_b aufgereiht. Im Gegensatz dazu wird ein Bereich, der einen Schnittpunkt der geplanten Teilungslinie S_a und der geplanten Teilungslinie S_b beinhaltet (mit anderen Worten, ein Punkt, der von den an vier Ecken angeordneten Halbleiterchips C umgeben ist), als Abbildungspunkt Pw(l) festgelegt. Da die Rückseite des Halbleitersubstrats W wie oben beschrieben nach oben weist, bildet die Infrarotkamera 81 die geplanten Teilungslinien S_a , S_b und die Halbleiterchips C, die auf der Vorderseite des Halbleitersubstrats W gebildet sind, durch die Rückseite des Halbleitersubstrats W mit Infrarotstrahlen ab.

[0099] In Schritt S903 veranlasst die Steuerungseinheit 100, dass der Abbildungspunkt $Pw(l)$ der Infrarotkamera 81 von unten zugewandt ist, indem sie die Position der Spannbühne 3 durch den XY Θ -Antriebs-tisch 6 verstellt. Auf diese Weise fällt der Abbildungspunkt $Pw(l)$ in das Sichtfeld der Infrarotkamera 81. In Schritt S903 bildet die Infrarotkamera 81 diesen Abbildungspunkt $Pw(l)$ ab und erlangt ein Bild, das den Abbildungspunkt $Pw(l)$ zeigt. In Schritt S904 bestätigt die Steuerungseinheit 100, ob ein vorgegebenes Muster (zum Beispiel ein Schnittmuster der geplanten Teilungslinien Sa , Sb), das in dem Abbildungspunkt $Pw(l)$ enthalten ist, aus diesem Bild durch eine Bildverarbeitung, wie zum Beispiel Mustererkennung, detektiert werden kann oder nicht.

[0100] Wenn der Fokus der Infrarotkamera 81 vom Abbildungspunkt $Pw(l)$ abweicht und das vorgegebene Muster nicht aus dem Bild detektiert werden kann („NEIN“ in Schritt S904), ändert die Steuerungseinheit 100 einen Abstand der Infrarotkamera 81 zum Abbildungspunkt $Pw(l)$ in der Z-Richtung, indem sie die Infrarotkamera 81 durch den Z-Achsen-Kameramotor 892 in der Z-Richtung antreibt (Schritt S905). Auf diese Weise wird der Fokus der Infrarotkamera 81 in der Z-Richtung geändert. Die Schritte S903 bis S905 werden wiederholt, bis der Fokus der Infrarotkamera 81 mit dem Abbildungspunkt $Pw(l)$ übereinstimmt und das vorgegebene Muster detektiert wird („JA“ in Schritt S904).

[0101] Es wird angemerkt, dass die Ebene (Bühnenebene), die die obere Fläche 311 der Saugebene 31 darstellt, durch die zuvor durchgeführte Bühnenebenenspezifikation (Fig. 13B) festgelegt wird. Dementsprechend kann ein Höhenbereich, in dem der Abbildungspunkt $Pw(l)$ des Halbleitersubstrats W , das auf der Saugebene 31 angeordnet ist, vorhanden ist, auf Grundlage dieser Bühnenebene geschätzt werden. Daher wird in Schritt S805 die Höhe der Infrarotkamera 81 so verändert, dass der Fokus der Infrarotkamera 81 in einen Bereich fällt, in dem der aus der Bühnenebene geschätzte Abbildungspunkt $Pw(l)$ vorhanden ist.

[0102] In Schritt S906 berechnet die Steuerungseinheit 100 die Position (X, Y, Z) des Abbildungspunktes $Pw(l)$ auf Grundlage des vorgegebenen Musters, das aus dem durch Abbildung des Abbildungspunktes $Pw(l)$ erlangten Bild detektiert wurde. Die X- und Y-Koordinaten des Abbildungspunktes $Pw(l)$ werden auf Grundlage der Position des in dem Bild enthaltenen vorgegebenen Musters berechnet. Eine Z-Koordinate des Abbildungspunktes $Pw(l)$ wird auf Grundlage der Position der Infrarotkamera 81 in der Z-Richtung berechnet, als das Bild, aus dem das vorgegebene Muster detektiert werden konnte, abgebildet wurde.

[0103] In Schritt S907 wird bestätigt, ob der Zählwert l den Wert 2 erreicht hat oder nicht, d.h. die Positionen (X, Y, Z) zweier Bildpunkte $Ps(1)$, $Ps(2)$ wurden erlangt. Ist der Zählwert l kleiner als 2 („NEIN“ in Schritt S907), erfolgt eine Rückkehr zu Schritt S902 und es werden die Schritte S902 bis S906 durchgeführt. Wenn der Zählwert l gleich 2 ist („JA“ in Schritt S902), erfolgt ein Voranschreiten zu Schritt S908.

[0104] In Schritt S908 wird anhand der beiden Abbildungspunkte $Pw(1)$, $Pw(2)$ ein Drehwinkel Θ_b für die Drehung der Spannbühne 3 in der Θ -Richtung so berechnet, dass die geplanten Teilungslinien Sa parallel zur X-Richtung (Bearbeitungsrichtung) verlaufen. Ist eine Differenz zum aktuellen Drehwinkel der Saugebene 31 (Differenz zwischen einem aktuellen Drehwinkel und dem Drehwinkel Θ_b) ungleich Null („NEIN“ in Schritt S909), wird die Spannbühne 3 um den Drehwinkel Θ_b gedreht (Schritt S910) und es erfolgt eine Rückkehr zu Schritt S901. Auf diese Weise werden die Schritte S901 bis S909 durchgeführt.

[0105] Wenn die Differenz zum aktuellen Drehwinkel der Saugebene 31 (Differenz zwischen dem aktuellen Drehwinkel und dem Drehwinkel Θ_b) Null ist („JA“ in Schritt S909), erfolgt ein Voranschreiten zu Schritt S911. In Schritt S911 nimmt die Steuerungseinheit 100 den Abbildungspunkt $Pw(3)$ mit der Infrarotkamera 81 auf und erlangt ein Bild, das den Abbildungspunkt $Pw(3)$ auf die gleiche Weise wie in Schritt S903 zeigt. In Schritt S912 bestätigt die Steuerungseinheit 100, ob ein vorgegebenes Muster, das in dem Abbildungspunkt $Pw(3)$ enthalten ist, aus diesem Bild durch eine Bildverarbeitung, wie zum Beispiel Mustererkennung, detektiert werden kann oder nicht.

[0106] Wenn das vorgegebene Muster nicht aus dem Bild detektiert werden kann („NEIN“ in Schritt S912), ändert die Steuerungseinheit 100 den Abstand der Infrarotkamera 81 zum Abbildungspunkt $Pw(3)$ in der Z-Richtung, indem sie die Infrarotkamera 81 durch den Z-Achsen-Kameramotor 892 in der Z-Richtung antreibt (Schritt S913). Die Schritte S911 bis S913 werden wiederholt, bis das vorgegebene Muster detektiert wird („JA“ in Schritt S912). Zu diesem Zeitpunkt wird ein Bereich zum Ändern der Höhe der Infrarotkamera 81 auf Grundlage der Bühnenebene wie in dem vorgenannten Fall eingestellt.

[0107] Wenn das vorgegebene Muster in Schritt S912 detektiert werden kann (JA), berechnet die Steuerungseinheit 100 die Position (X, Y, Z) des Abbildungspunktes $Pw(3)$ auf Grundlage des vorgegebenen Musters, das aus dem Bild detektiert wurde, das durch Abbildung des Abbildungspunktes $Pw(3)$ erlangt wurde (Schritt S914). Auf diese Weise wird die Position (X, Y, Z) von jedem der drei Abbildungspunkte $Pw(1)$, $Pw(2)$ und $Pw(3)$ erlangt. In Schritt

S915 wird eine Ebene, die durch diese drei Positionen (X, Y, Z) verläuft, als eine Ebene festgelegt, die das Halbleitersubstrat W repräsentiert.

[0108] Unter Rückbezug auf **Fig. 11** wird die Beschreibung fortgesetzt. Wenn das Halbleitersubstrat W so positioniert ist, dass die geplanten Teilungslinien Sa parallel zur X-Richtung verlaufen und die Ebene, die das Halbleitersubstrat W darstellt, durch Ausführen der oben beschriebenen Kalibrierung festgelegt wird (Schritt S601), wird die Linienbearbeitung (Schritt S602) für jede geplante Teilungslinie Sa durchgeführt. Das bedeutet, dass jede der Vielzahl geplanter Teilungslinien Sa durch den Laserstrahl B bearbeitet wird, indem die Linienbearbeitung zum Aufstrahlen des Laserstrahls B auf die Laserbestrahlungsposition Lb durchgeführt wird, während die Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung entlang der geplanten Ziel-Teilungslinie Sa bewegt wird, während die geplante Ziel-Teilungslinie Sa aus der Vielzahl geplanter Teilungslinien Sa geändert wird. Insbesondere, wie im Feld von Schritt S602 von **Fig. 12** gezeigt, werden die Linienbearbeitung des Bewegens der Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (+X) in der X-Richtung und die Linienbearbeitung des Bewegens der Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (-X) Seite in der X-Richtung abwechselnd durchgeführt.

[0109] Zu diesem Zeitpunkt wird eine Bewegung des Laserstrahls B in Richtung der (+X)-Seite in Bezug auf die geplante Teilungslinie Sa durchgeführt, indem die das Halbleitersubstrat W haltende Spann Bühne 3 in Richtung der (-X)-Seite durch den X-Achsen-Antreiber 65 angetrieben wird, und es wird eine Bewegung des Laserstrahls B in Richtung der (-X)-Seite in Bezug auf die geplante Teilungslinie Sa durchgeführt, indem die das Halbleitersubstrat W haltende Spann Bühne 3 in Richtung der (+X)-Seite von dem X-Achsen-Antreiber 65 angetrieben wird. Ferner wird die geplante Teilungslinie Sa der Linienbearbeitung geändert, indem die das Halbleitersubstrat W haltende Spann Bühne 3 von dem Y-Achsen-Antreiber 63 in die Y-Richtung angetrieben wird. Die Steuerungseinheit 100 führt ferner eine Steuerung zum Einstellen der Position in der Z-Richtung der Infrarotkamera 81 durch den Z-Achsen-Kameramotor 892 auf Grundlage der Ebene aus, die das Halbleitersubstrat W darstellt, das durch die Kalibrierung von Schritt S601 spezifiziert wurde. Auf diese Weise wird eine Bündelungsposition des Laserstrahls B nach innerhalb des Halbleitersubstrats W justiert und innerhalb des Halbleitersubstrats W entlang der geplanten Teilungslinien Sa wird eine modifizierte Schicht gebildet.

[0110] Wenn die Linienbearbeitung für jede der Vielzahl von geplanten Teilungslinien Sa auf diese Weise abgeschlossen ist (Schritt S602), wird die das Halbleitersubstrat W haltende Spann Bühne 3 durch den

Θ -Achsen-Tischmotor 66 um 90° in die Θ -Richtung gedreht. Auf diese Weise wird ein Wechsel von einem Zustand, in dem die Vielzahl von geplanten Teilungslinien Sa, an denen die Linienbearbeitung durchgeführt wurde, parallel zur X-Richtung positioniert sind (Feld „S602_e“ von **Fig. 12**), zu einem Zustand durchgeführt, in dem die Vielzahl von geplanten Teilungslinien Sb parallel zur X-Richtung positioniert sind (Feld „S603“ der **Fig. 12**).

[0111] In Schritt S604 wird die Kalibrierung wie in dem oben beschriebenen Schritt S601 durchgeführt. Ferner wird in Schritt S605 die Linienbearbeitung für jede der Vielzahl von geplanten Teilungslinien Sb wie in dem eingangs beschriebenen Schritt S602 durchgeführt.

[0112] **Fig. 14** ist ein Ablaufdiagramm, das einen grundlegenden Prozess der Linienbearbeitung für jede geplante Teilungslinie zeigt, und **Fig. 15A** zeigt Diagramme, die schematisch ein erstes Beispiel eines Vorgangs zeigen, der gemäß dem Ablaufdiagramm von **Fig. 14** durchgeführt wird. In **Fig. 15A** ist eine Spur der Laserbestrahlungsposition Lb, die sich relativ zu dem Halbleitersubstrat W bewegt, durch eine gepunktete Linie dargestellt, und gedachte Geraden Sv1, Sv2, Sv3, die sich parallel zur X-Richtung entlang der geplanten Teilungslinien S1, S2, S3 zwischen den beiden äußeren Seiten der geplanten Teilungslinien S1, S2, S3 erstrecken, sind durch eine Einpunkt-Kettenlinie dargestellt. Es wird angemerkt, dass die gepunkteten Linien, die die Spur der Laserbestrahlungsposition Lb darstellen, bevorzugt in den Teilen gezeigt werden, in denen sich die Spur der Laserbestrahlungsposition Lb und die gedachten Geraden Sv1, Sv2, Sv3 überschneiden.

[0113] In dem in **Fig. 15A** gezeigten Beispiel wird das Ablaufdiagramm von **Fig. 14** von einem Zustand aus gestartet, in dem die Laserbestrahlungsposition Lb an einer Position Pb1 auf der (-X)-Seite des Halbleitersubstrats W in der X-Richtung gestoppt ist. Diese Position Pb1 ist eine Position, die auf der gedachten Geraden Sv1 entlang der geplanten Teilungslinie S1 vorgesehen ist, mit anderen Worten, die der geplanten Teilungslinie S1 aus der X-Richtung zugewandt ist. Die Position der Laserbestrahlungsposition Lb beim Start des Ablaufdiagramms von **Fig. 14** ist jedoch nicht auf dieses Beispiel beschränkt und kann zweckmäßig geändert werden.

[0114] In Schritt S1001 beginnt die an der Position Pb1 gestoppte Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung auf die (+X)-Seite zu beschleunigen und bewegt sich parallel zur X-Richtung. Dabei bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb entlang der gedachten Geraden Sv1 in Richtung der (+X)-Seite. Wenn eine Geschwindigkeit Vx der Laserbestrahlungsposition Lb bis zu dem Zeitpunkt, an dem die

Laserbestrahlungsposition Lb ein Ende des Halbleitersubstrats W auf der (-X)-Seite erreicht, auf eine Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd ansteigt, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in Richtung der (+X)-Seite in der X-Richtung (Schritt S1002).

[0115] Ferner wird die Laserlichtquelle 72 eingeschaltet und die Bestrahlung des Laserstrahls B auf die Laserbestrahlungsposition Lb vom Bearbeitungskopf 71 wird entsprechend einem Zeitpunkt gestartet, zu dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (-X)-Seite erreicht (Schritt S1003). Ferner wird die Laserlichtquelle 72 ausgeschaltet und die Bestrahlung des Laserstrahls B auf die Laserbestrahlungsposition Lb vom Bearbeitungskopf 71 wird entsprechend einem Zeitpunkt beendet, an dem die Laserbestrahlungsposition Lb ein Ende des Halbleitersubstrats W auf der (+X)-Seite erreicht (Schritt S1004). Auf diese Weise wird während eines Zeitraums von Schritt S1003 bis Schritt S1004 die Laserbearbeitung für die geplante Teilungslinie S1 durchgeführt, indem der Laserstrahl B auf die Laserbestrahlungsposition Lb gestrahlt wird, während die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (+X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S1 bewegt wird (Linienbearbeitung).

[0116] Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S1 in Richtung der (+X)-Seite durchläuft, beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (+X)-Seite in der X-Richtung zu verlangsamen (Schritt S1005) und hält an einer Position Pb2 auf der (+X)-Seite des Halbleitersubstrats W in der X-Richtung an (Schritt S1006). Diese Position Pb2 ist eine Position, die auf der gedachten Geraden Sv2 vorgesehen ist, die an die gedachte Gerade Sv1 in der Y-Richtung angrenzt, mit anderen Worten, die der geplanten Teilungslinie S2 aus der X-Richtung zugewandt ist. Das bedeutet, dass sich die Laserbestrahlungsposition Lb in den Schritten S1005 bis S1006 in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv1 zu der gedachten Geraden Sv2 parallel zur Verzögerung in der X-Richtung bewegt.

[0117] Eine Positionsbeziehung zwischen den Abbildungsbereichen Ri (Fig. 1) der Abbildungsteile 8A, 8B und der Laserbestrahlungsposition Lb des Bearbeitungskopfes 71 ist festgelegt. Daher bewegen sich in den Schritten S1001 bis S1006 die Abbildungsbereiche Ri auch relativ in Bezug auf das Halbleitersubstrat W, wenn sich die Laserbestrahlungsposition Lb relativ zu dem Halbleitersubstrat W bewegt. Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb an der Position Pb2 gestoppt wird, stoppt der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8B an einer Position, die mindestens einen Abbildungspunkt Pw(S2) beinhaltet. Dieser Abbildungspunkt Pw(S2) ist ein Schnittpunkt, an dem sich die geplante

Teilungslinie S2 und die geplante Teilungslinie S orthogonal zu der Linie S2 in dem Halbleitersubstrat W schneiden. Dementsprechend veranlasst die Steuerungseinheit 100 in Schritt S1006 den Abbildungsteil 8B, den Abbildungsbereich Ri abzubilden und ein Bild zu erlangen, das den Abbildungspunkt Pw(S2) beinhaltet. Dadurch kann die Steuerungseinheit 100 ein Bild erlangen, das die Position der un bearbeiteten geplanten Teilungslinie S2 zeigt.

[0118] In Schritt S1007 wird bestätigt, ob die Laserbearbeitung für die Vielzahl geplanter Teilungslinien S parallel zur X-Richtung abgeschlossen ist oder nicht. Wenn es unter diesen geplanten Teilungslinien S eine beliebige, un bearbeitete geplante Teilungslinie S gibt („NEIN“ in Schritt S1007), erfolgt eine Rückkehr zu Schritt S1001.

[0119] In dem Beispiel von Fig. 15A beginnt die an der Position Pb2 gestoppte Laserbestrahlungsposition Lb in Schritt S1001 in der X-Richtung zur (-X)-Seite hin zu beschleunigen und bewegt sich parallel zur X-Richtung. Dabei bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb entlang der gedachten Geraden Sv2 in Richtung der (-X)-Seite. Wenn die Geschwindigkeit Vx der Laserbestrahlungsposition Lb bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (+X)-Seite erreicht, auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd ansteigt, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in Richtung der (-X)-Seite in der X-Richtung (Schritt S1002).

[0120] Dabei fallen eine Position, an der die Laserbestrahlungsposition Lb, die die geplante Teilungslinie S1 in Richtung der (+X)-Seite durchlaufen hat, beginnt, sich zu verzögern (mit anderen Worten, eine X-Koordinate, an der die Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit in Richtung der (+X)-Seite beendet ist), und eine Position, an der die Laserbestrahlungsposition Lb, die in Richtung der (-X)-Seite in Richtung der geplanten Teilungslinie S beschleunigt, die Beschleunigung beendet (mit anderen Worten, eine X-Koordinate, an der die Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit in Richtung der (-X)-Seite beginnt), zusammen. Das bedeutet, die X-Koordinate, bei der die Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit der Laserbestrahlungsposition Lb, die die geplante Teilungslinie Sn, zu der die Linienbearbeitung in der nten Umdrehung durchgeführt werden soll, durchlaufen hat, beendet und die Verzögerung gestartet wird, und die X-Richtung, bei der die Laserbestrahlungsposition Lb, die sich zur geplanten Teilungslinie Sn+1, zu der die Linienbearbeitung in der (n+1)ten Umdrehung durchgeführt werden soll, bewegt, die Beschleunigung beendet und die Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit startet, fallen zusammen.

[0121] Ferner wird die Laserlichtquelle 72 eingeschaltet und das Aufstrahlen des Laserstrahls B auf die Laserbestrahlungsposition Lb vom Bearbeitungskopf 71 wird gemäß einem Zeitpunkt gestartet, zu dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (+X)-Seite erreicht (Schritt S1003). Ferner wird die Laserlichtquelle 72 ausgeschaltet und die Bestrahlung des Laserstrahls B auf die Laserbestrahlungsposition Lb vom Bearbeitungskopf 71 wird gemäß einem Zeitablauf beendet, bei dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (-X)-Seite erreicht (Schritt S1004). Auf diese Weise wird während eines Zeitraums von Schritt S1003 bis Schritt S1004 die Laserbearbeitung für die geplante Teilungslinie S2 durchgeführt, indem der Laserstrahl B auf die Laserbestrahlungsposition Lb gestrahlt wird, während die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (-X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S2 bewegt wird (Linienbearbeitung).

[0122] Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S2 in Richtung der (-X)-Seite durchläuft, beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (-X)-Seite in der X-Richtung zu verlangsamen (Schritt S1005) und hält an einer Position Pb3 auf der (-X)-Seite des Halbleitersubstrats W in der X-Richtung an (Schritt S1006). Diese Position Pb3 ist eine Position, die auf der gedachten Geraden Sv3 neben der gedachten Geraden Sv2 in der Y-Richtung vorgesehen ist, mit anderen Worten, die der geplanten Teilungslinie S3 aus der X-Richtung gegenüberliegt. Das bedeutet, dass sich in den Schritten S1005 bis S1006 die Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv2 zu der gedachten Geraden Sv3 parallel zur Verzögerung in der X-Richtung bewegt.

[0123] Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb an der Position Pb3 gestoppt wird, stoppt der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8A an einer Position, die mindestens einen Abbildungspunkt Pw (S3) beinhaltet. Dieser Abbildungspunkt Pw(S3) ist ein Schnittpunkt der geplanten Teilungslinie S3 und der geplanten Teilungslinie S orthogonal zu dieser Linie S3 in dem Halbleitersubstrat W. Dementsprechend veranlasst die Steuerungseinheit 100 in Schritt S1006 den Abbildungsteil 8A, den Abbildungsbereich Ri abzubilden und ein Bild zu erlangen, das den Abbildungspunkt Pw(S3) beinhaltet. Auf diese Weise kann die Steuerungseinheit 100 ein Bild erlangen, das die Position der unbearbeiteten geplanten Teilungslinie S3 zeigt.

[0124] Die Schritte S1001 bis S1007 werden so lange wiederholt, bis bestätigt wird, dass die Linienbearbeitung für die Vielzahl geplanter Teilungslinien S (S1, S2, S3, ...) parallel zur X-Richtung abgeschlossen ist („JA“ in Schritt S1007).

[0125] Als nächstes wird eine Geschwindigkeitsänderung der Laserbestrahlungsposition Lb unter Bezugnahme auf eine „Geschwindigkeitsänderung in X-Richtung“ und eine „Geschwindigkeitsänderung in der Y-Richtung“ in Fig. 15A beschrieben. Hier gibt die Geschwindigkeit Vx eine Geschwindigkeit an, mit der die Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung in Bezug auf das Halbleitersubstrat W bewegt wird, und die Geschwindigkeit Vy gibt eine Geschwindigkeit an, mit der die Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung in Bezug auf das Halbleitersubstrat W bewegt wird. Ferner gibt die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd eine Geschwindigkeit an, mit der die Laserbestrahlungsposition Lb mit einer konstanten Geschwindigkeit in der X-Richtung entlang der geplanten Teilungslinie S (d.h. der Geschwindigkeit Vx) bewegt wird, und wird durch einen absoluten Wert unabhängig von der Bewegung zur (+X)-Seite oder der Bewegung zur (-X)-Seite dargestellt.

[0126] In einem Linienbearbeitungszeitraum Ts1 (Schritte S1002 bis S1004), während dem die Linienbearbeitung der Bewegung des Laserstrahls B in Richtung der (+X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S1 durchgeführt wird, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb nicht in der Y-Richtung, während sie sich mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in der X-Richtung bewegt. Ferner bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in einem Linienbearbeitungszeitraum Ts2 (Schritte S1002 bis S1004), während dem die Linienbearbeitung des Bewegens des Laserstrahls B in Richtung der (-X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S2 durchgeführt wird, nicht in der Y-Richtung, während sie sich mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in der X-Richtung bewegt.

[0127] In einem Umschaltzeitraum Tc (Schritte S1005, S1006 und S1001), in dem von dem Linienbearbeitungszeitraum Ts1 auf den Linienbearbeitungszeitraum Ts2 umgeschaltet wird, wird der nachstehende Vorgang durchgeführt. Das bedeutet, der X-Achsen-Antreiber 65 (Bearbeitungsachsen-Antreiber) führt einen Rückwärtsantrieb durch, um die Laserbestrahlungsposition Lb zu der geplanten Teilungslinie S2 (zweite Bearbeitungslinie) zu bringen, indem er die Laserbestrahlungsposition Lb zur (-X)-Seite hin beschleunigt (Schritt S1001), nachdem er die Laserbestrahlungsposition Lb verlangsamt und angehalten hat, die die vorgesehene Teilungslinie S1 (erste Bearbeitungslinie) in Richtung der (+X)-Seite (erste Seite) durchlaufen hat, in Richtung der (+X)-Seite in der X-Richtung (Bearbeitungsrichtung) (Schritt S1005). Parallel zu dieser Rückwärtsfahrt bewegt der Y-Achsen-Antreiber 63 (Vorschubachsen-Antreiber) die Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung (Vorschubrichtung) von der in der X-Richtung nach außen der geplanten Teilungslinie S1 verlängerten gedachten Geraden Sv1 (erste

gedachte Gerade) entlang der geplanten Teilungslinie S1 zu der in der X-Richtung nach außerhalb der geplanten Teilungslinie S2 verlängerten gedachten Geraden Sv2 (zweite gedachte Gerade) entlang der geplanten Teilungslinie S2 (zweite Bearbeitungslinie).

[0128] Insbesondere beinhaltet der Umschaltzeitraum Tc einen Verzögerungszeitraum Td (Schritt S1005) zum Verzögern der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung und einen Beschleunigungszeitraum Ta (Schritt S1001) zum Beschleunigen der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung, und eine Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung wird während dem Verzögerungszeitraum Td außerhalb dem Verzögerungszeitraum Td und des Beschleunigungszeitraums Ta durchgeführt. Insbesondere wird die Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung nach dem Beginn des Verzögerungszeitraums Td begonnen und die Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung vor dem Ende des Verzögerungszeitraums Td beendet. Ferner bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb während des Beschleunigungszeitraums Ta nicht in der Y-Richtung.

[0129] Dabei gibt ein Startpunkt dem Verzögerungszeitraum Td einen Zeitpunkt an, an dem die Verzögerung der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung begonnen wird (d.h. es beginnt eine Verringerung des Absolutwerts der Geschwindigkeit Vx von der Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd), und ein Endpunkt dem Verzögerungszeitraum Td gibt einen Zeitpunkt an, an dem die Geschwindigkeit der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung (d.h. die Geschwindigkeit Vx) Null wird. Ein Startpunkt des Beschleunigungszeitraums Ta zeigt einen Zeitpunkt an, an dem die Beschleunigung der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung begonnen wird (mit anderen Worten, es beginnt eine Erhöhung des Absolutwerts der Geschwindigkeit Vx von Null), und ein Endpunkt des Beschleunigungszeitraums Ta zeigt einen Zeitpunkt an, an dem die Beschleunigung der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung beendet ist (mit anderen Worten, ein Zeitpunkt, an dem der Absolutwert der Geschwindigkeit Vx zur Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd wird).

[0130] Ferner werden in einem Stoppzeitraum Tt, der unterwegs während eines Übergangs von dem Beschleunigungszeitraum Ta zum Verzögerungszeitraum Td vorgesehen ist, sowohl die Geschwindigkeit Vx der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung als auch deren Geschwindigkeit Vy in der Y-Richtung Null, und die Laserbestrahlungsposition Lb wird an der Position Pb2 in Bezug auf das Halbleitersubstrat W gestoppt. In diesem Stoppzeitraum Tt werden auch die Abbildungsbereiche Ri der Abbildungsteile 8A, 8B in Bezug auf das Halbleitersubstrat

W gestoppt. Insbesondere befindet sich der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8B auf der (-X)-Seite der Laserbestrahlungsposition Lb, die sich auf der (+X)-Seite des Halbleitersubstrats W befindet, und überlappt das Halbleitersubstrat W. Dementsprechend bildet die Infrarotkamera 81 des Abbildungsteils 8B einen Teil des Halbleitersubstrats W ab, der den Abbildungsbereich Ri in dem Stoppzeitraum Tt überlappt (Schritt S1006).

[0131] Fig. 15B zeigt Diagramme, die schematisch ein zweites Beispiel für den gemäß dem Ablaufdiagramm der Fig. 14 durchgeführten Vorgang darstellen. Die Notation in Fig. 15B ist ähnlich wie die in Fig. 15A. Auch in Fig. 15B wird die Laserbearbeitung der Reihe nach für die geplanten Teilungslinien S1, S2, S3 gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 14 wie in Fig. 15A durchgeführt. Fig. 15B unterscheidet sich jedoch von Fig. 15A durch den Vorgang in dem Umschaltzeitraum Tc zum Wechsel der geplanten Teilungslinie S, laserbearbeitet werden soll. Dementsprechend konzentriert sich die nachstehende Beschreibung auf die Unterschiede zu Fig. 15A, und gemeinsame Betriebsteile sind durch entsprechende Bezugszeichen gekennzeichnet, und die Beschreibung wird gegebenenfalls weggelassen.

[0132] Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S1 in Richtung der (+X)-Seite durchläuft, sobald die Laserbearbeitung für die geplante Teilungslinie S1 beendet ist, beginnt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (+X)-Seite in der X-Richtung zu verlangsamen (Schritt S1005) und hält an einer Position Pb2 auf der (+X)-Seite des Halbleitersubstrats W in der X-Richtung an (Schritt S1006). Diese Position Pb2 ist eine Position, die auf der gedachten Geraden Sv1 vorgesehen ist. Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb an der Position Pb2 gestoppt ist, stoppt der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8B an einer Position, die mindestens einen Abbildungspunkt Pw (S2) beinhaltet. Dementsprechend veranlasst die Steuerungseinheit 100 in Schritt S1006 den Abbildungsteil 8B, den Abbildungsbereich Ri abzubilden und ein Bild zu erlangen, das den Abbildungspunkt Pw(S2) beinhaltet. Auf diese Weise kann die Steuerungseinheit 100 das Bild erlangen, das die Position der unbearbeiteten geplanten Teilungslinie S2 zeigt.

[0133] Anschließend beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb, die an der Position Pb2 angehalten wurde, in der X-Richtung zur (-X)-Seite zu beschleunigen (Schritt S1001). Wenn die Geschwindigkeit Vx der Laserbestrahlungsposition Lb bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (+X)-Seite erreicht, auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd zunimmt, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in Richtung der (-X)-Seite in der X-Rich-

tung (Schritt S1002). Ferner bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in einem Zeitraum zwischen dem Beginn der Beschleunigung und dem Beginn der Konstantbewegung mit der Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv1 zu der gedachten Geraden Sv2. Das bedeutet, dass sich die Laserbestrahlungsposition Lb in den Schritten S1001 bis S1002 in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv1 zu der gedachten Geraden Sv2 parallel zur Beschleunigung in der X-Richtung bewegt. Auf diese Weise erreicht die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S2 und die Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S2 kann gestartet werden.

[0134] Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S2 in Richtung der (-X)-Seite durchläuft, sobald die Laserbearbeitung für die geplante Teilungslinie S2 beendet ist, beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (-X)-Seite in der X-Richtung abzubremsen (Schritt S1005) und stoppt an einer Position Pb3 auf der (-X)-Seite des Halbleitersubstrats W in der X-Richtung (Schritt S1006). Diese Position Pb3 ist eine Position, die auf der gedachten Geraden Sv2 vorgesehen ist. Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb an der Position Pb3 gestoppt wird, stoppt der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8A an einer Position, die mindestens einen Abbildungspunkt Pw (S3) beinhaltet. Dementsprechend veranlasst die Steuerungseinheit 100 in Schritt S1006 den Abbildungsteil 8A, den Abbildungsbereich Ri abzubilden und ein Bild zu erlangen, das den Abbildungspunkt Pw(S3) beinhaltet. Auf diese Weise kann die Steuerungseinheit 100 das Bild erlangen, das die Position der unbearbeiteten geplanten Teilungslinie S3 zeigt.

[0135] Als nächstes wird eine Geschwindigkeitsänderung der Laserbestrahlungsposition Lb unter Bezugnahme auf eine „Geschwindigkeitsänderung in der X-Richtung“ und eine „Geschwindigkeitsänderung in der Y-Richtung“ in Fig. 15B beschrieben. In einem Linienbearbeitungszeitraum Ts1 (Schritte S1002 bis S1004), während dem die Linienbearbeitung der Bewegung des Laserstrahls B in Richtung der (+X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S1 durchgeführt wird, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb nicht in der Y-Richtung, während sie sich mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} in der X-Richtung bewegt. Ferner bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in einem Linienbearbeitungszeitraum Ts2 (Schritte S1002 bis S1004), während dem die Linienbearbeitung des Bewe-gens des Laserstrahls B in Richtung der (-X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S2 durchgeführt wird, nicht in der Y-Richtung, während sie sich mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} in der X-Richtung bewegt.

[0136] Ferner wird in einem Umschaltzeitraum Tc (Schritte S1005, S1006 und S1001), während dem von dem Linienbearbeitungszeitraum Ts1 auf den Linienbearbeitungszeitraum Ts2 umgeschaltet wird, die Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung (Vorschubrichtung) von der gedachten Geraden Sv1 zu der gedachten Geraden Sv2 bewegt, und zwar parallel zum Durchführen der Rückwärtsfahrt in der X-Richtung wie in dem vorgenannten Fall. Insbesondere wird eine Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung während eines Beschleunigungszeitraums Ta durchgeführt, die aus einem Verzögerungszeitraum Td und dem in dem Umschaltzeitraum Tc enthaltenen Beschleunigungszeitraum Ta besteht. Insbesondere wird die Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung nach dem Beginn des Beschleunigungszeitraums Ta gestartet, und die Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung wird vor dem Ende des Beschleunigungszeitraums Ta beendet. Außerdem bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in dem Verzögerungszeitraum Td nicht in der Y-Richtung.

[0137] Ferner werden in einem Stoppzeitraum Tt, der unterwegs während eines Übergangs von dem Beschleunigungszeitraum Ta zu dem Verzögerungszeitraum Td vorgesehen ist, sowohl die Geschwindigkeit V_x der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung als auch deren Geschwindigkeit V_y in der Y-Richtung Null, und die Laserbestrahlungsposition Lb wird an der Position Pb2 in Bezug auf das Halbleitersubstrat W gestoppt. In diesem Stoppzeitraum Tt werden auch die Abbildungsbereiche Ri der Abbildungsteile 8A, 8B in Bezug auf das Halbleitersubstrat W gestoppt. Insbesondere befindet sich der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8B auf der (-X)-Seite der Laserbestrahlungsposition Lb, die sich auf der (+X)-Seite des Halbleitersubstrats W befindet, und überlappt das Halbleitersubstrat W. Dementsprechend bildet die Infrarotkamera 81 des Abbildungsteils 8B einen Teil des Halbleitersubstrats W ab, der den Abbildungsbereich Ri in dem Stoppzeitraum Tt überlappt (Schritt S1006).

[0138] Fig. 15C zeigt schematisch ein drittes Beispiel für einen Vorgang, der gemäß dem Ablaufdiagramm aus Fig. 14 durchgeführt wird. Die Notation in Fig. 15C ist ähnlich wie die in Fig. 15A. Auch in Fig. 15C wird die Laserbearbeitung der Reihe nach für die geplanten Teilungslinien S1, S2, S3 gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 14 wie in Fig. 15A durchgeführt. Fig. 15C unterscheidet sich jedoch von Fig. 15A durch den Vorgang in dem Umschaltzeitraum Tc zum Umschalten der geplanten Teilungslinie S, die mit dem Laser bearbeitet werden soll. Dementsprechend konzentriert sich die nachstehende Beschreibung auf die Unterschiede zu Fig. 15A, und gemeinsame Betriebsteile sind durch

entsprechende Bezugszeichen gekennzeichnet, und die Beschreibung wird gegebenenfalls weggelassen.

[0139] Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S1 in Richtung der (+X)-Seite durchläuft, sobald die Laserbearbeitung für die geplante Teilungslinie S1 beendet ist, beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (+X)-Seite in der X-Richtung abzubremsen (Schritt S1005) und stoppt an einer Position Pb2 auf der (+X)-Seite des Halbleitersubstrats W in der X-Richtung (Schritt S1006). Diese Position Pb2 ist zwischen den gedachten Geraden Sv1 und Sv2 in der Y-Richtung vorgesehen. Das bedeutet, dass sich die Laserbestrahlungsposition Lb in den Schritten S1005 bis S1006 in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv1 zu der Position Pb2 parallel zur Verzögerung in der X-Richtung bewegt. Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb an der Position Pb2 gestoppt wird, stoppt der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8B an einer Position, die mindestens einen Abbildungspunkt Pw (S2) beinhaltet. Dementsprechend veranlasst die Steuerungseinheit 100 in Schritt S1006 den Abbildungsteil 8B, den Abbildungsbereich Ri abzubilden und ein Bild zu erlangen, das den Abbildungspunkt Pw (S2) beinhaltet. Auf diese Weise kann die Steuerungseinheit 100 das Bild erlangen, das die Position der unbearbeiteten geplanten Teilungslinie S2 zeigt.

[0140] Anschließend beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb, die an der Position Pb2 angehalten wurde, in der X-Richtung zur (-X)-Seite zu beschleunigen (Schritt S1001). Wenn die Geschwindigkeit Vx der Laserbestrahlungsposition Lb bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (+X)-Seite erreicht, auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd ansteigt, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in Richtung der (-X)-Seite in der X-Richtung (Schritt S1002). Ferner bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in einem Zeitraum zwischen dem Beginn der Beschleunigung und dem Beginn der Konstantbewegung mit der Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in der Y-Richtung von der Position Pb2 zu der gedachten Geraden Sv2. Das bedeutet, dass sich die Laserbestrahlungsposition Lb in den Schritten S1001 bis S1002 in der Y-Richtung von der Position Pb2 zu der gedachten Geraden Sv2 parallel zur Beschleunigung in der X-Richtung bewegt. Auf diese Weise erreicht die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S2 und die Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S2 kann gestartet werden.

[0141] Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S2 in Richtung der (-X)-Seite durchläuft, sobald die Laserbearbeitung für die geplante Teilungslinie S2 beendet ist, beginnt die

Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (-X)-Seite in der X-Richtung abzubremsen (Schritt S1005) und stoppt an einer Position Pb3 auf der (-X)-Seite des Halbleitersubstrats W in der X-Richtung (Schritt S1006). Diese Position Pb3 ist zwischen der gedachten Geraden Sv2 und der gedachten Geraden Sv3 vorgesehen. Das bedeutet, dass sich die Laserbestrahlungsposition Lb in den Schritten S1005 bis S1006 in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv2 zu der Position Pb3 parallel zur Verzögerung in der X-Richtung bewegt. Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb an der Position Pb3 gestoppt wird, stoppt der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8A an einer Position, die zumindest den Abbildungspunkt Pw (S3) beinhaltet. Dementsprechend veranlasst die Steuerungseinheit 100 in Schritt S1006 den Abbildungsteil 8A, den Abbildungsbereich Ri abzubilden und ein Bild zu erlangen, das den Abbildungspunkt Pw (S3) beinhaltet. Auf diese Weise kann die Steuerungseinheit 100 das Bild erlangen, das die Position der unbearbeiteten geplanten Teilungslinie S3 zeigt.

[0142] Als nächstes wird eine Geschwindigkeitsänderung der Laserbestrahlungsposition Lb unter Bezugnahme auf eine „Geschwindigkeitsänderung in der X-Richtung“ und eine „Geschwindigkeitsänderung in der Y-Richtung“ in **Fig. 15C** beschrieben. In einem Linienbearbeitungszeitraum Ts1 (Schritte S1002 bis S1004), während dem die Linienbearbeitung der Bewegung des Laserstrahls B in Richtung der (+X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S1 durchgeführt wird, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb nicht in der Y-Richtung, während sie sich mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in der X-Richtung bewegt. Ferner bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in einem Linienbearbeitungszeitraum Ts2 (Schritte S1002 bis S1004), während dem die Linienbearbeitung des Bewegens des Laserstrahls B in Richtung der (-X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S2 durchgeführt wird, nicht in der Y-Richtung, während sie sich mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in der X-Richtung bewegt.

[0143] Ferner wird in einem Umschaltzeitraum Tc (Schritte S1005, S1006 und S1001), in dem von dem Linienbearbeitungszeitraum Ts1 auf den Linienbearbeitungszeitraum Ts2 umgeschaltet wird, die Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung (Vorschubrichtung) von der gedachten Geraden Sv1 auf die gedachte Gerade Sv2 bewegt, parallel zum Durchführen der Rückwärtsfahrt in der X-Richtung wie in dem vorgenannten Fall. Diese Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb wird insbesondere über die Position Pb2 durchgeführt. Das bedeutet, dass sich die Laserbestrahlungsposition Lb sich in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv1 zu der Position Pb2 bewegt, in einem Verzögerungszeitraum Td, unter dem Verzögerungszeitraum Td und

einem Beschleunigungszeitraum T_a , der in dem Umschaltzeitraum T_c enthalten ist, und sich in dem Beschleunigungszeitraum T_a in der Y-Richtung von der Position $Pb2$ zu der gedachten Geraden $Sv2$ bewegt. Insbesondere beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb , sich von der gedachten Geraden $Sv1$ zu der Position $Pb2$ zeitgleich mit dem Beginn des Verzögerungszeitraums T_d zu bewegen, und erreicht die Position $Pb2$ zeitgleich mit dem Ende des Verzögerungszeitraums T_d . Ferner beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb zeitgleich mit dem Beginn des Beschleunigungszeitraums T_a , sich von der Position $Pb2$ zu der gedachten Geraden $Sv2$ zu bewegen, und erreicht zeitgleich mit dem Ende des Beschleunigungszeitraums T_a die gedachte Gerade $Sv2$.

[0144] Ferner werden in einem Stoppzeitraum T_t , der unterwegs während eines Übergangs von dem Beschleunigungszeitraum T_a zum Verzögerungszeitraum T_d vorgesehen ist, sowohl die Geschwindigkeit V_x der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung als auch deren Geschwindigkeit V_y in der Y-Richtung null, und die Laserbestrahlungsposition Lb wird an der Position $Pb2$ in Bezug auf das Halbleitersubstrat W gestoppt. In diesem Stoppzeitraum T_t werden auch die Abbildungsbereiche R_i der Abbildungsteile $8A$, $8B$ in Bezug auf das Halbleitersubstrat W gestoppt. Insbesondere befindet sich der Abbildungsbereich R_i des Abbildungsteils $8B$ auf der (-X)-Seite der Laserbestrahlungsposition Lb , die sich auf der (+X)-Seite des Halbleitersubstrats W befindet, und überlappt das Halbleitersubstrat W . Dementsprechend bildet die Infrarotkamera 81 des Abbildungsteils $8B$ einen Teil des Halbleitersubstrats W ab, der den Abbildungsbereich R_i in dem Stoppzeitraum T_t überlappt (Schritt $S1006$).

[0145] Es wird angemerkt, dass die konkrete Art und Weise des Bewegens der Laserbestrahlungsposition Lb von der Position $Pb2$ zu der gedachten Geraden $Sv2$ in der Y-Richtung nach dem Bewegen der Laserbestrahlungsposition Lb von der gedachten Geraden $Sv1$ zu der Position $Pb2$ in der Y-Richtung in dem Umschaltzeitraum T_c nicht auf das Beispiel der **Fig. 15C** beschränkt ist, und die Bewegung auf die in **Fig. 15D**, **Fig. 15E** und **Fig. 15F** gezeigten Weisen durchgeführt werden kann.

[0146] **Fig. 15D** zeigt Diagramme, die schematisch ein viertes Beispiel des Vorgangs zeigen, der gemäß dem Ablaufdiagramm von **Fig. 14** durchgeführt wird, **Fig. 15E** zeigt Diagramme, die schematisch ein fünftes Beispiel des Vorgangs zeigen, der gemäß dem Ablaufdiagramm von **Fig. 14** durchgeführt wird und **Fig. 15F** zeigt Diagramme, die schematisch ein sechstes Beispiel des Vorgangs zeigen, der gemäß dem Ablaufdiagramm von **Fig. 14** durchgeführt wird. Die Bezeichnungen in den **Fig. 15D** bis **15F** sind ähnlich wie die in **Fig. 15C**. **Fig. 15D** bis **15F** unterschei-

den sich von **Fig. 15C** durch einen Bewegungsmodus der Laserbestrahlungsposition Lb in dem Umschaltzeitraum T_c . Dementsprechend konzentriert sich die nachstehende Beschreibung auf die Unterschiede zu **Fig. 15C**, und gemeinsame Betriebsteile sind durch entsprechende Bezugszeichen gekennzeichnet, und die Beschreibung wird gegebenenfalls weggelassen.

[0147] In dem in **Fig. 15D** gezeigten vierten Beispiel beginnt sich die Laserbestrahlungsposition Lb zeitgleich mit dem Beginn des Verzögerungszeitraums T_d in der Y-Richtung von der gedachten Geraden $Sv1$ zu der Position $Pb2$ zu bewegen, erreicht die Position $Pb2$ und hält an der Position $Pb2$ in der Y-Richtung (d.h. die Geschwindigkeit V_y ist Null) vor dem Ende des Verzögerungszeitraums T_d an. Nachdem die Laserbestrahlungsposition Lb jedoch die Position $Pb2$ in der Y-Richtung erreicht hat, wird der Verzögerungszeitraum T_d fortgesetzt und die Laserbestrahlungsposition Lb bewegt sich weiter in der X-Richtung. Ferner beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb nach dem Beginn des Beschleunigungszeitraums T_a , sich in der Y-Richtung von der Position $Pb2$ zu der gedachten Geraden $Sv2$ zu bewegen und erreicht die gedachte Gerade $Sv2$ zeitgleich mit dem Ende des Beschleunigungszeitraums T_a . Das bedeutet, dass in einem Zeitraum ΔT_y von der Mitte dem Verzögerungszeitraum T_d bis zur Mitte des Beschleunigungszeitraums T_a die Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung angehalten wird (d.h. die Geschwindigkeit V_y ist Null).

[0148] In dem fünften, in **Fig. 15E** gezeigten Beispiel beginnt sich die Laserbestrahlungsposition Lb zeitgleich mit dem Beginn des Verzögerungszeitraums T_d in der Y-Richtung von der gedachten Geraden $Sv1$ zu der Position $Pb2$ zu bewegen, erreicht die Position $Pb2$ und hält vor dem Ende des Verzögerungszeitraums T_d an der Position $Pb2$ in der Y-Richtung (d.h. die Geschwindigkeit V_y ist Null) an. Nachdem die Laserbestrahlungsposition Lb jedoch die Position $Pb2$ in der Y-Richtung erreicht hat, wird der Verzögerungszeitraum T_d fortgesetzt und die Laserbestrahlungsposition Lb bewegt sich weiter in der X-Richtung. Außerdem beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb zeitgleich mit dem Beginn des Beschleunigungszeitraums T_a , sich in der Y-Richtung von der Position $Pb2$ zu der gedachten Geraden $Sv2$ zu bewegen, und erreicht zeitgleich mit dem Ende des Beschleunigungszeitraums T_a die gedachte Gerade $Sv2$. Das bedeutet, dass die Laserbestrahlungsposition Lb in einem Zeitraum ΔT_y von der Mitte des Verzögerungszeitraums T_d bis zum Beginn des Beschleunigungszeitraums T_a in der Y-Richtung angehalten wird (d.h. die Geschwindigkeit V_y ist Null).

[0149] In dem fünften, in **Fig. 15F** gezeigten Beispiel beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb zeitgleich

mit dem Beginn des Verzögerungszeitraums T_d , sich in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv_1 zu der Position Pb_2 zu bewegen. Die Laserbestrahlungsposition Lb hat jedoch die Position Pb_2 in der Y-Richtung am Endpunkt der Verzögerungszeit T_d noch nicht erreicht. Es wird angemerkt, dass am Endpunkt des Verzögerungszeitraums T_d die Position (d.h. X-Koordinate) der Laserbestrahlungsposition Lb und die Position (d.h. X-Koordinate) der Position Pb_2 in der X-Richtung übereinstimmen. Dementsprechend bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb auch nach dem Ende des Verzögerungszeitraums T_a weiter in der Y-Richtung auf die Position Pb_2 zu. Außerdem wird die Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung angehalten (d. h. die Geschwindigkeit V_x ist Null), während sich die Laserbestrahlungsposition Lb nach dem Ende des Verzögerungszeitraums T_d in der Y-Richtung auf die Position Pb_2 zu bewegt. Der Beschleunigungszeitraum T_a wird gestartet, und die Laserbestrahlungsposition Lb beginnt, sich in der Y-Richtung von der Position Pb_2 zu der gedachten Geraden Sv_2 zu bewegen, sobald die Laserbestrahlungsposition Lb die Position Pb_2 erreicht. Ferner erreicht die Laserbestrahlungsposition Lb die gedachte Gerade Sv_2 zeitgleich mit dem Ende des Beschleunigungszeitraums T_a .

[0150] Fig. 15G zeigt schematisch ein siebtes Beispiel eines Vorgangs, der gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 14 durchgeführt wird. Die Notation in Fig. 15G ist ähnlich wie die in Fig. 15A. Auch in Fig. 15G wird die Laserbearbeitung der Reihe nach für die geplanten Teilungslinien S_1 , S_2 , S_3 gemäß dem Ablaufdiagramm von Fig. 14 wie in Fig. 15A durchgeführt. Allerdings unterscheidet sich Fig. 15G von Fig. 15A durch den Vorgang in dem Umschaltzeitraum T_c zum Wechseln der geplanten Teilungslinie S , die laserbearbeitet werden soll. Dementsprechend konzentriert sich die nachstehende Beschreibung auf die Unterschiede zu Fig. 15A, und gemeinsame Betriebsteile sind durch entsprechende Bezugszeichen gekennzeichnet, und die Beschreibung wird gegebenenfalls weggelassen.

[0151] Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S_1 in Richtung der (+X)-Seite durchläuft, sobald die Laserbearbeitung für die geplante Teilungslinie S_1 beendet ist, beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (+X)-Seite in der X-Richtung abzubremsen (Schritt S1005) und hält an einer Position Pb_2 auf der (+X)-Seite des Halbleitersubstrats W in der X-Richtung an (Schritt S1006). Diese Position Pb_2 befindet sich außerhalb einer Zone zwischen der gedachten Geraden Sv_1 und der gedachten Geraden Sv_2 (auf einer Seite gegenüber der gedachten Geraden Sv_1 in Bezug auf die gedachte Gerade Sv_2) in der Y-Richtung. Das bedeutet, in den Schritten S1005 bis S1006 bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb

in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv_1 zu der Position Pb_2 über die gedachte Gerade Sv_2 hinaus, parallel zur Verzögerung in der X-Richtung. Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb an der Position Pb_2 gestoppt wird, stoppt der Abbildungsbereich R_i des Abbildungsteils 8B an einer Position, die mindestens einen Abbildungspunkt $Pw(S_3)$ beinhaltet. Dementsprechend veranlasst die Steuerungseinheit 100 in Schritt S1006 den Abbildungsteil 8B, den Abbildungsbereich R_i abzubilden und ein Bild zu erlangen, das den Abbildungspunkt $Pw(S_3)$ beinhaltet. Auf diese Weise kann die Steuerungseinheit 100 das Bild erlangen, das die Position der unbearbeiteten geplanten Teilungslinie S_3 zeigt.

[0152] Anschließend beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb , die an der Position Pb_2 angehalten wurde, in der X-Richtung zur (-X)-Seite zu beschleunigen (Schritt S1001). Wenn die Geschwindigkeit V_x der Laserbestrahlungsposition Lb bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (+X)-Seite erreicht, auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} ansteigt, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} in Richtung der (-X)-Seite in der X-Richtung (Schritt S1002). Ferner bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in einem Zeitraum zwischen dem Beginn der Beschleunigung und dem Beginn der Konstantbewegung mit der Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} in der Y-Richtung von der Position Pb_2 zu der gedachten Geraden Sv_2 . Das bedeutet, dass sich die Laserbestrahlungsposition Lb in den Schritten S1001 bis S1002 in der Y-Richtung von der Position Pb_2 zu der gedachten Geraden Sv_2 parallel zur Beschleunigung in der X-Richtung bewegt. Auf diese Weise erreicht die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S_2 und die Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S_2 kann gestartet werden.

[0153] Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S_2 in Richtung der (-X)-Seite durchläuft, sobald die Laserbearbeitung für die geplante Teilungslinie S_2 beendet ist, beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (-X)-Seite in der X-Richtung abzubremsen (Schritt S1005) und hält an einer Position Pb_3 auf der (-X)-Seite des Halbleitersubstrats W in der X-Richtung an (Schritt S1006). Diese Position Pb_3 ist außerhalb einer Zone zwischen der gedachten Geraden Sv_2 und der gedachten Geraden Sv_3 (auf einer Seite, die der gedachten Geraden Sv_2 in Bezug auf die gedachte Gerade Sv_3 gegenüberliegt) in der Y-Richtung bereitgestellt. Das bedeutet, dass sich die Laserbestrahlungsposition Lb in den Schritten S1005 bis S1006 in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv_2 zu der Position Pb_2 jenseits der gedachten Geraden Sv_3 bewegt, parallel zur Verzögerung in der X-Richtung. Wenn die Laserbestrah-

lungsposition Lb an der Position Pb3 gestoppt wird, stoppt der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8A an einer Position, die mindestens einen Abbildungspunkt Pw(S4) beinhaltet. Dementsprechend veranlasst die Steuerungseinheit 100 in Schritt S1006 den Abbildungsteil 8A, den Abbildungsbereich Ri abzubilden und ein Bild zu erlangen, das den Abbildungspunkt Pw(S4) beinhaltet. Auf diese Weise kann die Steuerungseinheit 100 das Bild erlangen, das die Position einer unbearbeiteten geplanten Teilungslinie S4 zeigt.

[0154] Als nächstes wird eine Geschwindigkeitsänderung der Laserbestrahlungsposition Lb unter Bezugnahme auf eine „Geschwindigkeitsänderung in der X-Richtung“ und „Geschwindigkeitsänderung in der Y-Richtung“ in **Fig. 15G** beschrieben. In einem Linienbearbeitungszeitraum Ts1 (Schritte S1002 bis S1004), während dem die Linienbearbeitung der Bewegung des Laserstrahls B in Richtung der (+X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S1 durchgeführt wird, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb nicht in der Y-Richtung, während sie sich mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in der X-Richtung bewegt. Ferner bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in einem Linienbearbeitungszeitraum Ts2 (Schritte S1002 bis S1004), während dem die Linienbearbeitung des Bewegens des Laserstrahls B in Richtung der (-X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S2 durchgeführt wird, nicht in der Y-Richtung, während sie sich mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in der X-Richtung bewegt.

[0155] Ferner wird in einem Umschaltzeitraum Tc (Schritte S1005, S1006 und S1001), in dem von dem Linienbearbeitungszeitraum Ts1 auf den Linienbearbeitungszeitraum Ts2 umgeschaltet wird, die Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung (Vorschubrichtung) von der gedachten Geraden Sv1 auf die gedachte Gerade Sv2 bewegt, parallel zum Durchführen der Rückwärtsfahrt in der X-Richtung wie in dem vorgenannten Fall. Insbesondere erfolgt diese Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb über die Position Pb2, die außerhalb der Zone zwischen der gedachten Geraden Sv1 und der gedachten Geraden Sv2 in der Y-Richtung liegt. Das bedeutet, dass sich die Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv1 zu der Position Pb2 jenseits der gedachten Geraden Sv2 bewegt, in einem Verzögerungszeitraum Td, außerhalb des Verzögerungszeitraums Td und eines Beschleunigungszeitraums Ta, die in dem Umschaltzeitraum Tc enthalten ist, und sich in der Y-Richtung von der Position Pb2 zu der gedachten Geraden Sv2 in des Beschleunigungszeitraums Ta bewegt. Konkret beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb, sich zeitgleich mit dem Beginn des Verzögerungszeitraums Td von der gedachten Geraden Sv1 zu der Position Pb2 zu bewegen, und erreicht die Position

Pb2 zeitgleich mit dem Ende dem Verzögerungszeitraum Td. Ferner beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb zeitgleich mit dem Beginn des Beschleunigungszeitraums Ta, sich von der Position Pb2 zu der gedachten Geraden Sv2 zu bewegen, und erreicht die gedachte Gerade Sv2 zeitgleich mit dem Ende des Beschleunigungszeitraums Ta.

[0156] Ferner werden in einem Stoppzeitraum Tt, der unterwegs während eines Übergangs von dem Beschleunigungszeitraum Ta zum Verzögerungszeitraum Td vorgesehen ist, sowohl die Geschwindigkeit Vx der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung als auch deren Geschwindigkeit Vy in der Y-Richtung null, und die Laserbestrahlungsposition Lb wird in Bezug auf das Halbleitersubstrat W an der Position Pb2 gestoppt. In diesem Stoppzeitraum Tt werden auch die Abbildungsbereiche Ri der Abbildungsteile 8A, 8B in Bezug auf das Halbleitersubstrat W gestoppt. Insbesondere befindet sich der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8B auf der (-X)-Seite der Laserbestrahlungsposition Lb, die sich auf der (+X)-Seite des Halbleitersubstrats W befindet, und überlappt das Halbleitersubstrat W. Dementsprechend bildet die Infrarotkamera 81 des Abbildungsteils 8B einen Teil des Halbleitersubstrats W ab, der den Abbildungsbereich Ri in dem Stoppzeitraum Tt überlappt (Schritt S1006).

[0157] Im obigen Beispiel ist die Position Pb2 auf der Seite vorgesehen, die der gedachten Geraden Sv1 in Bezug auf die gedachte Gerade Sv2 in der Y-Richtung gegenüberliegt. Die Position Pb2 kann jedoch auch auf einer Seite vorgesehen sein, die der gedachten Geraden Sv2 in Bezug auf die gedachte Gerade Sv1 in der Y-Richtung gegenüberliegt. In diesem Fall bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in dem Verzögerungszeitraum Td in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv1 zu der Position Pb2 und in des Beschleunigungszeitraums Ta in der Y-Richtung von der Position Pb2 zu der gedachten Geraden Sv2 jenseits der gedachten Geraden Sv1. Eine ähnliche Änderung kann auch für die Position Pb3 vorgenommen werden.

[0158] **Fig. 16** ist ein Ablaufdiagramm, das ein erstes Anwendungsbeispiel der Linienbearbeitung für jede geplante Teilungslinie zeigt, und **Fig. 17** ist ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel eines Vorgangs zeigt, der gemäß dem Ablaufdiagramm von **Fig. 16** durchgeführt wird. Die Bezeichnungen in **Fig. 17** sind ähnlich wie in den **Fig. 15A** bis **15G**. Das Beispiel von **Fig. 16** unterscheidet sich von dem Beispiel von **Fig. 14** durch das Vorhandensein des Schrittes S1008 der Abbildung des Halbleitersubstrats W während der Linienbearbeitung, aber die anderen Schritte S1001 bis S1007 sind gleich. Dementsprechend wird in dem Beispiel von **Fig. 16** jeder der in **Fig. 15A** bis **15G** gezeigten Vorgänge (erstes Beispiel bis siebtes Beispiel) durchgeführt.

Es wird angemerkt, dass, obwohl eine Spur der Laserbestrahlungsposition Lb in dem Umschaltzeitraum Tc in **Fig. 17** nicht dargestellt ist, sich die Laserbestrahlungsposition Lb entlang der in einer der **Fig. 15A bis 15G** dargestellten Spur bewegen kann.

[0159] Der Schritt S1008 von **Fig. 16** wird wie folgt durchgeführt. Das bedeutet, dass das Halbleitersubstrat W während einer Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb entlang der geplanten Teilungslinie S1 abgebildet wird (Schritt S1008). Konkret wird der Abbildungsbereich Ri (d.h. der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8A), der sich auf einer sich bewegenden Seite (d.h. der (+X)-Seite) befindet, auf die sich die Laserbestrahlungsposition Lb zubewegt, in Bezug auf die sich zur (+X)-Seite bewegende Laserbestrahlungsposition Lb abgebildet. Auf diese Weise wird ein Bild erlangt, das auf der sich bewegenden Seite der Laserbestrahlungsposition Lb einen Abbildungspunkt Pw(S11) in Bezug auf die Laserbestrahlungsposition Lb beinhaltet. Auf diese Weise kann ein Bild erlangt werden, das die Position eines unbearbeiteten Teils aus der geplanten Teilungslinie S1, die gerade linienbearbeitet wird, zeigt.

[0160] Das bedeutet, dass in einem Zeitraum, in dem die Schritte S1003, S1108 und S1104 durchgeführt werden, das Bild des unbearbeiteten Teils der geplanten Teilungslinie S1, der linienbearbeitet werden soll, parallel zum Durchführen der Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S1 aufgenommen wird.

[0161] Ferner wird das Halbleitersubstrat W während einer Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb entlang der geplanten Teilungslinie S2 abgebildet (Schritt S1008). Konkret wird der Abbildungsbereich Ri (d.h. der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8B), der sich auf einer sich bewegenden Seite (d.h. der (-X)-Seite) befindet, auf die sich die Laserbestrahlungsposition Lb zubewegt, in Bezug auf die sich zur (-X)-Seite bewegende Laserbestrahlungsposition Lb abgebildet. Auf diese Weise wird ein Bild erlangt, das auf der sich bewegenden Seite der Laserbestrahlungsposition Lb einen Abbildungspunkt Pw(S21) in Bezug auf die Laserbestrahlungsposition Lb beinhaltet. Auf diese Weise kann ein Bild erlangt werden, das die Position eines unbearbeiteten Teils aus der geplanten Teilungslinie S2, die gerade linienbearbeitet wird, zeigt.

[0162] Das bedeutet, dass in dem Zeitraum, in dem die Schritte S1003, S1108 und S1104 durchgeführt werden, das Bild des unbearbeiteten Teils der geplanten Teilungslinie S2, der linienbearbeitet werden soll, parallel zum Durchführen der Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S2 aufgenommen wird.

[0163] Ferner wird das Halbleitersubstrat W während einer Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb entlang der geplanten Teilungslinie S3 abgebildet (Schritt S1008). Konkret wird der Abbildungsbereich Ri (d.h. der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8A), der sich auf einer sich bewegenden Seite (d.h. der (+X)-Seite) befindet, auf die sich die Laserbestrahlungsposition Lb zubewegt, in Bezug auf die sich zur (+X)-Seite bewegende Laserbestrahlungsposition Lb abgebildet. Auf diese Weise wird ein Bild erlangt, das auf der sich bewegenden Seite der Laserbestrahlungsposition Lb einen Abbildungspunkt Pw(S31) in Bezug auf die Laserbestrahlungsposition Lb beinhaltet. Auf diese Weise kann ein Bild erlangt werden, das die Position eines unbearbeiteten Teils aus der geplanten Teilungslinie S3, die gerade linienbearbeitet wird, zeigt.

[0164] Das bedeutet, dass in dem Zeitraum, in dem die Schritte S1003, S1108 und S1104 durchgeführt werden, das Bild des unbearbeiteten Teils aus der geplanten Teilungslinie S3, die linienbearbeitet werden soll, parallel zum Durchführen der Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S3 aufgenommen wird.

[0165] Die Schritte S1001 bis S1007 werden so lange wiederholt, bis bestätigt wird, dass die Linienbearbeitung für die Vielzahl geplanter Teilungslinien S (S1, S2, S3, ...) parallel zur X-Richtung abgeschlossen ist („JA“ in Schritt S1007).

[0166] **Fig. 18** ist ein Ablaufdiagramm, das ein zweites Anwendungsbeispiel der Linienbearbeitung für jede geplante Teilungslinie zeigt, und **Fig. 19A** zeigt Diagramme, die schematisch ein erstes Beispiel eines Vorgangs zeigen, der gemäß dem Ablaufdiagramm von **Fig. 18** durchgeführt wird. In **Fig. 19A** ist eine Spur der Laserbestrahlungsposition Lb, die sich relativ zum Halbleitersubstrat W bewegt, durch eine gepunktete Linie dargestellt, und die gedachten Geraden Sv1, Sv2, Sv3, die sich parallel zur X-Richtung entlang der geplanten Teilungslinien S1, S2, S3 zwischen beiden äußeren Seiten der geplanten Teilungslinien S1, S2, S3 erstrecken, sind durch eine Einpunkt-Kettenlinie dargestellt. Es wird angemerkt, dass gepunktete Linien, die die Spur der Laserbestrahlungsposition Lb darstellen, bevorzugt in Teilen gezeigt werden, in denen sich die Spur der Laserbestrahlungsposition Lb und die gedachten Geraden Sv1, Sv2, Sv3 überschneiden.

[0167] In dem in **Fig. 19A** gezeigten Beispiel wird das Ablaufdiagramm von **Fig. 18** von einem Zustand aus gestartet, in dem die Laserbestrahlungsposition Lb an einer Position Pb1 auf der (-X)-Seite des Halbleitersubstrats W in der X-Richtung gestoppt ist. Diese Position Pb1 ist eine Position, die auf der gedachten Geraden Sv1 entlang der geplanten Teilungslinie S1 vorgesehen ist, mit anderen Worten,

die der geplanten Teilungslinie S1 aus der X-Richtung zugewandt ist. Die Position der Laserbestrahlungsposition Lb, wenn das Ablaufdiagramm von **Fig. 18** gestartet wird, ist jedoch nicht auf dieses Beispiel beschränkt und kann zweckmäßig geändert werden.

[0168] In Schritt S1101 beginnt die an der Position Pb1 gestoppte Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung zur (+X)-Seite zu beschleunigen und bewegt sich parallel zur X-Richtung. Auf diese Weise bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb entlang der gedachten Geraden Sv1 in Richtung der (+X)-Seite. Wenn die Geschwindigkeit Vx der Laserbestrahlungsposition Lb bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (-X)-Seite erreicht, auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd ansteigt, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in der X-Richtung (Schritt S1102) in Richtung der (+X)-Seite.

[0169] Ferner wird die Laserlichtquelle 72 eingeschaltet und die Bestrahlung des Laserstrahls B auf die Laserbestrahlungsposition Lb vom Bearbeitungskopf 71 gemäß einem Zeitpunkt gestartet, zu dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (-X) Seite erreicht (Schritt S1103). Auf diese Weise wird der Laserstrahl B auf die Laserbestrahlungsposition Lb gestrahlt, die sich in Richtung der (+X)-Seite in der X-Richtung entlang der geplanten Teilungslinie S1 bewegt, wodurch die geplante Teilungslinie S1 bearbeitet wird (Linienbearbeitung).

[0170] Ferner wird in diesem Beispiel das Halbleitersubstrat W während der Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb entlang der geplanten Teilungslinie S1 abgebildet (Schritt S1104). Insbesondere wird der Abbildungsbereich Ri (d.h. der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8A), der sich auf einer sich bewegenden Seite (d.h. der (+X)-Seite) befindet, auf die sich die Laserbestrahlungsposition Lb zubewegt, in Bezug auf die sich zur (+X)-Seite bewegende Laserbestrahlungsposition Lb abgebildet. Auf diese Weise wird ein Bild erlangt, das auf der sich bewegenden Seite der Laserbestrahlungsposition Lb in Bezug auf die Laserbestrahlungsposition Lb einen Abbildungspunkt Pw(S11) beinhaltet. Auf diese Weise kann ein Bild erlangt werden, das die Position eines unbearbeiteten Teils aus der geplanten Teilungslinie S1, die gerade linienbearbeitet wird, zeigt.

[0171] Dann wird die Laserlichtquelle 72 ausgeschaltet und das Einstrahlen des Laserstrahls B auf die Laserbestrahlungsposition Lb vom Bearbeitungskopf 71 wird gemäß einem Zeitpunkt beendet, zu dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende

des Halbleitersubstrats W auf der (+X)-Seite erreicht (Schritt S1105). Auf diese Weise wird in einem Zeitraum von Schritt S1103 bis Schritt S1105 das Bild des unbearbeiteten Teils aus der geplanten Teilungslinie S1, die bearbeitet werden soll, aufgenommen, parallel zum Durchführen der Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S1.

[0172] Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S1 in Richtung der (+X)-Seite durchläuft, beginnt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (+X)-Seite in der X-Richtung zu verlangsamen (Schritt S1106). In Schritt S 1107 wird bestätigt, ob die Laserbearbeitung für die Vielzahl geplanter Teilungslinien S parallel zur X-Richtung abgeschlossen ist oder nicht. Wenn es unter diesen geplanten Teilungslinien S eine unbearbeitete geplante Teilungslinie S gibt („NEIN“ in Schritt S1107), erfolgt eine Rückkehr zu Schritt S1101.

[0173] Im Ergebnis wird die Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung zur (-X)-Seite hin beschleunigt (Schritt S1101), nachdem die Geschwindigkeit Vx in der X-Richtung der zur (+X)-Seite hin verlangsamten Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung Null geworden ist. Wenn die Geschwindigkeit Vx der Laserbestrahlungsposition Lb bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (+X)-Seite erreicht, auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd ansteigt, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in Richtung der (-X)-Seite in der X-Richtung (Schritt S1102).

[0174] Wie soeben beschrieben, erfolgt auch in dem Beispiel der **Fig. 18** und 19A der Rückwärtsantrieb in der X-Richtung wie in dem vorgenannten Fall. Parallel zu diesem Rückwärtsantrieb bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv1 zu der gedachten Geraden Sv2. Auf diese Weise erreicht die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S2, indem sie sich in der Y-Richtung zu der gedachten Geraden Sv2 bewegt, sobald die Geschwindigkeit Vx in der X-Richtung der Laserbestrahlungsposition Lb auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd ansteigt.

[0175] In diesem Beispiel unterscheidet sich jedoch ein Bewegungsmodus in der Y-Richtung der Laserbestrahlungsposition Lb von dem eingangs genannten. Das bedeutet, dass sich die Laserbestrahlungsposition Lb kontinuierlich in der Y-Richtung von einer geplanten Teilungslinie Sb1 zu einer geplanten Teilungslinie Sb2 (kontinuierlicher Vorschubantrieb) bewegt, parallel mit dem Rückwärtsantrieb zum Verzögern, Anhalten und Beschleunigen der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung. Insbesondere wird der kontinuierliche Vorschubantrieb der Laser-

bestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung während der gesamten Zeit vor und nach dem Zeitpunkt durchgeführt, zu dem die Geschwindigkeit Vx der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung aufgrund des Rückwärtsantriebs Null wird. Daher gibt es in diesem Beispiel keinen Zeitpunkt, an dem sowohl die Geschwindigkeit Vx in der X-Richtung der Laserbestrahlungsposition Lb als auch deren Geschwindigkeit Vy in der Y-Richtung null wird.

[0176] Die Laserlichtquelle 72 wird eingeschaltet und die Bestrahlung des Laserstrahls B zur Laserbestrahlungsposition Lb vom Bearbeitungskopf 71 wird gemäß einem Zeitpunkt gestartet, zu dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (+X)-Seite erreicht (Schritt S1103). Auf diese Weise wird der Laserstrahl B auf die Laserbestrahlungsposition Lb gestrahlt, die sich in Richtung der (-X)-Seite in der X-Richtung entlang der geplanten Teilungslinie S2 bewegt, und die geplante Teilungslinie S2 wird bearbeitet (Linienbearbeitung).

[0177] Ferner wird in diesem Beispiel das Halbleitersubstrat W während der Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb entlang der geplanten Teilungslinie S2 abgebildet (Schritt S1104). Insbesondere wird der Abbildungsbereich Ri (d.h. der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8B), der sich auf einer sich bewegenden Seite (d.h. der (-X)-Seite) befindet, auf die sich die Laserbestrahlungsposition Lb zubewegt, in Bezug auf die sich zur (-X)-Seite bewegende Laserbestrahlungsposition Lb abgebildet. Auf diese Weise wird ein Bild erlangt, das auf der sich bewegenden Seite der Laserbestrahlungsposition Lb in Bezug auf die Laserbestrahlungsposition Lb einen Abbildungspunkt Pw (S21) beinhaltet. Auf diese Weise kann ein Bild erlangt werden, das die Position eines unbearbeiteten Teils aus der geplanten Teilungslinie S2, die gerade linienbearbeitet wird, zeigt.

[0178] Die Laserlichtquelle 72 wird ausgeschaltet und die Einstrahlung des Laserstrahls B auf die Laserbestrahlungsposition Lb vom Bearbeitungskopf 71 wird gemäß einem Zeitpunkt beendet, zu dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (-X)-Seite erreicht (Schritt S1105). Auf diese Weise wird in einem Zeitraum von Schritt S1103 bis Schritt S1105 das Bild des unbearbeiteten Teils aus der geplanten Teilungslinie S2, die linienbearbeitet werden soll, parallel zum Durchführen der Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S2 aufgenommen.

[0179] Wenn die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S2 in Richtung der (-X)-Seite durchläuft, beginnt die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (-X)-Seite in der X-Richtung zu verzögern (Schritt S1106). In Schritt S 1107 wird bestä-

tigt, ob die Linienbearbeitung für die Vielzahl geplanter Teilungslinien S parallel zur X-Richtung abgeschlossen ist oder nicht. Wenn es unter diesen geplanten Teilungslinien S irgendeine unbearbeitete geplante Teilungslinie S gibt („NEIN“ in Schritt S1107), erfolgt eine Rückkehr zu Schritt S1101.

[0180] Im Ergebnis beschleunigt die Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung zur (+X)-Seite hin (Schritt S1101), nachdem die Geschwindigkeit Vx in der X-Richtung der zur (-X)-Seite hin verlangsamten Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung Null geworden ist. Wenn die Geschwindigkeit Vx der Laserbestrahlungsposition Lb bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (-X)-Seite erreicht, auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd ansteigt, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in Richtung der (+X)-Seite in der X-Richtung (Schritt S1102).

[0181] Zu diesem Zeitpunkt wird, wie in dem vorgenannten Fall, der kontinuierliche Vorschubantrieb in der Y-Richtung für die Laserbestrahlungsposition Lb parallel zum Rückwärtsantrieb in der X-Richtung durchgeführt. Auf diese Weise erreicht die Laserbestrahlungsposition Lb die geplante Teilungslinie S3, indem sie sich in der Y-Richtung auf die gedachte Gerade Sv3 bewegt, wenn die Geschwindigkeit Vx in der X-Richtung der Laserbestrahlungsposition Lb auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd ansteigt.

[0182] Die Laserlichtquelle 72 wird eingeschaltet und die Bestrahlung des Laserstrahls B zur Laserbestrahlungsposition Lb aus dem Bearbeitungskopf 71 wird gemäß einem Zeitpunkt gestartet, zu dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (-X)-Seite erreicht (Schritt S1103). Auf diese Weise wird der Laserstrahl B auf die Laserbestrahlungsposition Lb gestrahlt, die sich in Richtung der (+X)-Seite in der X-Richtung entlang der geplanten Teilungslinie S3 bewegt, und die geplante Teilungslinie S3 wird bearbeitet (Linienbearbeitung).

[0183] Ferner wird in diesem Beispiel das Halbleitersubstrat W während der Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb entlang der geplanten Teilungslinie S3 abgebildet (Schritt S1104). Insbesondere wird der Abbildungsbereich Ri (d.h. der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8A), der sich auf einer sich bewegenden Seite (d.h. der (+X)-Seite) befindet, auf die sich die Laserbestrahlungsposition Lb zubewegt, in Bezug auf die sich zur (+X)-Seite bewegende Laserbestrahlungsposition Lb abgebildet. Auf diese Weise wird ein Bild erlangt, das auf der sich bewegenden Seite der Laserbestrahlungsposition Lb in Bezug auf die Laserbestrahlungsposition Lb einen Abbildungspunkt Pw (S31) beinhaltet. Auf

diese Weise kann ein Bild erlangt werden, das die Position eines unbearbeiteten Teils aus der geplanten Teilungslinie S3, die gerade linienbearbeitet wird, zeigt.

[0184] Dann wird die Laserlichtquelle 72 ausgeschaltet und die Einstrahlung des Laserstrahls B auf die Laserbestrahlungsposition Lb aus dem Bearbeitungskopf 71 wird gemäß einem Zeitpunkt beendet, zu dem die Laserbestrahlungsposition Lb das Ende des Halbleitersubstrats W auf der (+X)-Seite erreicht (Schritt S1105). Auf diese Weise wird in einem Zeitraum von Schritt S1103 bis Schritt S1105 das Bild des unbearbeiteten Teils aus der geplanten Teilungslinie S3, die bearbeitet werden soll, parallel zum Durchführen der Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S3 aufgenommen.

[0185] Als nächstes wird eine Geschwindigkeitsänderung der Laserbestrahlungsposition Lb unter Bezugnahme auf eine „Geschwindigkeitsänderung in der X-Richtung“ und eine „Geschwindigkeitsänderung in der Y-Richtung“ in **Fig. 19A** beschrieben. In einem Linienbearbeitungszeitraum Ts1 (Schritte S1103 bis S1105), während dem die Linienbearbeitung der Bewegung des Laserstrahls B in Richtung der (+X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S1 durchgeführt wird, bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb nicht in der Y-Richtung, während sie sich mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in der X-Richtung bewegt. Ferner bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in einem Linienbearbeitungszeitraum Ts2 (Schritte S 1103 bis S1105), während dem die Linienbearbeitung des Bewegens des Laserstrahls B in Richtung der (-X)-Seite entlang der geplanten Teilungslinie S2 durchgeführt wird, nicht in der Y-Richtung, während sie sich mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in der X-Richtung bewegt.

[0186] Ferner wird in einem Umschaltzeitraum Tc (Schritte S1106, S1101), während dem ein Umschalten von dem Linienbearbeitungszeitraum Ts1 auf den Linienbearbeitungszeitraum Ts2 erfolgt, der nachstehende Vorgang durchgeführt. Das bedeutet, dass der X-Achsen-Antreiber 65 (Bearbeitungsachsen-Antreiber) den Rückwärtsantrieb durchführt, um die Laserbestrahlungsposition Lb zu der geplanten Teilungslinie S2 (zweite Bearbeitungslinie) zu bringen, indem er die Laserbestrahlungsposition Lb in Richtung der (-X)-Seite (Schritt S1101), nachdem er die Laserbestrahlungsposition Lb verlangsamt und angehalten hat, die die vorgesehene Teilungslinie S1 (erste Bearbeitungslinie) in Richtung der (+X)-Seite (erste Seite) durchlaufen hat, in Richtung der (+X)-Seite in der X-Richtung (Bearbeitungsrichtung) (Schritt S1106), beschleunigt. Parallel zu diesem Rückwärtsantrieb führt der Y-Achsen-Antreiber 63 (Vorschubachsen-Antreiber) den kontinuierlichen Vorschubantrieb aus, um die Laserbestrahlungsposi-

tion Lb in der Y-Richtung (Vorschubrichtung) von der gedachten Geraden Sv1 (erste gedachte Gerade), die sich in der X-Richtung nach außerhalb der geplanten Teilungslinie S1 erstreckt, entlang der geplanten Teilungslinie S1 zu der gedachten Geraden Sv2 (zweite gedachte Gerade), die sich in der X-Richtung nach außerhalb der geplanten Teilungslinie S2 erstreckt, kontinuierlich entlang der geplanten Teilungslinie S2 zu bewegen.

[0187] Insbesondere steuert die Steuerungseinheit 100 den X-Achsen-Antreiber 65 und den Y-Achsen-Antreiber 63 so, dass der Y-Achsen-Antreiber 63 den kontinuierlichen Vorschubantrieb beginnt, bevor der X-Achsen-Antreiber 65 die Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung durch den Rückwärtsantrieb stoppt, und der Y-Achsen-Antreiber 63 den kontinuierlichen Vorschubantrieb beendet, nachdem der X-Achsen-Antreiber 65 die Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung durch den Rückwärtsantrieb stoppt. Auf diese Weise bewegt der Y-Achsen-Antreiber 63 die Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung während des gesamten Zeitraums vor und nach dem Zeitpunkt, zu dem die Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung aufgrund des Rückwärtsantriebs gestoppt wird (mit anderen Worten, in einem Zeitraum, in dem der X-Achsen-Antreiber 65 die Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung durch den Rückwärtsantrieb stoppt).

[0188] Mit anderen Worten beinhaltet der Umschaltzeitraum Tc einen Verzögerungszeitraum Td (Schritt S1006) zum Verzögern der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung und einen Beschleunigungszeitraum Ta (Schritt S1001) zum Beschleunigen der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung. Im Gegensatz dazu führt der Y-Achsen-Antreiber 63 die Bewegung der Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung kontinuierlich durch (d.h. er führt die Bewegung durch, ohne die Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung anzuhalten), und zwar während der gesamten Zeit vor und nach der Zeit, in der ein Übergangszeitraum Tx von dem Verzögerungszeitraum Td zu dem Beschleunigungszeitraum Ta stattfindet. Es wird angemerkt, dass die Laserbestrahlungsposition Lb während des Übergangszeitraums Tx in der X-Richtung angehalten wird (d. h. die Geschwindigkeit Vx ist Null).

[0189] **Fig. 19B** zeigt Diagramme, die schematisch ein zweites Beispiel für den gemäß dem Ablaufdiagramm von **Fig. 18** durchgeführten Vorgang darstellen. **Fig. 19B** unterscheidet sich von **Fig. 19A** durch die Anzahl der Abbildungsvorgänge des Halbleitersubstrats W parallel zur Linienbearbeitung. Das bedeutet, dass in dem Beispiel der **Fig. 19B** der Abbildungsbereich Ri (d.h. der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8A), der sich auf einer sich bewegenden Seite (d.h. der (+X)-Seite) befindet,

auf die sich die Laserbestrahlungsposition Lb zubewegt, in Bezug auf die Laserbestrahlungsposition Lb, die sich auf die (+X)-Seite zubewegt, um die Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S1 durchzuführen, mehrmals (in diesem Beispiel zweimal) abgebildet wird (Schritt S1104). Auf diese Weise erlangt man zwei Bilder mit jeweils zwei Bildpunkten Pw(S11), Pw(S12) auf der sich bewegenden Seite der Laserbestrahlungsposition Lb in Bezug auf die Laserbestrahlungsposition Lb. Auf diese Weise können Bilder erlangt werden, die die Positionen der unbearbeiteten Teile aus der geplanten Teilungslinie S1 zeigen, die gerade linienbearbeitet wird.

[0190] Auf ähnliche Weise wird der Abbildungsbereich Ri (d.h. der Abbildungsbereich Ri des Abbildungsteils 8B), der sich auf einer sich bewegenden Seite (d.h. der (-X)-Seite) befindet, auf die sich die Laserbestrahlungsposition Lb zubewegt, in Bezug auf die Laserbestrahlungsposition Lb, die sich auf die (-X)-Seite zubewegt, um die Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S2 durchzuführen, mehrmals (in diesem Beispiel zweimal) abgebildet (Schritt S1104). Auf diese Weise erlangt man zwei Bilder mit jeweils zwei Bildpunkten Pw(S21), Pw(S22) auf der sich bewegenden Seite der Laserbestrahlungsposition Lb in Bezug auf die Laserbestrahlungsposition Lb. Auf diese Weise können Bilder erlangt werden, die die Positionen der unbearbeiteten Teile aus der geplanten Teilungslinie S2, die gerade linienbearbeitet wird, zeigen. Ferner wird die Bildgebung auch bei der Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S3 mehrmals durchgeführt (Schritt S1104).

[0191] Fig. 20 ist ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel für ein Bild des Halbleitersubstrats zeigt, das in Schritt S1008 der Fig. 16 oder Schritt S1104 der Fig. 18 erlangt wird. In den obigen Beispielen wird ein Bereich, der einen Schnittpunkt zweier geplanter, zueinander orthogonaler Teilungslinien S beinhaltet, abgebildet, um ein Bild IM zu erlangen. Da das Bild IM erlangt wird, während der Abbildungsbereich Ri in Bezug auf das Halbleitersubstrat W in der X-Richtung bewegt wird, wird im Bild IM eine Leuchtdichte in der X-Richtung gemittelt. Im Ergebnis erscheinen ein Bereich mit hoher Leuchtdichte, der sich parallel zur X-Richtung gemäß der geplanten Teilungslinie S erstreckt, und Bereiche mit niedriger Leuchtdichte, die eine geringere Leuchtdichte als der Bereich mit hoher Leuchtdichte aufweisen und sich parallel zur X-Richtung gemäß den Halbleiterchips C erstrecken. Insbesondere in der Y-Richtung wird der Bereich mit hoher Leuchtdichte von zwei Bereichen mit niedriger Leuchtdichte eingeschlossen. Daher kann die Steuerungseinheit 100 die Position der geplanten Teilungslinie S in der Y-Richtung auf Grundlage des Bereichs mit hoher Leuchtdichte, der der geplanten Teilungslinie S entspricht, bestätigen.

[0192] In der eingangs beschriebenen Ausführungsform unter Verwendung der Fig. 16 bis 20 wird das Bild des Teils des Halbleitersubstrats W, der den Abbildungsbereich Ri überlappt, durch Abbilden des Abbildungsbereichs Ri erhalten, der sich während der Ausführung der Linienbearbeitung (Schritte S1003 bis S1004, S1103 bis S1105) der Bearbeitung der geplanten Teilungslinie S durch Bestrahlen der Laserbestrahlungsposition Lb mit dem Laserstrahl B, während die Laserbestrahlungsposition Lb entlang der geplanten Teilungslinie S bewegt wird (Schritte S1008, S1104). Das bedeutet, dass die Ausführungsdauer der Linienbearbeitung effektiv genutzt wird, um das Halbleitersubstrat W abzubilden. Auf diese Weise kann das Halbleitersubstrat W in der Laserbearbeitungstechnik zur Bearbeitung der geplanten Teilungslinie S durch Bestrahlung der geplanten Teilungslinie S mit dem Laserstrahl B effizient abgebildet werden.

[0193] Ferner bildet der Abbildungsteil 8 den Abbildungsbereich Ri ab, der auf einer stromabwärts gelegenen Seite in Bewegungsrichtung der Laserbestrahlungsposition Lb in Bezug auf die geplante Teilungslinie S in der Linienbearbeitung (Schritte S1003 bis S1004, S1103 bis S1105) bereitgestellt wird. In einer solchen Konfiguration kann ein Bild einer unbearbeiteten Seite der Position, die durch den Laserstrahl B (d. h. die Laserbestrahlungsposition Lb) bearbeitet wird, erlangt werden. Daher kann die Steuerungseinheit 100 einen Einfluss der Bearbeitung durch den Laserstrahl B auf den unbearbeiteten Teil des Halbleitersubstrats W auf Grundlage dieses Bildes erkennen.

[0194] Im Beispiel der Fig. 19B bildet der Abbildungsteil 8 den Abbildungsbereich Ri mehrmals in einem Zeitraum ab, in dem die Linienbearbeitung (Schritte S1003 bis S1004, S1103 bis S1105) einmal durchgeführt wird (Schritte S1008, S1104). Bei einer solchen Konfiguration können mehrere Bilder des Halbleitersubstrats W erhalten werden, wobei die Ausführungsdauer der Linienbearbeitung effektiv genutzt wird.

[0195] In den in den Fig. 18, 19A und 19B gezeigten Beispielen werden die Linienbearbeitung (erste Linienbearbeitung) der Bearbeitung der geplanten Teilungslinie S1 (erste Bearbeitungslinie) und die Linienbearbeitung (zweite Linienbearbeitung) der Bearbeitung der geplanten Teilungslinie S2 (zweite Bearbeitungslinie) abwechselnd unter Verwendung des X-Achsen-Antreibers 65 zum Relativbewegen der Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung in Bezug auf das Halbleitersubstrat W und des Y-Achsen-Antreibers 63 (Vorschubachsen-Antreiber) zum Relativbewegen der Laserbestrahlungsposition Lb in der Y-Richtung in Bezug auf das Halbleitersubstrat W durchgeführt. Ferner führen der X-Achsen-Antreiber 65 und der Y-Achsen-Antreiber 63 in

dem Umschaltzeitraum T_c zwischen der Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S_1 und der Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S_2 den nachstehenden Vorgang aus, um die Laserbestrahlungsposition L_b , die die geplante Teilungslinie S_1 durchlaufen hat, in Richtung der geplanten Teilungslinie S_2 zu bewegen. Das bedeutet, dass der X-Achsen-Antreiber 65 die Rückwärtsbewegung ausführt, um die Laserbestrahlungsposition L_b zur geplanten Teilungslinie S_2 zu verbringen, indem die Laserbestrahlungsposition L_b in Richtung der (-X)-Seite beschleunigt wird, nachdem die Laserbestrahlungsposition L_b , die die geplante Teilungslinie S_1 in Richtung der (+X)-Seite durchlaufen hat, in Richtung der (+X)-Seite in X-Richtung abgebremst und angehalten wurde. Ferner bewegt der Y-Achsen-Antreiber 63 die Laserbestrahlungsposition L_b in Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv_1 , die in X-Richtung verlängert ist, nach außerhalb der geplanten Teilungslinie S_1 entlang der geplanten Teilungslinie S_1 zur gedachten Geraden Sv_2 , die in X-Richtung verlängert ist, nach außerhalb der geplanten Teilungslinie S_2 entlang der geplanten Teilungslinie S_2 .

[0196] Insbesondere führt der Y-Achsen-Antreiber 63 den kontinuierlichen Vorschubantrieb zum kontinuierlichen Bewegen der Laserbestrahlungsposition L_b in Y-Richtung von der gedachten Geraden Sv_1 zur gedachten Geraden Sv_2 in dem Umschaltzeitraum T_c aus. Dann steuert die Steuerungseinheit 100 den X-Achsen-Antreiber 65 und den Y-Achsen-Antreiber 63 so, dass der Y-Achsen-Antreiber 63 den kontinuierlichen Vorschubantrieb startet, bevor der X-Achsen-Antreiber 65 die Laserbestrahlungsposition L_b durch den Rückwärtsantrieb stoppt, und der Y-Achsen-Antreiber 63 den kontinuierlichen Vorschubantrieb beendet, nachdem der X-Achsen-Antreiber 65 die Laserbestrahlungsposition L_b durch den Rückwärtsantrieb stoppt. Das bedeutet, dass der Y-Achsen-Antreiber 63 die Laserbestrahlungsposition L_b in Y-Richtung vor und nach dem Zeitpunkt bewegt, zu dem eine Bewegung der Laserbestrahlungsposition L_b in X-Richtung aufgrund des Rückwärtsantriebs gestoppt wird (mit anderen Worten, in einem Zeitraum, in dem der X-Achsen-Antreiber 65 die Laserbestrahlungsposition L_b durch den Rückwärtsantrieb stoppt). Wie eingangs beschrieben, werden in dem Umschaltzeitraum T_c sowohl ein Zeitraum des Verlangsamens der Laserbearbeitungsposition L_b in Richtung (+X) in X-Richtung als auch ein Zeitraum des Beschleunigens der Laserbestrahlungsposition L_b in Richtung (-X) in X-Richtung effektiv genutzt, um die Laserbestrahlungsposition L_b in Y-Richtung zu bewegen. Dadurch ist es möglich, den Einfluss des Umschaltzeitraums T_c des Umschaltens der Bewegungsrichtung des Laserstrahls B auf die Zeit, die für die vollständige Bearbeitung des Halbleitersubstrats W erforderlich ist, zu unterdrücken. Da die Ausführungsdauer der Linienbearbeitung effektiv genutzt wird, um das Halbleiter-

substrat W wie oben beschrieben abzubilden, ist es außerdem möglich, die Zeit zum Umschalten der geplanten Teilungslinie S für die Linienbearbeitung zu unterdrücken, das Halbleitersubstrat W effizient abzubilden und die Bearbeitung des Halbleitersubstrats W rasch abzuschließen.

[0197] Ferner bildet der Abbildungsteil 8 den Abbildungsbereich R_i , der zumindest die geplante Teilungslinie S beinhaltet, während der Ausführung der Linienverarbeitung ab (Fig. 20). Ein Teil, der der geplanten Teilungslinie S entspricht, scheint sich aufgrund des Kontrasts zwischen beiden Seiten der geplanten Teilungslinie S und der geplanten Teilungslinie S in Y-Richtung in einem Bild IM , das durch eine solche Bildgebung erhalten wird, in X-Richtung zu erstrecken. Daher kann die Steuerungseinheit 100 einen Einfluss der Laserbearbeitung auf die Position der geplanten Teilungslinie S in Y-Richtung basierend auf der Position dieses Teils in Y-Richtung präzise erkennen.

[0198] Fig. 21 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel eines Laserbearbeitungsbedingungsbestimmungsverfahrens bei der Linienbearbeitung zeigt, Fig. 22A zeigt Diagramme, die Parameter in Bezug auf die Bestimmung von Laserbearbeitungsbedingungen zeigen, Fig. 22B ist ein Diagramm, das einen zeitlichen Einfluss der Laserbearbeitungsbedingung zeigt, und Fig. 22C ist eine Tabelle, die ein Beispiel einer Tabelle zeigt, auf die bei der Laserbearbeitungsbedingungsbestimmung von Fig. 21 Bezug genommen wird. Diese Tabelle wird vorab in dem Speicher 190 gespeichert.

[0199] Fig. 22A zeigt ein oberes Diagramm, das die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit V_x der sich in der X-Richtung bewegenden Laserbestrahlungsposition L_b und der Zeit darstellt, und ein unteres Diagramm, das die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit V_x der sich in der X-Richtung bewegenden Laserbestrahlungsposition L_b und der Position in der X-Richtung (d.h. der X-Koordinate) der Laserbestrahlungsposition L_b bei einer Linienbearbeitung darstellt.

[0200] Wie im unteren Diagramm dargestellt, wird zum Durchführen der Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S eine Bestrahlungspositionsabtastung durchgeführt, um den Laserstrahl B auf die Laserbestrahlungsposition L_b zu strahlen, die die geplante Teilungslinie S überlappt, während die Laserbestrahlungsposition L_b in der X-Richtung von einem Startpunkt X_s auf einer Seite der geplanten Teilungslinie S zu einem Endpunkt X_e auf der anderen Seite (der der einen Seite gegenüberliegenden Seite) der geplanten Teilungslinie S bewegt wird. Das bedeutet, dass bei der Bestrahlungspositionsabtastung der Laserstrahl B vom Bearbeitungskopf 71 auf die Laserbestrahlungsposition L_b gestrahlt wird,

die die geplante Teilungslinie S überlappt, während die Laserbestrahlungsposition Lb von dem X-Achsen-Antreiber 65 in der X-Richtung von dem Startpunkt Xs zu dem Endpunkt Xe bewegt wird. Auf diese Weise wird gemäß der Bestrahlungspositionsabtastrung die eingangs erwähnte Linienbearbeitung durchgeführt.

[0201] Bei dieser Bestrahlungspositionsabtastrung wird für die geplante Teilungslinie S eine Zone konstanter Geschwindigkeit SC festgelegt. Diese Zone konstanter Geschwindigkeit SC befindet sich zwischen dem Startpunkt Xs und dem Endpunkt Xe in der X-Richtung und wird so festgelegt, dass sie die geplante Teilungslinie S beinhaltet. In diesem Beispiel fallen beide Enden der Zone konstanter Geschwindigkeit SC mit beiden Enden der geplanten Teilungslinie S in der X-Richtung zusammen, mit anderen Worten fällt die Zone konstanter Geschwindigkeit SC mit der geplanten Teilungslinie S zusammen. Ein Einstellmodus der Zone konstanter Geschwindigkeit SC ist jedoch nicht auf dieses Beispiel beschränkt, und die Zone konstanter Geschwindigkeit SC kann durch Hinzufügen von Versätzen außerhalb der beiden Enden der geplanten Teilungslinie S eingestellt werden. In diesem Fall wird die Zone konstanter Geschwindigkeit SC länger als die geplante Teilungslinie S. Eine Länge des Versatzes kann ein vorgegebener fester Wert sein oder ein Wert, der durch Multiplizieren einer Länge der geplanten Teilungslinie S mit einem vorgegebenen Skalenfaktor (zum Beispiel 1 %) erlangt wird. Die Länge einer solchen Zone konstanter Geschwindigkeit SC wird entsprechend der Länge der geplanten Teilungslinie S festgelegt. Je länger die geplante Teilungslinie S ist, desto länger ist die Zone konstanter Geschwindigkeit SC (mit anderen Worten: je kürzer die geplante Teilungslinie S ist, desto kürzer ist die Zone konstanter Geschwindigkeit SC).

[0202] Bei dieser Bestrahlungspositionsabtastrung bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung von dem Startpunkt Xs, der sich auf einer Seite der Zone konstanter Geschwindigkeit SC befindet, zu dem Endpunkt X3, der sich auf der anderen Seite der Zone konstanter Geschwindigkeit SC befindet. Ferner wird in dem Beschleunigungszeitraum Ta, während dem sich die Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung von dem Startpunkt Xs zu einem Endpunkt Xss auf der einen Seite der Zone konstanter Geschwindigkeit SC in der X-Richtung bewegt, die Laserbestrahlungsposition Lb mit einer Beschleunigung A in der X-Richtung beschleunigt, und die Geschwindigkeit Vx in der X-Richtung der Laserbestrahlungsposition Lb steigt von Null auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd an. Ferner bewegt sich die Laserbestrahlungsposition Lb in einem Konstantgeschwindigkeitszeitraum Tsc (der in diesem Beispiel mit dem Linienbearbeitungszeitraum Ts zusammenfällt) in der X-Richtung von dem Ende

Xss auf der einen Seite der Zone konstanter Geschwindigkeit SC zu einem Ende Xse auf der anderen Seite der Zone konstanter Geschwindigkeit SC mit der konstanten Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd in der X-Richtung. Ferner wird die Laserbestrahlungsposition Lb in dem Verzögerungszeitraum Tb, während dem sich die Laserbestrahlungsposition Lb in der X-Richtung von dem Ende Xse auf der anderen Seite der Zone konstanter Geschwindigkeit SC zu dem Endpunkt Xe bewegt, mit der Beschleunigung A in der X-Richtung verlangsamt und die Geschwindigkeit Vx in der X-Richtung der Laserbestrahlungsposition Lb nimmt von der Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd auf Null ab.

[0203] Zu diesem Zeitpunkt ist der Beschleunigungszeitraum Ta ein Zeitraum (Vxd/A), der erforderlich ist, um bei der Beschleunigung A die Geschwindigkeit Vx von Null auf die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd zu erhöhen, der Konstantgeschwindigkeitszeitraum Tsc ist ein Zeitraum (Lsc/Vxd), der erforderlich ist, um sich mit der Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd um eine Strecke konstanter Geschwindigkeit Lsc zu bewegen, die die Länge der Zone konstanter Geschwindigkeit SC ist, und der Verzögerungszeitraum Td ist ein Zeitraum (Vxd/A), der erforderlich ist, um die Geschwindigkeit Vx von der Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd bei der Beschleunigung A auf Null zu verringern. Daher beträgt die für die Bestrahlungspositionsabtastrung erforderliche Abtastzeit t:

$$t = 2 \times Vxd / A + Lsc / Vxd.$$

[0204] Somit ist die in Fig. 22B gezeigte Beziehung zwischen der Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd und der Abtastzeit t erfüllt. Das bedeutet, die Abtastzeit t hat einen Minimalwert, wenn die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd $Vxd_{min} (= (Lsc \times A/2)^{1/2})$ ist. Daher kann die Linienbearbeitung effizient durchgeführt werden, indem die Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd entsprechend der Länge (Strecke konstanter Geschwindigkeit Lsc) der Zone konstanter Geschwindigkeit SC eingestellt wird.

[0205] Bei einer Änderung der Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd muss jedoch auch die Frequenz des aus der Laserlichtquelle 72 emittierten Laserstrahls B geändert werden. Insbesondere muss bei einer Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd die Frequenz des Laserstrahls B erhöht werden. Im Gegensatz dazu kann die Frequenz des Laserstrahls B nur schrittweise und nicht kontinuierlich geändert werden. Dementsprechend wird die Tabelle aus Fig. 22C verwendet. Diese Tabelle spezifiziert eine Beziehung zwischen der Strecke konstanter Geschwindigkeit Lsc (Länge der geplanten Teilungslinie S in diesem Beispiel), der Bearbeitungsgeschwindigkeit Vxd und der Frequenz fc des Laserstrahls B. Im Einzelnen sind in der Tabelle die

folgenden Laserbearbeitungsbedingungen festgelegt. Wenn die Strecke konstanter Geschwindigkeit L_{sc} kleiner oder gleich $L_{sc}(1)$ ist, wird die Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} auf $V_{xd}(1)$ und die Frequenz des Laserstrahls B auf $f_c(1)$ eingestellt. Wenn die Strecke konstanter Geschwindigkeit L_{sc} größer als $L_{sc}(1)$ und kleiner oder gleich $L_{sc}(2)$ ist, wird die Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} auf $V_{xd}(2)$ und die Frequenz des Laserstrahls B auf $f_c(2)$ eingestellt.

[0206] Das bedeutet, dass in der Laserbearbeitungsbedingungsbestimmung von **Fig. 21** die Länge (Strecke konstanter Geschwindigkeit L_{sc}) der Zone konstanter Geschwindigkeit SC , die für die geplante Teilungslinie S , die bearbeitet werden soll, festgelegt wurde, erlangt wird (Schritt S 1201). Dann wird die Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} bestimmt (Schritt S 1202) und die Frequenz f_c des Laserstrahls B wird bestimmt (Schritt S 1203), basierend auf der in Schritt S 1201 erlangten Strecke konstanter Geschwindigkeit L_{sc} und der Tabelle von **Fig. 22C**. Die Bestrahlungspositionsabtastung wird gemäß den durch **Fig. 21** auf diese Weise bestimmten Laserbearbeitungsbedingungen (Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} und Frequenz f_c) durchgeführt.

[0207] Die Bestrahlungspositionsabtastung wird der Reihe nach für die Vielzahl von geplanten Teilungslinien S parallel zur X -Richtung durchgeführt. Mit anderen Worten werden für die geplanten Teilungslinien S eine Vielzahl von Bestrahlungspositionsabtastungen durchgeführt, die sich voneinander unterscheiden. Im Gegensatz dazu wird die Laserbearbeitungsbedingungsbestimmung von **Fig. 21** für jede der Vielzahl von Bestrahlungspositionsabtastungen durchgeführt. Bei jeder Bestrahlungspositionsabtastung wird die Laserbestrahlungsposition L_b bewegt und gemäß den für jede Bestrahlungspositionsabtastung bestimmten Laserbearbeitungsbedingungen der Laserstrahl B aufgestrahlt.

[0208] Insbesondere wenn das Halbleitersubstrat W , das mit einer Vielzahl von geplanten Teilungslinien S parallel zur X -Richtung gebildet wird, wie im obigen Beispiel kreisförmig ist, wird die geplante Teilungslinie S umso kürzer, je weiter sie von einem Kreismittelpunkt in der Y -Richtung entfernt liegt, und die für die geplante Teilungslinie S festgelegte Strecke konstanter Geschwindigkeit L_{sc} wird ebenfalls kürzer. Das bedeutet, dass sich die für die Bestrahlungspositionsabtastung eingestellte Strecke konstanter Geschwindigkeit L_{sc} unterscheidet in Abhängigkeit von der Position der geplanten Teilungslinie S in der Y -Richtung, für die die Bestrahlungspositionsabtastung durchgeführt wird, unterscheidet. Dementsprechend ist es zweckmäßig, die Laserbearbeitungsbedingungsbestimmung für jede Bestrahlungspositionsabtastung durchzuführen, die

nacheinander für mehrere geplante Teilungslinien S durchgeführt wird.

[0209] Es wird angemerkt, dass die Laserbearbeitungsbedingungsbestimmung zu einem beliebigen Zeitpunkt vor dem Beginn der Bestrahlungspositionsabtastung durchgeführt werden kann, die ein Ziel der Laserbearbeitungsbedingungsbestimmung ist. Beispielsweise kann die Laserbearbeitungsbedingungsbestimmung für alle der Vielzahl von Bestrahlungspositionsabtastungen durchgeführt werden, bevor die Vielzahl von Bestrahlungspositionsabtastungen, die jeweils den Vielzahl von geplanten Teilungslinien S parallel zur X -Richtung entsprechen, gestartet werden. Alternativ kann im Falle der Durchführung der nächsten Bestrahlungspositionsabtastung im Anschluss an eine Bestrahlungspositionsabtastung die Laserbearbeitungsbedingungsbestimmung für die nächste Bestrahlungspositionsabtastung während der Ausführung der einen Bestrahlungspositionsabtastung durchgeführt werden.

[0210] Es wird angemerkt, dass, wie in **Fig. 22C** gezeigt, die Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} durch Auswählen von einer aus einer Vielzahl von diskreten Bearbeitungsgeschwindigkeiten $V_{xd}(1)$, $V_{xd}(2)$, $V_{xd}(3)$ und $V_{xd}(4)$ angepasst wird, und die Oszillationsfrequenz f_c durch Auswählen von einer aus einer Vielzahl von diskreten Oszillationsfrequenzen $f_c(1)$, $f_c(2)$, $f_c(3)$ und $f_c(4)$ angepasst wird. Das bedeutet, dass bei der Laserbearbeitungsbedingungsbestimmung die Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} und die Oszillationsfrequenz f_c basierend darauf ausgewählt werden, zu welchem der in **Fig. 22C** dargestellten (vier) Bereiche die Strecke konstanter Geschwindigkeit L_{sc} gehört. Wenn zu diesem Zeitpunkt die Bereiche, zu denen die Strecke konstanter Geschwindigkeit L_{sc} gehört, zwischen zwei aufeinanderfolgenden Laserbestrahlungspositionsabtastungen gleich sind, die durchgeführt werden, wenn die Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} und die Oszillationsfrequenz f_c durch Ausführen der Laserbearbeitungsbedingungsbestimmung für jede der Vielzahl von Bestrahlungspositionsabtastungen eingestellt werden, werden die Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} und die Oszillationsfrequenz f_c beibehalten. Andererseits werden die Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} und die Oszillationsfrequenz f_c geändert (d.h. umgeschaltet), wenn die Bereiche, zu denen die Strecke konstanter Geschwindigkeit L_{sc} gehört, zwischen zwei aufeinanderfolgenden Laserbestrahlungspositionsabtastungen unterschiedlich sind. Das bedeutet, dass das Einstellen der Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} das Beibehalten der Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} und das Verändern (Umschalten) der Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{xd} umfasst, und das Einstellen der Oszillationsfrequenz f_c das Beibehalten der Oszillationsfrequenz f_c und

das Verändern (Umschalten) der Oszillationsfrequenz f_c umfasst.

[0211] Wie eingangs beschrieben, entspricht in der obigen Ausführungsform die Laserbearbeitungsvorrichtung 1 einem Beispiel für eine erfindungsgemäße „Laserbearbeitungsvorrichtung“, die Spannbühne 3 entspricht einem Beispiel für ein erfindungsgemäßes „Stützelement“, der Y-Achsen-Antreiber 63 entspricht einem Beispiel für einen erfindungsgemäßen „Vorschubachsen-Antreiber“, der X-Achsen-Antreiber 65 entspricht einem Beispiel für einen erfindungsgemäßen „Bearbeitungsachsen-Antreiber“, der Bearbeitungskopf 71 entspricht einem Beispiel für einen erfindungsgemäßen „Bearbeitungskopf“, der Abbildungsteil 8 entspricht einem Beispiel für einen erfindungsgemäßen „Abbildungsteil“, die Steuerungseinheit 100 entspricht einem Beispiel für eine erfindungsgemäße „Steuerungseinheit“, die Steuerungseinheit 100 entspricht einem Beispiel für einen erfindungsgemäßen „Computer“, das Laserbearbeitungsprogramm 191 entspricht einem Beispiel für ein erfindungsgemäßes „Laserbearbeitungsprogramm“, das Aufzeichnungsmedium 192 entspricht einem Beispiel für ein erfindungsgemäßes „Aufzeichnungsmedium“, der Laserstrahl B entspricht einem Beispiel für einen erfindungsgemäßen „Laserstrahl“, die Laserbestrahlungsposition Lb entspricht einem Beispiel für eine erfindungsgemäße „Laserbestrahlungsposition“, der Abbildungsbereich Ri entspricht einem Beispiel für einen erfindungsgemäßen „Abbildungsbereich“, die vorgesehene Teilungslinie S entspricht einem Beispiel für eine erfindungsgemäße „Bearbeitungslinie“, die gedachte Gerade Sv entspricht einem Beispiel für eine erfindungsgemäße „gedachte Gerade“, der Umschaltzeitraum Tc entspricht einem Beispiel für einen erfindungsgemäßen „Umschaltzeitraum“, das Halbleitersubstrat W entspricht einem Beispiel für ein erfindungsgemäßes „Bearbeitungsobjekt“, die X-Richtung entspricht einem Beispiel für eine erfindungsgemäße „Bearbeitungsrichtung“, die Y-Richtung entspricht einem Beispiel für eine erfindungsgemäße „Zufuhrrichtung“, und die (+X)-Seite und die (-X)-Seite entsprechen Beispielen für eine erfindungsgemäße „erste Seite“ und eine erfindungsgemäße „zweite Seite“ oder für die erfindungsgemäße „zweite Seite“ und die „erste Seite“.

[0212] Der in den Fig. 16 bis 20 beschriebene ausführliche Vorgang zum Abbilden der Abbildungsbereiche Ri, die sich in X-Richtung bewegen, gemäß der Ausführung der Linienbearbeitung durch die Infrarotkamera 81 kann wie folgt geändert werden. Fig. 23 ist eine schematische Draufsicht, die eine Positionsbeziehung der Laserbestrahlungsposition und der Abbildungsbereiche beim ausführlichen Vorgang der Abbildung der Abbildungsbereiche zeigt, und Fig. 24 ist eine schematische Draufsicht, die

ein Abbildungsobjekt beim ausführlichen Vorgang der Abbildung des Abbildungsbereichs zeigt.

[0213] Wie in Fig. 23 gezeigt, sind in der Draufsicht die Abbildungsteile 8 (8A, 8B) und der Bearbeitungskopf 71 in X-Richtung so angeordnet, dass die Mittelpunkte Ric der Abbildungsbereiche Ri der der Abbildungsteile 8 (8A, 8B) und ein Fokus (d. h. die Laserbestrahlungsposition Lb) des vom Bearbeitungskopf 71 bestrahlten Laserstrahls B parallel zur X-Richtung angeordnet sind. Wie oben beschrieben, wird außerdem der Abbildungsbereich Ri auf der stromabwärtigen Seite in Bewegungsrichtung der Laserbestrahlungsposition Lb von den beiden Abbildungsbereichen Ri durch die Infrarotkamera 81 abgebildet.

[0214] Das bedeutet, dass sich, wie in Fig. 24 dargestellt, der Laserstrahl B, der auf die Laserbestrahlungsposition Lb gestrahlt wird, in einer Abtastrichtung Ds parallel zur X-Richtung bewegt, und sich der Abbildungsbereich Ri in der Abtastrichtung Ds auf der stromabwärtigen Seite der Laserbestrahlungsposition Lb in der Abtastrichtung Ds bewegt. Hierbei ist eine stromabwärts gelegene Seite der Laserbestrahlungsposition Lb in der Abtastrichtung Ds ein unbearbeiteter Teil S_d, der nicht durch die Bestrahlung des Laserstrahls B bearbeitet wurde, und eine stromaufwärts gelegene Seite der Laserbestrahlungsposition Lb in der Abtastrichtung Ds ist ein bearbeiteter Teil S_u, der durch die Bestrahlung des Laserstrahls B bearbeitet wurde. Daher beinhaltet der Abbildungsbereich Ri auf der stromabwärts gelegenen Seite der Laserbestrahlungsposition Lb in der Abtastrichtung Ds den unbearbeiteten Teil S_d der geplanten Teilungslinie S, und der Laserbearbeitungssteuerrechner 120 (Steuereinheit) kann das Bild IM des unbearbeiteten Teils S_d der geplanten Teilungslinie S durch Abbildung dieses Abbildungsbereichs Ri erlangen.

[0215] Insbesondere veranlasst der Laserbearbeitungssteuerrechner 120 die Infrarotkamera 81, während eines Zeitraums (Überschneidungszeitraum), in dem die geplante Teilungslinie S den Abbildungsbereich Ri auf der stromabwärtigen Seite (d. h. den unbearbeiteten Teil S_d) der Laserbestrahlungsposition Lb in der Abtastrichtung Ds (Schwenkvorgang) schneidet, eine Belichtung durchzuführen. Dabei zeigt das Schneiden der geplanten Teilungslinie S durch den Abbildungsbereich Ri an, dass sich beide Enden der geplanten Teilungslinie S außerhalb des Abbildungsbereichs Ri befinden, während die geplante Teilungslinie S den Abbildungsbereich Ri überlappt.

[0216] Fig. 25 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für eine Kamerabelichtungssteuerung zeigt. Das Ablaufdiagramm der Fig. 25 wird vom Laserbearbeitungssteuerrechner 120 durchgeführt,

der die Infrarotkamera 81 über den Kamera-Controller 122A, 122B steuert, und parallel zur Linienbearbeitung für die geplante Teilungslinie S durchgeführt. In Schritt S1301 wird beurteilt, ob die geplante Teilungslinie S (d. h. der unbearbeitete Teil S_d der geplanten Teilungslinie S) den Abbildungsbereich R_i auf der stromabwärtigen Seite in der Abtastrichtung D_s (gegebenenfalls als „stromabwärtiger Abbildungsbereich R_i “ bezeichnet) von den beiden Abbildungsbereichen R_i der beiden Infrarotkameras 81 überschritten hat oder nicht.

[0217] Zu einem Zeitpunkt, zu dem die geplante Teilungslinie S den stromabwärts gelegenen Abbildungsbereich R_i kreuzt („JA“ in Schritt S1301), beginnt die Infrarotkamera 81, die den stromabwärts gelegenen Abbildungsbereich R_i abbildet, mit der Belichtung (Schritt S1302). In Schritt S1303 wird beurteilt, ob der stromabwärts gelegene Abbildungsbereich R_i von dem unbearbeiteten Teil S_d der geplanten Teilungslinie S abgewichen ist oder nicht, d. h. nicht mehr gekreuzt wird. Zu einem Zeitpunkt, an dem der nachgelagerte Abbildungsbereich R_i vom unbearbeiteten Teil S_d der geplanten Teilungslinie S abweicht („JA“ in Schritt S1303), wird die Belichtung der Infrarotkamera 81, die diesen Abbildungsbereich R_i abbildet, beendet (Schritt S1304).

[0218] Wie vorstehend beschrieben, wird der sich in Abtastrichtung D_s bewegend Abbildungsbereich R_i gemäß einer Bewegung der Laserbestrahlungsposition L_b von der Infrarotkamera 81 abgebildet. Insbesondere wird die Belichtung der Infrarotkamera 81, die diesen Abbildungsbereich R_i abbildet, während des Überschneidungszeitraums (Zeitraum der Schritte S1301 bis S1303) fortgesetzt, während dessen der Abbildungsbereich R_i die geplante Teilungslinie S auf der stromabwärtigen Seite der Laserbestrahlungsposition L_b in der Abtastrichtung D_s schneidet. Daher wird das Bild IM, das während des Überschneidungszeitraums Licht aus dem Abbildungsbereich R_i akkumuliert hat (gegebenenfalls als „Schwenken des Bildes“ bezeichnet), erlangt. Insbesondere erlangt die Infrarotkamera 81 das Schwenkbild IM durch Akkumulation von Licht (Infrarotstrahlen), das von einem eingebauten Festkörper-Bildelement detektiert wird. Es wird angemerkt, dass ein Zeitraum, in dem die Belichtung fortgesetzt wird, in diesem Beispiel mit dem Überschneidungszeitraum zusammenfällt, aber zum Beispiel auch ein Zeitraum sein kann, der den Überschneidungszeitraum beinhaltet und länger als der Überschneidungszeitraum ist.

[0219] Fig. 26 ist eine Tabelle, die schematisch Informationen zeigt, die aus durch den Schwenkvorgang aufgenommenen Schwenkbildern gewonnen werden können. In Fig. 26 sind die geplante Teilungslinie S, das Schwenkbild IM, das durch Abbildung der geplanten Teilungslinie S mit dem

Schwenkvorgang erhalten wird, und die Informationen (Bestimmung), die aus dem Schwenkbild IM gewonnen werden können, miteinander verknüpft und für jeden der drei voneinander verschiedenen Ausrichtungszustände 1 bis 3 dargestellt. Ferner ist in Fig. 26 eine Spur J der Laserbestrahlungsposition L_b , die sich relativ in X-Richtung in Bezug auf das Halbleitersubstrat W bewegt (mit anderen Worten, eine Spur J des Zentrums R_{ic} des Abbildungsbereichs R_i), durch eine gestrichelte Linie dargestellt. Insbesondere erscheint ein kumulatives Linienbild AI, das durch Akkumulieren des Lichts von der geplanten Teilungslinie S erlangt wird, in dem Bild IM, und es werden Informationen auf Grundlage dieses kumulativen Linienbildes AI erhalten.

[0220] In dem Ausrichtungszustand 1 ist die geplante Teilungslinie S parallel zur X-Richtung und fällt mit der Spur J zusammen. Somit erstreckt sich in dem Schwenkbild IM das kumulative Linienbild AI parallel zur X-Richtung an einer Position Y_j (Y-Koordinate) der Spur J in der Y-Richtung und weist eine geringe Breite (Breite in der Y-Richtung) und eine hohe Luminanz auf. Aus einem solchen kumulativen Linienbild AI kann bestimmt werden, dass die Position der geplanten Teilungslinie S zufriedenstellend ist.

[0221] In dem Ausrichtungszustand 2 weicht die geplante Teilungslinie S von der Spur J in Y-Richtung ab, während sie parallel zur X-Richtung verläuft. Daher erstreckt sich in dem Schwenkbild IM das kumulative Linienbild AI in X-Richtung an einer Position Y_d , die von einer Position Y_j der Spur J in Y-Richtung abweicht, und weist eine geringe Breite und eine hohe Luminanz auf. Aus einem solchen kumulativen Linienbild AI kann bestimmt werden, dass eine Positionsabweichung mit einem Abweichungsbetrag ($Y_d - Y_j$) in Y-Richtung zwischen der geplanten Teilungslinie S und der Spur J aufgetreten ist.

[0222] In dem Ausrichtungszustand 3 verläuft die geplante Teilungslinie S schräg zur X-Richtung. Daher hat das kumulative Linienbild AI eine dicke Breite und eine geringe Leuchtdichte in dem Bild IM. Aus einem solchen kumulativen Linienbild AI kann bestimmt werden, dass die geplante Teilungslinie S in Bezug auf die Spur J geneigt ist.

[0223] Basierend auf dieser Erkenntnis trifft der Laser-Bearbeitungssteuerungsrechner 120 die in Fig. 27 dargestellte Bestimmung für das Schwenkbild IM. Fig. 27 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Beispiel für eine Bildbestimmung zeigt, die für das Schwenkbild durchgeführt wurde, und Fig. 28 ist ein Diagramm, das schematisch eine Maske zeigt, die bei der Bildbestimmung der Fig. 27 verwendet wird.

[0224] In Schritt S1401 wird für das Schwenkbild IM eine Maskierung durchgeführt. Eine Maske M

(Fig. 28), die in der Maskierung verwendet wird, dient dazu, Endteile Me auf beiden Seiten des geschwenkten Bildes IM in Y-Richtung zu verbergen und einen mittleren Teil Mc zwischen diesen Endteilen Me zu extrahieren. Die Endteile Me erstrecken sich parallel zur X-Richtung, und der mittlere Teil Mc hat eine rechteckige Form. In Schritt S1402 wird das kumulative Linienbild AI aus dem mittleren Teil Mc aus dem geschwenkten Bild IM extrahiert. Insbesondere kann das kumulative Linienbild AI durch Binarisierung jedes Pixelwerts (Luminanz) des kumulativen Linienbildes AI durch einen vorgegebenen Schwellenwert extrahiert werden. Darüber hinaus können Bildverarbeitungen wie Schließen und Öffnen in Kombination durchgeführt werden, wenn dies zweckmäßig ist.

[0225] In Schritt S1403 wird beurteilt, ob die Leuchtdichte (beispielsweise ein Durchschnitts- oder Medianwert der Leuchtdichte) des kumulativen Linienbildes AI größer gleich einer Schwellenwertleuchtdichte ist. Wenn die Leuchtdichte des kumulativen Linienbildes AI größer gleich der Schwellenwertleuchtdichte ist („JA“ in Schritt S 1403), kann das geschwenkte Bild IM so geschätzt werden, dass es unter ein Bearbeitungsergebnis 1 oder 2 fällt, aus den in 26 dargestellten Ausrichtungszuständen 1 bis 3.

[0226] Dementsprechend wird in Schritt S1404 beurteilt, ob eine Positionsabweichung zwischen der Position Yj der Spur J und dem kumulativen Linienbild AI in Y-Richtung aufgetreten ist oder nicht. Insbesondere wird beurteilt, dass keine Positionsabweichung aufgetreten ist („NEIN“), wenn ein Abstand zwischen der Position Yj der Spur J und dem kumulativen Linienbild AI in Y-Richtung kleiner als ein Schwellenabstand ist, während eine Positionsabweichung als aufgetreten beurteilt wird (JA), wenn dieser Abstand gleich oder größer als der Schwellenabstand ist. Wenn keine Positionsabweichung aufgetreten ist („NEIN“ in Schritt S1404), wird dies als zufriedenstellend bestimmt (Schritt S1405) und die Linienverarbeitung für das Halbleitersubstrat W wird fortgesetzt.

[0227] Im Gegensatz dazu wird, wenn die Positionsabweichung aufgetreten ist („JA“ in Schritt S1404), die Position der geplanten Teilungslinie S in Bezug auf die Spur J der Laserbestrahlungsposition Lb in der Linienbearbeitung korrigiert (Positionsabweichungskorrektur), die nach der parallel zur Abbildung des Schwenkbildes IM durchgeführten Linienbearbeitung durchgeführt wird. Konkret werden die geplante Teilungslinie S, die nach der geplanten Teilungslinie S (abgebildete geplante Teilungslinie S), die im Schwenkbild IM abgebildet ist, linienbearbeitet werden soll, und die Position der Laserbestrahlungsposition Lb in Y-Richtung um einen Positionsabweichungsbetrag (= Yd-Yj) in Y-Richtung korrigiert. Nachdem die Positionsabweichung auf diese Weise

korrigiert wurde, wird die Linienbearbeitung für diese geplante Teilungslinie S gestartet. Auf diese Weise kann die Linienbearbeitung für diese geplante Teilungslinie S durch die Laserbestrahlungsposition Lb gestartet werden, die sich an einer zweckmäßigen Position in Y-Richtung befindet. Es wird angemerkt, dass dann, wenn die Positionsabweichungskorrektur zu spät erfolgt, um die nächste geplante Teilungslinie S um an ihr nach der abgebildeten geplanten Teilungslinie S eine Linienbearbeitung durchzuführen, die Positionsabweichungskorrektur für die geplante Teilungslinie S durchgeführt werden kann, um an ihr nach der nächsten geplanten Teilungslinie S mit der Linienbearbeitung durchzuführen.

[0228] Wenn die Leuchtdichte des kumulativen Linienbildes AI geringer ist als die Schwellenwertleuchtdichte in Schritt S 1403 („NEIN“ in Schritt S1403), kann das Schwenkbild IM so eingeschätzt werden, dass es unter den Ausrichtungszustand 3 fällt, von den in 26 dargestellten Ausrichtungszuständen 1 bis 3. Dementsprechend wird in Schritt S1407 beurteilt, ob die Breite in Y-Richtung des kumulativen Linienbildes AI kleiner als eine untere Schwellenbreite ist oder nicht. Wenn die Breite des kumulativen Linienbildes AI kleiner als die untere Grenzbreite ist („JA“ in Schritt S1407), wird angenommen, dass eine Anomalie aufgetreten ist, die sich von jedem in Fig. 26 gezeigten Ausrichtungszustand unterscheidet. Daher gibt der Laser-Bearbeitungssteuerungsrechner 120 über eine Anzeige oder einen Summer eine Warnung an einen Benutzer aus (Schritt S1408).

[0229] Wenn hingegen die Breite des kumulativen Linienbildes AI größer gleich der unteren Schwellenbreite („NEIN“ in Schritt S1407) ist, wird die geplante Teilungslinie S als in Bezug auf die Spur J der Laserbestrahlungsposition Lb geneigt eingeschätzt, wie in Ausrichtungszustand 3 dargestellt. Dementsprechend wird in Schritt S1409 beurteilt, ob die Breite in Y-Richtung des kumulativen Linienbildes AI gleich oder größer als eine obere Grenzbreite ist. Wenn die Breite des kumulativen Linienbildes AI gleich oder größer als die obere Schwellenbreite ist („JA“ in Schritt S1409), ist die Neigung der Laserbestrahlungslinie G zu groß. Daher meldet Laserbearbeitungssteuerungsrechner 120 dem Benutzer über die Anzeige oder den Summer einen Neigungsfehler (Schritt S 1410).

[0230] Wenn hingegen die Breite des kumulativen Linienbildes AI kleiner als die obere Grenzbreite („NEIN“ in Schritt S1409) ist, wird eine Zweipunktausrichtung durchgeführt (Schritt S1411). Bei dieser Zweipunktausrichtung werden die Positionen (X-Koordinaten, Y-Koordinaten) von vorgegebenen zwei Punkten auf dem Halbleitersubstrat W auf der Grundlage eines Ergebnisses der Abbildung dieser zwei Punkte durch die Infrarotkamera 81 berechnet.

Ferner wird auf Grundlage der Positionen dieser beiden Punkte eine Winkelabweichung des Halbleitersubstrats W in q -Richtung berechnet und auf Grundlage dieser Winkelabweichung ein Drehwinkel des Halbleitersubstrats W in q -Richtung justiert. Auf diese Weise wird die geplante Teilungslinie S des Halbleitersubstrats W so justiert, dass sie parallel zur X -Richtung verläuft.

[0231] Wie soeben beschrieben, sind bei der vorstehend beschriebenen Modifizierung der Mittelpunkt Ric des Abbildungsbereichs Ri des Abbildungsteils 8 und der Fokus des auf die Laserbestrahlungsposition Lb aufgestrahlten Laserstrahls B in X -Richtung angeordnet. Daher kann ein Zustand unmittelbar vor der Bestrahlung mit dem Laserstrahl B durch das Bild IM des Abbildungsbereichs Ri präzise erfasst werden.

[0232] Ferner erlangt der Abbildungsteil 8 während der Ausführung der Linienbearbeitung für eine geplante Teilungslinie S (Ziellinie) aus der Vielzahl geplanter Teilungslinien S das Bild IM durch Ganzperiodenabbildung (Schwenkvorgang), um die Infrarotkamera 81 zu veranlassen, die Belichtung während des Zeitraums fortzusetzen, in dem der unbearbeitete Teil S_d dieser einen geplanten Teilungslinie S den Abbildungsbereich Ri kreuzt. Bei einer solchen Konfiguration kann die Information (kumuliertes Linienbild AI) durch Akkumulieren der Leuchtdichte des Bildes IM des Abbildungsbereichs Ri in X -Richtung erlangt werden.

[0233] In einem solchen Schwenkbild kann die akkumulierte Leuchtdichte einen dynamischen Bereich der Infrarotkamera 81 (Festkörper-Bildelement) erreichen und die Leuchtdichte des Bildes IM kann gesättigt sein. Dementsprechend passt der Abbildungsteil 8 eine Beleuchtungsstärke des auf den Abbildungsbereich Ri aufzustrahlenden Lichts aus diesem Abbildungsteil 8 an. Insbesondere wird eine Beleuchtungsstärke Tc so eingestellt, dass eine Belichtungszeit Tc und die Beleuchtungsstärke Tc im Schwenkvorgang die folgende Beziehung für eine Belichtungszeit $T0$ und eine Beleuchtungsstärke $L0$ bei Standbildern für die Abbildung des Halbleitersubstrats W durch die Infrarotkamera 81 erfüllen, wobei die Infrarotkamera 81 in Bezug auf das Halbleitersubstrat W ortsfest gehalten wird:

$$Lc = T0 \times L0 / Tc.$$

[0234] Auf diese Weise kann die Leuchtdichte-Sättigung des Bildes IM unterdrückt werden.

[0235] Ferner wird ermittelt, ob die Laserbestrahlungsposition Lb in Bezug auf die geplante Trennlinie S korrekt ist oder nicht, basierend auf dem durch den Schwenkvorgang erhaltenen Schwenkbild IM (Bildgebung über den gesamten Zeitraum) (**Fig. 27**). In

einer solchen Konfiguration kann basierend auf dem Schwenkbild IM bestätigt werden, ob die Laserbestrahlungsposition Lb korrekt ist oder nicht.

[0236] Darüber hinaus bestimmt der Laserbearbeitungssteuerungsrechner 120 , ob die Laserbestrahlungsposition Lb in Bezug auf die geplante Teilungslinie S korrekt ist oder nicht, basierend auf dem mittleren Teil Mc mit Ausnahme der beiden Endteile Me in Y -Richtung (orthogonale Richtung) außerhalb des Schwenkbildes IM . In einer solchen Konfiguration kann die Eignung der Laserbestrahlungsposition Lb bestätigt werden, wobei unnötige Informationen in den beiden Endteilen Me in Y -Richtung des Schwenkbildes IM ausgeschlossen werden.

[0237] Ferner erlangt der Laserbearbeitungssteuerungsrechner 120 den Betrag der Positionsabweichung ($Yd-Yj$) in Y -Richtung der Laserbestrahlungsposition Lb von einer geplanten Teilungslinie S und korrigiert auf Grundlage des Betrags der Positionsabweichung ($Yd-Ys$) die Laserbestrahlungsposition Lb , wenn die Linienbearbeitung nach der Linienbearbeitung für die eine geplante Teilungslinie S (Schritt $S1406$) durchgeführt wird, wenn das Auftreten der Positionsabweichung in Y -Richtung der Laserbestrahlungsposition Lb von der einen geplanten Teilungslinie S (Ziellinie) auf Grundlage des Schwenkbildes IM bestätigt wird („JA“ in Schritt $S1404$). Auf diese Weise kann die Positionsabweichung der Laserbestrahlungsposition Lb in Y -Richtung korrigiert werden und die Linienbearbeitung kann korrekt durchgeführt werden.

[0238] Darüber hinaus führt der Laserbearbeitungssteuerungsrechner 120 die Ausrichtung zur Korrektur der Neigung (Schritt $S1411$) durch, wenn die Neigung der Spur J der Laserbestrahlungsposition Lb in Bezug auf eine geplante Teilungslinie S (Ziellinie) auf Grundlage des Schwenkbildes IM bestätigt wird. Bei einer solchen Konfiguration kann die Linienbearbeitung korrekt durchgeführt werden, indem die Neigung der Laserbestrahlungsposition Lb in Bezug auf die geplante Teilungslinie S korrigiert wird.

[0239] Es wird angemerkt, dass die Erfindung nicht auf die obige Ausführungsform beschränkt ist und an der eingangs genannten Ausführungsform verschiedene Änderungen durchgeführt werden können, ohne vom Geist der Erfindung abzuweichen. Konkret können die nachstehenden Änderungen vorgenommen werden.

[0240] Ferner ist ein Objekt, das von dem Abbildungsteil 8 abgebildet werden soll, nicht auf die in den obigen Beispielen dargestellte Überschneidung der beiden geplanten Teilungslinien S , die orthogonal zueinander verlaufen, beschränkt, sondern kann zum Beispiel eine Ausrichtungsmarkierung oder der-

gleichen sein, die an dem Halbleiterchip C angebracht ist.

[0241] Ferner ist die konkrete Konfiguration für die Relativbewegung der Laserbestrahlungsposition Lb in Bezug auf das Halbleitersubstrat W nicht auf den XY Θ -Antriebstisch 6 beschränkt und kann beispielsweise ein Antriebsmechanismus für den Antrieb des Bearbeitungskopfes 71 in X- und Y-Richtung sein.

[0242] Ferner ist die Anzahl der Abbildungsteile 8 auf zwei beschränkt und kann zum Beispiel eins betragen.

[0243] Ferner können die einzeln getrennten Halbleiterchips C durch das oben beschriebene Laserbearbeitungsverfahren (Substratbearbeitung von **Fig. 11** oder dergleichen) hergestellt werden (Halbleiterchip-Herstellungsverfahren). In diesem Halbleiterchip-Herstellungsverfahren wird eine modifizierte Schicht gebildet, indem die Linienbearbeitung für die geplanten Teilungslinien S des Halbleitersubstrats W durch das oben beschriebene Laserbearbeitungsverfahren durchgeführt wird (Laserbearbeitungsschritt). Anschließend wird jeder der Vielzahl von Halbleiterchips C durch Dehnen und Expandieren des Bandes E, das das Halbleitersubstrat W hält, getrennt (Expansionschritt).

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Laserbearbeitungsvorrichtung
3	die Spann Bühne (Stützelement)
63	Y-Achsen-Antreiber (Vorschubachsen-Antreiber)
65	der X-Achsen-Antreiber (Bearbeitungsachsen-Antreiber)
71	Bearbeitungskopf
72	Laserlichtquelle
8	Abbildungsteil
100	Steuerungseinheit (Computer)
191	Laserbearbeitungsprogramm
192	Aufzeichnungsmedium

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 5037082 [0002]

Patentansprüche

1. Laserbearbeitungsvorrichtung, aufweisend:
 ein Stützelement, das ein Bearbeitungsobjekt mit einer Vielzahl von parallel zueinander verlaufenden Bearbeitungslinien stützt, so dass die Bearbeitungslinien parallel zu einer vorgegebenen Bearbeitungsrichtung verlaufen;
 einen Bearbeitungskopf, der einen Laserstrahl auf eine vorgegebene Laserbestrahlungsposition strahlt;
 einen Bearbeitungsachsen-Antreiber, der die Laserbestrahlungsposition in der Bearbeitungsrichtung relativ zu dem Bearbeitungsobjekt bewegt, indem er das Stützelement und/oder den Bearbeitungskopf in der Bearbeitungsrichtung antreibt;
 eine Steuerungseinheit, die durch Aufstrahlen des Laserstrahls aus dem Bearbeitungskopf auf die Laserbestrahlungsposition eine Linienbearbeitung des Bearbeitens der Bearbeitungslinie durchführt, während sie die Laserbestrahlungsposition durch den Bearbeitungsachsen-Antreiber entlang der Bearbeitungslinie bewegt; und
 einen Abbildungsteil, der einen vorgegebenen Abbildungsbereich abbildet, der sich relativ in Bezug auf das Bearbeitungsobjekt integral mit der Laserbestrahlungsposition bewegt, während sich die Laserbestrahlungsposition relativ zu dem Bearbeitungsobjekt bewegt;
 wobei der Abbildungsteil ein Bild eines Teils des Bearbeitungsobjekts erlangt, der den Abbildungsbereich überlappt, indem der Abbildungsbereich abgebildet wird, der sich relativ während der Ausführung der Linienbearbeitung zu dem Bearbeitungsobjekt bewegt.

2. Laserbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei:
 der Abbildungsteil den Abbildungsbereich abbildet, der bei der Linienbearbeitung in einer Bewegungsrichtung der Laserbestrahlungsposition in Bezug auf die Bearbeitungslinie auf einer Stromabwärtsseite bereitgestellt ist.

3. Laserbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei:
 der Abbildungsteil den Abbildungsbereich während eines Zeitraums der einmaligen Durchführung der Linienbearbeitung mehrmals abbildet.

4. Laserbearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner aufweisend einen Vorschubachsen-Antreiber, der die Laserbestrahlungsposition in einer zur Bearbeitungsrichtung orthogonalen Vorschubrichtung relativ zu dem Bearbeitungsobjekt durch Antreiben des Stützelements und/oder des Bearbeitungskopfs in der Vorschubrichtung bewegt, wobei:
 unter der Vielzahl von Bearbeitungslinien die Bearbeitungslinie, die linienbearbeitet werden soll, von

dem Vorschubachsen-Antreiber geändert wird, der die Laserbestrahlungsposition in Bezug auf das Bearbeitungsobjekt bewegt,
 die Steuerungseinheit der Reihe nach eine erste Linienbearbeitung des Bearbeitens einer ersten Bearbeitungslinie aus der Vielzahl von Bearbeitungslinien durch die Linienbearbeitung des Bewegens der Laserbestrahlungsposition in Richtung einer ersten Seite in der Bearbeitungsrichtung und eine zweite Linienbearbeitung des Bearbeitens einer zweiten, sich von der ersten Bearbeitungslinie unterscheidenden Bearbeitungslinie, aus der Vielzahl von Bearbeitungslinien durch die Linienbearbeitung des Bewegens der Laserbestrahlungsposition in Richtung einer zweiten Seite gegenüberliegend der ersten Seite in der Bearbeitungsrichtung durchführt,
 der Bearbeitungsachsen-Antreiber einen Rückwärtsantrieb durchführt, um die Laserbestrahlungsposition zu der zweiten Bearbeitungslinie zu bringen, indem er die Laserbestrahlungsposition in Richtung der zweiten Seite beschleunigt, nachdem die Laserbestrahlungsposition, die die erste Bearbeitungslinie in Richtung der ersten Seite durchlaufen hat, in Richtung der ersten Seite in der Bearbeitungsrichtung verlangsamt und angehalten wird, und der Vorschubachsen-Antreiber einen kontinuierlichen Vorschubantrieb durchführt, um die Laserbestrahlungsposition in der Vorschubrichtung von einer ersten gedachten Geraden, die sich in der Bearbeitungsrichtung entlang der ersten Bearbeitungslinie nach außerhalb der ersten Bearbeitungslinie erstreckt, zu einer zweiten gedachten Geraden, die sich in der Bearbeitungsrichtung entlang der zweiten Bearbeitungslinie nach außerhalb der zweiten Bearbeitungslinie erstreckt, in einem Umschaltzeitraum ab dem Ende der ersten Linienbearbeitung bis zum Beginn der zweiten Linienbearbeitung kontinuierlich zu bewegen, und
 die Steuerungseinheit den Vorschubachsen-Antreiber veranlasst, die Laserbestrahlungsposition in der Vorschubrichtung während der gesamten Zeit vor und nach dem Zeitpunkt zu bewegen, zu dem eine Bewegung der Laserbestrahlungsposition in der Bearbeitungsrichtung aufgrund des Rückwärtsantriebs gestoppt wird, indem der Bearbeitungsachsen-Antreiber und der Vorschubachsen-Antreiber so gesteuert werden, dass der Vorschubachsen-Antreiber den kontinuierlichen Vorschubantrieb beginnt, bevor der Bearbeitungsachsen-Antreiber die Laserbestrahlungsposition durch den Rückwärtsantrieb stoppt, und der Vorschubachsen-Antreiber den kontinuierlichen Vorschubantrieb beendet, nachdem der Bearbeitungsachsen-Antreiber die Laserbestrahlungsposition durch den Rückwärtsantrieb stoppt.

5. Laserbearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei:
 der Abbildungsteil während des Ausführens der

Linienbearbeitung den Abbildungsbereich abbildet, der zumindest die Bearbeitungslinie beinhaltet.

6. Laserbearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei:
eine Mitte des Abbildungsbereichs des Abbildungsteils und ein Fokus des Laserstrahls, der auf die Laserbestrahlungsposition aufgestrahlt werden soll, in der Bearbeitungsrichtung angeordnet sind.

7. Laserbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 6, wobei:
der Abbildungsteil das Bild durch Vollzeitraumabbildung erlangt, um eine Kamera zu veranlassen, die Belichtung während eines Überlappungszeitraums fortzusetzen, während dessen ein unbearbeiteter Teil, der nicht durch Aufstrahlen des Laserstrahls in einer Ziellinie bearbeitet wurde, den Abbildungsbereich während der Ausführung der Linienbearbeitung für die eine Ziellinie aus der Vielzahl von Bearbeitungslinien durchquert.

8. Laserbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei:
eine Belichtungszeit T_c und eine Beleuchtungsstärke T_c in der Vollzeitraumabbildung die nachstehende Beziehung für eine Belichtungszeit T_0 und eine Beleuchtungsstärke L_0 erfüllen, wenn die Kamera das Bearbeitungsobjekt in Bezug auf die Kamera ortsfest abbildet:

$$L_c = T_0 \times L_0 / T_c.$$

9. Laserbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, wobei:
die Steuerungseinheit basierend auf dem durch Vollzeitraumabbildung erlangten Bild bestimmt, ob die Laserbestrahlungsposition für die Bearbeitungslinie korrekt ist oder nicht.

10. Laserbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 9, wobei:
die Steuerungseinheit auf Grundlage eines mittleren Teils des Bildes mit Ausnahme der beiden Endteile in einer orthogonalen Richtung, die orthogonal zu der Bearbeitungsrichtung ist, bestimmt, ob die Laserbestrahlungsposition für die Bearbeitungslinie korrekt ist oder nicht.

11. Laserbearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, wobei:
wenn auf Grundlage des Bildes in einer orthogonalen Richtung orthogonal zur Bearbeitungsrichtung eine Positionsabweichung der Laserbestrahlungsposition von einer Ziellinie bestätigt wird, die Steuerungseinheit in der orthogonalen Richtung einen Positionsabweichungsbetrag von der einen Ziellinie der Laserbestrahlungsposition ermittelt und die Laserbestrahlungsposition auf Grundlage des Positionsabweichungsbetrags in der orthogonalen Rich-

tung korrigiert, wenn die Linienbearbeitung nach der einen Ziellinie durchgeführt wird.

12. Laserbearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei:
wenn auf Grundlage des Bildes die Neigung einer Spur der Laserbestrahlungsposition in Bezug auf die eine Ziellinie bestätigt wird, die Steuerungseinheit eine Ausrichtung zum Korrigieren der Neigung durchführt.

13. Laserbearbeitungsverfahren, umfassend:
Stützen eines Bearbeitungsobjekts, das eine Vielzahl von zueinander parallelen Bearbeitungslinien aufweist, durch ein Stützelement, so dass die Bearbeitungslinien parallel zu einer vorgegebenen Bearbeitungsrichtung sind;
Durchführen einer Linienbearbeitung des Bearbeitens der Bearbeitungslinie durch Aufstrahlen eines Laserstrahls auf eine Laserbestrahlungsposition durch einen Bearbeitungskopf zum Aufstrahlen des Laserstrahls auf eine vorgegebene Laserbestrahlungsposition, während die Laserbestrahlungsposition von einem Bearbeitungsachsenantrieber entlang der Bearbeitungslinie bewegt wird, um die Laserbestrahlungsposition in Bearbeitungsrichtung in Bezug auf das Bearbeitungsobjekt durch Antreiben des Bearbeitungskopfes und/oder des Stützelements in Bearbeitungsrichtung relativzubewegen; und
Erlangen eines Bildes eines Teils des Bearbeitungsobjekts, der einen Abbildungsbereich überlappt, durch einen Abbildungsteil, der den Abbildungsbereich abbildet, der sich relativ während der Ausführung der Linienbearbeitung in Bezug auf das Bearbeitungsobjekt bewegt, wobei der Abbildungsteil einen vorgegebenen Abbildungsbereich abbildet, der sich relativ zu dem Bearbeitungsobjekt integral mit der Laserbestrahlungsposition bewegt, während sich die Laserbestrahlungsposition relativ zu dem Bearbeitungsobjekt bewegt.

14. Laserbearbeitungsprogramm, um einen Computer zu veranlassen, das Laserbearbeitungsverfahren nach Anspruch 13 auszuführen.

15. Aufzeichnungsmedium zum computerlesbaren Speichern des Laserbearbeitungsprogramms nach Anspruch 14.

16. Halbleiterchip-Herstellungsvorrichtung, umfassend:
Bearbeiten eines Halbleitersubstrats, das eine Vielzahl von Halbleiterchips aufweist, die durch Bearbeitungslinien abgegrenzt und aufgereiht sind, durch das Laserbearbeitungsverfahren nach Anspruch 13; und
Trennen eines jeden der Vielzahl von Halbleiterchips durch Aufdehnen eines Bandes, das das

Halbleitersubstrat durch eine Klebekraft hält, bearbeitet durch das Laserbearbeitungsverfahren.

17. Halbleiterchip, hergestellt durch:

Bearbeiten eines Halbleitersubstrats, das eine Vielzahl von Halbleiterchips aufweist, die durch Bearbeitungslinien abgegrenzt und aufgereiht sind, durch das Laserbearbeitungsverfahren nach Anspruch 13; und

Trennen eines jeden der Vielzahl von Halbleiterchips durch Aufdehnen eines Bandes, das das Halbleitersubstrat durch eine Klebekraft hält, bearbeitet durch das Laserbearbeitungsverfahren.

Es folgen 41 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

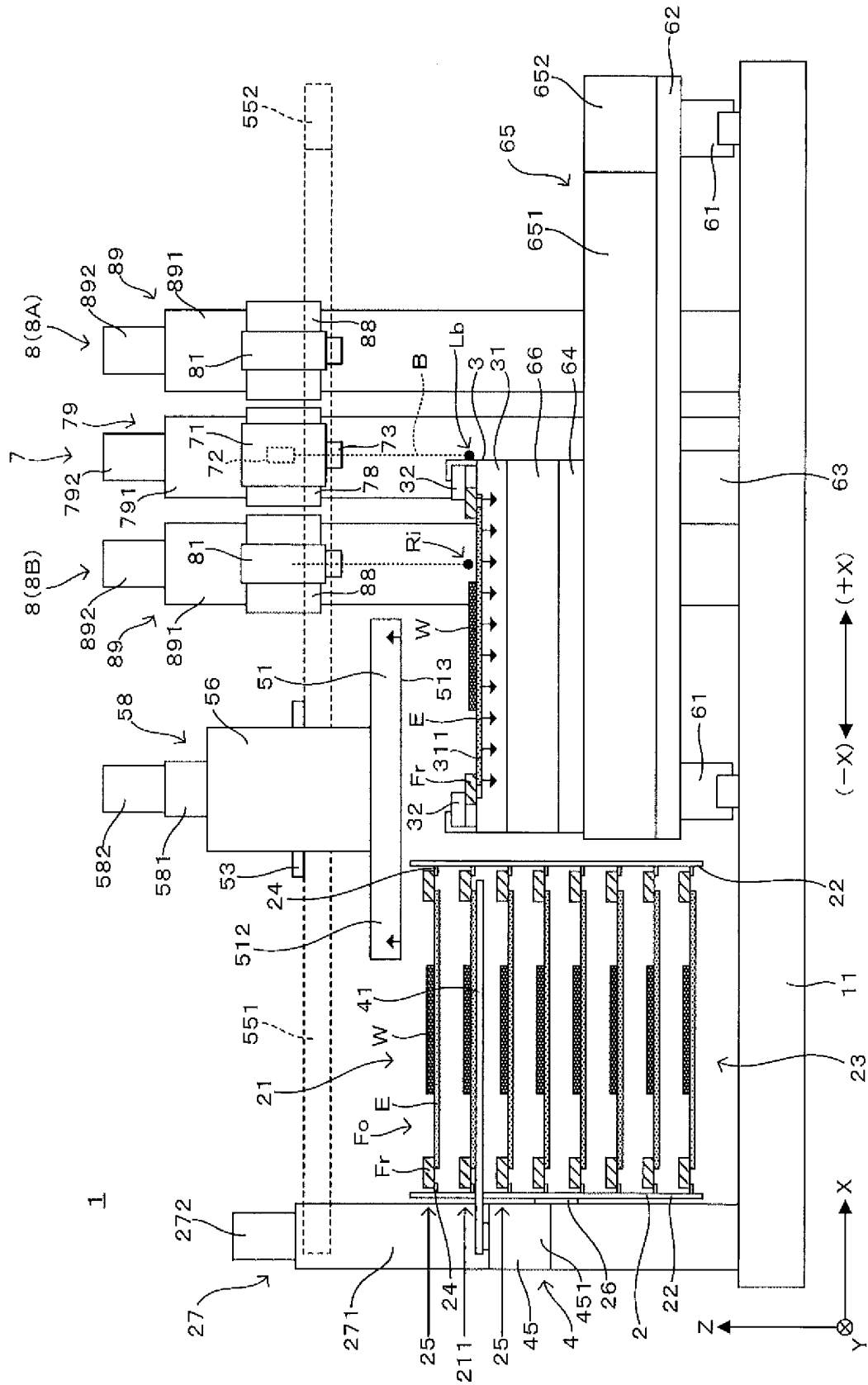


FIG. 1

FIG. 2

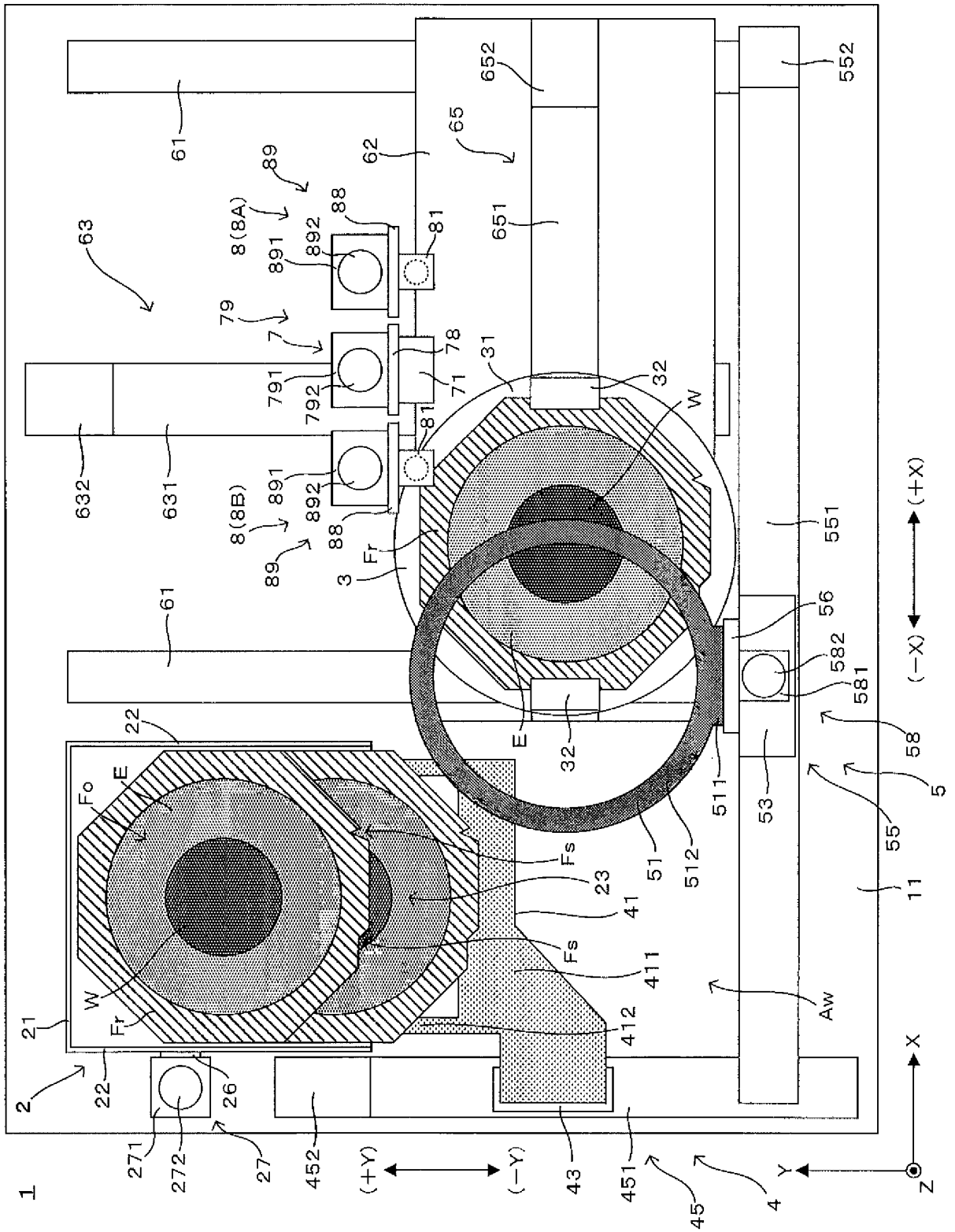


FIG. 3

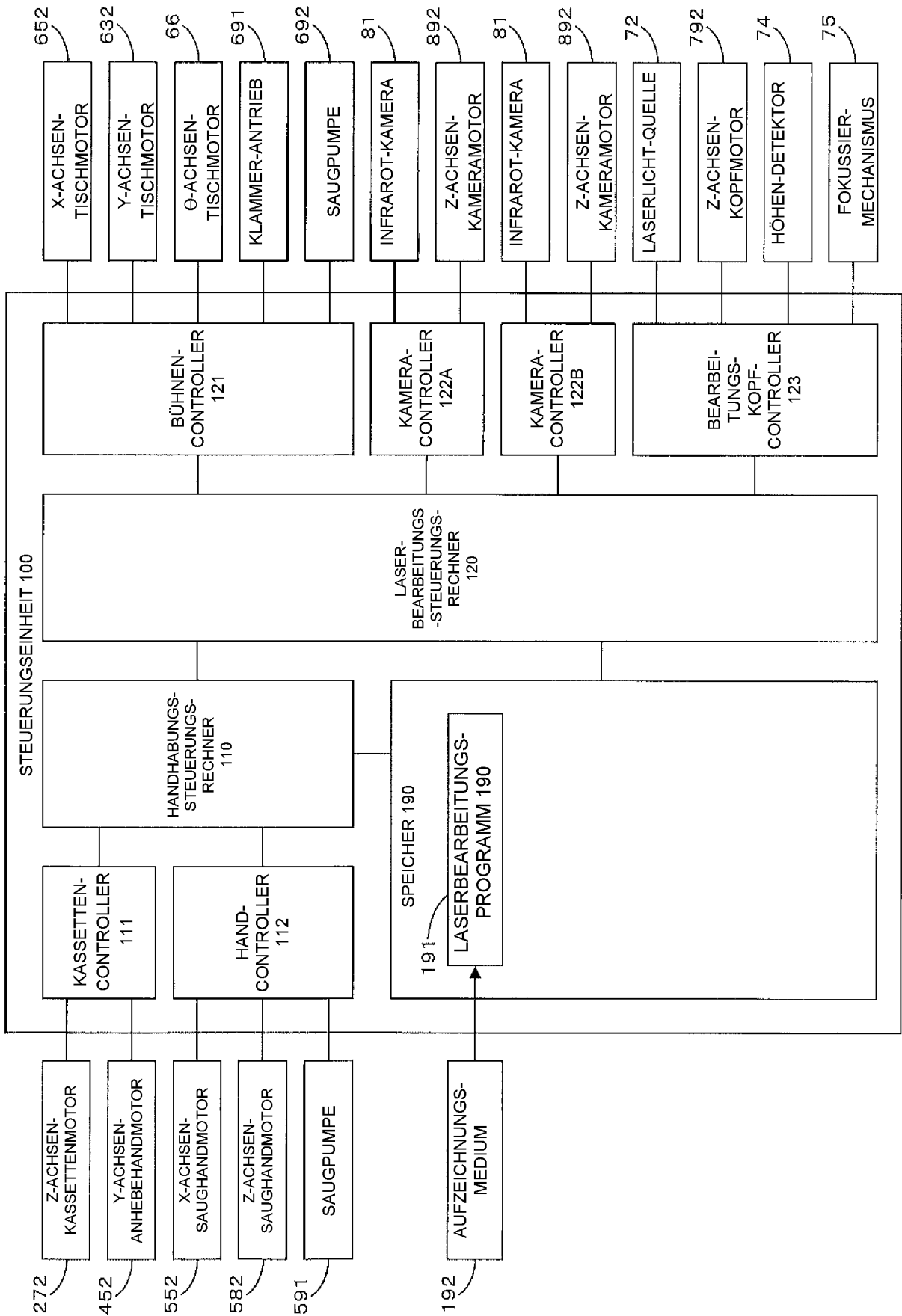


FIG. 4

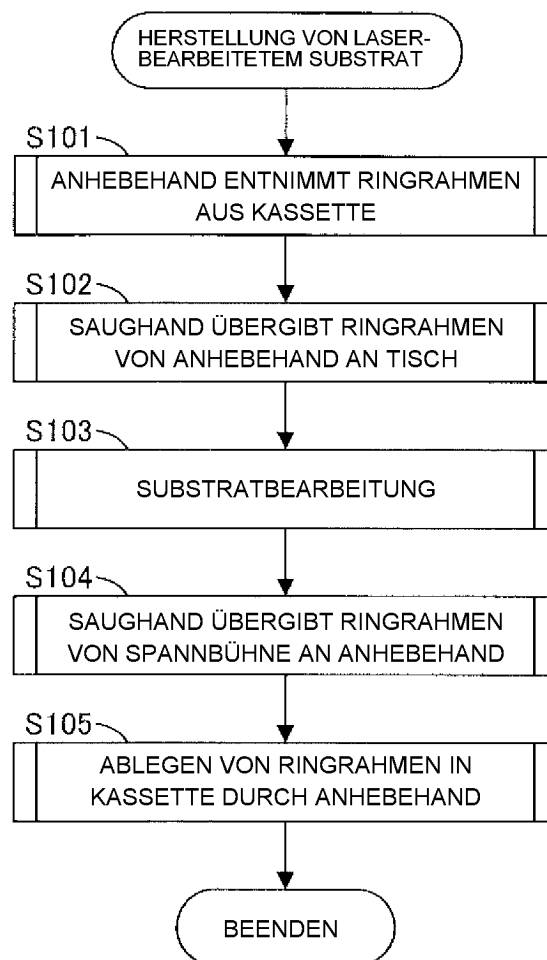


FIG. 5

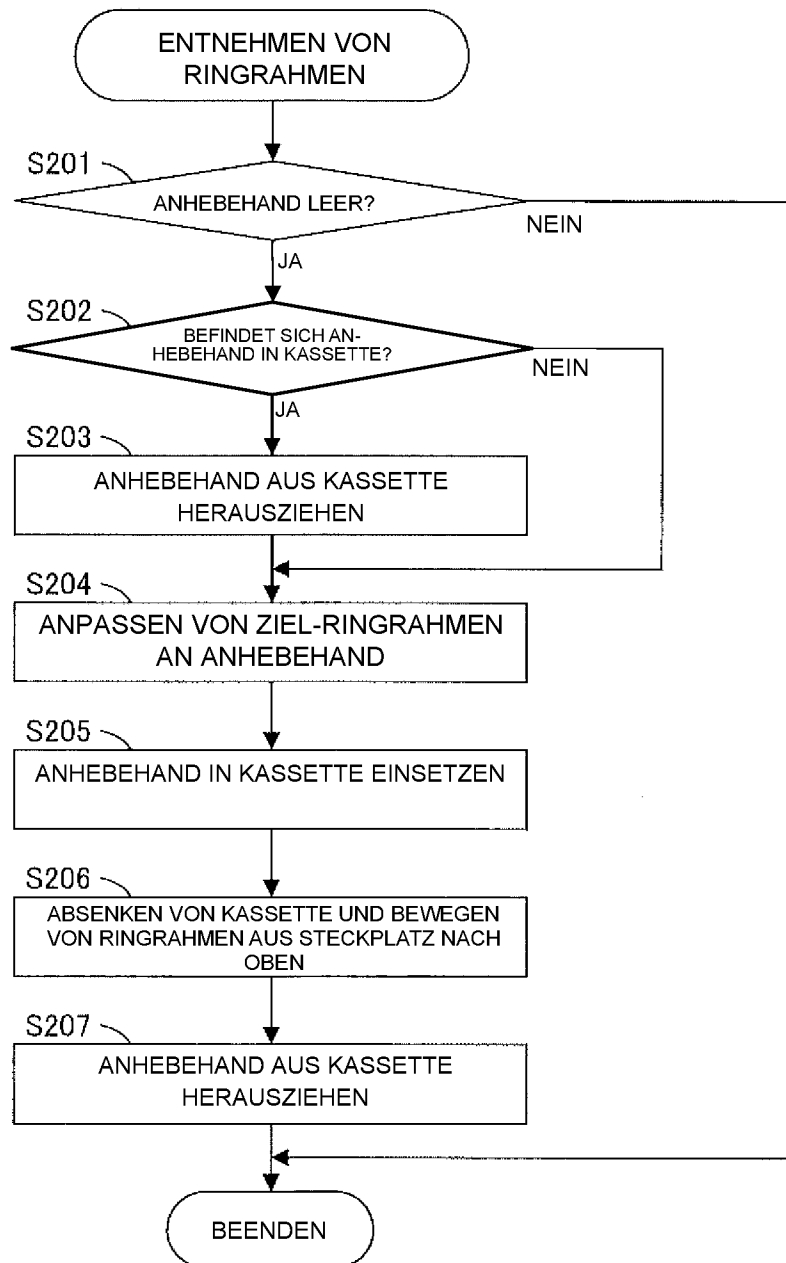


FIG. 6

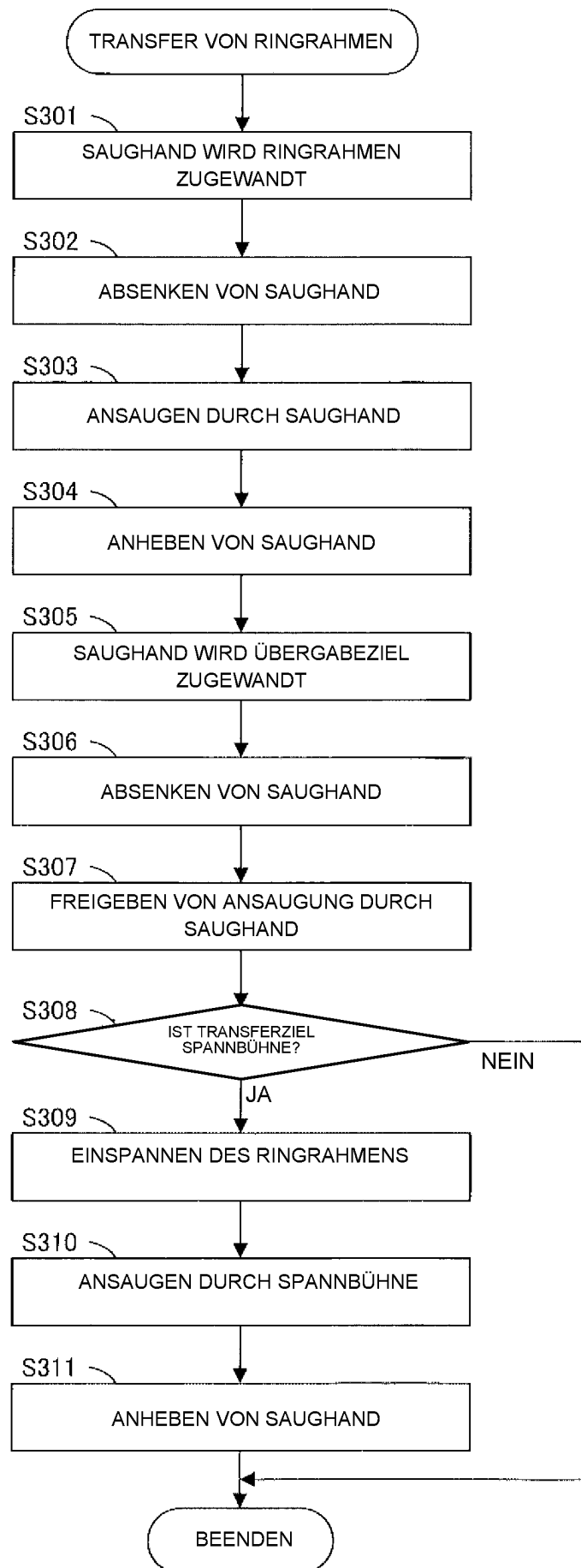


FIG. 7B

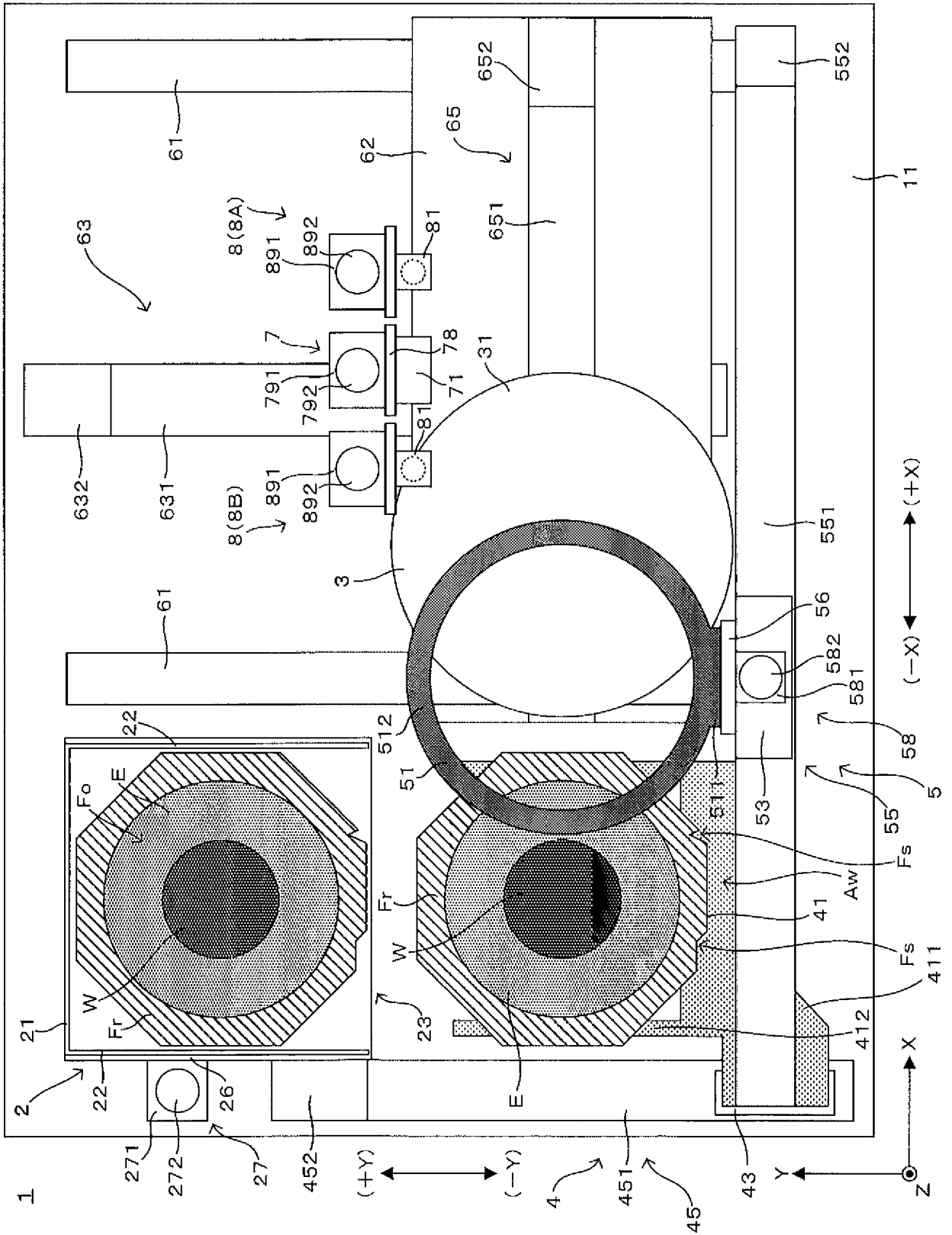


FIG. 7C

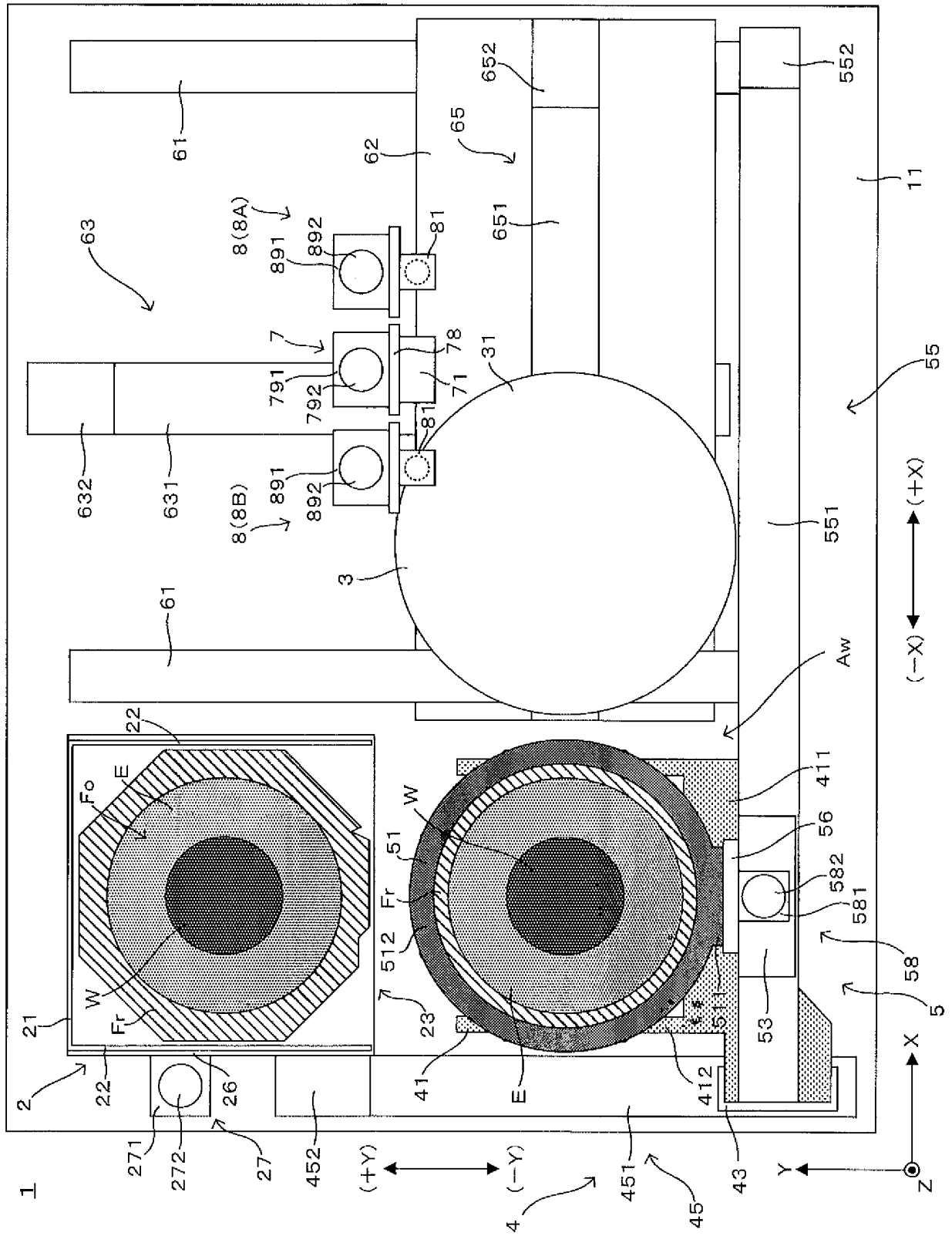


FIG. 7D

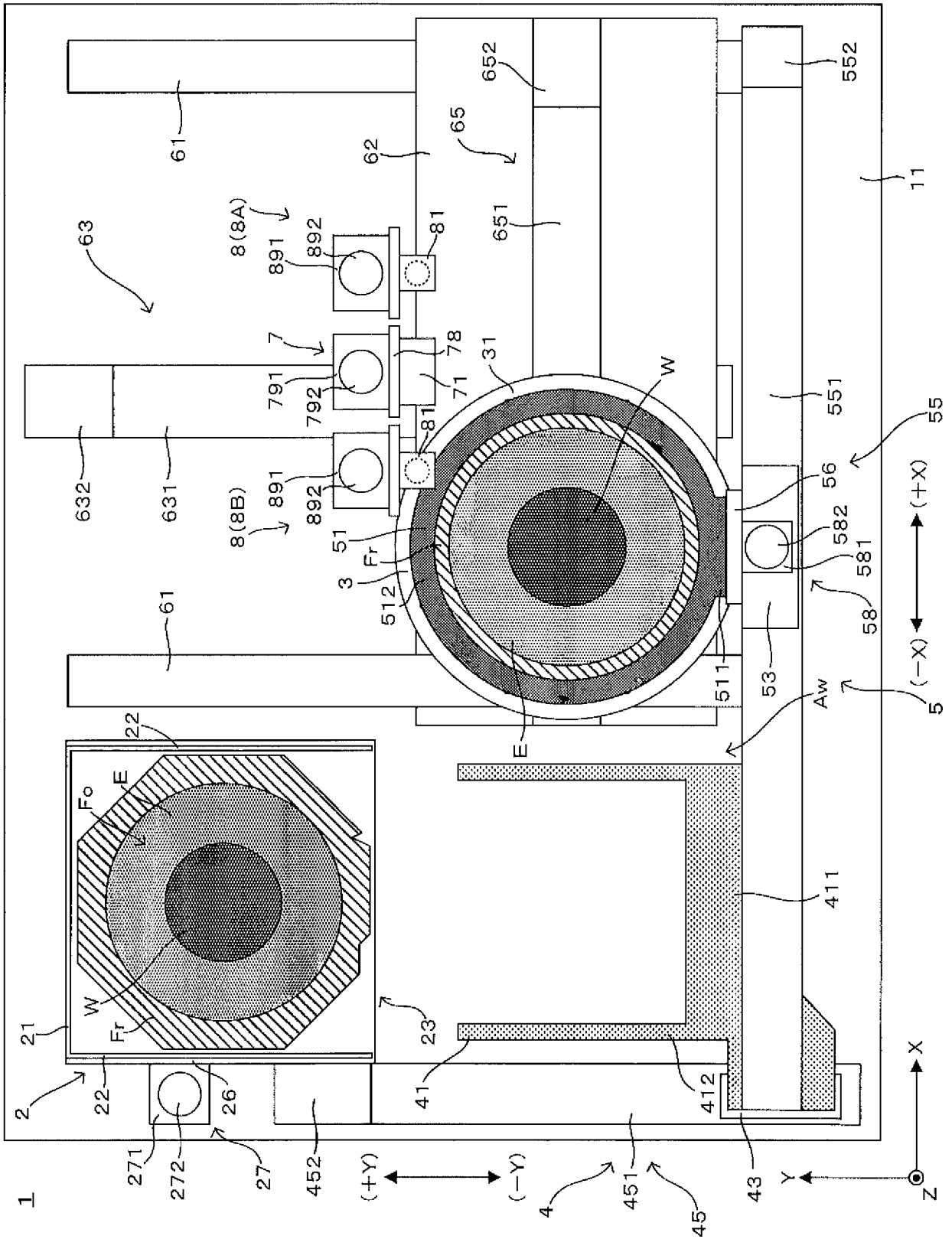


FIG. 8

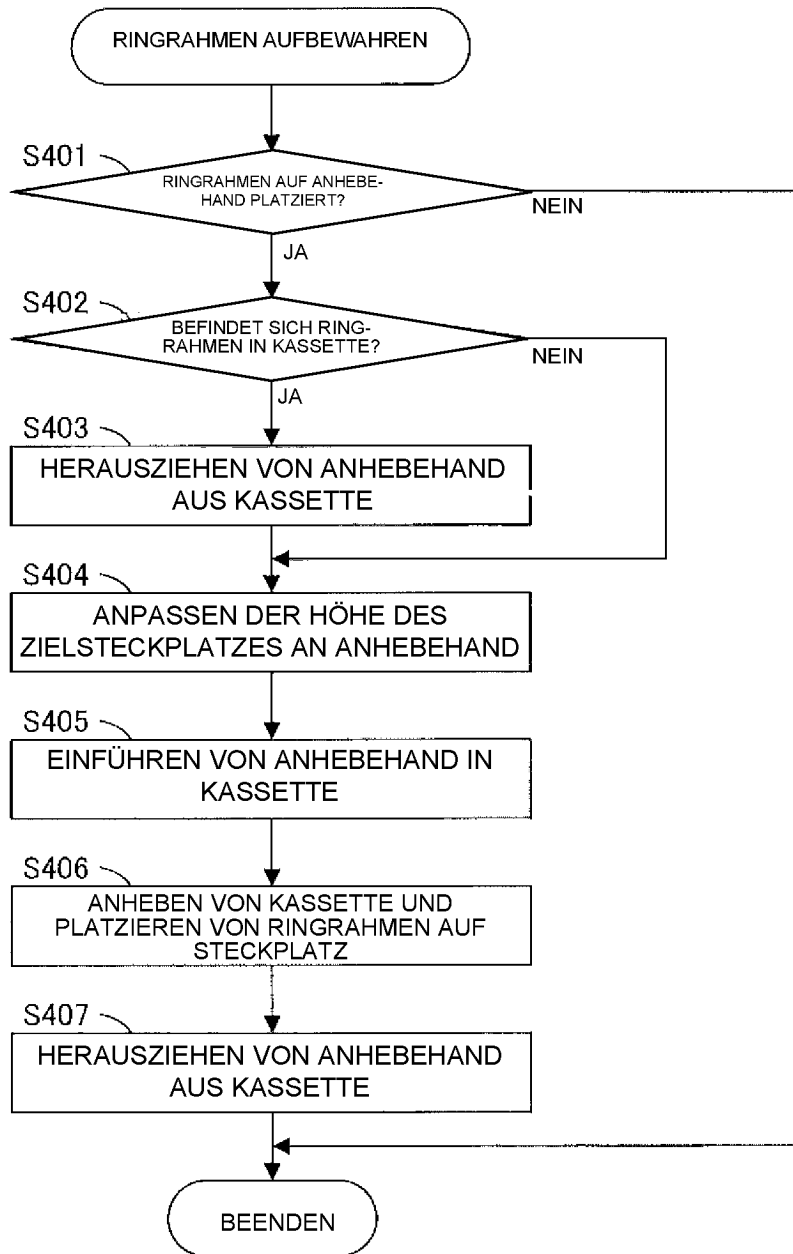


FIG. 9

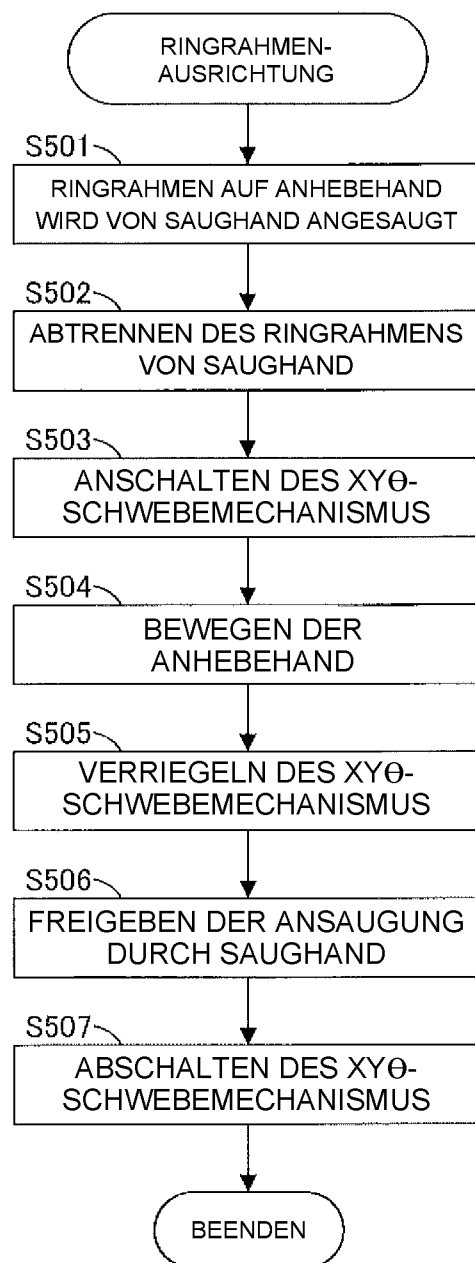


FIG. 10

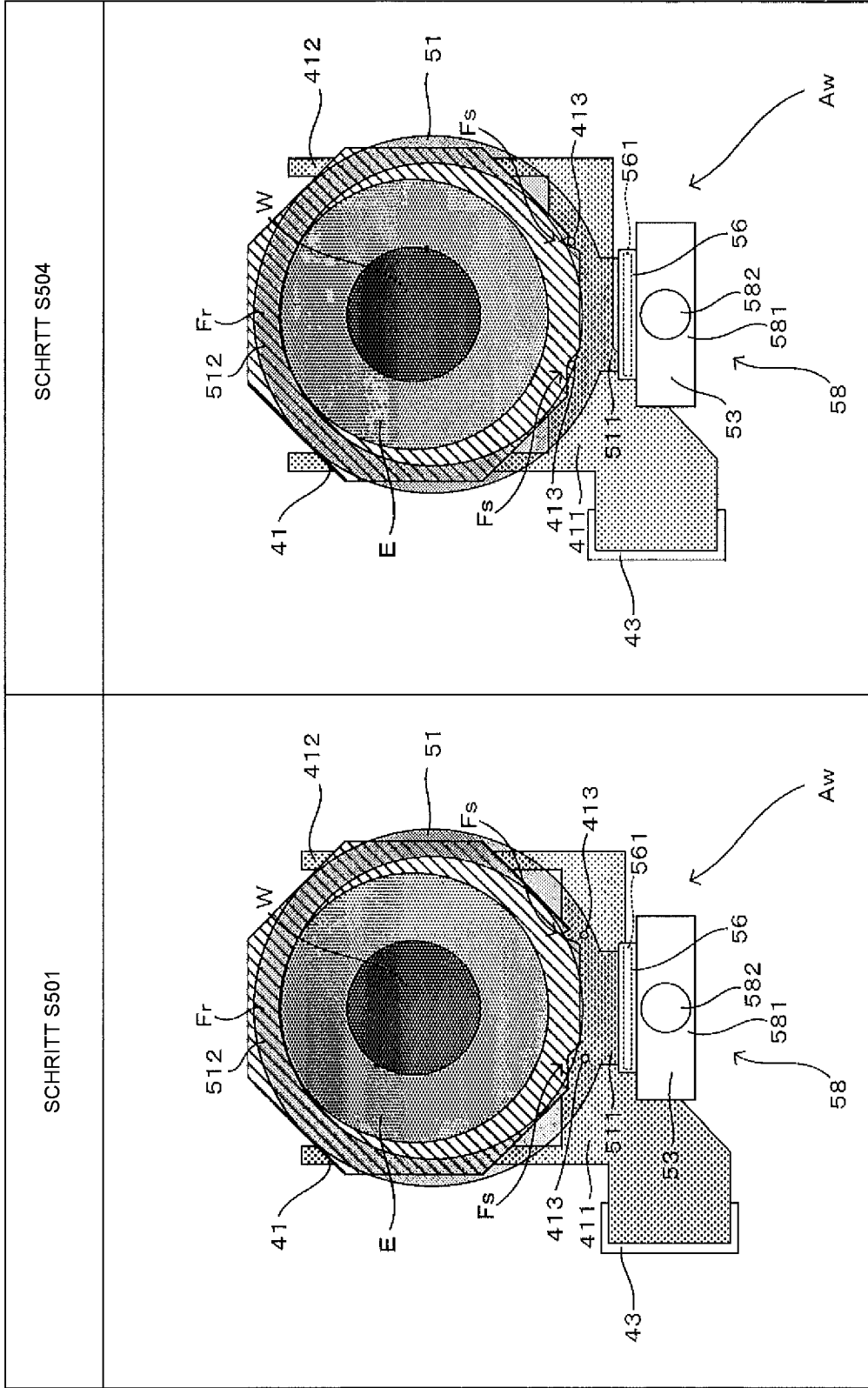


FIG. 11

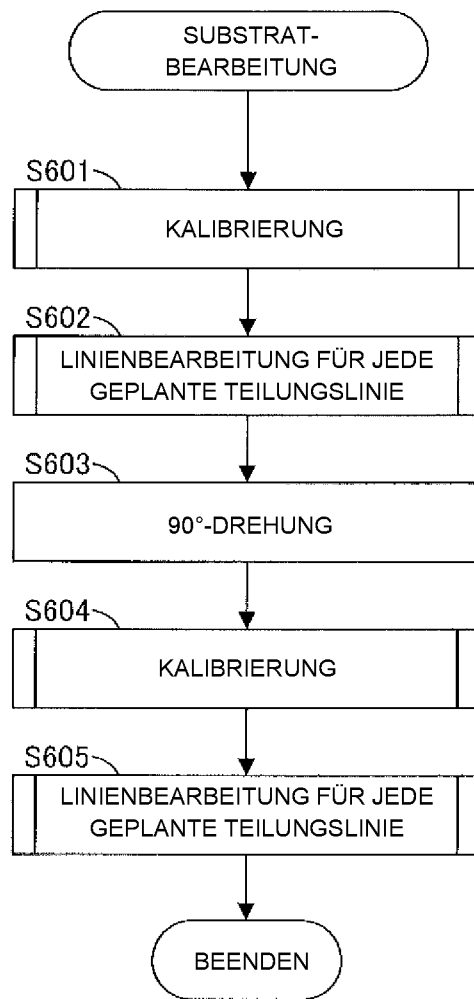


FIG. 12

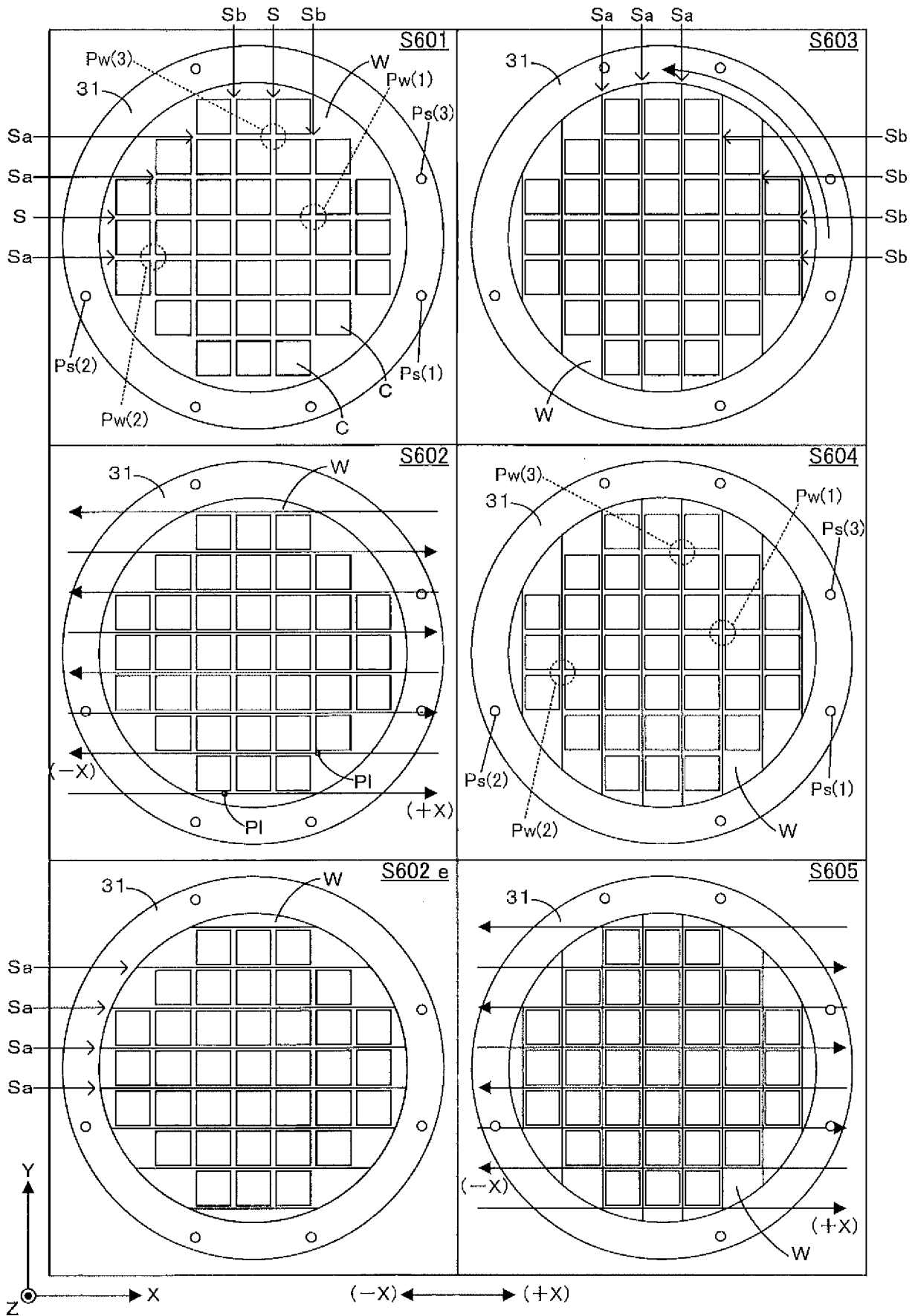


FIG. 13A

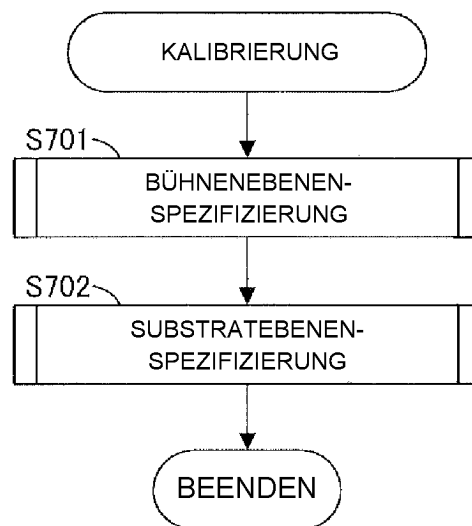


FIG. 13B

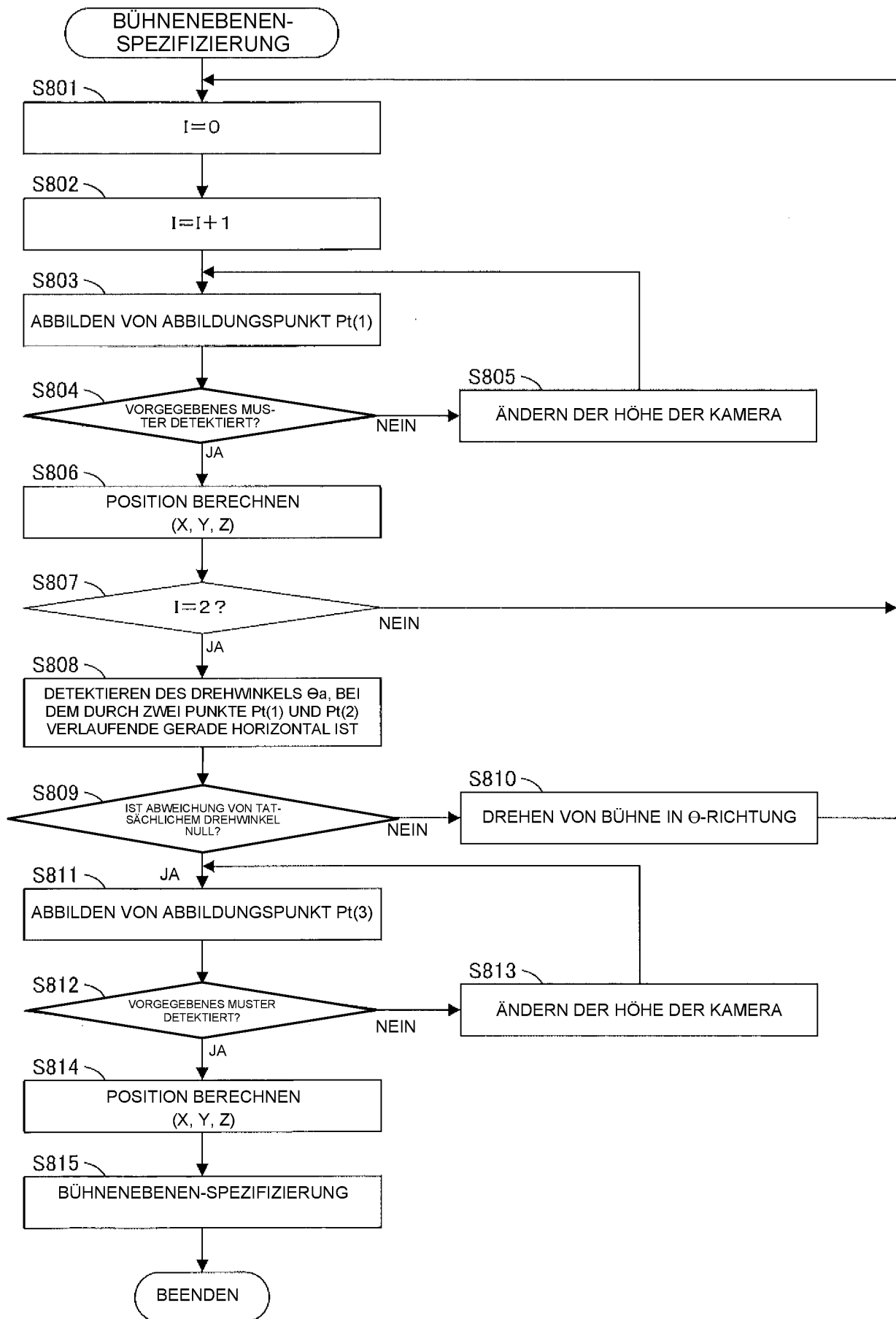


FIG. 13C

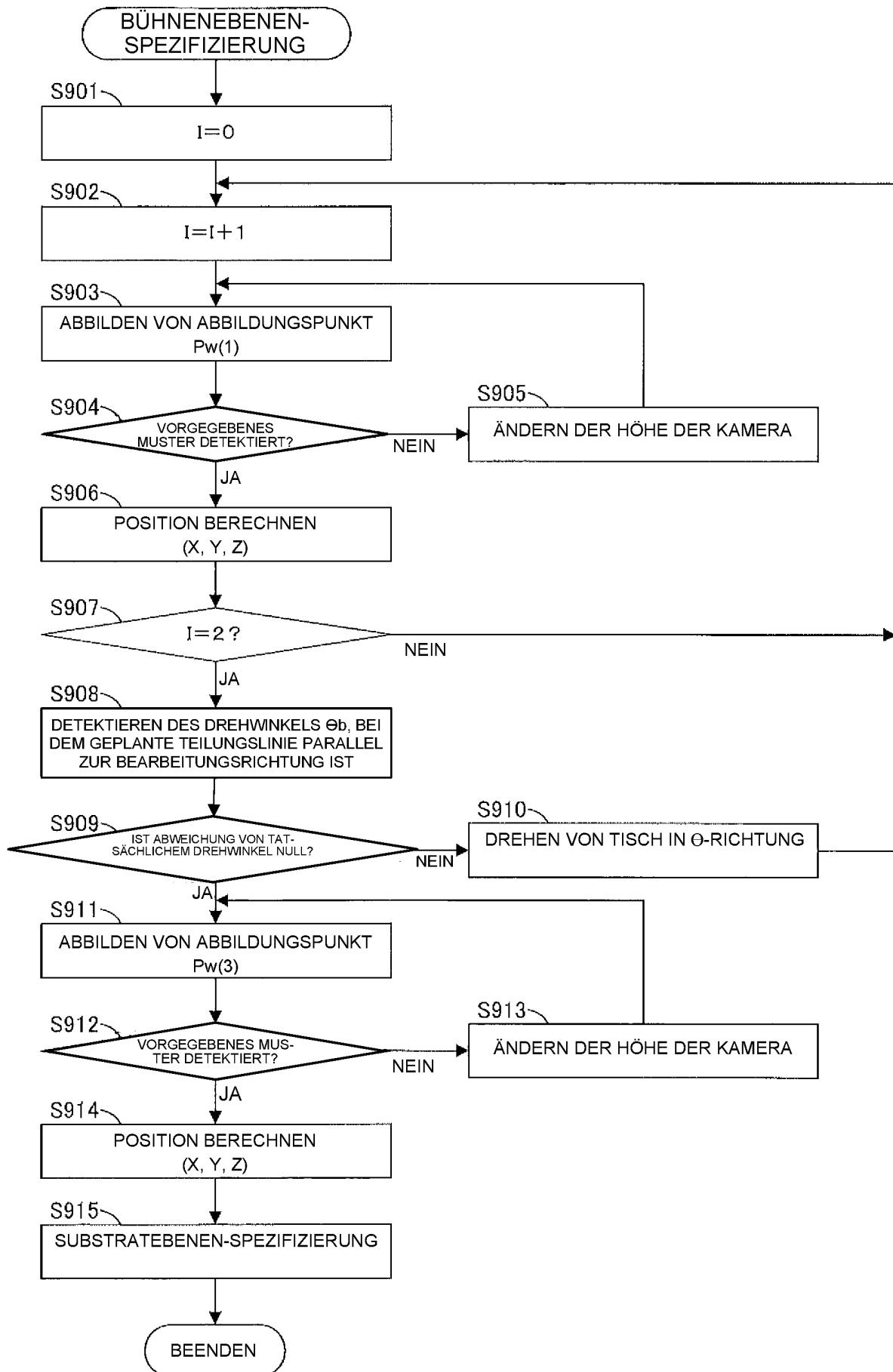


FIG. 14

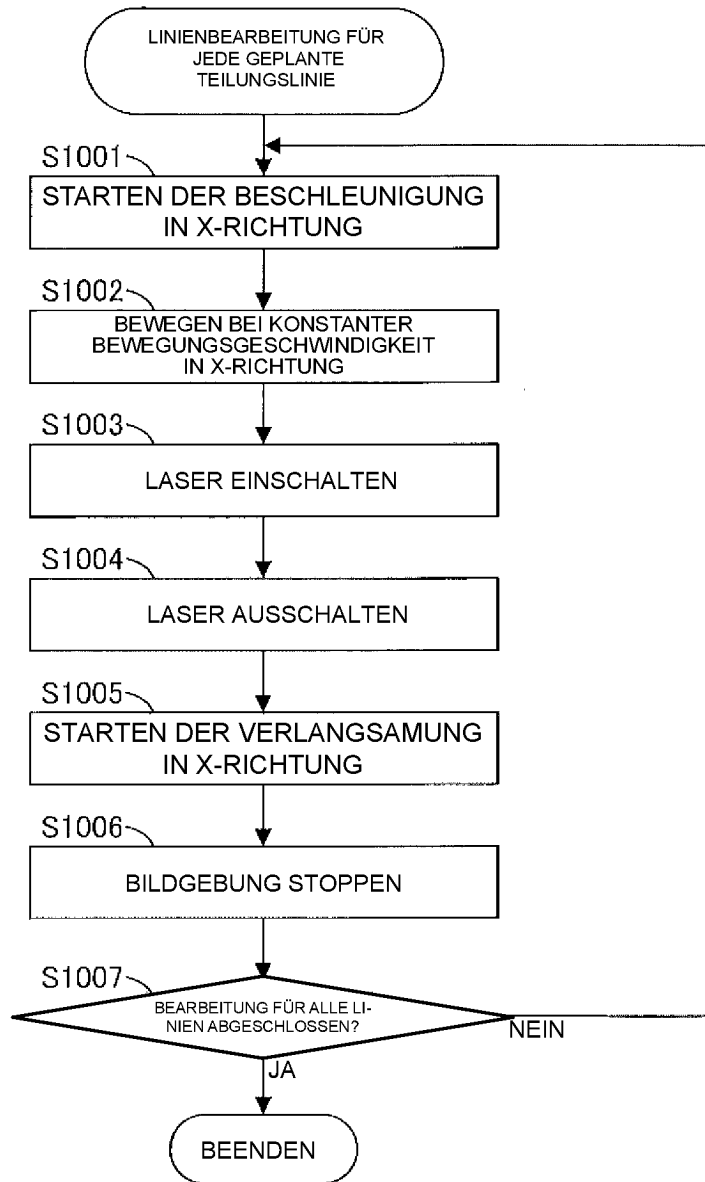
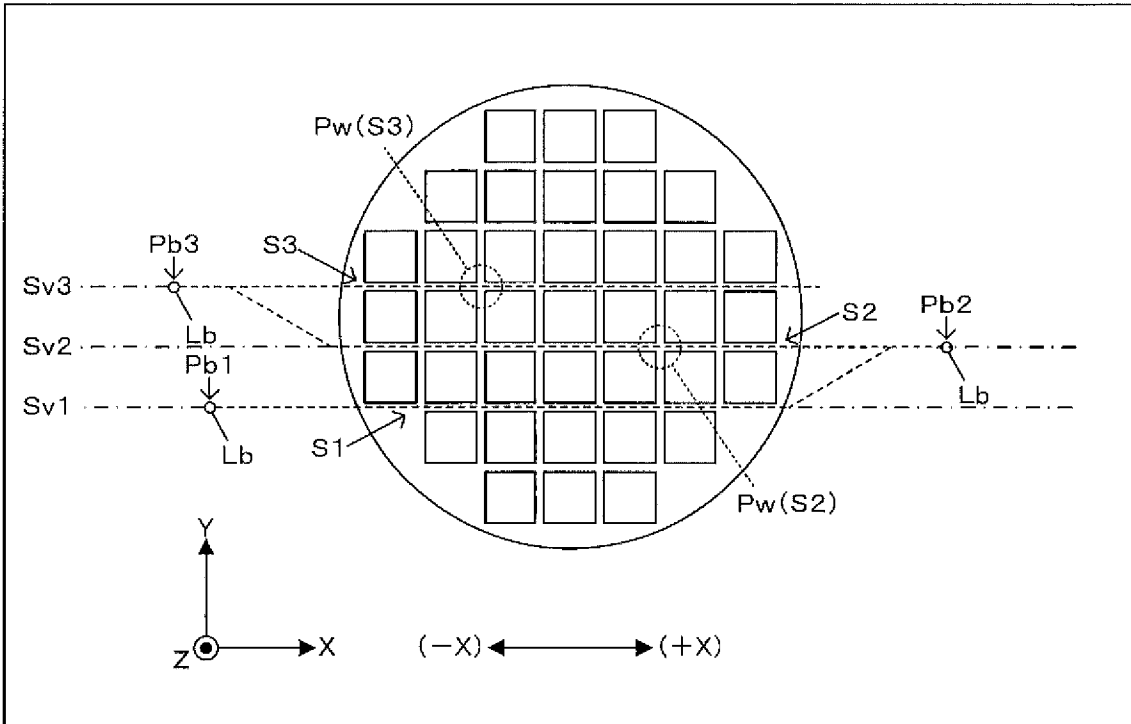
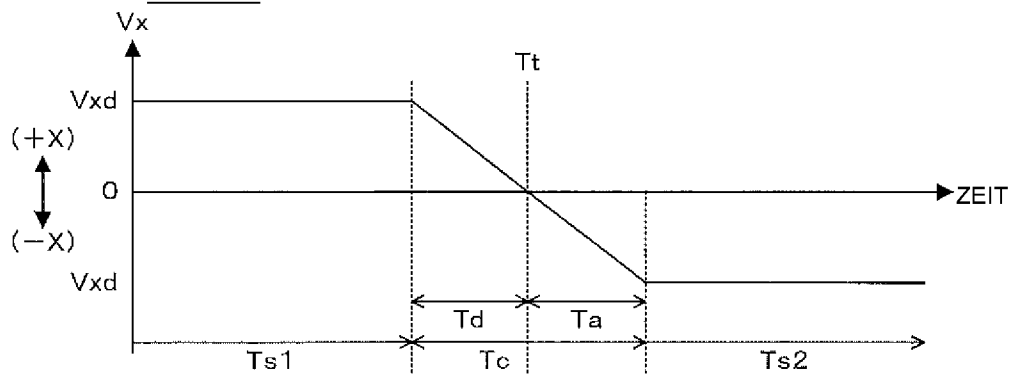


FIG. 15 A



GESCHWINDIGKEITSÄNDERUNG IN X-
RICHTUNG



GESCHWINDIGKEITSÄNDERUNG IN Y-
RICHTUNG

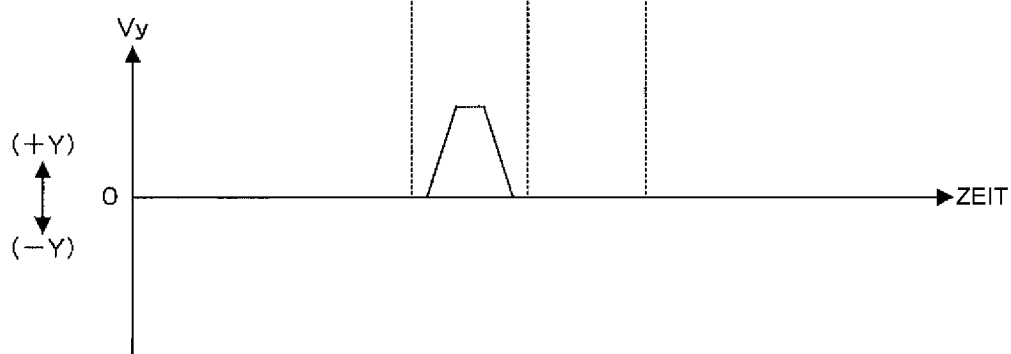
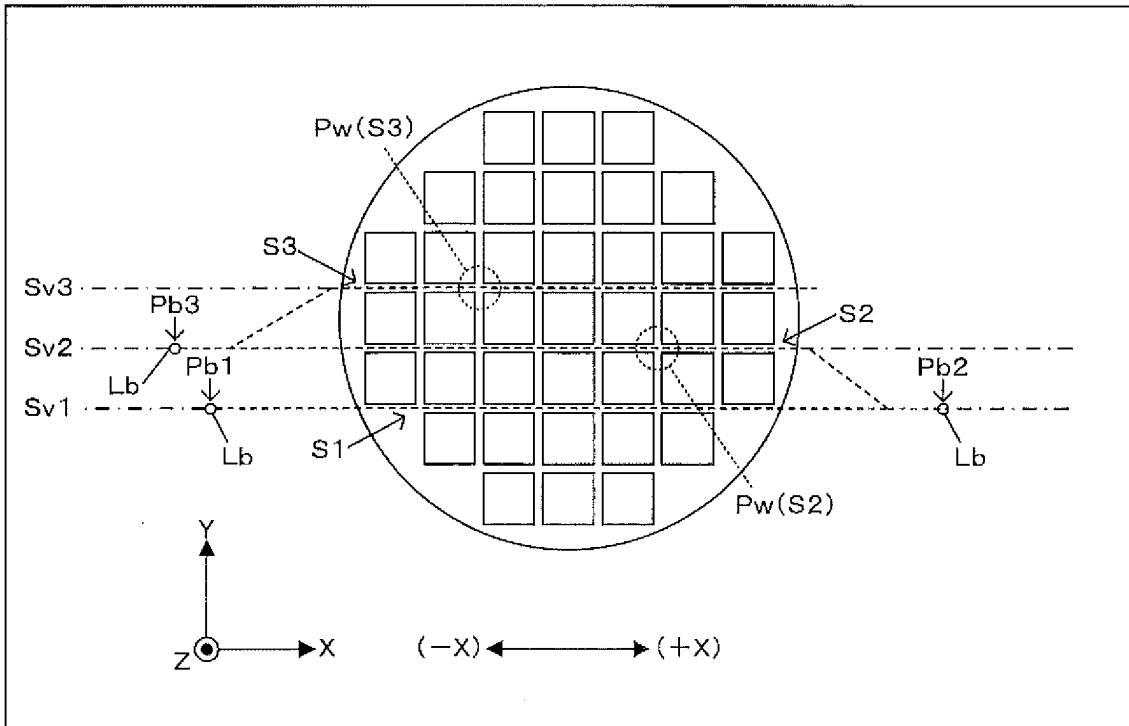
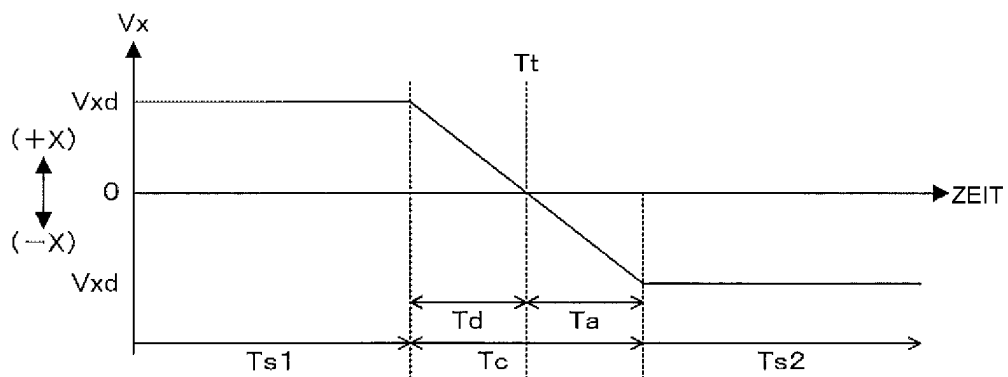


FIG. 15 B



GESCHWINDIGKEITSÄNDERUNG IN X-
RICHTUNG



GESCHWINDIGKEITSÄNDERUNG IN Y-
RICHTUNG

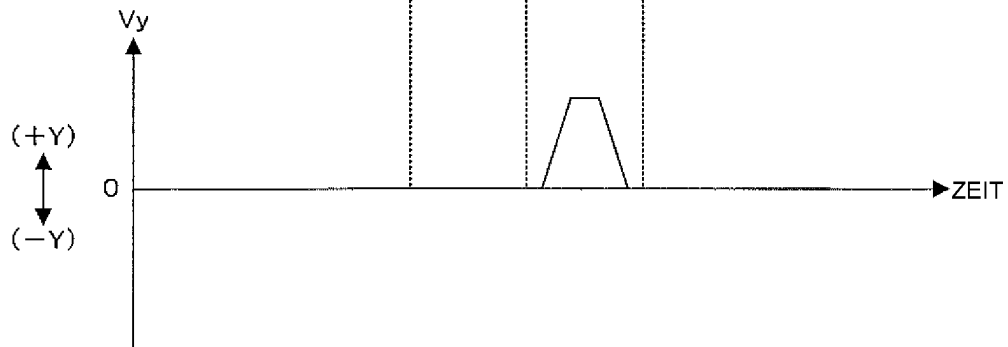
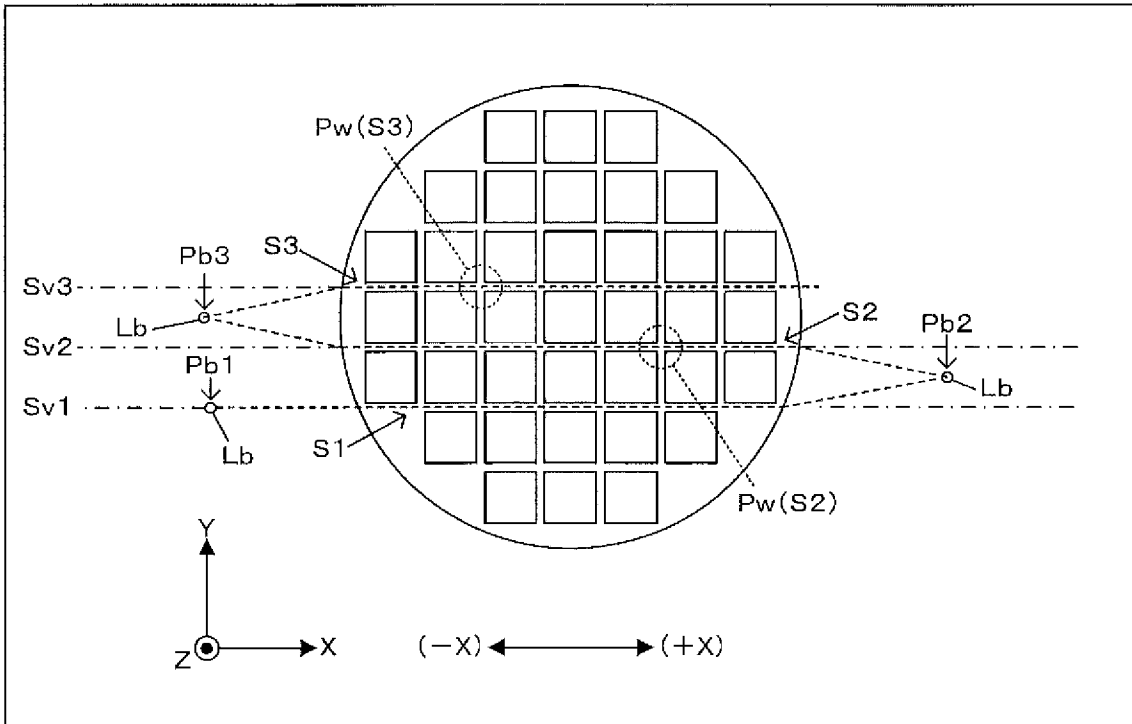
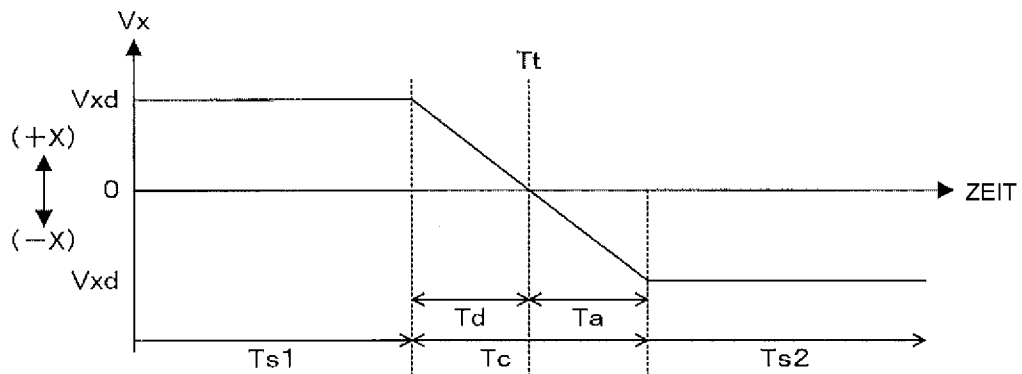


FIG. 15 C



GESCHWINDIGKEITSÄNDERUNG IN X-
RICHTUNG



GESCHWINDIGKEITSÄNDERUNG IN Y-
RICHTUNG

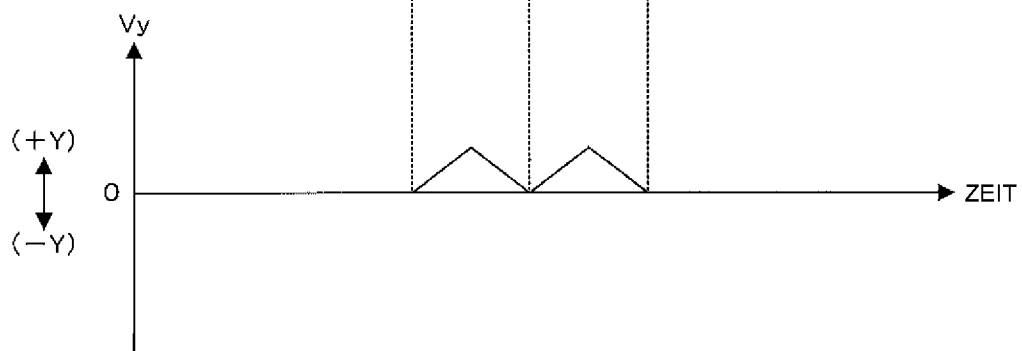


FIG. 15 D

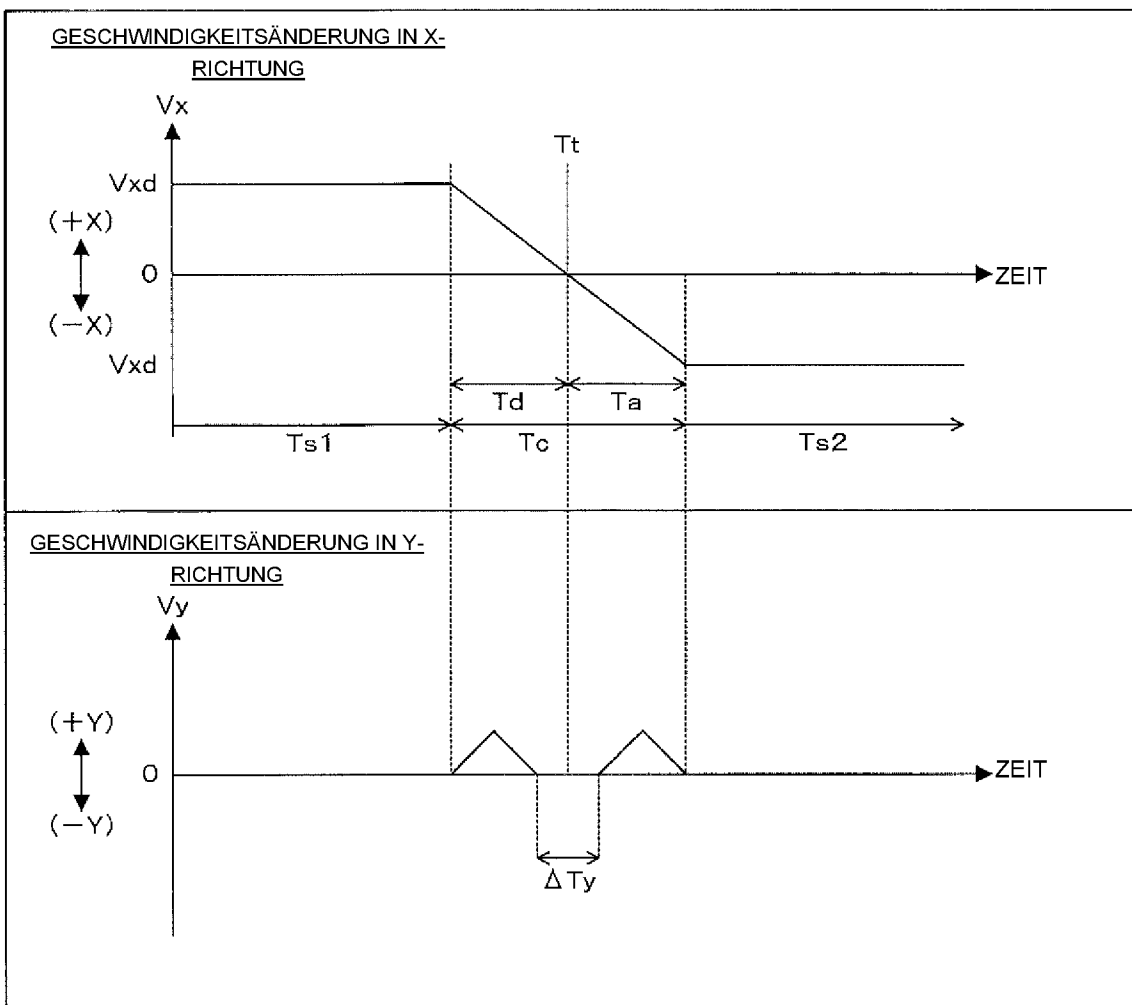


FIG. 15 E

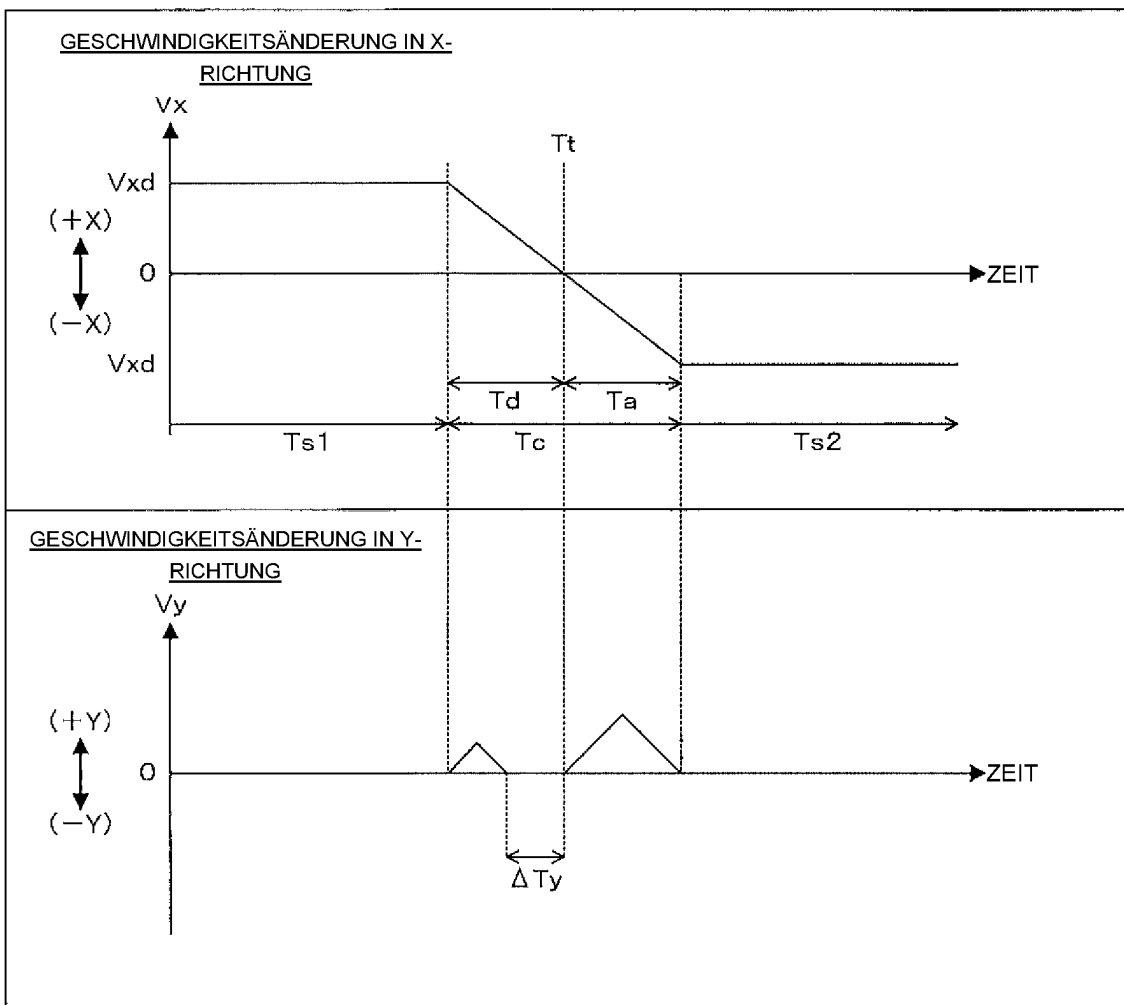


FIG. 15 F

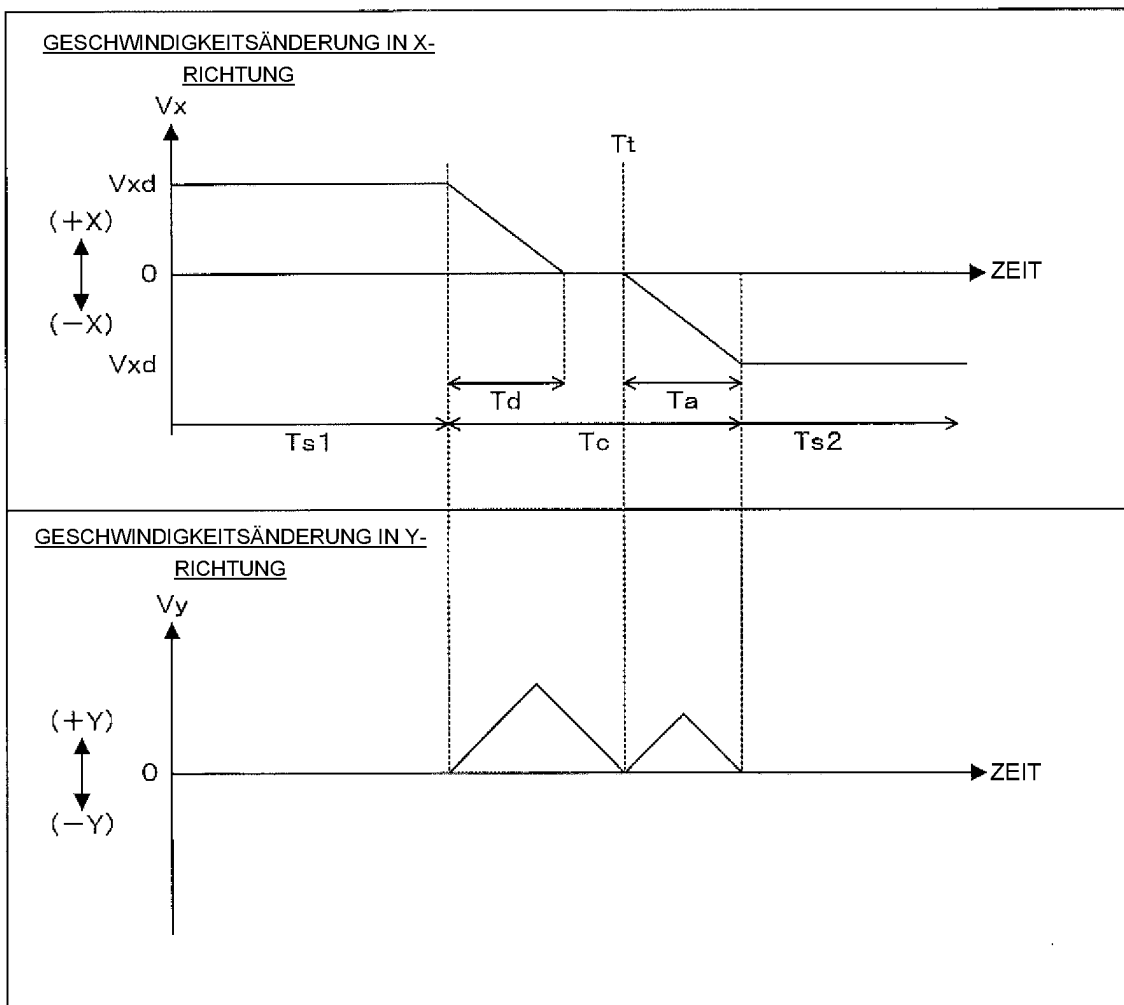
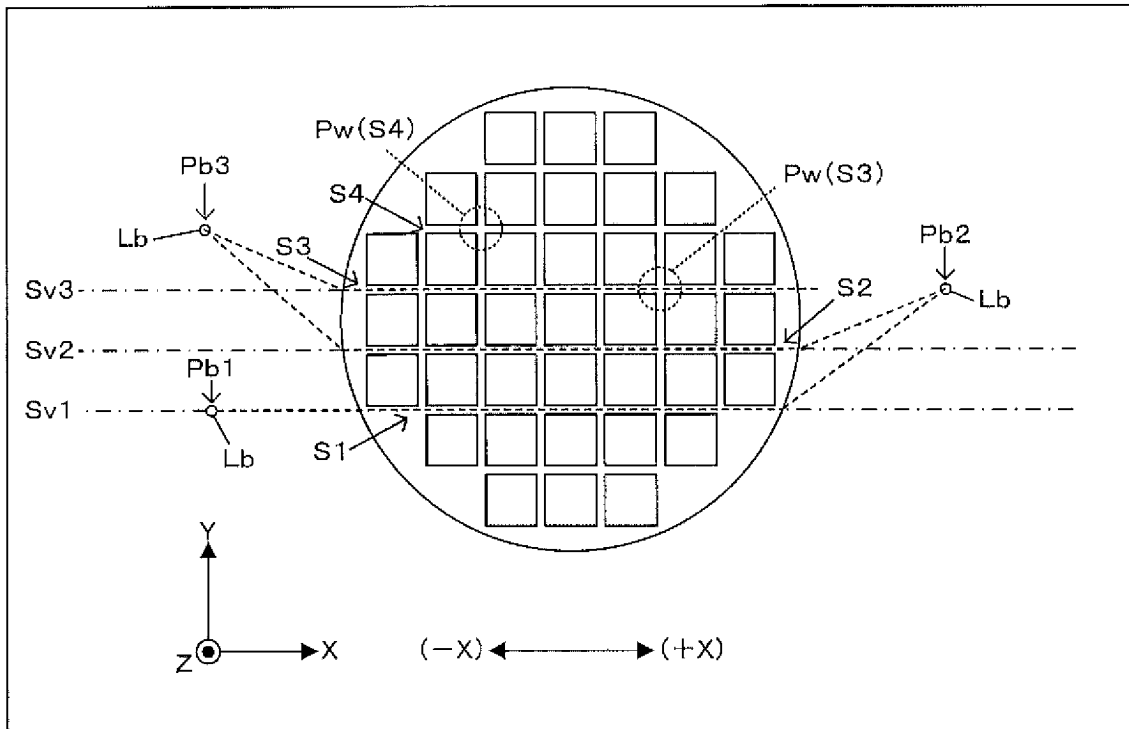
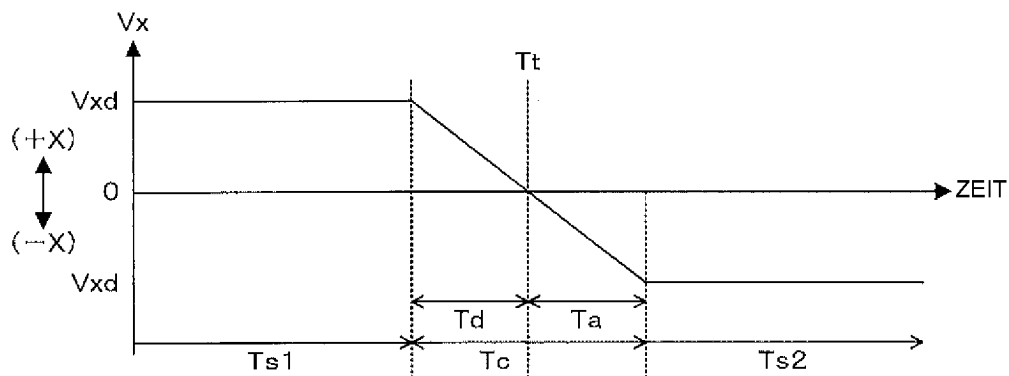


FIG. 15 G



GESCHWINDIGKEITSÄNDERUNG IN X-RICHTUNG



GESCHWINDIGKEITSÄNDERUNG IN Y-RICHTUNG

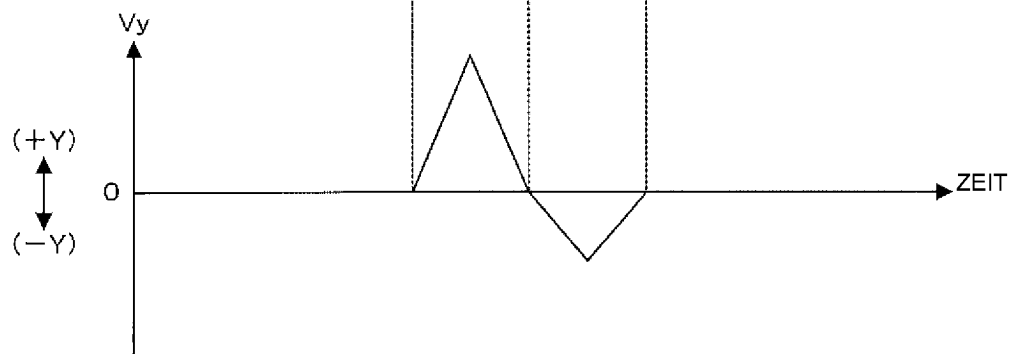


FIG. 16

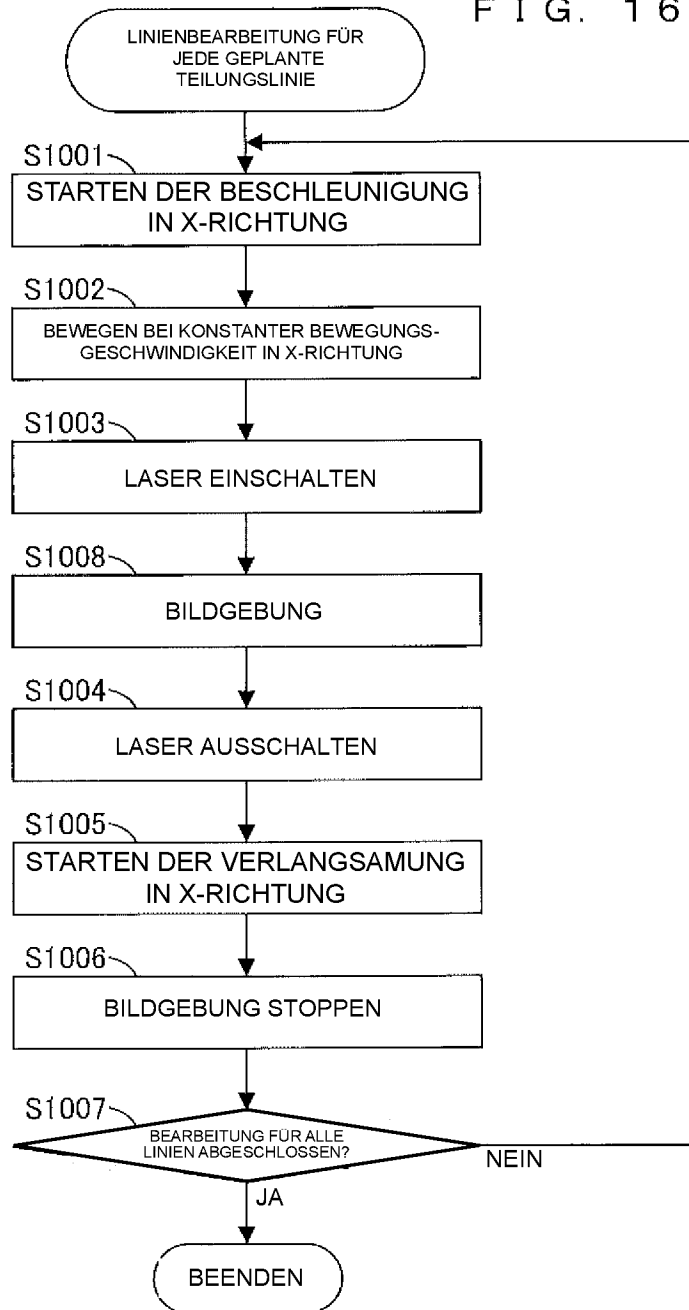


FIG. 17

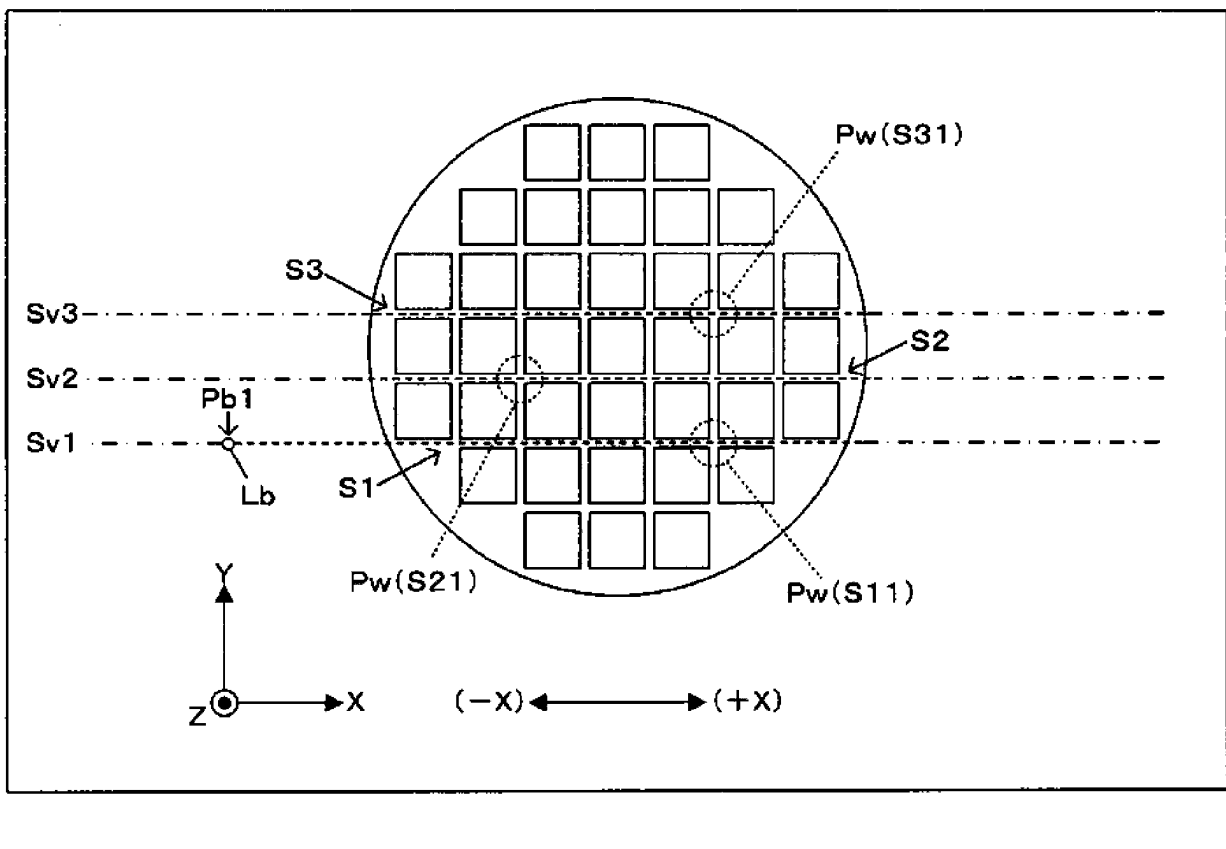


FIG. 18

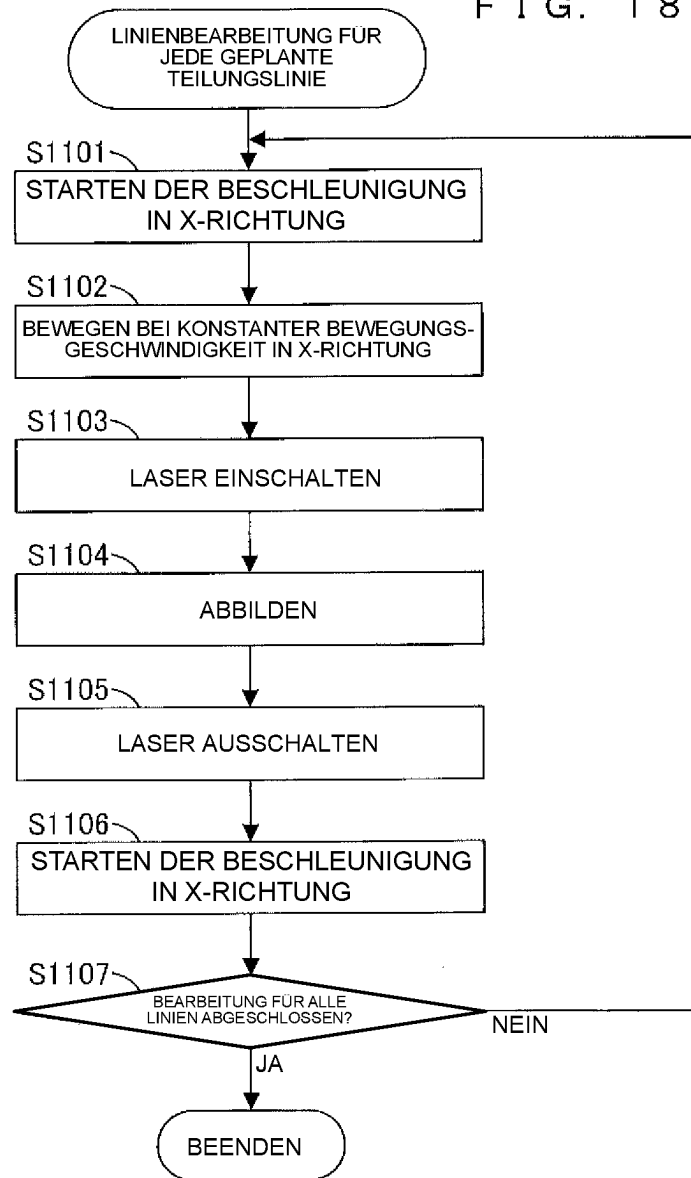


FIG. 19 A

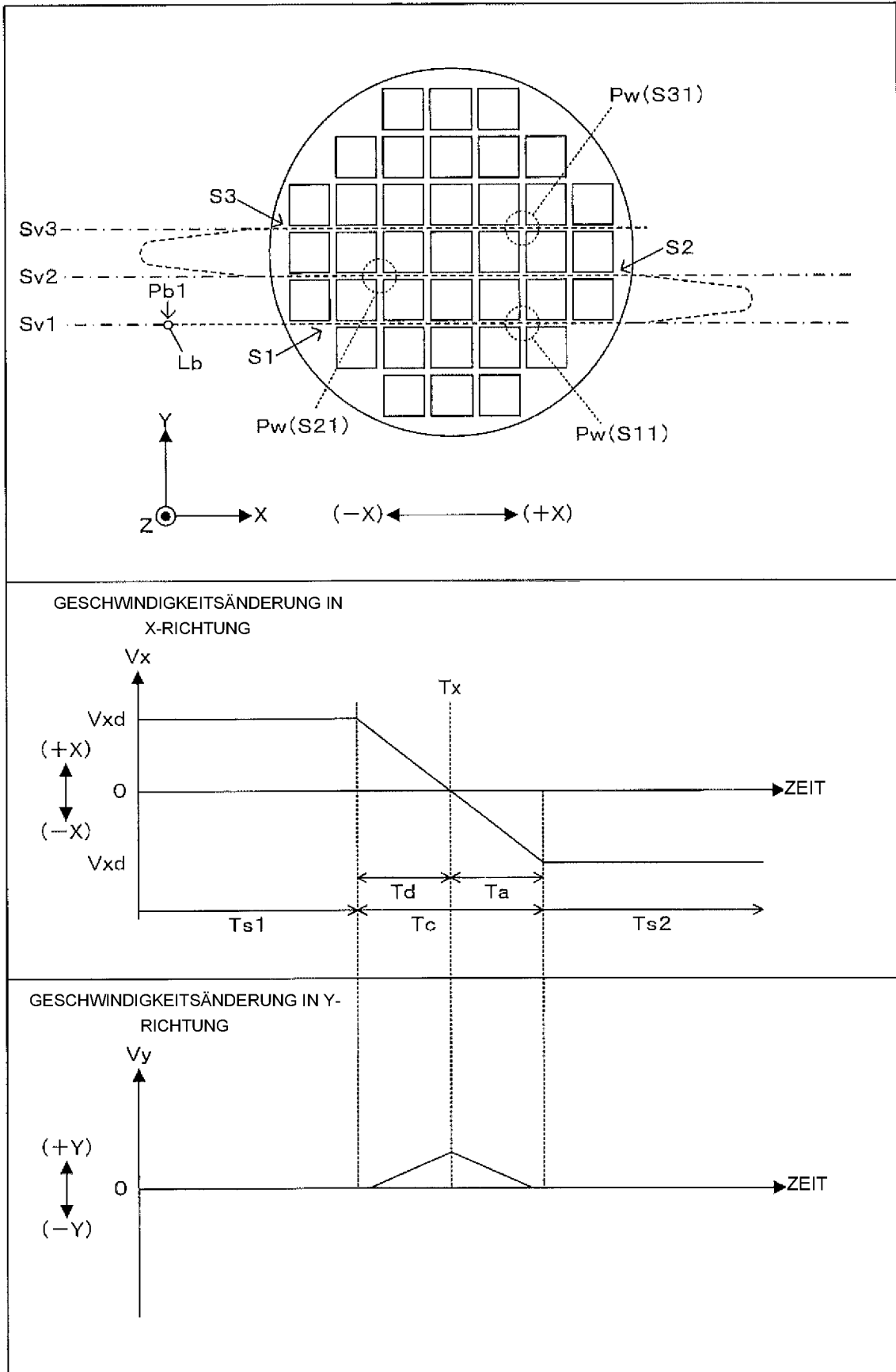


FIG. 19B

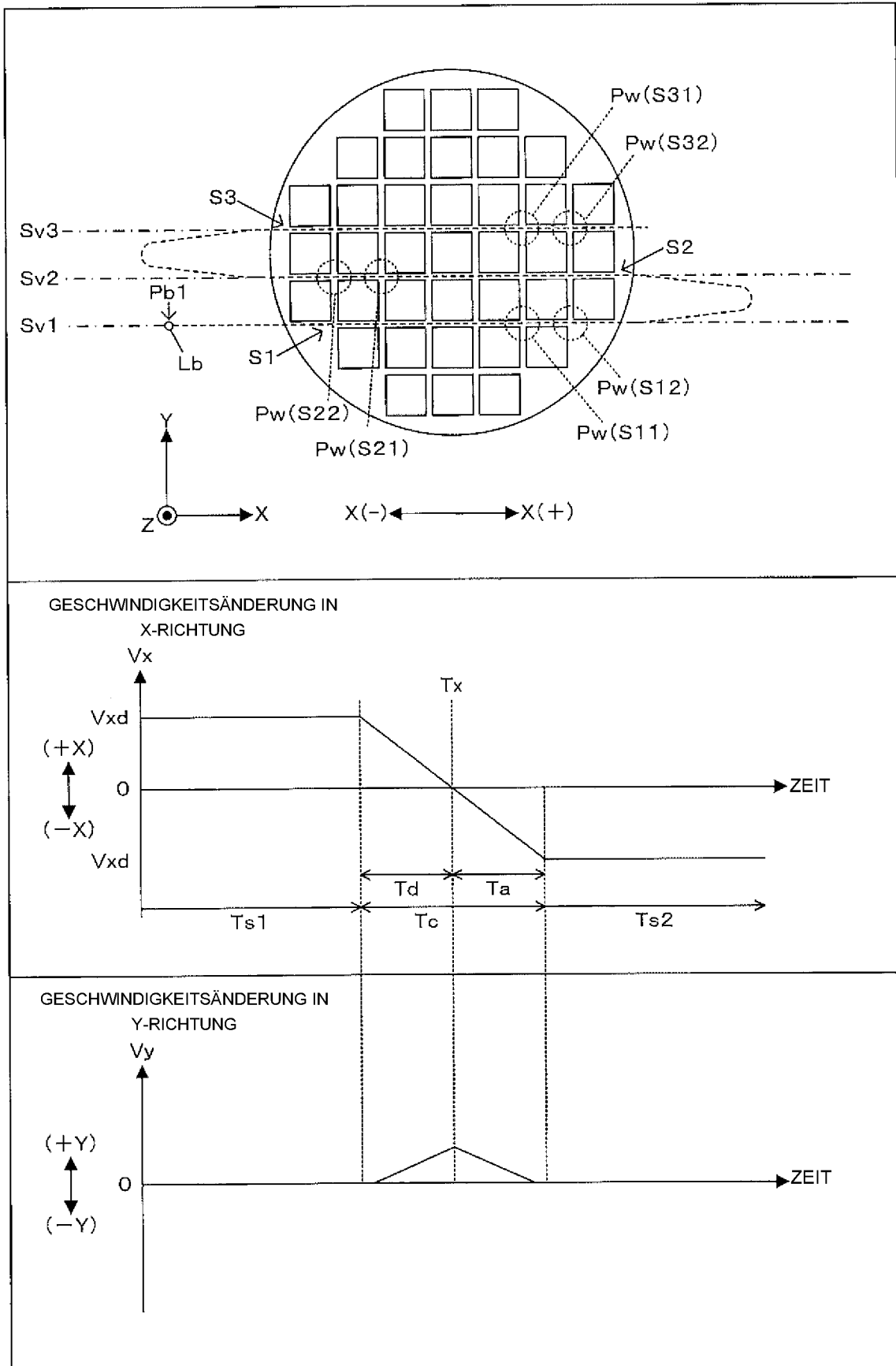


FIG. 20

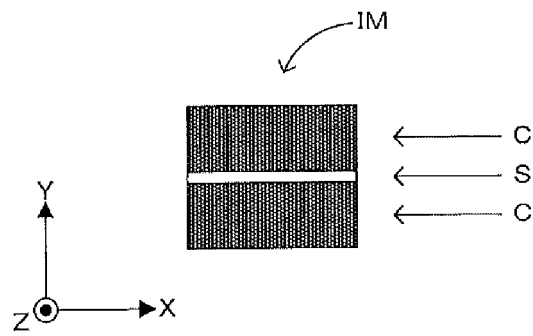


FIG. 21

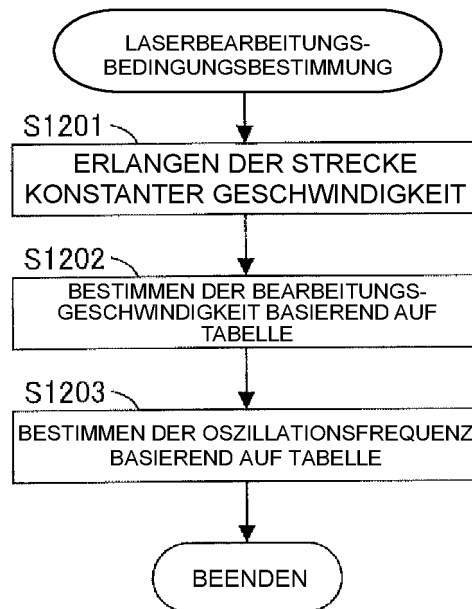


FIG. 22A

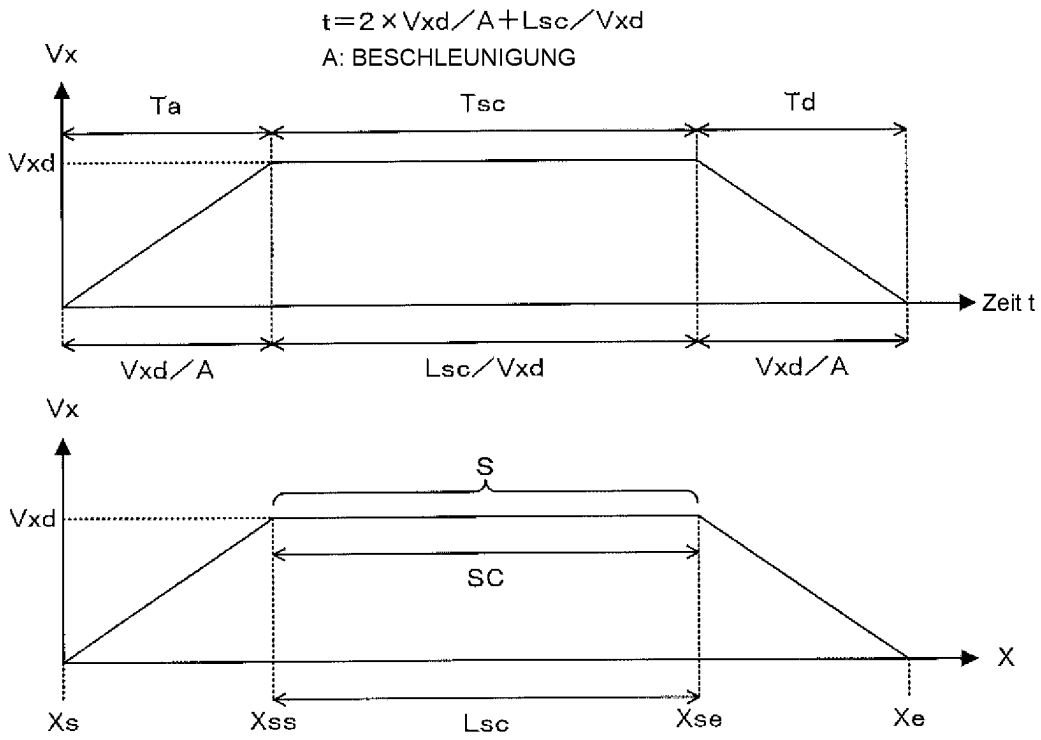
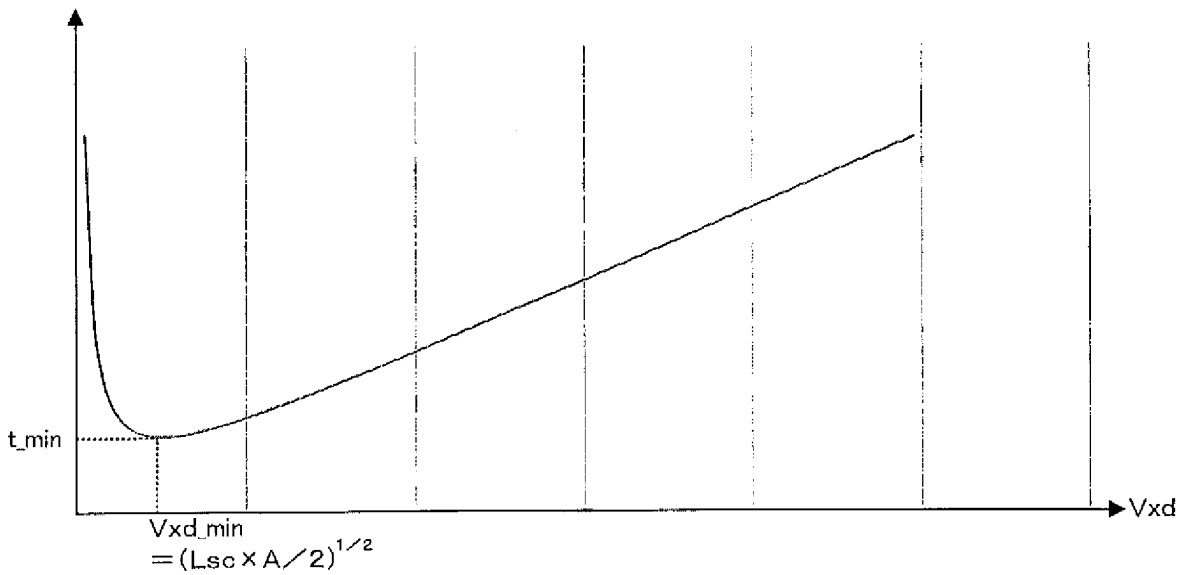


FIG. 22B

ABTASTZEIT t



F I G. 2 2 C

STRECKE KONSTANTER GESCHWINDIGKEIT L_{sc} [m]	BEARBEITUNGS- GESCHWINDIGKEIT (v_{xd})[m/s]	OSZILLATIONS- FREQUENZ f_c [kHz]
$L_{sc} \leq L_{sc}(1)$	$V_{xd}(1)$	$f_c(1)$
$L_{sc}(1) < L_{sc} \leq L_{sc}(2)$	$V_{xd}(2)$	$f_c(2)$
$L_{sc}(2) < L_{sc} \leq L_{sc}(3)$	$V_{xd}(3)$	$f_c(3)$
$L_{sc}(3) < L_{sc}$	$V_{xd}(4)$	$f_c(4)$

FIG. 23

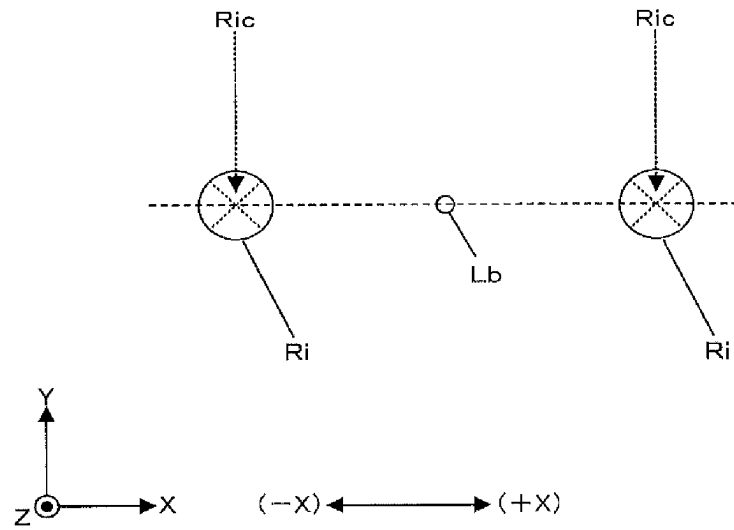


FIG. 24

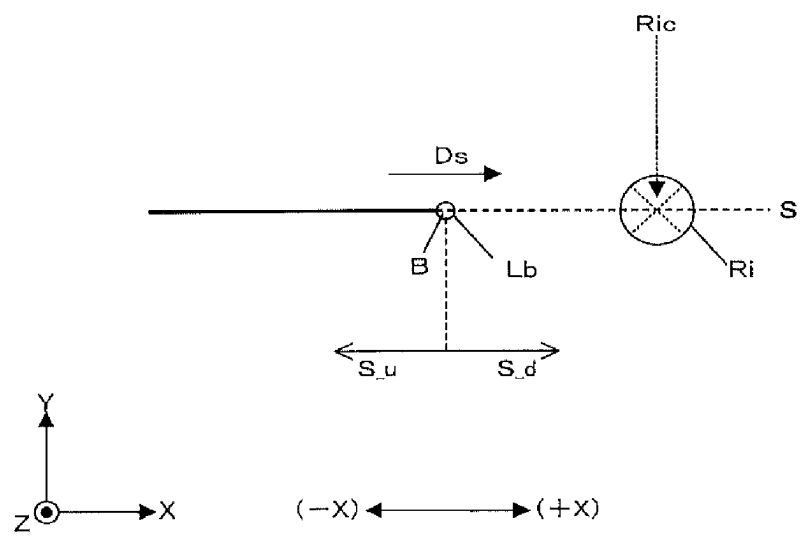
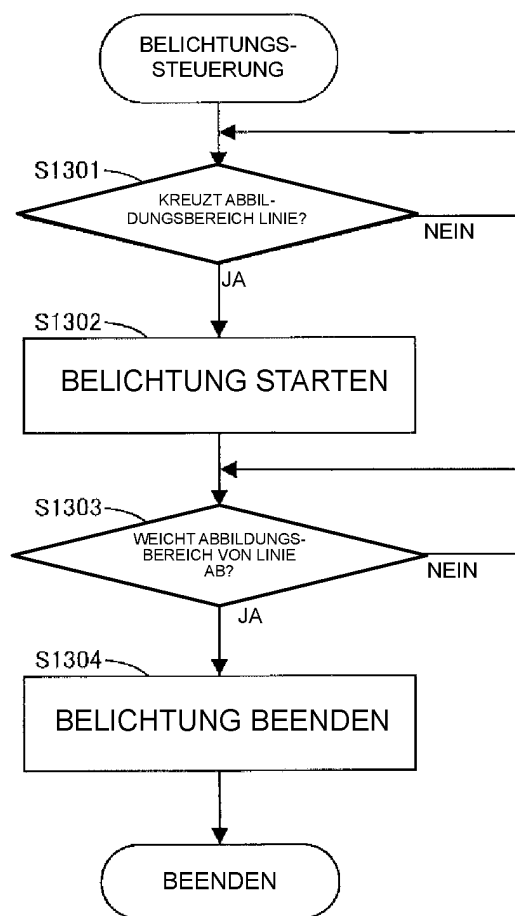


FIG. 25



	GEPLANTE TEILUNGSLINIE		GEPLANTES BILD	BEURTEILUNG
FLUCHTUNGSZUSTAND 1				ZUFRIEDENSTELLEND
FLUCHTUNGSZUSTAND 2				POSITIVE ABWEICHUNG
FLUCHTUNGSZUSTAND 3				NEIGUNG

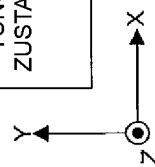


FIG. 26

FIG. 27

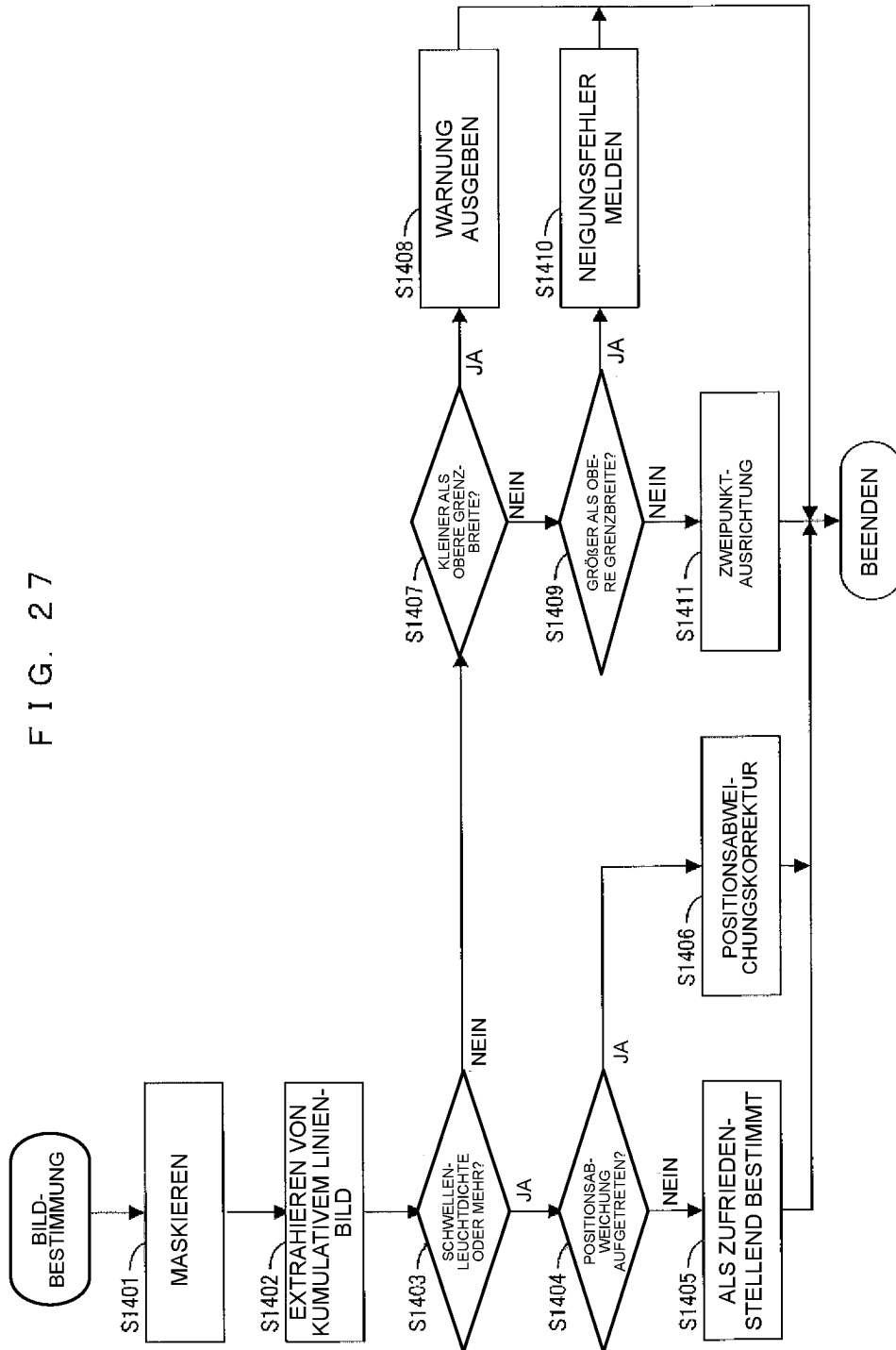


FIG. 28

