



(10) **DE 11 2012 004 733 T5** 2014.09.11

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2013/073238**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2012 004 733.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2012/069979**
(86) PCT-Anmeldetag: **06.08.2012**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **23.05.2013**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **11.09.2014**

(51) Int Cl.: **G01N 23/223 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
2011-248202 **14.11.2011** **JP**

(71) Anmelder:
Rigaku Corporation, Akishima-shi, Tokyo, JP

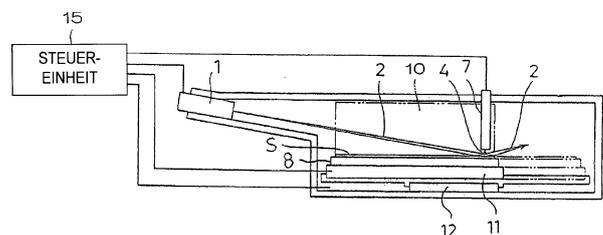
(74) Vertreter:
**Dr. Gassner & Partner mbB Patentanwälte, 91052
Erlangen, DE**

(72) Erfinder:
**Fukuda, Tomoyuki, c/o Osaka Branch, RIGAKU
CORP., Takatsuki-shi, Osaka, JP; Shimizu,
Kosuke, c/o Osaka Branch, RIGAKU CORP.,
Takatsuki-shi, Osaka, JP; Ikeshita, Akihiro, c/o
Osaka Branch, RIGAKU CORP., Takatsuki-shi,
Osaka, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Röntgenstrahlenanalysegerät und -verfahren**

(57) Zusammenfassung: Ein Röntgenstrahlenanalysegerät ist so ausgebildet, dass ein Beugungsmuster gespeichert wird, bei welchem die Intensität von sekundären Röntgenstrahlen (4) mit dem Drehwinkel einer Probe (S) in Verbindung gebracht wird; während das Muster durch eine Linie der Intensität der sekundären Röntgenstrahlen (4) in einer Höhen- und Tiefenrichtung gescannt wird, weisen Punkte des Musters keine höhere Intensität auf als die Linie, welche als Kandidatenpunkte genommen werden; entsprechende Drehwinkel der Kandidatenpunkte werden gespeichert, wenn der Maximalwert des Drehwinkelunterschieds zwischen benachbarten Kandidatenpunkten einen vorbestimmten Winkel erreicht; in Abhängigkeit von Koordinaten eines Messpunkts, wird der nahe den Koordinaten gelegene Drehwinkel von den gespeicherten Winkeln ausgelesen; und die Probe (S) wird auf den Auslesewinkel eingestellt und der Messpunkt wird innerhalb des Blickfelds (V) eines Detektors (7) angeordnet.



BeschreibungQUERVERWEIS ZU DER
VERWANDTEN ANMELDUNG

[0001] Diese Anmeldung basiert auf und beansprucht die Priorität gemäß PVÜ aus der am 14. November 2011 eingereichten Japanischen Patentanmeldung Nr. 2011-248202, wobei deren vollständige Offenbarung hierin unter Bezugnahme als ein Bestandteil dieser Anmeldung aufgenommen wird.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

(Gebiet der Erfindung)

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Röntgenstrahlenanalysegerät und ein Verfahren hierfür zum Messen eines beliebigen Messpunkts einer scheibenförmigen Probe, wie zum Beispiel einem Wafer.

(Beschreibung des Stands der Technik)

[0003] Bisher ist die Analyse von zum Beispiel einem Wafer durch Bestrahlung einer Probenoberfläche mit primären Röntgenstrahlen, Detektieren sekundärer Röntgenstrahlen, welche von der Probenoberfläche ausgesendet werden, und dann Messen der Intensität der sekundären Röntgenstrahlen, welche von der Probenoberfläche emittiert werden, durchgeführt worden. In der Praxis dieser konventionellen Röntgenstrahlenanalyse, ist gut erkannt worden, dass eine Probe einer Art, welche eine kristalline Struktur aufweist, wie zum Beispiel ein Wafer, bei Bestrahlung mit den primären Röntgenstrahlen sekundäre Röntgenstrahlen emittieren kann, welche nicht nur Fluoreszenz-Röntgenstrahlen, sondern auch gebeugte Röntgenstrahlen enthalten. Während der Röntgenstrahlen-Fluoreszenzanalyse bilden die gebeugten Röntgenstrahlen oftmals ein Hindernis für die Messung und die Drehrichtung der Probe, in welcher die gebeugten Röntgenstrahlen erzeugt werden, verändert sich in Abhängigkeit der Schnittebene der Probe, welche Ebene (110) oder (111) in der kristallinen Struktur sein kann.

[0004] Demnach ist das Fluoreszenzanalyseverfahren bekannt, bei welchem vor der Röntgenstrahlen-Fluoreszenzanalyse der Probe, während die Probe um einen Winkel, welcher gleich oder größer als 180° ist, um einen vorbestimmten Punkt der Probe gedreht wird, die primären Röntgenstrahlen in Richtung der Probe ausgestrahlt werden, sekundäre Röntgenstrahlen detektiert werden, welche von der Probe ausgehen und Fluoreszenz-Röntgenstrahlen und gebeugte Röntgenstrahlen enthalten, die Probe dann in eine solche Richtung gedreht wird, dass die Intensität der detektierten sekundären Röntgenstrahlen den Minimalwert aufweisen kann, und die Probe in

diesem Zustand danach in XY-Richtungen verlagert wird, welche senkrecht zueinander sind in einer Ebene parallel zur Messfläche, um die Analyse über die gesamte Messfläche der Probe durchzuführen. Insofern siehe zum Beispiel das unten aufgeführte Patentdokument 1.

[0005] Außerdem wird, wie in **Fig. 11** der beigegeführten Zeichnungen gezeigt, wenn in Bezug auf einen gewünschten Messpunkt (Messort), welcher in der Umgebung einer Kante einer plattenförmigen Probe angeordnet ist, die Messung durch Anordnung des Messpunkts so ausgeführt, dass die primären Röntgenstrahlen **2** außerhalb eines Bereichs oberhalb der Probe S ausgestrahlt werden und die so ausgestrahlten primären Röntgenstrahlen **2** einer Totalreflexion in Richtung eines solchen Bereichs ausgesetzt sind, wobei ein Teil der primären Röntgenstrahlen **2** in Richtung einer vertikalen Stirnfläche der Probe S ausgestrahlt wird, welcher von einer Emission von stark gestreuten Röntgenstrahlen **9** in alle Richtungen begleitet wird. Ein Teil der so emittierten, gestreuten Röntgenstrahlen bildet einen großen Hintergrund für die zu messenden Fluoreszenz-Röntgenstrahlen.

[0006] Im Hinblick auf das Vorhergehende ist ein Totalreflexion-Röntgenstrahlen-Fluoreszenzspektrometer verfügbar, bei welchem unter Bezug auf einen beliebigen Messpunkt, welcher in der Umgebung der Kante der Probe angeordnet ist, die Messung durch Anordnen des Messpunkts so durchgeführt wird, dass die primären Röntgenstrahlen **2** vom Bereich oberhalb der Probe S ausgestrahlt werden und die so ausgestrahlten, primären Röntgenstrahlen **2** einer Totalreflexion in Richtung außerhalb dieses Bereichs ausgesetzt sind, um dabei die gestreuten Röntgenstrahlen zu unterdrücken, welche von der Stirnfläche der Probe emittiert werden. Insofern siehe zum Beispiel das unten aufgeführte Patentdokument 2.

[Literatur zum Stand der Technik]

[0007]

[Patentdokument 1] Offengelegte JP-Patentpublikation Nr. H05-126768

[Patentdokument 2] Offengelegte JP-Patentpublikation Nr. 2002-005858

[0008] Obwohl das Fluoreszenzanalyseverfahren, welches im oben genannten Patentdokument 1 offenbart ist, wirkungsvoll darin erscheint, das Einfallen gebeugter Röntgenstrahlen zu vermeiden, welche von der Probe erzeugt werden, welche eine Art einer kristallinen Struktur einer Rotationssymmetrie aufweist, ist dieses Fluoreszenzanalyseverfahren unfähig, die gebeugten Röntgenstrahlen zu vermeiden, welche von der Probe erzeugt werden, welche eine Art einer kristallinen Struktur aufweist, welche nicht eine Rotationssymmetrie ist.

[0009] Andererseits erscheint das Totalreflexion-Röntgenstrahlen-Fluoreszenzspektrometer, welches im oben genannten Patentedokument 2 offenbart ist, wirkungsvoll darin, Einflüsse zu unterdrücken, welche durch die gestreuten Röntgenstrahlen herbeigeführt werden, welche in der Nähe der Probe erzeugt werden, wobei das Totalreflexion-Röntgenstrahlen-Fluoreszenzspektrometer als problematisch befunden wurde, da bislang keine Aufmerksamkeit darauf gerichtet wurde, die von der Probe erzeugten, gebeugten Röntgenstrahlen zu vermeiden, wobei ungebeugte Röntgenstrahlen nicht vermieden werden können, auch wenn die Probe auf eine Position gesetzt wird, welche die durch die gestreuten Röntgenstrahlen herbeigeführten Einflüsse wirkungsvoll eliminieren kann, und daher kann keine genaue Analyse in Abhängigkeit der Probe erreicht werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0010] Im Hinblick auf das Vorgegangene wurde die vorliegende Erfindung erdacht, um die innewohnenden Probleme und Unannehmlichkeiten des Stands der Technik zu eliminieren und es ist beabsichtigt, ein Röntgenstrahlenanalysegerät und -verfahren bereitzustellen, welche wirkungsvoll sind, die gestreuten Röntgenstrahlen und Verunreinigungs-Röntgenstrahlen (Verunreinigungslinien) zu unterdrücken und zu vermeiden, welche beide aus der Nähe einer Kante einer scheibenförmigen Probe von einer Art mit kristalliner Struktur erzeugt werden, und Gerätestrukturkomponenten in der Umgebung der Probe und auch, um die gebeugten Röntgenstrahlen zu verhindern, welche von der Probe erzeugt werden, um dadurch auf einfache Weise eine genaue Analyse zu ermöglichen.

[0011] Um die vorgenannte Aufgabe zu erfüllen, sieht die vorliegende Erfindung in Übereinstimmung mit einem ersten Aspekt davon ein Röntgenstrahlenanalysegerät vor, welches einen Probentisch enthält, um eine darauf angeordnete, scheibenförmige Probe einer Art zu stützen, welche eine kristalline Struktur aufweist, eine Röntgenstrahlenquelle, um primäre Röntgenstrahlen, welche monochromatisch gemacht worden sind, in Richtung der Probe auszustrahlen, einen Detektor, um von der Probe erzeugte, sekundäre Röntgenstrahlen zu detektieren, eine Parallelverschiebungseinheit, um den Probentisch so zu verschieben, dass ein beliebiger Messpunkt auf einer Messfläche der Probe in ein Blickfeld des Detektors gebracht werden kann, eine Dreheinheit, um den Probentisch um eine Achse zu drehen, welche senkrecht zur Messfläche der Probe ist, und eine Steuereinheit enthält, um die Röntgenstrahlenquelle, die Parallelverschiebungseinheit und die Dreheinheit zu steuern, und in welchem in Bezug auf einen bestimmten beliebigen Messpunkt, welcher in der Nähe einer Kante der Probe liegt, die Messung durch Positionierung des bestimmten beliebigen Messpunkts so

durchgeführt wird, dass die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von einem Bereich oberhalb der Probe ausgestrahlt werden und in Richtung außerhalb des Bereichs reflektiert werden.

[0012] Die Steuereinheit speichert einen vorbestimmten Winkel, welcher einen Wert gleich oder kleiner als der Winkel $2\theta_1$ aufweist, welcher durch die folgende Gleichung (1) auf der Basis des Radius R der Probe und des Radius T des Blickfelds des Detektors in der Messfläche der Probe bestimmt wird, aber nicht kleiner als 4° ist.

$$\sin\theta_1 = (R - T)/R \quad (1)$$

[0013] Die oben genannte Steuereinheit ist in der folgenden Weise betreibbar. Zu Beginn werden die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von der Röntgenstrahlenquelle ausgestrahlt, während die Probe von der Dreheinheit um 360° um einen vorbestimmten Punkt der Probe gedreht wird, und ein Beugungsmuster, in welchem die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen einer Wellenlänge von den vom Detektor detektierten, monochromatisierten primären Röntgenstrahlen mit dem Drehwinkel der Probe in Verbindung gebracht wird, wird erfasst und gespeichert. Danach werden, während das Beugungsmuster von einer linearen Linie gescannt wird, welche die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen in einer Höhen- und Tiefenrichtung der Intensität darstellt, Punkte auf dem Beugungsmuster mit einer Intensität, welche nicht höher als die Intensität ist, welche durch die lineare Linie dargestellt wird, als Kandidatenpunkte genommen und entsprechende Drehwinkel der Kandidatenpunkte werden gespeichert, wenn der Maximalwert des Drehwinkelunterschieds zwischen benachbarten Kandidatenpunkten der vorbestimmte Winkel wird. Danach wird in Abhängigkeit der Koordinaten des Messpunkts der Probe der Drehwinkel, welcher am nächsten zu den Koordinaten des Messpunkts ist, von den gespeicherten entsprechenden Drehwinkeln der Kandidatenpunkte ausgelesen, wobei die Dreheinheit und die Parallelverschiebungseinheit so gesteuert werden, dass die Probe auf den so ausgelesenen Drehwinkel eingestellt wird und der Messpunkt der Probe innerhalb des Blickfelds des Detektors angeordnet wird.

[0014] Nun ist es ideal, um die gestreuten Röntgenstrahlen und die Verunreinigungs-Röntgenstrahlen, welche in der Nähe der Kante der scheibenförmigen Probe und der Gerätestrukturkomponenten in der Umgebung der Probe erzeugt werden, zu unterdrücken und zu vermeiden, die Messung in einem Zustand durchzuführen, in welchem, wenn in einer Ebene betrachtet, die Richtung des Verlaufs der primären Röntgenstrahlen und die Richtung vom Mittelpunkt der Probe zum Messpunkt miteinander zusammenfallen, das heißt, in einem Zustand, in welchem der Drehwinkel der Probe vom Ausgangszustand mit

der θ -Koordinate des Messpunkts in der R- θ -Koordinate der Probe zusammenfällt. Dennoch können, wenn der Drehwinkel des Zustands innerhalb eines Bereichs von $\pm\theta_1$ ist, welcher durch die zuvor beschriebene Gleichung (1) bestimmt wird, die gestreuten Röntgenstrahlen und die Verunreinigungs-Röntgenstrahlen ausreichend unterdrückt und vermieden werden.

[0015] Andererseits ist es notwendig, wenn der Drehwinkel der Probe im Idealzustand zum Unterdrücken und Vermeiden der beiden oben genannten, gestreuten Röntgenstrahlen und der Verunreinigungs-Röntgenstrahlen zum Beispiel mit dem Drehwinkel an irgendeinem Peak des Beugungsmusters zusammenfällt, die Probe aus dem Idealzustand zum Unterdrücken und Vermeiden der gestreuten Röntgenstrahlen und anderer zu drehen, um die von der Probe erzeugten, gebeugten Röntgenstrahlen zu vermeiden. Da die Breite eines Umrisses eines Peak-Profils im Beugungsmuster, wenn es um den Drehwinkel geht, nicht kleiner als 4° ist, ist es ein unwahrscheinlicher Umstand, dass der Winkel der weiteren Drehung zum Zwecke der Vermeidung der gebeugten Röntgenstrahlen kleiner als der Bereich von $\pm 2^\circ$ wird.

[0016] Im Hinblick auf das Vorangegangene speichert die Steuereinheit im Röntgenstrahlenanalysegerät nach dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung einen vorbestimmten Winkel, welcher gleich oder kleiner als ein Winkel $2\theta_1$, aber nicht kleiner als 4° ist, und durch automatisches Erfassen eines Beugungsmusters und Scannen von diesem durch eine lineare Linie, welche die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen in einer Höhen- und Tiefenrichtung der Intensität darstellt, die Kandidatenpunkte, bei welchen die gebeugten Röntgenstrahlen vermieden werden können und am vorbestimmten Winkel oder kleiner am Drehwinkel auf dem Beugungsmuster aneinander angrenzen, gefolgt von Speichern der entsprechenden Drehwinkel an diesen Kandidatenpunkten. Und es wird, in Abhängigkeit der Koordinaten des Messpunkts der Probe, einer der gespeicherten Drehwinkel ausgelesen, welcher am nächsten zu (oder übereinstimmend mit) den Koordinaten des Messpunkts ist, und die Probe auf den ausgelesenen Drehwinkel eingestellt, wobei der Messpunkt der Probe innerhalb des Blickfelds des Detektors angeordnet wird.

[0017] Wie oben beschrieben, kann, gemäß dem Röntgenstrahlenanalysegerät nach dem Aufbau nach dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung, da unter Bezug auf den beliebigen Messpunkt, welcher in der Umgebung der Kante der Probe liegt, die Probe auf einen Drehwinkel eingestellt werden, welcher wirkungsvoll ist, die gebeugten Röntgenstrahlen innerhalb eines Bereichs des vorbestimmten Winkels zu vermeiden, dessen Mittelpunkt der Idealzu-

stand zum Unterdrücken und Vermeiden der gestreuten Röntgenstrahlen und der Verunreinigungs-Röntgenstrahlen ist, wobei nicht nur die gestreuten Röntgenstrahlen und die Verunreinigungs-Röntgenstrahlen, welche in der Nähe der Kante der scheibenförmigen Probe von einer Art mit einer kristallinen Struktur erzeugt werden, und die Gerätestrukturkomponenten in der Umgebung der Probe unterdrückt und vermieden werden können, sondern auch die von der Probe erzeugten gebeugten Röntgenstrahlen können vermieden werden, so dass es möglich wird, auf einfache Weise eine genaue Analyse zu erreichen.

[0018] Das Röntgenstrahlenanalysegerät, welches gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ausgebildet ist, unterscheidet sich vom Röntgenstrahlenanalysegerät, welches gemäß dem zuvor beschriebenen ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ausgebildet ist, hinsichtlich des Betriebs der Steuereinheit, wie unten beschrieben. Im Speziellen ist die Steuereinheit, welche im Röntgenstrahlenanalysegerät gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird, so ausgebildet, dass während die Probe um 360° um einen vorbestimmten Punkt der Probe durch die Dreheinheit gedreht wird, die Probe mit dem monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von der Röntgenstrahlenquelle bestrahlt wird und ein Beugungsmuster, in welchem das Intensitätsverhältnis, welches die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen einer Wellenlänge der vom Detektor detektierten, monochromatisierten primären Röntgenstrahlen, geteilt durch die Intensität der vom Detektor detektierten Fluoreszenz-Röntgenstrahlen von einer Hauptkomponente der Probe ist, mit dem Drehwinkel der Probe in Verbindung gebracht wird, erfasst und gespeichert wird. Dann werden, während das Beugungsmuster von einer linearen Linie gescannt wird, welche die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen in einer Höhen- und Tiefenrichtung des Intensitätsverhältnisses darstellt, Punkte auf dem Beugungsmuster mit dem Intensitätsverhältnis, welches nicht höher als das Intensitätsverhältnis ist, welches durch die lineare Linie dargestellt wird, als Kandidatenpunkte genommen und entsprechende Drehwinkel der Kandidatenpunkte werden gespeichert, wenn der Maximalwert des Drehwinkelunterschieds zwischen benachbarten Kandidatenpunkten der vorbestimmte Winkel wird.

[0019] Danach ist der Betrieb, bei welchem in Abhängigkeit der Koordinaten des Messpunkts der Probe der Drehwinkel, welcher am nächsten zu den Koordinaten des Messpunkts ist, von den gespeicherten entsprechenden Drehwinkeln der Kandidatenpunkte ausgelesen wird, wobei die Dreheinheit und die Parallelverschiebungseinheit so gesteuert werden, dass die Probe auf einen so ausgelesenen Drehwinkel eingestellt wird und der Messpunkt der Probe innerhalb des Blickfelds des Detektors angeordnet wird, ähnlich dem, der durch die Steuereinheit durchgeführt

wird, welche in dem zuvor beschriebenen Röntgenstrahlenanalysegerät gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird. Mit anderen Worten verwendet das Röntgenstrahlenanalysegerät, welches gemäß des zweiten Aspekts der vorliegenden Erfindung ausgebildet ist, das Intensitätsverhältnis, welches die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen mit der Wellenlänge der monochromatisierten primären Röntgenstrahlen geteilt durch die Intensität der Fluoreszenz-Röntgenstrahlen von der Hauptkomponente der Probe ist, anstelle der Intensität der sekundären Röntgenstrahlen mit der Wellenlänge der monochromatisierten primären Röntgenstrahlen, welche im zuvor beschriebenen Röntgenstrahlenanalysegerät verwendet wird, welches gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ausgebildet ist.

[0020] Gemäß dem Röntgenstrahlenanalysegerät nach dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es möglich, da mit den Fluoreszenz-Röntgenstrahlen von der Hauptkomponente der Probe, welche als interne Standardlinie hergenommen wird, die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen mit der Wellenlänge der monochromatisierten primären Röntgenstrahlen korrigiert wird, jegliche Änderungen des Einfallswinkels der primären Röntgenstrahlen auf die Probe infolge von Schwankung einer Welle der Dreheinheit zu eliminieren, um zu ermöglichen, dass ein genaueres Beugungsmuster erfasst wird und dementsprechend eine genauere Analyse erreicht werden kann.

[0021] Ein Röntgenstrahlenanalyseverfahren, welches gemäß eines dritten Aspekts der vorliegenden Erfindung ausgebildet ist, nutzt ein Röntgenstrahlenanalysegerät, welches einen Probenstisch enthält, um eine scheibenförmige Probe einer Art mit kristalliner Struktur zu stützen, welche auf dem Probenstisch angeordnet worden ist, eine Röntgenstrahlenquelle, um monochromatisierte primäre Röntgenstrahlen in Richtung der Probe auszustrahlen, einen Detektor, um von der Probe emittierte, sekundäre Röntgenstrahlen zu detektieren, eine Parallelverschiebungseinheit, um den Probenstisch parallel zu bewegen, um einem beliebigen Messpunkt einer Messfläche der Probe zu ermöglichen, innerhalb eines Blickfelds des Detektors angeordnet zu werden, und eine Dreheinheit enthält, um den Probenstisch um eine Achse zu drehen, welche senkrecht zur Messfläche der Probe ist, und in welchem in Bezug auf einen bestimmten beliebigen Messpunkt, welcher in der Nähe einer Kante der Probe liegt, die Messung durch Positionierung des bestimmten beliebigen Messpunkts so durchgeführt wird, dass die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von einem Bereich oberhalb der Probe ausgestrahlt werden und in Richtung außerhalb des Bereichs reflektiert werden.

[0022] Bei diesem Röntgenstrahlenanalyseverfahren wird zuvor ein vorbestimmter Winkel eines Werts gespeichert, welcher gleich oder kleiner als ein Winkel $2\theta_1$ ist, welcher durch die zuvor diskutierte Gleichung (1) auf der Basis des Radius R der Probe und des Radius T des Blickfelds des Detektors in der Messfläche der Probe bestimmt wird, aber nicht kleiner als 4° ist.

[0023] Und die folgenden Verfahrensweisen werden ausgeführt. Vorweg werden die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von der Röntgenstrahlenquelle ausgestrahlt, während die Probe von der Dreheinheit um 360° um einen vorbestimmten Punkt der Probe gedreht wird, und ein Beugungsmuster wird erfasst und gespeichert, in welchem die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen mit einer Wellenlänge der vom Detektor detektierten, monochromatisierten primären Röntgenstrahlen in Verbindung mit dem Drehwinkel der Probe gebracht wird. Dann werden, während das Beugungsmuster von einer linearen Linie gescannt wird, welche die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen in einer Höhen- und Tiefenrichtung der Intensität darstellt, Punkte auf dem Beugungsmuster mit der Intensität, welche nicht höher als die Intensität ist, welche durch die lineare Linie dargestellt wird, als Kandidatenpunkte genommen und entsprechende Drehwinkel der Kandidatenpunkte werden gespeichert, wenn der Maximalwert des Drehwinkelunterschieds zwischen den benachbarten Kandidatenpunkten der vorbestimmte Winkel wird. Danach wird in Abhängigkeit der Koordinaten des Messpunkts der Probe der Drehwinkel, welcher am nächsten zu den Koordinaten des Messpunkts ist, von den gespeicherten entsprechenden Drehwinkeln der Kandidatenpunkte ausgelesen, wobei die Probe auf den so ausgelesenen Drehwinkel eingestellt wird und der Messpunkt der Probe innerhalb des Blickfelds des Detektors durch die Dreheinheit und die Parallelverschiebungseinheit angeordnet wird und die Messung dann durchgeführt wird.

[0024] Das oben beschriebene Röntgenstrahlenanalyseverfahren nach dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung unterscheidet sich von dem Röntgenstrahlenanalysegerät gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung hinsichtlich der Kategorie der Erfindung, aber es kann Funktionen und Effekte bewirken, welche denen ähnlich sind, die das Röntgenstrahlenanalysegerät gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung bietet.

[0025] Das Röntgenstrahlenanalyseverfahren gemäß eines vierten Aspekts der vorliegenden Erfindung unterscheidet sich von dem zuvor beschriebenen Röntgenstrahlenanalyseverfahren gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung hinsichtlich der folgenden Verfahrensweisen. Im Speziellen werden in der Praxis des Röntgenstrahlenanalyseverfahrens gemäß dem vierten Aspekt der vorliegenden

Erfindung die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von der Röntgenstrahlenquelle ausgestrahlt, während die Probe von der Dreheinheit um 360° um einen vorbestimmten Punkt der Probe gedreht wird, und ein Beugungsmuster, in welchem ein Intensitätsverhältnis, welches die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen mit einer Wellenlänge der vom Detektor detektierten, monochromatisierten primären Röntgenstrahlen, geteilt durch die Intensität der vom Detektor detektierten Fluoreszenz-Röntgenstrahlen von einer Hauptkomponente der Probe ist, mit dem Drehwinkel der Probe in Verbindung gebracht wird, wird erfasst und gespeichert. Dann werden, während das Beugungsmuster von einer linearen Linie gescannt wird, welche das Intensitätsverhältnis der sekundären Röntgenstrahlen in einer Höhen- und Tiefenrichtung des Intensitätsverhältnisses darstellt, Punkte auf dem Beugungsmuster mit einem Intensitätsverhältnis, welches nicht höher als das Intensitätsverhältnis ist, welches durch die lineare Linie dargestellt wird, als Kandidatenpunkte genommen und entsprechende Drehwinkel der Kandidatenpunkte werden gespeichert, wenn der Maximalwert des Drehwinkelunterschieds zwischen benachbarten Kandidatenpunkten der vorbestimmte Winkel wird.

[0026] Die Verfahrensweisen, in welchen in Abhängigkeit der Koordinaten des Messpunkts der Probe der Drehwinkel, welcher am nächsten zu den Koordinaten des Messpunkts ist, von den gespeicherten entsprechenden Drehwinkeln der Kandidatenpunkte ausgelesen wird, wobei die Probe auf einen so ausgelesenen Drehwinkel eingestellt wird und der Messpunkt der Probe innerhalb des Blickfelds des Detektors durch die Dreheinheit und die Parallelverschiebungseinheit angeordnet wird und die Messung dann durchgeführt wird, sind denen ähnlich, welche in der Praxis des zuvor beschriebenen Röntgenstrahlenanalyseverfahrens gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung ausgeführt werden. Mit anderen Worten wird in der Praxis des Röntgenstrahlenanalyseverfahrens gemäß dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung das Intensitätsverhältnis, welches die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen mit der Wellenlänge der monochromatisierten primären Röntgenstrahlen geteilt durch die Intensität der Fluoreszenz-Röntgenstrahlen von der Hauptkomponente der Probe ist, anstelle der Intensität der sekundären Röntgenstrahlen mit der Wellenlänge der monochromatisierten primären Röntgenstrahlen genutzt, welche in dem zuvor beschriebenen Röntgenstrahlenanalyseverfahren gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung ausgebildet ist.

[0027] Das oben beschriebene Röntgenstrahlenanalyseverfahren gemäß dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung unterscheidet sich vom Röntgenstrahlenanalysegerät gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung hinsichtlich der Ka-

tegorie der Erfindung, aber es kann Funktionen und Effekte bewirken, welche denen ähnlich sind, die das Röntgenstrahlenanalysegerät gemäß des zweiten Aspekts der vorliegenden Erfindung bietet.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0028] In jedem Fall wird die vorliegende Erfindung auf Grund der folgenden Beschreibung ihrer bevorzugten Ausführungsformen in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen besser verstanden. Die Ausführungsformen und die Zeichnungen sind jedoch nur zum Zwecke der Darstellung und Erläuterung gegeben und begrenzen nicht in irgendeiner Weise den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung, deren Schutzbereich durch die angehängten Ansprüche bestimmt wird. In den beigefügten Zeichnungen werden einheitliche Bezugszeichen verwendet, um die gleichen Teile in den verschiedenen Ansichten zu bezeichnen, und:

[0029] Fig. 1 ist ein schematisches Diagramm, welches ein Röntgenstrahlenanalysegerät zeigt, welches gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgebildet ist;

[0030] Fig. 2 ist ein Diagramm, welches die Ausgangsposition einer Probe im Röntgenstrahlenanalysegerät zeigt;

[0031] Fig. 3 ist ein Diagramm, welches ein Beispiel eines Beugungsmusters zeigt, welches vom Röntgenstrahlenanalysegerät erfasst wird;

[0032] Fig. 4 ist ein Diagramm, welches die Positionsbeziehung zwischen der Probe und Phantomlinien zeigt, wenn ein Messpunkt A ohne Richtungsänderung der Probe von der Ausgangsposition durch das Röntgenstrahlenanalysegerät gemessen wird;

[0033] Fig. 5 ist ein Diagramm, welches die Positionsbeziehung zwischen der Probe und den Phantomlinien zeigt, wenn ein zweiter Messpunkt B ähnlich gemessen wird;

[0034] Fig. 6 ist ein Diagramm, welches die Positionsbeziehung zwischen der Probe und den Phantomlinien zeigt, wenn ein dritter Messpunkt C ähnlich gemessen wird;

[0035] Fig. 7 ist ein Diagramm, welches die Positionsbeziehung zwischen der Probe und den Phantomlinien zeigt, wenn ein vierter Messpunkt D ähnlich gemessen wird;

[0036] Fig. 8 ist ein Diagramm, welches die Probe, welche auf einen geeigneten Drehwinkel und eine geeignete Position eingestellt ist, zu dem Zeitpunkt zeigt, in dem die Erfassung eines Beugungs-

musters durch das Röntgenstrahlenanalysegerät gestartet wird;

[0037] Fig. 9 ist ein Diagramm, welches die Probe, welche auf einen geeigneten Drehwinkel und eine geeignete Position eingestellt ist, zum Messzeitpunkt eines Messpunkts F durch das Röntgenstrahlenanalysegerät zeigt;

[0038] Fig. 10 ist ein Diagramm, welches einen Zustand der Probe zeigt, welcher als ideal zum Unterdrücken und Vermeiden von gestreuten Röntgenstrahlen und Verunreinigungs-Strahlen zum Messzeitpunkt des Messpunkts C angesehen wird; und

[0039] Fig. 11 ist eine vergrößerte Ansicht, welche einen erzeugten Teil gestreuter Röntgenstrahlen einer Probe im konventionellen Röntgenstrahlenanalysegerät zeigt.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0040] Nachfolgend wird ein Röntgenstrahlenanalysegerät, welches gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgebildet ist, detailliert beschrieben. Das Röntgenstrahlenanalysegerät ist ein Totalreflexion-Röntgenstrahlen-Fluoreszenzspektrometer, welches, wie am besten in Fig. 1 gezeigt, einen Probenstisch 8 enthält, auf welchem eine scheibenförmige Probe S, wie zum Beispiel ein Silizium-Wafer, einer Art angeordnet ist, welcher eine kristalline Struktur aufweist, eine Röntgenstrahlenquelle 1 (welche zum Beispiel eine Röntgenstrahlenröhre und eine Spektroskopievorrichtung enthält), um primäre Röntgenstrahlen 2, welche monochromatisch gemacht wurden, in Richtung der Probe S auszustrahlen, einen Detektor 7, um sekundäre Röntgenstrahlen 4 zu detektieren, welche von der Probe S erzeugte Fluoreszenz-Röntgenstrahlen, gebeugte Röntgenstrahlen und dgl. enthalten, und welcher in Form eines Halbleiterdetektors ist, wie zum Beispiel SDD, eine Parallelverschiebungseinheit 12, um den Probenstisch 5 so zu bewegen, dass ein beliebiger Messpunkt auf einer Messfläche der Probe S innerhalb des Blickfelds V des Detektors 7 angeordnet werden kann, genauer an einer Position, welche mit dem Mittelpunkt P des Blickfelds V des Detektors 7 fluchtet, eine Dreheinheit 11, um den Probenstisch 8 um eine Achse zu drehen, welche senkrecht zur Messfläche der Probe S ist, und eine Steuereinheit 15 enthält, um die Röntgenstrahlenquelle 1, die Parallelverschiebungseinheit 12 und die Dreheinheit 11 zu steuern, und in welchem in Bezug auf einen bestimmten beliebigen Messpunkt, welcher in der Nähe einer Kante der Probe S liegt, die Messung durch Positionierung des bestimmten beliebigen Messpunkts so durchgeführt wird, dass die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen 2 von einem Bereich 10 oberhalb der Probe S abgestrahlt werden und in Rich-

tung außerhalb des Bereichs 10 reflektiert werden, mit anderen Worten, die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen 2 von einem linken Abschnitt der Fläche von Fig. 1 in Richtung der Nähe einer rechten Seitenkante der Probe S abgestrahlt werden.

[0041] Die Röntgenstrahlenquelle 1 und der Detektor 7 sind an entsprechender vorbestimmter Position im Gerät befestigt und die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen 2, welche von der Röntgenstrahlenquelle 1 erzeugt worden sind, werden auf einen Mittelpunkt P des Blickfelds V des Detektors 7 in der Messfläche der auf dem Probenstisch 8 angeordneten Probe S projiziert. Die Parallelverschiebungseinheit 12 und die Dreheinheit 11 sind betreibbar, die auf dem Probenstisch 8 angeordnete Probe S in einer vorbestimmten Ebene innerhalb des Geräts zu bewegen und zu drehen, wie durch entsprechende Zweipunkt-Phantomlinien in Fig. 1 gezeigt. Demnach bleibt, auch wenn die Probe S durch die Parallelverschiebungseinheit 12 und die Dreheinheit 11 bewegt und gedreht wird, der Einfallwinkel der primären Röntgenstrahlen 2 von der Röntgenstrahlenquelle 1 bezüglich zur Messfläche der Probe S und deren Strahlungsintensität konstant, und zum selben Zeitpunkt bleiben die Abmessungen und die Form des Blickfelds V des Detektors 7 in der Messfläche der Probe S ebenfalls konstant, wobei das Blickfeld V des Detektors 7 eine runde Form mit einem Radius T darstellt, welcher zum Beispiel 10 mm aufweist.

[0042] In dem nun diskutierten Beispiel ist die Dreheinheit 11 betreibbar, um den Probenstisch 8 so zu drehen, dass die Probe S um einen Mittelpunkt O der auf dem Probenstisch 8 angeordneten Probe S gedreht werden kann. Die Parallelverschiebungseinheit 12 und die Dreheinheit 11 können die Form einer Positionierungsvorrichtung eines Typs aufweisen, welcher zum Beispiel in der offengelegten JP-Patentpublikation Nr. H08-161049 offenbart ist, also umfassend zwei Arme (Parallelverschiebungseinheit) und einen Probenstisch (Dreheinheit), welche so miteinander verbunden sind, um eine Steuerung der Drehung unabhängig durch Dreifach-Wellen durchzuführen. Es sei jedoch angemerkt, dass die Parallelverschiebungseinheit 12 und die Dreheinheit 11 die Form einer sogenannten XY θ -Stufe haben können, also umfassend eine XY-Stufe (Parallelverschiebungseinheit) und eine auf der XY-Stufe montierten θ -Stufe (Dreheinheit). Die Parallelverschiebungseinheit 12 kann eines Typs sein, welcher alleine zum Bewegen der Probe S fähig ist, ohne die Richtung der Probe S zu verändern, oder eines Typs sein, welcher fähig ist, mit der Dreheinheit 11 antreibend zu kooperieren, um die Probe S ohne Änderung der Richtung der Probe S zu bewegen.

[0043] Die Probe S ist auf dem Probenstisch 8 angeordnet und ist, wie in Fig. 2 gezeigt, auf eine Ausgangsposition anhand einer Einkerbung N oder ei-

ner Orientierungsabflachung eingestellt, welche im die Probe S bildenden Wafer definiert ist. Wenn die Probe S in der Ausgangsposition gehalten wird, sind der Mittelpunkt O der Probe S und der Mittelpunkt P des Blickfelds V des Detektors 7 miteinander fluchtend und die Richtung des Mittelpunkts O der Probe S in Richtung der Einkerbung N und die Richtung des Verlaufs der primären Röntgenstrahlen 2, wenn in einer Ebene betrachtet, stimmen miteinander überein. Die Position des Messpunkts in der Probe S wird zum Beispiel durch R- θ -Koordinaten ausgedrückt, welche auf der Messfläche der Probe fixiert sind, bei welchen der Winkel im Uhrzeigersinn mit der θ -Koordinate durch einen negativen Winkel ($-\theta$) ausgedrückt wird, wohingegen der Winkel im Gegenuhrzeigersinn mit der θ -Koordinate durch einen positiven Winkel ($+\theta$) ausgedrückt wird, und der Drehwinkel der Probe S, welche durch die Dreheinheit 11 gedreht wird, wird durch ein Symbol ω ausgedrückt, welches einen positiven Wert annimmt, wenn die Drehung im Uhrzeigersinn stattfindet.

[0044] Mit anderen Worten besetzt ein Messpunkt C (in Fig. 6 gezeigt), welcher zum Beispiel an einer Kante der Probe S mit dem Winkel $-\theta_1$ in der θ -Koordinate definiert wird, die Position der Einkerbung N in der Ausgangsposition, gezeigt in Fig. 2, wenn die Probe S durch die Dreheinheit 11 von der Ausgangsposition um einen Winkel $-\theta_1$ in der θ -Koordinate gedreht wird. Es sei angemerkt, dass der Winkel im Uhrzeigersinn in der θ -Koordinate durch einen positiven Wert ausgedrückt werden kann und, in Bezug auf den Drehwinkel der Probe S durch die Dreheinheit 11, der Gegenuhrzeigersinn durch eine positive Richtung ausgedrückt werden kann. Auch stellen die in Fig. 2 eingesetzten Symbole I, II, III und IV den ersten Quadranten, den zweiten Quadranten, den dritten Quadranten bzw. den vierten Quadranten des Koordinatensystems dar.

[0045] Die in Fig. 1 gezeigte Steuereinheit 15 speichert darin einen vorbestimmten Winkel α , welcher gleich oder kleiner als der Winkel $2\theta_1$ ist, welcher durch die folgende Gleichung (1) auf der Basis des Radius R der Probe S und des Radius T des Blickfelds V des Detektors 7 in der Messfläche der Probe S bestimmt wird, aber nicht kleiner als 4° ist.

$$\sin\theta_1 = (R - T)/R \quad (1)$$

[0046] Die Bedeutung des Winkels $2\theta_1$ wird nun erläutert. Aus Gründen der Kürze wird angenommen, dass die Probe S ohne Änderung der Richtung der Probe S von der Ausgangsposition bewegt wird, und zwei Phantomlinien (lineare Phantomlinien) H und M, welche in der gleichen Richtung wie eine horizontale Richtungskomponente der primären Röntgenstrahlen 2 orientiert sind (wenn in einer Ebene betrachtet, welche parallel zur Verlaufsrichtung der primären Röntgenstrahlen 2 ist) und das Blickfeld des Detek-

tors 7 in der Messfläche der Probe S berühren, werden betrachtet. Die Projektionsrichtung der primären Röntgenstrahlen 2 und des Blickfelds V des Detektors 7 sind im Gerät festgelegt, und daher sind die zwei Phantomlinien H und M auch im Gerät festgelegt. Relativ zu den festgelegten primären Röntgenstrahlen 2, dem Blickfeld V des Detektors 7 und den zwei Phantomlinien H und M wird die Probe S in diesem Beispiel von der Ausgangsposition bewegt, ohne dass die Richtung der Probe S verändert wird und zum Beispiel wird der Messpunkt A, welcher an der Kante der Probe S innerhalb eines ersten Quadranten liegt, auf dem Mittelpunkt P des Blickfelds V des Detektors 7 angeordnet, und zum gleichen Zeitpunkt werden die primären Röntgenstrahlen ausgestrahlt und gemessen.

[0047] Wie in Fig. 5 gezeigt, liegt, wenn ein auf der Kante der Probe S innerhalb des ersten Quadranten liegender Messpunkt B ($R, -90$) auf dem Mittelpunkt P des Blickfelds V des Detektors 7 angeordnet und gemessen wird, die rechte Phantomlinie M außerhalb der Messfläche der Probe S, und die primären Röntgenstrahlen 2 treffen auf einer rechten Kante der Probe S auf, was zu einer Erzeugung von gestreuten Röntgenstrahlen führt. Auch bestrahlen die primären Röntgenstrahlen 2 Gerätestrukturkomponenten unterhalb der Probe S (in einer innersten Richtung der Fläche von Fig. 5) und gestreute Röntgenstrahlen und Verunreinigungs-Röntgenstrahlen (Fluoreszenz-Röntgenstrahlen, welche von den Gerätestrukturkomponenten unterhalb der Probe S erzeugt werden) werden erzeugt. Die auf diese Weise erzeugten anfangs gestreuten Röntgenstrahlen und Verunreinigungs-Röntgenstrahlen erzeugen weiterhin die gestreuten Röntgenstrahlen und Verunreinigungs-Röntgenstrahlen. Diese gestreuten Röntgenstrahlen und diese gestreuten Verunreinigungs-Röntgenstrahlen fallen auf dem Detektor 7 ein.

[0048] Andererseits, wie in Fig. 6 gezeigt, wenn der an der Kante der Probe S innerhalb des ersten Quadranten liegende Messpunkt C ($R, -\theta_1$) im Mittelpunkt P des Blickfelds V des Detektors 7 positioniert und gemessen wird, durchquert die linke Phantomlinie H die Messfläche der Probe S, und die rechte Phantomlinie M grenzt an die Messfläche der Probe S. Demnach verlaufen, auch wenn ein Teil der primären Röntgenstrahlen 2 eine rechte Kante der Probe S und die Gerätestrukturkomponenten unterhalb der Probe S bestrahlen, die dabei erzeugten gestreuten Röntgenstrahlen und die Verunreinigungs-Röntgenstrahlen außerhalb des Blickfelds V des Detektors 7 und treffen nicht auf den Detektor auf.

[0049] Wie oben beschrieben, können, wenn die Probe S so angeordnet ist, dass beide der zwei Phantomlinien, enthaltend die linke Phantomlinie H und die rechte Phantomlinie M, auf der Messfläche der Probe S liegen (entweder die Messfläche der Pro-

be S durchqueren oder an die Messfläche der Probe S angrenzen), die gestreuten Röntgenstrahlen und die Verunreinigungs-Röntgenstrahlen daran gehindert werden, auf den Detektor **7** aufzutreffen.

[0050] Wenn ein Messpunkt D ($R, -\theta_2$), welcher auf der Kante der Probe S innerhalb des ersten Quadranten, wie in **Fig. 7** gezeigt liegt, gemessen wird, liegen beide von der linken und rechten Phantomlinie H und M auf der Messfläche der Probe S, während sie die Messfläche der Probe S durchquert haben und der Winkel θ_1 des Messpunkts C, gezeigt in **Fig. 6**, und der Winkel θ_2 des Messpunkts D weisen eine solche Beziehung auf, dass ersterer größer ist als letzterer, das heißt $\theta_1 > \theta_2$.

[0051] Wie leicht durch das Vorgegangene zu verstehen ist, können unter der Annahme, dass die Probe S von der Ausgangsposition ohne Änderung der Richtung dieser Probe bewegt wird, in Bezug auf den Messpunkt, welcher in der Umgebung der Kante der Probe S innerhalb des ersten Quadranten liegt, wenn die θ -Koordinate im Bereich von 0 bis $-\theta_1$ liegt, die gestreuten Röntgenstrahlen und die Verunreinigungs-Röntgenstrahlen daran gehindert werden, auf dem Detektor **7** einzufallen. Da diese Aussage in ähnlicher Weise auf die Messung des Messpunkts anwendbar erscheint, welcher in der Umgebung der Kante der Probe S innerhalb des zweiten Quadranten liegt, ist es möglich zu vermeiden, dass die gestreuten Röntgenstrahlen und die Verunreinigungs-Röntgenstrahlen auf dem Detektor **7** einfallen, wenn die θ -Koordinate des Messpunkts im Bereich von $-\theta_1$ bis $+\theta_1$ liegt. Der spezifische Wert des Winkels θ_1 kann mit der zuvor beschriebenen Gleichung (1) bestimmt werden. Beispielsweise ergibt unter Annahme, dass der Radius R der Probe S und der Radius T des Blickfelds V des Detektors **7** 100 mm und 10 mm sind, die Gleichung (1) in diesem Fall 64° als spezifischen Wert des Winkels θ_1 .

[0052] Unter normalen Umständen kann im Röntgenstrahlenanalysegerät der vorliegenden Erfindung die Probe S bewegt werden, während die Richtung der Probe S von der Ausgangsposition geändert wird, und es ist zum Zeitpunkt der Messung des Messpunkts in der Umgebung der Kante der Probe S, zum Beispiel zum Zeitpunkt der Messung des in **Fig. 6** gezeigten Messpunkts C ($R, -\theta_1$), ideal, die Messung in einem Zustand durchzuführen, in welchem die Richtung des Verlaufs der primären Röntgenstrahlen **2**, wenn in einer Ebene betrachtet, und die Richtung vom Mittelpunkt der Probe S in Richtung des Messpunkts C miteinander zusammenfallen, das heißt, der Drehwinkel der Probe S von der in **Fig. 2** gezeigten Ausgangsposition mit der θ -Koordinate ($-\theta_1$) des Messpunkts C im R- θ -Koordinatensystem der Probe S zusammenfällt, um die gestreuten Röntgenstrahlen und die Verunreinigungs-Röntgenstrahlen zu unterdrücken und zu vermeiden.

[0053] Es sei jedoch angemerkt, da es leicht aus der Erklärung zu verstehen ist, welche im Zusammenhang mit der Bewegung der Probe S abgegeben wurde, dass ohne die Richtung der Probe S von der zuvor beschriebenen Ausgangsposition zu ändern, nicht nur unter der oben beschriebenen idealen Bedingung, sondern auch wenn der Drehwinkel von der Ausgangsposition innerhalb eines Bereichs von $\pm\theta_1$ liegt, die Messung auch unter einer solchen wie in **Fig. 6** gezeigten Bedingung erfolgreich ausgeführt werden kann, und im schlimmsten Fall kann es im Zusammenhang mit der Unterdrückung und Vermeidung der gestreuten Röntgenstrahlen und der Verunreinigungs-Röntgenstrahlen auftreten, durch Bewegen der Probe S ohne die Richtung der Probe S zu ändern, nachdem letztere gedreht worden ist, und durch Positionieren des Messpunkts C auf dem Mittelpunkt P des Blickfelds V des Detektors **7**, dass die gestreuten Röntgenstrahlen und die Verunreinigungs-Röntgenstrahlen ausreichend unterdrückt und vermieden werden können. Dies wird nicht nur auf den Messpunkt C angewendet, sondern auch auf jeden beliebig gewählten Messpunkt, welcher in der Nähe der Kante der Probe S liegt. Mit anderen Worten können unter Bezug auf den beliebig gewählten Messpunkt, welcher in der Nähe der Kante der Probe S liegt, wenn der Drehwinkel der Probe S innerhalb des Bereichs von $2\theta_1$ liegt, dessen Mittelpunkt der Drehwinkel der Probe S ist im Idealzustand für die Unterdrückung und Vermeidung von gestreuten Röntgenstrahlen und Verunreinigungs-Röntgenstrahlen, gestreute Röntgenstrahlen und Verunreinigungs-Röntgenstrahlen ausreichend unterdrückt und vermieden werden. Der oben genannte Winkel von $2\theta_1$, welcher der obere Grenzwert des vorbestimmten Winkels α ist, welcher zuvor in der in **Fig. 1** gezeigten Steuereinheit gespeichert wird, weist eine zuvor diskutierte Bedeutung auf. Die Bedeutung des Winkels mit 4° , welcher der untere Grenzwert des vorbestimmten Winkels α ist, wird später diskutiert.

[0054] Unter erneuter Bezugnahme auf **Fig. 1** arbeitet die Steuereinheit **15**, welche den vorbestimmten Winkel α speichert, auf folgende Weise. Zu Beginn wird die Probe S, welche auf dem Probenisch **8** angeordnet wird und dann in der Ausgangsposition gehalten wird, bewegt, ohne die Richtung der Probe S zu verändern, und ein Messpunkt E ($R1, 0$), wie in **Fig. 8** gezeigt, wo der Einfluss durch gestreute Röntgenstrahlen von der Kante der Probe klein ist, wird im Mittelpunkt P des Blickfelds V des Detektors angeordnet (zum Beispiel $R1 = R/2$). Und, während die Probe S durch die Dreheinheit **11** um 360° im Uhrzeigersinn um den Mittelpunkt O der Probe S gedreht wird, werden die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen **2** von der Röntgenstrahlenquelle **1** ausgestrahlt, und ein Beugungsmuster, in welchem ein Intensitätsverhältnis, welches die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen **4** einer Wellenlänge der vom Detektor **7** detektierten, monochromati-

sierten primären Röntgenstrahlen geteilt durch die Intensität der vom Detektor detektierten Fluoreszenz-Röntgenstrahlen **4** von einer Hauptkomponente der Probe S ist, mit dem Drehwinkel der Probe in Verbindung gebracht wird, wird erfasst und gespeichert. In dem gemäß der nun diskutierten Ausführungsform gebauten Gerät wird als monochromatisierte primäre Röntgenstrahlen **2** eine W-L β -Linie ausgestrahlt und die Intensität der W-L β -Linie wird als die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen der Wellenlänge der monochromatisierten primären Röntgenstrahlen gemessen, und zur gleichen Zeit wird die Intensität der Si-K α -Linie als die Intensität der Fluoreszenz-Röntgenstrahlen **4** von der Hauptkomponente der Probe S gemessen und ein Beispiel des erfassten Beugungsmusters wird in **Fig. 3** gezeigt, in welchem die y-Achse das Intensitätsverhältnis von (der Intensität der W-L β -Linie)/(die Intensität der Si-K α -Linie) und die x-Achse den Drehwinkel ω der Probe S darstellt.

[0055] Der Grund für die Verwendung des Intensitätsverhältnisses, welches die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen **4** einer Wellenlänge der monochromatisierten primären Röntgenstrahlen geteilt durch die Intensität der Fluoreszenz-Röntgenstrahlen **4** von der Hauptkomponente der Probe S ist, ist in diesem Fall, da durch Korrigieren der Intensität der sekundären Röntgenstrahlen **4** mit der Wellenlänge der monochromatisierten primären Röntgenstrahlen mit den Fluoreszenz-Röntgenstrahlen **4** von der Hauptkomponente der Probe S, welches als interne Standardlinie hergenommen wird, Einflüsse beseitigt werden, welche mit dem Verändern des Einfallswinkels der primären Röntgenstrahlen **2** auf die Probe S einhergehen und sich aus einer Schwankung einer Welle der Dreheinheit **11** ergeben, um ein genaueres Beugungsmuster zu erreichen, aber wo eine solche Korrektur nicht so wichtig ist, kann die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen **4** der Wellenlänge der primären Röntgenstrahlen selbst, zum Beispiel, die Intensität der W-L β -Linie selbst, an einer Stelle des Intensitätsverhältnisses eingesetzt werden, welches durch die Intensität der internen Standardlinie geteilt wird. In diesem Fall werden die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen **2** von der Röntgenstrahlenquelle **1** ausgestrahlt, während die Probe S durch die Dreheinheit **11** um 360° um den Mittelpunkt O der Probe im Uhrzeigersinn gedreht wird, und das Beugungsmuster, in welchem die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen **4** der Wellenlänge der vom Detektor **7** detektierten, monochromatisierten primären Röntgenstrahlen in Verbindung mit dem Drehwinkel ω der Probe S gebracht wird, wird erfasst und gespeichert, in welchem Muster die y-Achse zum Beispiel die Intensität der W-L β -Linie darstellt. Es sei angemerkt, dass es vorkommen kann, dass für die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen **2** ein vorbestimmter Wellenlängenabschnitt der von der Röntgenstrahlenröhre emittierten, konti-

nuierlichen Röntgenstrahlen anders als charakteristische Röntgenstrahlen verwendet wird, wie die von der Röntgenstrahlenröhre emittierte W-L β -Linie.

[0056] Wenn der Drehwinkel der Probe S unter idealen Bedingungen zum Unterdrücken und Vermeiden der gestreuten Röntgenstrahlen und der Verunreinigungs-Röntgenstrahlen wie zuvor diskutiert mit dem Drehwinkel übereinstimmt, bei zum Beispiel irgendeinem Peak oder nahe diesem im erarbeiteten Beugungsmuster, ist es notwendig, die Probe S vom Idealzustand wegzudrehen, um die gestreuten Röntgenstrahlen und andere zu unterdrücken und zu vermeiden, so dass die gebeugten Röntgenstrahlen, welche von der Probe S emittiert werden, vermieden werden können. Im Allgemeinen ist die Breite eines Umrisses eines Peak-Profiles im Beugungsmuster, wenn es um den Drehwinkel geht, nicht kleiner als 4° und daher ist es ein unwahrscheinlicher Umstand, dass der Winkel einer weiteren Drehung zum Zwecke der Vermeidung gebeugter Röntgenstrahlen kleiner als der Bereich von $\pm 2^\circ$ wird. Mit anderen Worten, in Bezug auf einen bestimmten beliebigen Messpunkt, welcher in der Umgebung der Kante der Probe S liegt, ist es, wenn der Drehwinkel der Probe S nicht innerhalb des Bereichs gleich oder größer als 4° ist, dessen Mittelpunkt der Drehwinkel der Probe S im Idealzustand zum Unterdrücken und Vermeiden der gestreuten Röntgenstrahlen und der Verunreinigungs-Röntgenstrahlen ist, nicht möglich, die von der Probe S emittierten, gebeugten Röntgenstrahlen zu vermeiden. Der Winkel von 4° , welcher der untere Grenzwert des vorbestimmten Winkels α ist, welcher in der in **Fig. 1** gezeigten Steuereinheit **15** gespeichert wird, weist eine zuvor diskutierte Bedeutung auf.

[0057] Es sei angemerkt, dass obwohl der vorbestimmte Winkel α , welcher in der Steuereinheit **15** gespeichert wird, zum Zwecke des Vermeidens der gebeugten Röntgenstrahlen bevorzugt groß ist, er richtig ausgewählt wird, um einen Wert gleich oder kleiner zu $2\theta 1$ aufzuweisen, aber nicht kleiner als 4° in Anbetracht von zum Beispiel mechanischen Strukturen des Röntgenstrahlenanalysegeräts. Die Durchmesser der Silizium-Wafer, flüssigen Kristallgläser, Festplatten, Magnetplatten usw., welche die Probe S einer Art mit kristalliner Struktur sind, sind in der Halbleiterindustrie auf 50 mm (2 Inches), 76 mm (3 Inches), 100 mm, 125 mm, 150 mm, 200 mm, 300 mm usw. genormt, und da der Radius T des Blickfelds V des Detektors **7** zum Beispiel 10 mm aufweist, ist es sogar möglich, den vorbestimmten Winkel α aus dem Bereich des Winkels gleich oder kleiner als $2\theta 1$ aber nicht kleiner als 4° auszuwählen.

[0058] Auch können, wenn die Analyse von einer Vielzahl von Proben S erwartet wird, welche sich in ihrer Größe voneinander unterscheiden, die vorbestimmten Winkel $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$... und an für jede der Größen der Proben S ausgewählt werden und in der

Steuereinheit **15** gespeichert werden oder alternativ kann, während der vorbestimmte Winkel α für die minimale Größe der Probe, deren Auswahlbereich am kleinsten ist, zum Beispiel 40° , auf alle Größen der Probe S angewendet wird, nur dieser vorbestimmte Winkel α in der Steuereinheit **15** gespeichert werden.

[0059] An der nächsten Stelle werden durch die Steuereinheit **15**, während das in **Fig. 3** gezeigte Beugungsmuster in einer Höhen- und Tiefenrichtung des Intensitätsverhältnisses, zum Beispiel von der Seite des niedrigen Intensitätsverhältnisses von einer linearen Linie parallel zur x-Achse gescannt wird, welche das oben erwähnte Intensitätsverhältnis zeigt, d. h. die Intensität der W-L β -Linie geteilt durch die Intensität der Si-K α -Linie, alle Punkte des Beugungsmusters, welche ein Intensitätsverhältnis aufweisen, welches nicht höher als das Intensitätsverhältnis ist, welches durch die lineare Linie dargestellt wird, als Kandidatenpunkte genommen, wenn der Maximalwert des Drehwinkelunterschieds zwischen benachbarten Kandidatenpunkten der vorbestimmte Winkel α wird, zum Beispiel der Maximalwert auf den vorbestimmten Winkel α abfällt, und die Steuereinheit **15** speichert zu diesem Zeitpunkt entsprechende Drehwinkel der Kandidatenpunkte. Das Scannen von der Seite des niedrigen Intensitätsverhältnisses kann vom Null-Intensitätsverhältnis oder vom minimalen Intensitätsverhältnis im Beugungsmuster gestartet werden. Obwohl das Beugungsmuster einen Abschnitt enthält, in dem die Kandidatenpunkte entweder kontinuierlich oder unterbrochen sind, erreicht der Drehwinkelunterschied zwischen den benachbarten Kandidatenpunkten sogar in diesem unterbrochenen Abschnitt einen Wert, welcher kleiner als der vorbestimmte Winkel α ist. Die Kandidatenpunkte werden in Wirklichkeit mit einem mechanischen Positionierungsfehler oder dgl. berücksichtigt.

[0060] Es sei angemerkt, dass, wie hierin zuvor beschrieben, anstelle des Intensitätsverhältnisses, welches durch die Intensität der internen Standardlinie geteilt wird, die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen **4** mit der Wellenlänge der monochromatisierten primären Röntgenstrahlen selbst, zum Beispiel die Intensität der W-L β -Linie selbst, verwendet wird, wobei die Steuereinheit **15** alle Punkte des Beugungsmusters mit einer Intensität nicht höher als die Intensität, welche durch die lineare Linie L dargestellt wird, als Kandidatenpunkte nimmt, während des Scannens des Beugungsmusters in Höhen- und Tiefenrichtung der Intensität, zum Beispiel von der Seite der niedrigen Intensität durch die lineare Linie parallel zur x-Achse, welche die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen **4** darstellt, d. h. die W-L β -Linie.

[0061] Der Messpunkt der Probe S wird mittels einer Eingabeeinheit, zum Beispiel einer Tastatur, einer Maus und/oder eines Bildschirm-Tastfelds, welche alle nicht gezeigt sind, eingegeben und in Ab-

hängigkeit der Koordinaten der Messpunkte der Probe S liest die Steuereinheit **15** einen der Drehwinkel der gespeicherten Kandidatenpunkte aus, welcher am ehesten den Koordinaten des Messpunkts entspricht, steuert die Dreheinheit **11** und die Parallelverschiebungseinheit **12**, stellt die Probe S auf den so ausgelesenen Drehwinkel ein und der Messpunkt der Probe S wird im Mittelpunkt der Blickfelds V des Detektors **7** angeordnet, so dass er gemessen werden kann.

[0062] Beispielsweise, wenn ein in **Fig. 9** gezeigter Messpunkt F (R, -30) gemessen werden soll, wird der Drehwinkel (enthält -30 selbst innerhalb des Bereichs von $-30 \pm \alpha$), welcher der θ -Koordinate (-30) des Messpunkts am nächsten ist, von den gespeicherten Drehwinkeln der Kandidatenpunkte ausgelesen und, wenn er zum Beispiel -15° (345°) beträgt, werden die Dreheinheit **11** und die Parallelverschiebungseinheit **12** gesteuert, um die Probe S auf den ausgelesenen Drehwinkel -15° einzustellen und der Messpunkt F wird im Mittelpunkt P des Blickfelds V des Detektors **7** angeordnet, um die Probe S, wie in **Fig. 9** gezeigt, zu konditionieren. Und die primären Röntgenstrahlen **2**, welche von der Röntgenstrahlenquelle **1** in Richtung des Messpunkts F ausgestrahlt werden und die sekundären Röntgenstrahlen **4**, welche von der Probe S ausgehen, werden dann mit den Detektor **7** gemessen. Der Zustand der Probe S, bevor letztere wie in **Fig. 9** gezeigt konditioniert wird, kann die in **Fig. 2** gezeigte Ausgangsposition sein oder nach Abschluss der Messung eines anderen Messpunkts in einem Zustand verbleiben. Auch können von solch einem Zustand die Dreheinheit **11** und die Parallelverschiebungseinheit **12** auf jede Weise betrieben werden und Verfahrensweisen bereitgestellt werden, so dass die Probe S schließlich in den in **Fig. 9** gezeigten Zustand eingestellt werden kann. Sogar Messpunkte außerhalb der Nähe zur Kante der Probe S werden gleichartig gemessen. Messergebnisse werden mittels einer Anzeigeeinheit, wie zum Beispiel einer Flüssigkristall-Anzeigevorrichtung, angezeigt.

[0063] Wie hierin vorhergehend vollständig beschrieben, kann, nach dem Röntgenstrahlenanalysegerät, welches in Übereinstimmung mit der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgeführt ist, da in Bezug auf den beliebigen Messpunkt, welcher in der Umgebung der Kante der Probe S liegt, die Probe S auf den Drehwinkel eingestellt werden, welcher wirkungsvoll ist, die gebeugten Röntgenstrahlen innerhalb eines Bereichs des vorbestimmten Winkels α zu vermeiden, dessen Mittelpunkt der Idealzustand zum Unterdrücken und Vermeiden der gestreuten Röntgenstrahlen und der Verunreinigungs-Röntgenstrahlen ist, wobei nicht nur die gestreuten Röntgenstrahlen und die Verunreinigungs-Röntgenstrahlen, welche in der Nähe der Kante der scheibenförmigen Probe S von einer Art er-

zeugt werden, welche eine kristalline Struktur aufweist, und Gerätestrukturkomponenten in der Umgebung der Probe S unterdrückt und vermieden werden können, sondern auch die gebeugten Röntgenstrahlen, welche von der Probe S erzeugt werden, können vermieden werden, wodurch das einfache Erreichen einer genauen Analyse ermöglicht wird.

[0064] Auch sollten ein Röntgenstrahlenanalyseverfahren, bei welchem zum Beispiel unter Verwendung des Röntgenstrahlenanalysegeräts des Aufbaus, welcher in Übereinstimmung mit der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgeführt ist, der vorbestimmte Winkel α unter Bezugnahme des obigen gespeichert wird, und die folgenden Verfahrensweisen, welche im Zusammenhang mit dem Betrieb der Steuereinheit **15** erklärt worden sind, wobei der Drehwinkel der Probe S in Bezug auf den beliebigen Messpunkt der Probe S eingestellt wird, der Messpunkt der Probe S im Mittelpunkt P des Blickfelds V des Detektors **7** angeordnet wird und danach die Messung durchgeführt wird, als in den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung als eine zusätzliche bevorzugte Ausführungsform davon eingeschlossen verstanden werden.

[0065] Obwohl bei der Beschreibung des Röntgenstrahlenanalysegeräts gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Bezug auf das Totalreflexion-Röntgenstrahlen-Fluoreszenzspektrometer genommen worden ist, kann das Röntgenstrahlenanalysegerät der vorliegenden Erfindung ein Energie-dispersives Fluoreszenz-Spektrometer sein, welches nicht von einem Totalreflexions-Typ oder ein Wellenlängen-dispersives Fluoreszenz-Spektrometer ist. Auch kann es ein zusammengesetztes Röntgenstrahlenanalysegerät sein, bei welchem ein Fluoreszenz-Spektrometer, ein Röntgenstrahlenreflexionsmessgerät und ein Röntgenspektrograph kombiniert werden.

[0066] Obwohl die vorliegende Erfindung in Verbindung mit deren bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme der beigefügten Zeichnungen, welche nur zum Zwecke der Darstellung verwendet werden, vollständig beschrieben worden sind, wird sich der Fachmann zahlreiche Änderungen und Modifikationen innerhalb des Rahmens der Offensichtlichkeit auf Basis des Gelesenen und der hierin dargestellten Beschreibung der vorliegenden Erfindung vorstellen können. Dementsprechend sind solche Änderungen und Modifikationen, solange sie nicht außerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Erfindung liegen, aus den hier beigefügten Ansprüchen ableitbar und werden als darin enthaltend angesehen.

Bezugszeichenliste

1	Röntgenstrahlenquelle
2	Primäre Röntgenstrahlen
3	Sekundäre Röntgenstrahlen
7	Detektor
8	Probentisch
10	Bereich oberhalb der Probe
11	Dreheinheit
12	Parallelverschiebungseinheit
15	Steuereinheit
A–F	Messpunkt der Probe
L	Lineare Linie, welche die Intensität oder das Intensitätsverhältnis der sekundären Röntgenstrahlen beschreibt
R	Radius der Probe
S	Probe
T	Radius des Blickfelds des Detektors
V	Blickfeld des Detektors
ω	Drehwinkel der Probe

Patentansprüche

1. Röntgenstrahlenanalysegerät, welches umfasst: einen Probentisch, um eine scheibenförmige Probe einer Art zu stützen, welche eine kristalline Struktur aufweist, welche auf dem Probentisch angeordnet worden ist; eine Röntgenstrahlenquelle, um monochromatisierte primäre Röntgenstrahlen in Richtung der Probe auszustrahlen; einen Detektor, um von der Probe emittierte, sekundäre Röntgenstrahlen zu detektieren; eine Parallelverschiebungseinheit, um den Probentisch parallel zu bewegen, so dass ein beliebiger Messpunkt einer Messfläche der Probe innerhalb eines Blickfelds des Detektors angeordnet werden kann; eine Dreheinheit, um den Probentisch um eine Achse zu drehen, welche senkrecht zur Messfläche der Probe ist; und eine Steuereinheit, um die Röntgenstrahlenquelle, die Parallelverschiebungseinheit und die Dreheinheit zu steuern; in welchem in Bezug auf einen bestimmten beliebigen Messpunkt, welcher in der Nähe einer Kante der Probe liegt, die Messung durch Positionierung des bestimmten beliebigen Messpunkts so durchgeführt wird, dass die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von einem Bereich oberhalb der Probe ausgestrahlt werden und in Richtung außerhalb des Bereichs reflektiert werden; in welchem die Steuereinheit einen vorbestimmten Winkel eines Werts speichert, welcher gleich oder kleiner als ein Winkel $2\theta_1$ ist, welcher durch die folgende Gleichung (1) auf der Basis des Radius R der Probe und des Radius T des Blickfelds des Detektors in der Messfläche der Probe bestimmt wird, aber nicht kleiner als 4° ist;

$$\sin\theta_1 = (R - T)/R \quad (1)$$

in welchem mittels der Steuereinheit die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von der Röntgenstrahlenquelle ausgestrahlt werden, während die Probe von der Dreheinheit um 360° um einen vorbestimmten Punkt der Probe gedreht wird, und ein Beugungsmuster, in welchem die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen einer Wellenlänge der vom Detektor detektierten, monochromatisierten primären Röntgenstrahlen in Verbindung mit dem Drehwinkel der Probe gebracht wird, erfasst und gespeichert wird,

in welchem mittels der Steuereinheit, während das Beugungsmuster von einer linearen Linie gescannt wird, welche die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen in einer Höhen- und Tiefenrichtung der Intensität darstellt, Punkte auf dem Beugungsmuster, welche eine Intensität aufweisen, welche nicht höher als die Intensität ist, welche durch die lineare Linie dargestellt wird, als Kandidatenpunkte genommen werden und entsprechende Drehwinkel der Kandidatenpunkte gespeichert werden, wenn der Maximalwert des Drehwinkelunterschieds zwischen benachbarten Kandidatenpunkten der vorbestimmte Winkel wird; und

in welchem in Abhängigkeit der Koordinaten des Messpunkts der Probe der Drehwinkel, welcher am nächsten zu den Koordinaten des Messpunkts ist, von den gespeicherten entsprechenden Drehwinkeln der Kandidatenpunkte ausgelesen wird, wobei die Dreheinheit und die Parallelverschiebungseinheit so gesteuert werden, dass die Probe in einem Drehwinkel eingestellt wird, welcher so ausgelesen wird, und der Messpunkt der Probe innerhalb des Blickfelds des Detektors angeordnet ist.

2. Röntgenstrahlenanalysegerät, welches umfasst: einen Probenstisch, um eine scheibenförmige Probe einer Art zu stützen, welche eine kristalline Struktur aufweist, welche auf dem Probenstisch angeordnet worden ist;

eine Röntgenstrahlenquelle, um monochromatisierte primäre Röntgenstrahlen in Richtung der Probe auszustrahlen;

einen Detektor, um von der Probe emittierte, sekundäre Röntgenstrahlen zu detektieren;

eine Parallelverschiebungseinheit, um den Probenstisch parallel zu bewegen, so dass ein beliebiger Messpunkt einer Messfläche der Probe innerhalb eines Blickfelds des Detektors angeordnet werden kann;

eine Dreheinheit, um den Probenstisch um eine Achse zu drehen, welche senkrecht zur Messfläche der Probe ist; und

eine Steuereinheit, um die Röntgenstrahlenquelle, die Parallelverschiebungseinheit und die Dreheinheit zu steuern;

in welchem in Bezug auf einen bestimmten beliebigen Messpunkt, welcher in der Nähe einer Kante der

Probe liegt, die Messung durch Positionierung des bestimmten beliebigen Messpunkts so durchgeführt wird, dass die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von einem Bereich oberhalb der Probe ausgestrahlt werden und in Richtung außerhalb des Bereichs reflektiert werden;

in welchem die Steuereinheit einen vorbestimmten Winkel eines Werts speichert, welcher gleich oder kleiner als ein Winkel $2\theta_1$ ist, welcher durch die folgende Gleichung (1) auf der Basis des Radius R der Probe und des Radius T des Blickfelds des Detektors in der Messfläche der Probe bestimmt wird, aber nicht kleiner als 4° ist;

$$\sin\theta_1 = (R - T)/R \quad (1)$$

in welchem mittels der Steuereinheit die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von der Röntgenstrahlenquelle ausgestrahlt werden, während die Probe von der Dreheinheit um 360° um einen vorbestimmten Punkt der Probe gedreht wird, und ein Beugungsmuster, in welchem ein Intensitätsverhältnis, welches die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen einer Wellenlänge der vom Detektor detektierten, monochromatisierten primären Röntgenstrahlen, geteilt durch die Intensität der vom Detektor detektierten Fluoreszenz-Röntgenstrahlen von einer Hauptkomponente der Probe ist, mit dem Drehwinkel der Probe in Verbindung gebracht wird, erfasst und gespeichert wird;

in welchem mittels der Steuereinheit, während das Beugungsmuster von einer linearen Linie gescannt wird, welche das Intensitätsverhältnis der sekundären Röntgenstrahlen in einer Höhen- und Tiefenrichtung des Intensitätsverhältnisses darstellt, Punkte auf dem Beugungsmuster, welche ein Intensitätsverhältnis aufweisen, welches nicht höher als das Intensitätsverhältnis ist, welches durch die lineare Linie dargestellt wird, als Kandidatenpunkte genommen werden und entsprechende Drehwinkel der Kandidatenpunkte gespeichert werden, wenn der Maximalwert des Drehwinkelunterschieds zwischen benachbarten Kandidatenpunkten der vorbestimmte Winkel wird; und

in welchem in Abhängigkeit der Koordinaten des Messpunkts der Probe der Drehwinkel, welcher am nächsten zu den Koordinaten des Messpunkts ist, von den gespeicherten entsprechenden Drehwinkeln der Kandidatenpunkte ausgelesen wird, wobei die Dreheinheit und die Parallelverschiebungseinheit so gesteuert werden, dass die Probe in einem Drehwinkel eingestellt wird, welcher so ausgelesen wird, und der Messpunkt der Probe innerhalb des Blickfelds des Detektors angeordnet ist.

3. Röntgenstrahlenanalyseverfahren, welches ein Röntgenstrahlenanalysegerät verwendet, welches umfasst:

einen Probenstisch, um eine scheibenförmige Probe einer Art zu stützen, welche eine kristalline Struk-

tur aufweist, welche auf dem Proben­tisch angeordnet worden ist;

eine Röntgenstrahlenquelle, um monochromatisierte primäre Röntgenstrahlen in Richtung der Probe auszustrahlen;

einen Detektor, um von der Probe emittierte, sekundäre Röntgenstrahlen zu detektieren;

eine Parallelverschiebungseinheit, um den Proben­tisch parallel zu bewegen, so dass ein beliebiger Messpunkt einer Messfläche der Probe innerhalb eines Blickfelds des Detektors angeordnet werden kann;

eine Dreheinheit, um den Proben­tisch um eine Achse zu drehen, welche senkrecht zur Messfläche der Probe ist; und

in welchem in Bezug auf einen bestimmten beliebigen Messpunkt, welcher in der Nähe einer Kante der Probe liegt, die Messung durch Positionierung des bestimmten beliebigen Messpunkts so durchgeführt wird, dass die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von einem Bereich oberhalb der Probe ausgestrahlt werden und in Richtung außerhalb des Bereichs reflektiert werden;

in welchem ein vorbestimmter Winkel eines Werts gespeichert wird, welcher gleich oder kleiner als ein Winkel $2\theta_1$ ist, welcher durch die folgende Gleichung (1) auf der Basis des Radius R der Probe und des Radius T des Blickfelds des Detektors in der Messfläche der Probe bestimmt wird, aber nicht kleiner als 4° ist;

$$\sin\theta_1 = (R - T)/R \quad (1)$$

in welchem die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von der Röntgenstrahlenquelle ausgestrahlt werden, während die Probe von der Dreheinheit um 360° um einen vorbestimmten Punkt der Probe gedreht wird, und ein Beugungsmuster, in welchem die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen einer Wellenlänge der vom Detektor detektierten, monochromatisierten primären Röntgenstrahlen in Verbindung mit dem Drehwinkel der Probe gebracht wird, erfasst und gespeichert wird,

in welchem, während das Beugungsmuster von einer linearen Linie gescannt wird, welche die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen in einer Höhen- und Tiefenrichtung der Intensität darstellt, Punkte auf dem Beugungsmuster, welche eine Intensität aufweisen, welche nicht höher als die Intensität ist, welche durch die lineare Linie dargestellt wird, als Kandidatenpunkte genommen werden und entsprechende Drehwinkel der Kandidatenpunkte gespeichert werden, wenn der Maximalwert des Drehwinkelunterschieds zwischen benachbarten Kandidatenpunkten der vorbestimmte Winkel wird; und

in welchem in Abhängigkeit der Koordinaten des Messpunkts der Probe der Drehwinkel, welcher am nächsten zu den Koordinaten des Messpunkts ist, von den gespeicherten entsprechenden Drehwinkeln der Kandidatenpunkte ausgelesen wird, wobei die Probe in einem so ausgelesenen Drehwinkel einge-

stellt und der Messpunkt der Probe innerhalb des Blickfelds des Detektors durch die Dreheinheit und die Parallelverschiebungseinheit angeordnet wird.

4. Röntgenstrahlenanalyseverfahren, welches ein Röntgenstrahlenanalysegerät verwendet, welches umfasst:

einen Proben­tisch, um eine scheibenförmige Probe einer Art zu stützen, welche eine kristalline Struktur aufweist, welche auf dem Proben­tisch angeordnet worden ist;

eine Röntgenstrahlenquelle, um monochromatisierte primäre Röntgenstrahlen in Richtung der Probe auszustrahlen;

einen Detektor, um von der Probe emittierte, sekundäre Röntgenstrahlen zu detektieren;

eine Parallelverschiebungseinheit, um den Proben­tisch parallel zu bewegen, so dass ein beliebiger Messpunkt einer Messfläche der Probe innerhalb eines Blickfelds des Detektors angeordnet werden kann;

eine Dreheinheit, um den Proben­tisch um eine Achse zu drehen, welche senkrecht zur Messfläche der Probe ist; und

in welchem in Bezug auf einen bestimmten beliebigen Messpunkt, welcher in der Nähe einer Kante der Probe liegt, die Messung durch Positionierung des bestimmten beliebigen Messpunkts so durchgeführt wird, dass die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von einem Bereich oberhalb der Probe ausgestrahlt werden und in Richtung außerhalb des Bereichs reflektiert werden;

in welchem ein vorbestimmter Winkel eines Werts gespeichert wird, welcher gleich oder kleiner als ein Winkel $2\theta_1$ ist, welcher durch die folgende Gleichung (1) auf der Basis des Radius R der Probe und des Radius T des Blickfelds des Detektors in der Messfläche der Probe bestimmt wird, aber nicht kleiner als 4° ist;

$$\sin\theta_1 = (R - T)/R \quad (1)$$

in welchem die monochromatisierten primären Röntgenstrahlen von der Röntgenstrahlenquelle ausgestrahlt werden, während die Probe von der Dreheinheit um 360° um einen vorbestimmten Punkt der Probe gedreht wird, und ein Beugungsmuster, in welchem ein Intensitätsverhältnis, welches die Intensität der sekundären Röntgenstrahlen einer Wellenlänge der vom Detektor detektierten, monochromatisierten primären Röntgenstrahlen, geteilt durch die Intensität der vom Detektor detektierten Fluoreszenz-Röntgenstrahlen von einer Hauptkomponente der Probe ist, mit dem Drehwinkel der Probe in Verbindung gebracht wird, erfasst und gespeichert wird;

in welchem, während das Beugungsmuster von einer linearen Linie gescannt wird, welche das Intensitätsverhältnis der sekundären Röntgenstrahlen in einer Höhen- und Tiefenrichtung des Intensitätsverhältnisses darstellt, Punkte auf dem Beugungsmuster, welche ein Intensitätsverhältnis aufweisen, welches

nicht höher als das Intensitätsverhältnis ist, welches durch die lineare Linie dargestellt wird, als Kandidatenpunkte genommen werden und entsprechende Drehwinkel der Kandidatenpunkte gespeichert werden, wenn der Maximalwert des Drehwinkelunterschieds zwischen benachbarten Kandidatenpunkten der vorbestimmte Winkel wird; und
in welchem in Abhängigkeit der Koordinaten des Messpunkts der Probe der Drehwinkel, welcher am nächsten zu den Koordinaten des Messpunkts ist, von den gespeicherten entsprechenden Drehwinkeln der Kandidatenpunkte ausgelesen wird, wobei die Probe in einem so ausgelesenen Drehwinkel eingestellt und der Messpunkt der Probe wird innerhalb des Blickfelds des Detektors durch die Dreheinheit und die Parallelverschiebungseinheit angeordnet wird.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

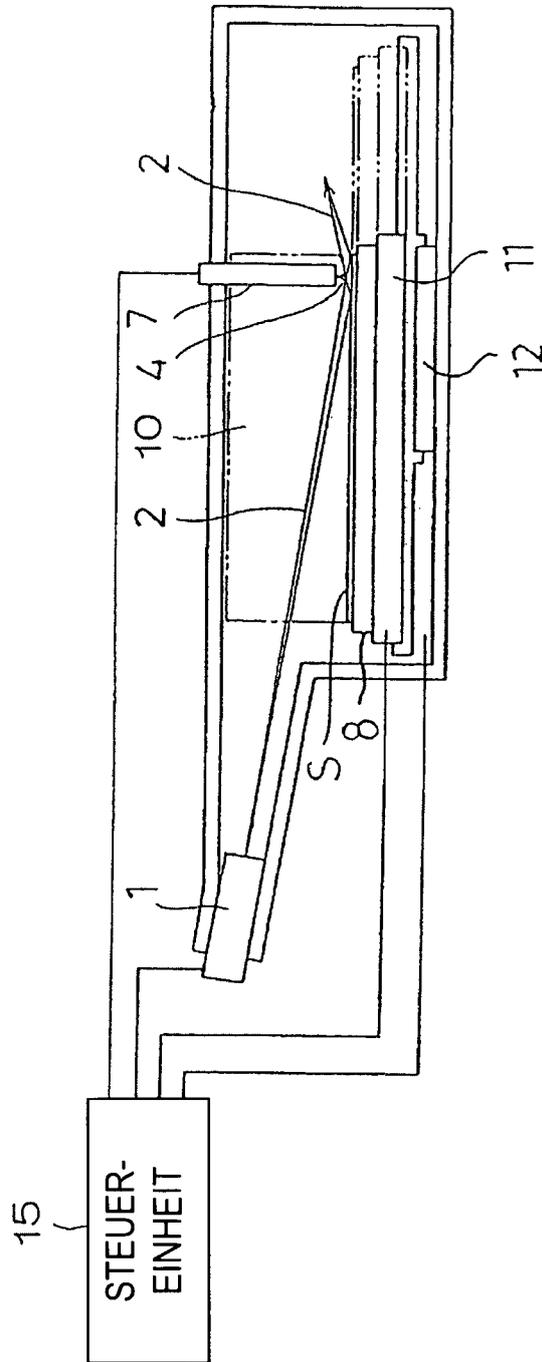


Fig. 2

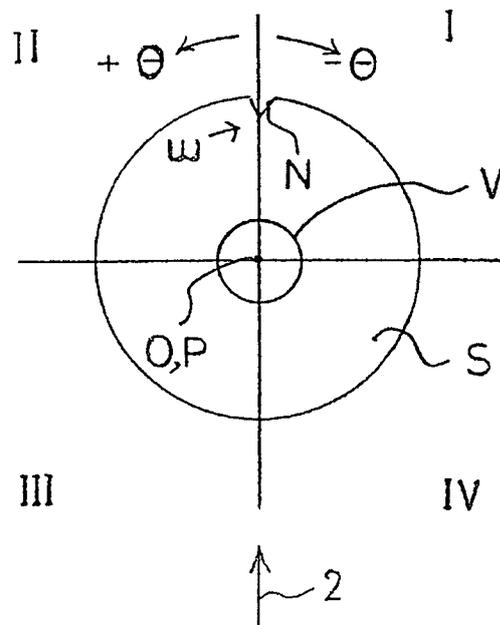


Fig. 3

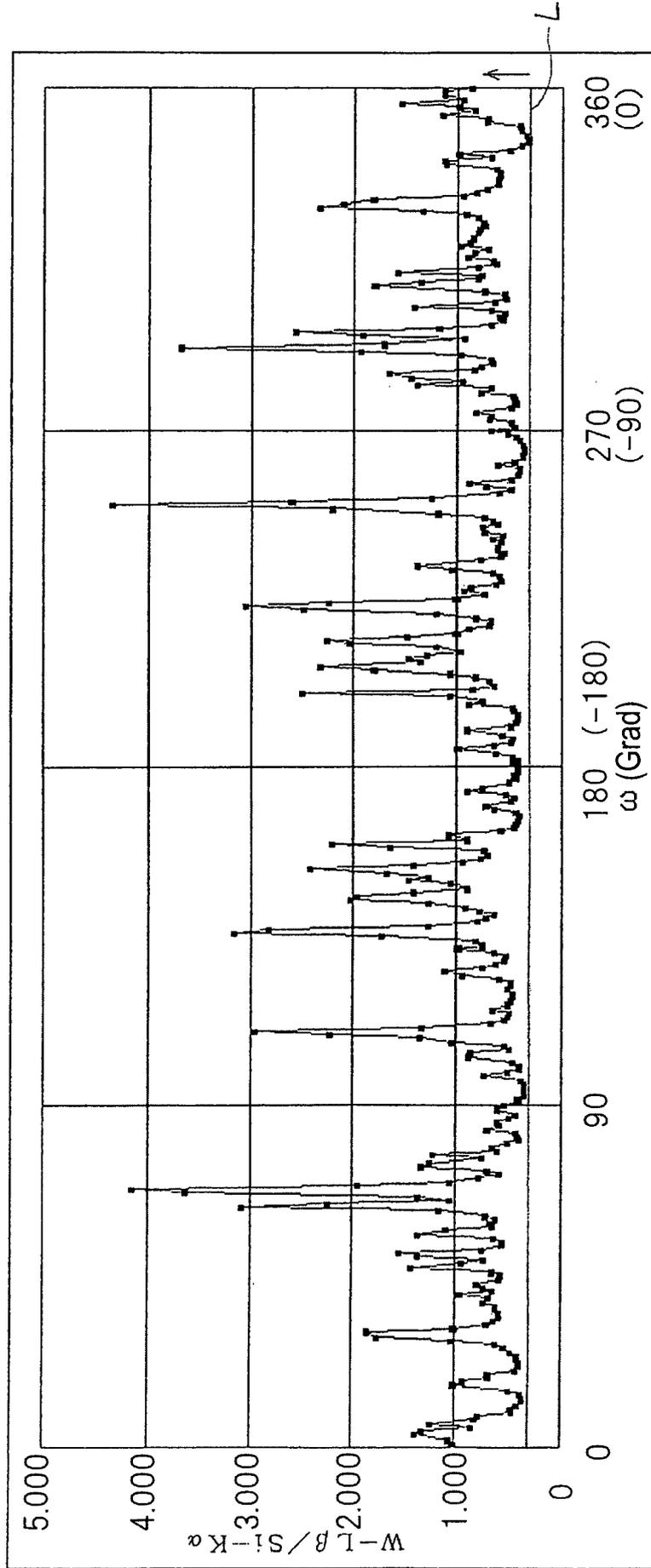


Fig. 4

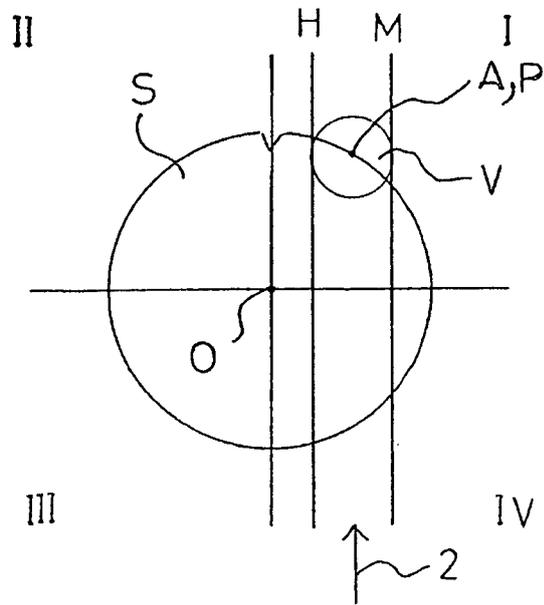


Fig. 5

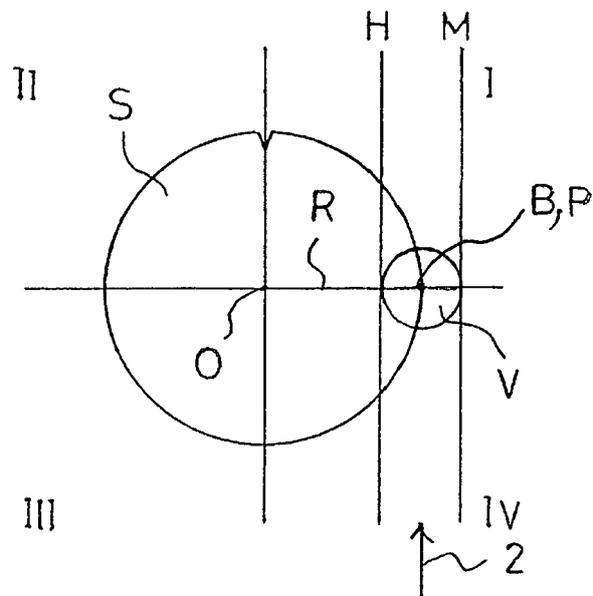


Fig. 6

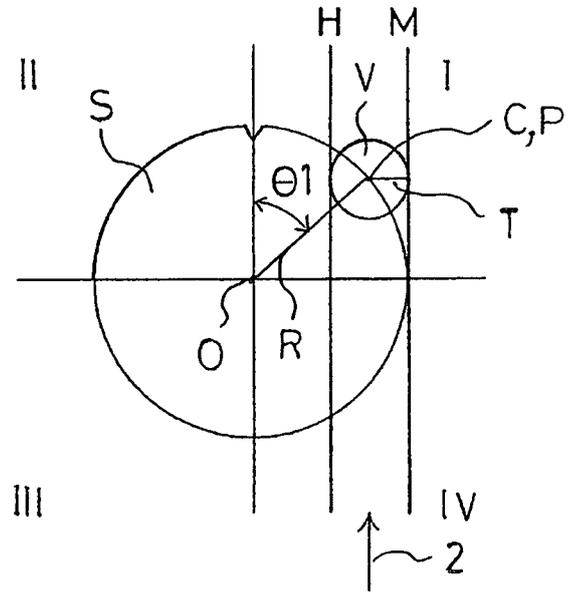


Fig. 7

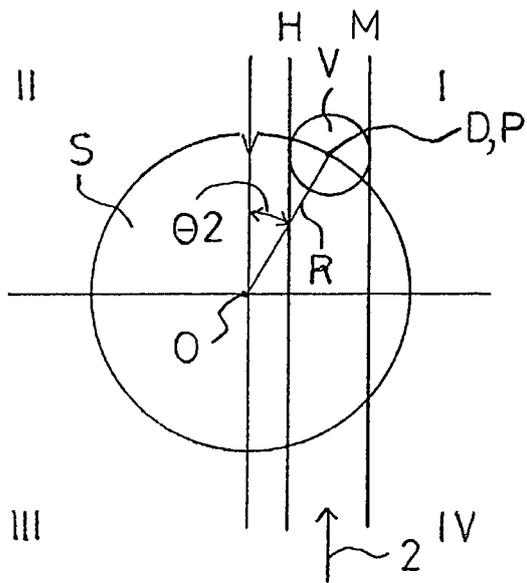


Fig. 8

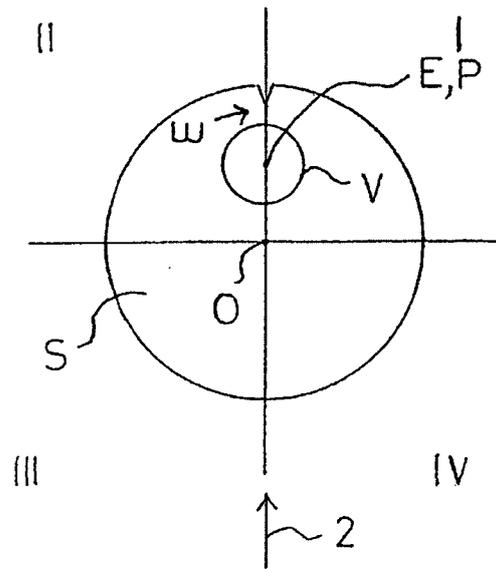


Fig. 9

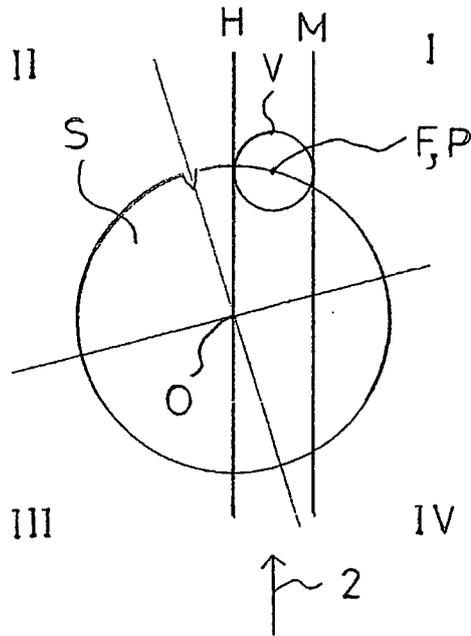


Fig. 10

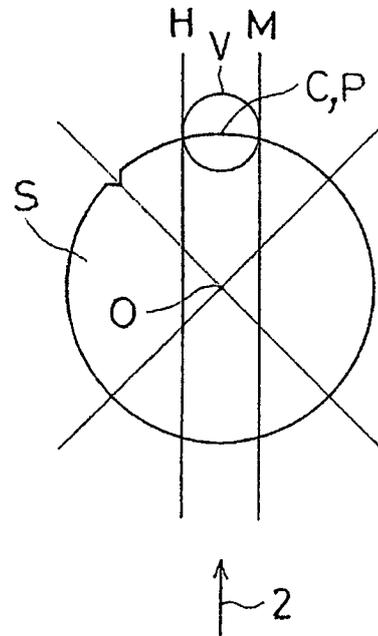


Fig. 11

