



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2011 087 537.9

(51) Int Cl.: G01N 23/207 (2006.01)

(22) Anmelddatum: 01.12.2011

(43) Offenlegungstag: 06.06.2012

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 04.05.2016

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2010-271410 06.12.2010 JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

JP 2004- 340 632 A
JP H09- 304 307 A

Fewster, Journal of Applied Crystallography 24 (1991) 178-183

Lang et al., Diamond and Related Materials 6 (1997) 1226-1230

Lorber et al., Journal of Crystal Growth 204 (1999) 357-368

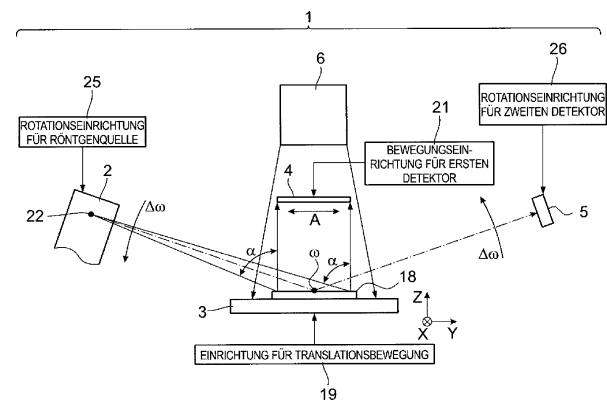
(73) Patentinhaber:
Rigaku Corporation, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
RAU, SCHNECK & HÜBNER Patentanwälte
Rechtsanwälte PartGmbH, 90402 Nürnberg, DE

(72) Erfinder:
Ozawa, Tetsuya, Tokyo, JP; Matsuo, Ryuji, Tokyo,
JP; Inaba, Katsuhiko, Tokyo, JP

(54) Bezeichnung: Röntgendiffraktionsvorrichtung und Röntgendiffraktions-Messverfahren

(57) Hauptanspruch: Röntgendiffraktionsvorrichtung (1) mit:
einer Röntgentopografieeinrichtung (22, 4) zum Bereitstellen
einer räumlichen geometrischen Entsprechung eines von ei-
ner planaren Region einer Probe (18) abgehenden Röntgen-
strahls, um den Röntgenstrahl als einen planaren Röntgen-
topografen zu detektieren und den Röntgenstrahltopografen
als ein Signal auszugeben;
einer optischen Bilderfassungseinrichtung (6) zum Empfan-
gen eines Lichtbildes der planaren Region der Probe (18)
und zum Ausgeben des Lichtbildes als ein durch die planare
Positionsinformation spezifiziertes Signal;
einer Video-Syntheseeinrichtung (11, 14) zum Erzeugen
synthetisierter Videodaten auf der Basis eines Ausgangs-
signals von dem Röntgentopografen und eines Ausgangs-
signals von der optischen Bilderfassungseinrichtung (6);
einem Röntgenmesssystem (22, 5) zum Bestrahlen der Pro-
be (18) mit einem Röntgenstrahl innerhalb einer engeren Re-
gion, als der Region, in welcher die Probe (18) mit einem
Röntgenstrahl in der Röntgentopografieeinrichtung (4, 22)
bestrahlt wird, und zum Erfassen eines Röntgenstrahls, der
von der Probe (18) zu dieser Zeit abgeht; und
einer Proben-Bewegungseinrichtung (19), um die Probe (18)
zu veranlassen, eine Translationsbewegung durchzuführen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Röntgendiffraktionsvorrichtung und ein Röntgendiffraktions-Messverfahren basierend auf einer Röntgentopografie.

[0002] Aus Lorber et al., Journal of Crystal Growth 204 (1999), 357–368 ist es bekannt, eine Röntgentopografieaufnahme sowie eine mikroskopische Aufnahme einer Probe gemeinsam auszuwerten. Dies ist außerdem aus Lang et al., Diamond and Related Materials 6 (1997), 1226–1230 bekannt.

[0003] Aus der JP 2004-340 632 A ist eine Vorrichtung bekannt, welche ein Überlagerungsbild aus einem mikroskopischen Bild und einem Röntgenbild herstellt.

[0004] Die Röntgentopografie ist als eines der Röntgendiffraktions-Messerverfahren bekannt. Eine Röntgentopografie ist ein Messverfahren, dass so entwickelt wurde, dass ein breiter Bereich einer Probe mit Röntgenstrahlen bestrahlt wird und die gebeugten Strahlen, die von der Probe abgehen, in einer Ebene (das heißt, in zwei Dimensionen) durch einen Röntgendetektor detektiert werden. Ganz speziell ist die Röntgentopografie ein Verfahren, in welchem gebeugte Strahlen, die von einer planaren Region einer Probe abgegangen sind, mit einer räumlichen geometrischen Entsprechung versehen und als ein planares Röntgendiffraktionsbild festgehalten werden. Das planare Röntgendiffraktionsbild wird als Röntgentopograf bezeichnet.

[0005] Die Formeigenschaften, die in einem Röntgentopograf auftreten, repräsentieren typischerweise die zusammengesetzten Eigenschaften eines Objekts. Zum Beispiel erscheinen Gitterfehler und eine Gitterdeformation in einem einzelnen Kristall in einem Röntgentopograf als Änderungen in der Röntgenintensität. Aus diesem Grunde wird die Röntgentopografie, was ein Messverfahren zum Erhalten eines Röntgentopografen ist, gegenwärtig häufig als Verfahren zum Bewerten der Unversehrtheit von Kristallen in Einkristallmaterialien, wie von Silizium-Substraten in Halbleitereinrichtungen verwendet.

[0006] Es gibt auch Röntgendiffraktions-Messverfahren, in welchen eine sehr kleine Region einer Probe mit einem sehr dünnen Röntgenstrahl bestrahlt wird und ein diverser Bereich von Messungen an der sehr kleinen Region durchgeführt wird. Beispiele solcher Messverfahren umfassen eine qualitative Analyse, eine Rocking Curve Messung, Reflektometrie, reziproke Gitterabbildung, eine Messung in gleicher Ebene, und dergleichen.

[0007] In der üblichen Praxis wird ein Verfahren zum Bewerten der Kristallinität eines Einkristalls verwen-

det, in welchem die Röntgentopografie und die Rocking Curve Messung unter Verwendung der gleichen Röntgenmesseinrichtung durchgeführt werden (siehe zum Beispiel JP 09-145641 A). Gemäß dem Bewertungsverfahren wird ein Einkristall in Bezug auf das Vorhandensein von Kristallfehlern durch einen Röntgentopografen untersucht, der durch die Röntgentopografie bestimmt wird. Ferner wird eine Rocking Curve Messung nur in der Nähe der entdeckten Fehler durchgeführt und werden die Kristallfehler quantitativ gemessen. Gemäß diesem Bewertungsverfahren wird die für die Rocking Curve Messung benötigte Messdauer im Vergleich zu dem Fall deutlich verringert, in welchem die Rocking Curve Messung über einen breiten Bereich einer Probe durchgeführt wird.

[0008] In der üblichen Praxis werden auch Einkristall-Röntgenbewertungseinrichtungen verwendet, in welchen eine Röntgentopografie und Röntgendiffraktionsmessung selektiv durchgeführt werden, indem die Positionen der geeigneten optischen Elemente in einer einzelnen Röntgendiffraktions-Messeinrichtung gewechselt werden. Die Röntgentopografie kann ein Lang-Verfahren, eine Abschnittstopografie, eine Oberflächenreflektionstopografie, eine Reflektionstopografie mit einem Kristall-Monochromator oder dergleichen sein, und die Röntgendiffraktionsmessung, die in einem begrenzten Messfeld durchgeführt wird, kann eine absolute Röntgenintensitätsmessung, eine Rocking Curve Messung, eine Diffraktionsprofilierung mit einem eingesetzten Analysatorkristall oder dergleichen sein (siehe zum Beispiel JP 2006-284210 A).

[0009] Gemäß der in der JP 09-145641 A offenbarten Vorrichtung wird vorgeschlagen, dass ein Abschnitt in einem Einkristall, der Kristallfehler enthält, durch eine Röntgentopografie untersucht wird und dass eine Rocking Curve Messung nur für den entdeckten Abschnitt durchgeführt wird. Die Position des Abschnitts jedoch, an welcher die Rocking Curve Messungen durchgeführt werden sollen, muss durch Verfahren definiert werden, die Zeit benötigen und präzise sind. In diesen Verfahren muss nicht nur die Position des Abschnitts als eine Koordinatenposition in einem Röntgentopografen deutlich spezifiziert sein, was ein planares Bild ist, sondern muss ein Röntgenstrahl, der durch einen Pinhole-Kollimator hindurchgegangen ist, doppelt auf einen Röntgentopograf aufgebracht werden, um die Position zu bestätigen. Aus diesem Grunde werden Vorgänge, wodurch ein Abschnitt mit durch Röntgentopografie festgestellten Kristallfehlern als ein unter Verwendung einer Rocking Curve Analyse zu messender Abschnitt eingestellt wird, extrem schwierige und zeitaufwändige Vorgänge.

[0010] Für die in der JP 2006-284210 A offenbarte Vorrichtung ist eine Technik beschrieben, durch wel-

che entweder eine Einrichtung zum Durchführen einer Röntgentopografie (das heißt, eine Röntgentopografieeinrichtung) oder eine andere Röntgenmess- einrichtung wahlfrei bedarfsweise durch Einschalten der Komponenten oder Verändern der Anordnungs- position eingerichtet wird. Die Druckschrift berührt jedoch nicht die technologische Idee, mit welcher die Position in gleicher Ebene eines unter Verwendung einer Röntgentopografie zu beobachtenden Kristall- fehlers mit Koordinaten oder dergleichen klar spezifi- ziert wird.

[0011] Auf Mikroskopie basierende Methoden sind allgemein bekannt als Verfahren zum Entdecken von Fehlern in dem Si-Substrat einer Halbleitereinrich- tung. Falls es im Einzelnen einen Gitterfehler in der Größenordnung einiger Mikrometer gibt, wird ein fest- gelegter Bereich innerhalb des Substrats durch ein optisches Reflektionsmikroskop fotografiert, das foto- grafische Bild visuell beobachtet, um Kristallfehler herauzu- finden, und die Positionen gleicher Ebene der Fehler unter Verwendung von Koordinaten oder dergleichen spezifiziert.

[0012] Die ein optisches Reflektionsmikroskop nut- zenden Verfahren haben jedoch ein Problem dahin- gehend, dass diese Verfahren, obwohl sie in Fällen effektiv sind, in welchen das Messobjekt eine optisch opake Substanz ist, nicht auf optisch transpa- rente Substanzen angewendet werden können. Zum Beispiel kann ein Bewertungsverfahren, unter Nut- zung eines optischen Reflektionsmikroskops nicht an transparenten Saphir (Al_2O_3) Substraten angewendet werden, die in LEDs (Licht emittierende Dioden) ver- wendet werden.

[0013] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfin- dung, eine Röntgendiffraktionsvorrichtung zu schaf- fen, die in der Lage ist, eine Position in einer Region einer Ebene einer Substanz zu spezifizieren, selbst dann, wenn die Substanz optisch transparent ist, das heißt, einen höheren Grad an optischer Klarheit hat und nicht unter Verwendung eines optischen Reflek- tionsmikroskops beobachtet werden kann.

[0014] Ferner ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Röntgendiffraktions-Messverfahren zu schaffen, welches eine beliebige Position in einer Re- gion einer Ebene einer zu spezifizierenden und ei- ner Röntgenmessung zu unterziehenden Substanz ermöglicht.

[0015] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 6 ge- löst. Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteran- sprüchen.

[0016] Die optische Bilderfassungseinrichtung in der obigen Konfiguration kann zum Beispiel eine Bild-

gebungseinrichtung sein, die einen Halbleiter-Bildge- bungssensor, ein optisches Mikroskop oder dergleichen, nutzt.

[0017] Gemäß der vorliegenden Erfindung können transparente Proben, die mit der optischen Bilderfas- sungseinrichtung nicht sichtbar gemacht werden kön- nen, durch die Röntgentopografieeinrichtung sicht- bar gemacht und als Messobjekt genutzt werden. Zu- dem kann eine beliebige Position in einer Region ei- ner Ebene einer Probe, die sichtbar gemacht wurde, durch die Video-Syntheseeinrichtung deutlich spezi- fiziert werden. Die spezifizierte Positions- information kann zu Daten für einen diversen Bereich von Rönt- genmessungen, die nachfolgend an der Probe durch- geführt werden, angepasst werden.

[0018] In herkömmlichen Röntgendiffraktionsvor- richtungen musste die Position, in welcher ein Rönt- genstrahl auf eine Probe einfällt, in einem Falle, in welchem die Region von Interesse in einem Rönt- gentopograf ausgewählt wurde und eine Röntgen- messung durchgeführt wurde, mit der Region von Interesse durch Ausprobieren ausgerichtet werden. Im Gegensatz dazu kann gemäß der vorliegenden Er- findung die nachfolgend durchgeführte Röntgenmes- sung sowohl schnell als auch genau durchgeführt werden, weil die Region von Interesse in einem Rönt- gentopograf in einer kurzen Zeitspanne durch die Vi- deo-Syntheseeinrichtung deutlich spezifiziert werden kann.

[0019] In der obigen Konfiguration kann jede beliebi- ge Einrichtung verwendet werden, solange die Rönt- gentopografieeinrichtung so konfiguriert ist, dass die- se den Erhalt eines zweidimensionalen Bildes ei- ner Probe erlaubt. Zum Beispiel können die in den **Fig. 4A** bis **Fig. 4D** gezeigten Einrichtungen ver- wendet werden. Die in **Fig. 4A** gezeigte Einrich- tung ist eine Röntgentopografieeinrichtung, die ge- mäß einem divergenten kontinuierlichen Röntgenver- fahren arbeitet. In der Einrichtung treffen kontinuierli- che Röntgenstrahlen, die von einem Röntgenstrahl- Brennfleck **51** emittiert werden, auf eine Probe **52**, und ein Bild eines Röntgentopografen wird durch ei- nen zweidimensionalen Röntgendetektor **53** erfasst.

[0020] Die in **Fig. 4B** gezeigte Einrichtung ist ei- ne Röntgentopografieeinrichtung, die gemäß dem Berg-Barrett Verfahren arbeitet, welches eine durch ein Einkristallverfahren erzeugte Reflektionsgeome- trie nutzt. In dieser Einrichtung trifft ein von einem linearen Brennfleck **54** austretender monochromati- scher Röntgenstrahl auf eine Probe **52** und wird ein Bild eines Röntgentopografen durch einen zweidi- mensionalen Röntgendetektor **53** erfasst.

[0021] Die in **Fig. 4C** gezeigte Einrichtung ist eine Röntgentopografieeinrichtung, die gemäß dem Lang Verfahren arbeitet, welches eine durch ein Einkristall-

verfahren erzeugte Transmissionsgeometrie nutzt. In der Einrichtung werden von einem Brennfleck **51** emittierte monochromatische Röntgenstrahlen in eine lineare Form umgewandelt, indem diese durch einen streifenförmigen Schlitz hindurchgeführt werden, das heißt, ein Schlitz, der in einer vertikalen Richtung (das heißt, in einer Richtung von oben nach unten) so lang ist, dass eine Probe **52** getroffen wird, und ein Bild eines Röntgentopografen wird durch einen zweidimensionalen Röntgendetektor **53** erfasst. Die Probe **52** und der Röntgendetektor **53** führen gemeinsam eine Translationsbewegung aus, wie dies durch die Pfeile B angegeben ist.

[0022] Die in **Fig. 4D** gezeigte Einrichtung ist eine Röntgentopografieeinrichtung, die auf einem Doppelkristallverfahren basiert. In dieser Einrichtung werden monochromatische Röntgenstrahlen, die von einem linearen Brennfleck **54** emittiert werden, asymmetrisch durch einen ersten Kristall **55** reflektiert und werden dann dazu veranlasst, auf eine Probe **52** zu treffen, welche ein zweiter Kristall ist, und ein Bild eines Röntgentopografen wird durch einen zweidimensionalen Röntgendetektor **53** erfasst.

[0023] Ferner ist in jeder der vorgenannten Einrichtungen der Röntgendetektor nicht darauf beschränkt, ein zweidimensionaler Röntgendetektor zu sein, sondern kann auch ein eindimensionaler Röntgendetektor oder ein Null-dimensionaler Röntgendetektor sein, solange der Röntgendetektor in der Lage ist, ein zweidimensionales Bild einer Probe zu erhalten.

[0024] In der Röntgendiffraktionsvorrichtung mit Bezug auf die vorliegende Erfindung ist die Video-Syntheseinrichtung in der Lage, die synthetisierten Videodateien auf der Basis einer für die Probe eingestellten Bezugsposition zu erzeugen. Diese Konfiguration ermöglicht es, einen Röntgentopograf und ein Lichtbild einer Probe genau auszurichten.

[0025] Die Bezugsposition kann eine Kante der Probe oder eine in der Probe vorgesehene Markierung sein. In einem Falle, in welchem die Probe eine transparente Substanz oder eine Substanz mit einem hohen Grad an Klarheit ist, kann eine optische Bilderfassungseinrichtung, wie ein optisches Mikroskop oder dergleichen, keine visuelle Bestätigung der Struktur des Probeninneren bereitstellen. Andererseits kann die äußere Umfangskante der Probe visuell bestätigt werden, weil Bedingungen für sichtbares Licht zur Transmission, Reflexion und Streuung an dem Probeninneren nicht identisch sind mit Bedingungen für sichtbares Licht zur Transmission, Reflexion und Streuung an Luft. Aus diesem Grunde kann die Kante als Bezug für den Video-Matchingprozess genommen werden.

[0026] In der Röntgendiffraktionsvorrichtung mit Bezug auf die vorliegende Erfindung kann die optische

Bilderfassungseinrichtung so konfiguriert sein, dass diese einen Halbleiter-Bildsensor hat, in welchem eine Mehrzahl von Halbleiter-Röntgenlicht-Empfangselementen in einer planaren oder linearen Formation aufgereiht sind. Die Röntgenlicht-Empfangselemente können zum Beispiel CCDs (Charge Coupled Devices), CMOSs (Complementary Metal Oxide Semiconductors) oder sogenannte Photonen zählende Elemente sein, welche Bauteile zum Empfangen eines Röntgenstrahls und zum direkten Ausgeben eines elektrischen Signals sind. Es wird für die optische Bilderfassungseinrichtung vorgezogen, ein Lichtbild einer gesamten Probe zu erfassen, und ein Halbleiter-Bildsensor ist in diesem Sinne ideal.

[0027] In der Röntgendiffraktionsvorrichtung mit Bezug auf die vorliegende Erfindung ist die Probe vorzugsweise eine optische, transparente Einkristallsubstanz, deren Oberfläche Licht in kleiner Menge reflektiert. Mit der optischen Bilderfassungseinrichtung, wie Bildgebungseinrichtungen und dergleichen, können transparente Substanzen nicht als Beobachtungsobjekte verwendet werden, aber die Röntgendiffraktionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung macht eine transparente Substanz als einen Röntgentopograf sichtbar und kann deshalb eine transparente Substanz zu einem Beobachtungsobjekt machen. Zudem kann jede Position innerhalb einer Region einer Ebene der Substanz durch die Video-Syntheseinrichtung in Form einer Koordinateninformation, wie planare Koordinaten oder dergleichen, spezifiziert werden.

[0028] Mit einer Vorrichtung gemäß Anspruch 1 kann die interessierende Region zu der mit einem Röntgenstrahl bestrahlten Region bewegt werden, um eine detaillierte Röntgenmessung in einem Falle durchzuführen, in welchem zum Beispiel ein Röntgentopograf beobachtet wird und eine Region von Interesse, wie ein Gitterfehler oder dergleichen, spezifiziert wird.

[0029] Ein solches Röntgenmesssystem kann zum Beispiel wenigstens eines sein ausgewählt von einer Rocking Curve-Messeinrichtung, Reflektometrieseinrichtung, reziproke Gitter-Abbildungseinrichtung, In-Plane-Messeinrichtung und Röntgen-Pulverdiffraktionsgerät.

[0030] In der Röntgendiffraktionsvorrichtung mit Bezug auf die vorliegende Erfindung haben die Röntgentopografieeinrichtung und das Röntgenmesssystem vorzugsweise eine gemeinsame Röntgenstrahlquelle. Dadurch wird ermöglicht, Umstände zu vermeiden, in welchen eine Probe in ihrer Position verändert werden muss, wenn jeweilige Messungen durchgeführt werden, um die Kosten zu reduzieren, weniger Raum zum Installieren der Vorrichtung zu nutzen und die Röntgenstrahlquelle in einer einfachen Weise steuern zu können.

[0031] Das Röntgen-Diffraktionsmessverfahren mit Bezug auf die vorliegende Erfindung ist ein Röntgen-Diffraktionsmessverfahren zum Durchführen einer Messung unter Verwendung einer Röntgendiffraktionsvorrichtung, die wie oben beschrieben konfiguriert ist, wobei das Verfahren umfasst: (1) Bestimmen des Vorhandenseins eines Kristallfehlers auf der Basis eines Ausgabeergebnisses von der Röntgentopografieeinrichtung, (2) Spezifizieren der Position des Kristallfehlers durch die planare Positionsinformation auf der Basis der synthetisierten Videodaten, die durch die Video-Syntheseeinrichtung bestimmt werden, (3) Bewegen der Probe durch die Probenbewegungseinrichtung auf der Basis der spezifizierten planaren Positionsinformation und Veranlassen des Kristallfehlers, sich zu einer Röntgen-Bestrahlungsposition in dem Röntgenmesssystem zu bewegen, und (4) Durchführen einer Messung durch das Röntgenmesssystem.

[0032] Gemäß der Röntgendiffraktionsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann eine transparente Probe, die mit einer optischen Bilderfassungseinrichtung, wie einem optischen Mikroskop oder dergleichen, nicht sichtbar gemacht werden kann, durch eine Röntgentopografieeinrichtung sichtbar gemacht und zu einem Messobjekt gemacht werden. Zudem kann eine beliebige Position in einer Region einer Ebene einer Probe, die sichtbar gemacht wurde, durch eine Video-Syntheseeinrichtung deutlich spezifiziert werden. Die spezifizierte Positionsinformation kann als Datensatz für einen diversen Bereich von Röntgenmessungen, die nacheinander an der Probe durchgeführt werden, angepasst werden.

[0033] In herkömmlichen Röntgendiffraktionsvorrichtungen musste die Position, in welcher ein Röntgenstrahl auf eine Probe einfällt, mit der interessierenden Region versuchsweise ausgerichtet werden, wenn die interessierende Region in einem Röntgentopograf eingestellt und eine Röntgenmessung durchgeführt wurde. Im Gegensatz dazu kann gemäß der vorliegenden Erfindung die nacheinander durchgeführte Röntgenmessung sowohl schnell als auch genau durchgeführt werden, weil die interessierende Region in einem Röntgentopograf in einer kurzen Zeitspanne durch die Video-Syntheseeinrichtung deutlich spezifiziert werden kann.

[0034] Gemäß dem Röntgendiffraktions-Messverfahren der vorliegenden Erfindung kann eine transparente Substanz durch eine Röntgentopograf sichtbar gemacht werden und kann eine Röntgenmessung durchgeführt werden, sobald die beliebige interessierende einer Ebene des Röntgentopograf durch Koordinaten oder dergleichen deutlich eingestellt wurde.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0035] **Fig. 1** ist ein Diagramm, welches eine Ausführungsform der Röntgendiffraktionsvorrichtung mit Bezug auf die vorliegende Erfindung zeigt;

[0036] **Fig. 2** ist ein Blockdiagramm, welches ein Beispiel des Steuerbereichs der Röntgendiffraktionsvorrichtung in **Fig. 1** zeigt;

[0037] **Fig. 3A** bis **Fig. 3D** sind Diagramme zum Erläutern der Videobearbeitung, die durch den Steuerbereich in **Fig. 2** durchgeführt wird; und

[0038] **Fig. 4A** bis **Fig. 4D** sind Diagramme, welche Beispiele einer Röntgentopografieeinrichtung zeigen, die als die Röntgendiffraktionsvorrichtung mit Bezug auf die vorliegende Erfindung verwendet werden kann.

[0039] Das Folgende ist eine Beschreibung auf der Basis einer Ausführungsform der Röntgendiffraktionsvorrichtung und des Röntgendiffraktion-Messverfahrens mit Bezug auf die vorliegende Erfindung. Die Beschreibung bezieht sich von hier aus auf die Zeichnungen, die Zeichnungen zeigen aber manchmal Bauteile in einem Maßstab, der von den tatsächlichen Proportionen abweicht, um merkmalsspezifische Bereiche leichter verständlich zu machen.

[0040] **Fig. 1** zeigt einen mechanischen Bereich einer Ausführungsform der Röntgendiffraktionsvorrichtung mit Bezug auf die vorliegende Erfindung. **Fig. 2** zeigt eine elektronische Steuertafel der vorliegenden Ausführungsform. In **Fig. 1** hat eine Röntgendiffraktionsvorrichtung **1** eine Röntgenröhre **2**, einen Probenhalter **3**, einen ersten Röntgendetektor **4**, einen zweiten Röntgendetektor **5** und eine zweidimensionale Bildgebungseinrichtung **6**, welche eine optische Bilderfassungseinrichtung ist. In **Fig. 2** hat die Röntgendiffraktionsvorrichtung **1** eine Steuereinrichtung **10**. Die Steuereinrichtung **10** ist durch einen Computer konfiguriert, der die folgenden Elemente umfasst, welche durch einen Bus **15** miteinander verbunden sind: Eine CPU (Zentrale Verarbeitungseinheit) **11**, eine ROM (Nurlesespeicher) **12**, einen RAM (Arbeitsspeicher) **13** und einen Speicher **14**. Der Bus **15** umfasst einen Programmbus und einen Datenbus.

[0041] Der Probenhalter **3** in **Fig. 1** ist ein Halter zum Anbringen einer Probe **18**, welche ein Messobjekt ist. Der Probenhalter **3** in der vorliegenden Ausführungsform ist ein Halter dessen Oberfläche zum Anbringen der Probe **18** eine horizontale Ebene ist. Ein Trägerelement zum Tragen der Probe **18** kann anstelle des Probenhalters **3** auch verwendet werden. Eine Translationsbewegungseinrichtung **19** ist an dem Probenhalter **3** angebracht. Die Translationsbewegungseinrichtung **19** veranlasst die Probe **3**, eine Translationsbewegung über eine beliebige Strecke in einer X-Y-

Ebene durchzuführen. Im Speziellen ist der Probenhalter **3** ein X-Y-Tisch, der eine Translationsbewegung in einer Ebene durchführt. Die Translationsbewegungseinrichtung **19** ist mit der Steuereinrichtung **10** über eine Eingang/Ausgangs-Schnittstelle **16** in **Fig. 2** verbunden.

[0042] Ferner ist die X-Richtung in **Fig. 1** eine Richtung, die durch eine Papierfläche in **Fig. 1** hindurchgeht, ist die Y-Richtung eine Rechts-Links-Richtung (das heißt, eine Richtung, die senkrecht zu der X-Richtung verläuft) und die X-Y-Ebene eine Oberfläche, die sowohl eine Linie enthält, welche die X-Richtung zeigt, als auch eine Linie, welche die Y-Richtung zeigt. Die X-Y-Ebene ist eine Oberfläche, die senkrecht zu der Papierfläche in **Fig. 1** verläuft und ist eine horizontale Fläche in der vorliegenden Ausführungsform.

[0043] In der Annahme, dass die Richtung senkrecht sowohl zu der X-Richtung als auch zu der Y-Richtung eine Z-Richtung ist, ist die Z-Richtung eine Richtung parallel zu der Papierfläche in **Fig. 1** und eine vertikale Richtung im Falle der vorliegenden Erfindung. Die Röntgendiffraktionsvorrichtung **1** kann optional eine Einrichtung haben, um den Probenhalter **3** zu veranlassen, eine Translationsbewegung in der Z-Richtung durchzuführen.

[0044] Im Falle der vorliegenden Ausführungsform ist die Probe **18** ein Saphirsubstrat, das als ein LED (Licht emittierende Diode) Substrat verwendet wird. Das Saphirsubstrat ist ein transparentes Einkristallsubstrat. Weil die elektrischen Eigenschaften einer LED weitestgehend davon abhängen, ob das LED-Substrat Kristallfehler hat oder nicht, ist es wichtig, das Vorhandensein von Kristallfehlern zu prüfen. Das Inspektionsverfahren für Kristallfehler wird im Folgenden beschrieben.

[0045] Der erste Röntgendetektor **4** wird durch einen Halbleiter-Bildsensor gebildet. Im Speziellen ist der erste Röntgendetektor **4** mit einem zweidimensionalen Röntgendetektor des Pixeltyps konfiguriert, der eine Mehrzahl von Röntgenlicht empfangenden Halbleiterpixeln (Bildelemente) umfasst, die in zwei Dimensionen (das heißt, in einer Ebene) innerhalb der X-Y-Ebene aufgereiht sind. Die Anzahl der Pixel kann zum Beispiel 512×512 (Höhe \times Breite) betragen. Die Halbleiterpixel können CCDs (Charge Coupled Devices), CMOS's (Complementary Metal Oxide Semiconductors) oder sogenannte Photonenzählende Elemente sein, welche Bauteile sind, um einen Röntgenstrahl zu empfangen und direkt ein elektrisches Signal auszugeben.

[0046] Der erste Röntgensensor **4** kann auch eine Bildgebungsplatte (IP) sein. Eine IP ist eine Platte mit der Fähigkeit, Energie zu speichern, wenn sie mit Röntgenstrahlen bestrahlt wird, das heißt, sie ist eine

plattenförmige Substanz. Der erste Röntgendetektor **4** ist so vorgesehen, dass dieser im Wesentlichen parallel zu der Proben-Haltefläche des Probenträgers **3** verläuft. Ein Ausgangsanschluss des ersten Röntgendetektors **4** ist mit der Steuereinrichtung **10** über die Eingangs/Ausgangs-Schnittstelle **16** in **Fig. 2** verbunden.

[0047] In **Fig. 1** ist eine erste Detektor-Bewegungseinrichtung **21** an dem ersten Röntgendetektor **4** angebracht. Die erste Detektor-Bewegungseinrichtung **21** veranlasst den ersten Röntgendetektor **4**, sich im Wesentlichen parallel zu der Proben-Haltefläche des Probenhalters **3** zu bewegen, wie dies durch die Pfeile A gezeigt ist. Die Translationsbewegung ist so ausgelegt, dass diese dem ersten Röntgendetektor **4** erlaubt, einen Röntgenstrahl zu empfangen, der die Probe **18** unter einem Winkel α verlässt. Die erste Detektorbewegungseinrichtung **21** kann unter Verwendung eines Mechanismus für die Translationsbewegung konfiguriert werden, der einen Gewindeschafft, wie zum Beispiel eine Kugelumlaufspindel oder der gleichen, enthält. Die erste Detektorbewegungseinrichtung **21** ist mit der Steuereinrichtung **10** über die Eingangs-/Ausgangs-Schnittstelle **16** in **Fig. 2** verbunden.

[0048] Die Röntgenröhre **2** in **Fig. 1** hat einen Röntgenfokus **22**, welcher eine Röntgenstrahlquelle ist. Eine Kathode (nicht gezeigt) und eine Antikathode (nicht gezeigt) sind im Inneren der Röntgenröhre **2** angeordnet. Die Region, in welcher die von der Kathode entladenen Elektronen auf die Oberfläche der Antikathode treffen, ist der Röntgenfokus **22**, und Röntgenstrahlen strahlen von dem Röntgenfokus **22** aus. In der vorliegenden Ausführungsform wird eine Röntgen-Topografieeinrichtung, die gemäß dem in **Fig. 4A** gezeigten kontinuierlichen Röntgenstrahlen-Emissionsverfahren arbeitet, verwendet, wird ein kontinuierlicher Röntgenstrahl mit einem Brennfleck aus dem Röntgenfokus **22** entnommen, und der Röntgenstrahl bestrahlt die Probe **18** in einer Ebene. Zu dieser Zeit wird ein Röntgenstrahl, der von der Probe **18** in einer Ebene hervorgeht, durch den ersten Röntgendetektor **4** empfangen, und es wird zum Beispiel ein planares Röntgendiffraktionsbild **23**, das heißt, ein Röntgentopograf, wie ein solcher, der beispielhaft schematisch in **Fig. 3B** dargestellt ist, erhalten. Speziell ist die Röntgentopografieeinrichtung in der vorliegenden Ausführungsform so konfiguriert, dass diese den Röntgenfokus **22** und den ersten Röntgendetektor **4** in **Fig. 1** nutzt.

[0049] Der zweite Röntgendetektor **5** wird durch einen Halbleiter-Bildsensor in der gleichen Weise wie der erste Röntgendetektor **4** gebildet. Im Speziellen ist der zweite Röntgendetektor **5** mit einem zweidimensionalen Röntgendetektor des Pixeltyps konfiguriert, der eine Mehrzahl von Röntgenlicht empfangende Halbleiterpixel (Bildelemente) umfasst, die in zwei

Dimensionen (das heißt, in einer Ebene) innerhalb der X-Y-Ebene aufgereiht sind. Die Anzahl der Pixel kann zum Beispiel 512×512 (Höhe \times Breite) betragen. Die Halbleiterpixel können CCDs (Charge Coupled Devices), CMOS's (Complementary Metal Oxid Semiconductors) oder sogenannte Photonen zählende Elemente sein, welche Bauteile zum Empfangen eines Röntgenstrahls und zum direkten Ausgeben eines elektrischen Signals sind. Ein Ausgabeanschluss des zweiten Röntgendetektors **5** ist mit der Steuereinrichtung **10** über die Eingangs-/Ausgangs-Schnittstelle **16** in **Fig. 2** verbunden.

[0050] Eine Strahlenquelle-Rotationseinrichtung **25** ist an der Röntgenstrahlröhre **2** in **Fig. 1** angebracht. Eine zweite Detektor-Rotationseinrichtung **26** ist an dem zweiten Röntgendetektor **5** angebracht. Die Strahlenquelle-Rotationseinrichtung **25** veranlasst den Röntgenfokus **22**, sich um eine Achse ω drehend zu bewegen, die durch eine Oberfläche hindurchgeht, welche mit der Oberfläche der Probe **18** korrespondiert. Die Achse ω ist eine Linie, die sich durch die Papierfläche in **Fig. 1** in einem rechten Winkel erstreckt. Die Rotationseinrichtung **26** des zweiten Detektors veranlasst den zweiten Röntgendetektor **5**, sich drehend um die Achse ω zu bewegen.

[0051] Die Röntgenquelle-Rotationseinrichtung **25** und die Rotationseinrichtung **26** des zweiten Detektors sind jeweils unter Verwendung einer geeigneten Rotations-Antriebseinrichtung konfiguriert. Die Einrichtung kann zum Beispiel so konfiguriert sein, dass diese einen Mechanismus zum Übertragen der Rotations-Antriebskraft eines Servomotors, Schrittmotors oder anderen Motors mit einem steuerbaren Drehwinkel auf die Röntgenstrahlröhre **2** und den zweiten Röntgendetektor verwendet, indem ein Antriebs-Übertragungsmechanismus oder eine andere Antriebsleistungs-Übertragungseinrichtung verwendet wird, die eine Schnecke oder ein Schneckenrad umfasst.

[0052] Die Strahlungsquelle-Rotationseinrichtung **25** steuert, das heißt, misst, den Winkel des Röntgenfokus **22** in Bezug auf die Probe **18**. Die Rotationseinrichtung **26** des zweiten Detektors steuert, das heißt, misst, den Winkel des zweiten Röntgendetektors **5** in Bezug auf die Probe **18**. Im Speziellen arbeiten die Strahlungsquelle-Rotationseinrichtung **25** und die Rotationseinrichtung **26** für den zweiten Detektor als Tandem und bilden ein Winkelmessinstrument, das heißt, ein Goniometer, zum Messen der jeweiligen Winkel des Röntgenfokus und des zweiten Röntgendetektors **5** in Bezug auf die Probe **18**. Das Goniometer ist mit der Steuereinrichtung **10** über die Eingangs-/Ausgangs-Schnittstelle **16** in **Fig. 2** verbunden.

[0053] Die zweidimensionale Bildgebungseinrichtung **6** in **Fig. 1** kann zum Beispiel durch eine

Beleuchtungseinrichtung zum Beleuchten der Probe **18** und einen zweidimensionalen CCD-Bildsensor zum Empfangen des Lichtbildes der Probe **18** und zum Erzeugen eines korrespondierenden elektrischen Signals konfiguriert sein. Die Beleuchtungseinrichtungs- und CCD-Bildsensorkomponenten sind in den Zeichnungen nicht dargestellt. Die Beleuchtungseinrichtung ist in einem Falle nicht notwendig, in welchem die Umgebungen ausreichend hell sind. Es ist offensichtlich, dass die zweidimensionale Bildgebungseinrichtung **6** bedarfsweise eine andere Konfiguration haben kann.

[0054] Die zweidimensionale Bildgebungseinrichtung **6** nimmt ein planares optisches Bild **24** auf, wie zum Beispiel dasjenige, dass beispielhaft in **Fig. 3C** dargestellt ist. Weil die Probe **18** in der vorliegenden Ausführungsform ein Saphirsubstrat ist, welche eine transparente Substanz ist, kann ein Lichtbild **27a**, das so gemacht wird, dass dieses mit der Kante **27** des äußeren Umfangs korrespondiert, visuell bestätigt werden, die innere Struktur kann jedoch nicht als ein optisches Bild erfasst werden. Die zweidimensionale Bildgebungseinrichtung **6** kann jedoch durch Verwenden von X-Y-Koordinaten, das heißt, zweidimensionalen Koordinaten, einen beliebigen Punkt in einer Region einer Ebene, welche die Probe **18** enthält, spezifizieren. Zum Beispiel kann ein Punkt, an welchem die Probe **18** mit einem direkten Strahl von dem Röntgenfokus **22** in **Fig. 1** bestrahlt wird, das heißt, ein Punkt, an welchem die Probe **18** mit der optischen Röntgenachse schneidet, zum Beispiel als die Koordinatenwerte (x_0, y_0) spezifiziert werden. Die zweidimensionale Bildgebungseinrichtung **6** ist mit der Steuereinrichtung **10** über die Eingangs-/Ausgangs-Schnittstelle **16** in **Fig. 2** verbunden.

[0055] Als Video-Anzeigeeinrichtung ist ein Display **28** mit der Steuereinrichtung **10** über die Eingangs-/Ausgangs-Schnittstelle **16** verbunden. Ein Treiber zum Erzeugen eines mit einem optischen Bild korrespondierenden Videosignals und ein Treiber zum Erzeugen eines mit einem Röntgentopograf korrespondierenden Videosignals sind in dem Speicher **14** installiert. Das in **Fig. 3B** gezeigte Topografbild **23** und das in **Fig. 3C** gezeigte optische Bild **24** können auf dem Schirm des Displays **28** in **Fig. 2** durch den Betrieb ihrer Treiber angezeigt werden.

[0056] Der Betrieb der auf diese Weise konfigurierten Röntgendiffraktionsvorrichtung **1** ist unten beschrieben.

Präparieren der Probe

[0057] Zuerst wird, wie in **Fig. 3A** gezeigt, eine Markierung **29**, die unter Verwendung eines Röntgenstrahls und Licht als Bild erfasst werden kann, an einer geeigneten Stelle eines Saphirsubstrats angebracht, welche die Probe **18** ist. In der vorliegenden

Ausführungsform ist die geeignete Stelle eine Ecke. Die Probe **18** wird dann auf dem Probenträger **3** in **Fig. 1** angebracht.

Fotografieren eines Röntgentopografen

[0058] Als Nächstes wird die Röntgenstrahlröhre **2** in eine bestimmte Position gedreht und wird der Röntgenfokus **22** auf eine bestimmte Winkelposition in Bezug zur Probe **18** angeordnet, so dass ein gebeugter Strahl von der Probe **18** erhalten werden wird. Der korrespondierende Winkel des Röntgenstrahls, der durch die Röntgendetektionsfläche des ersten Röntgendetektors **4** eingenommen wird, wird auf α in Bezug zu dem einfallenden Röntgenstrahl gesetzt. In diesem Zustand wird die Probe **18** mit einem Röntgenstrahl bestrahlt, wird ein von der Probe **18** abgehender Röntgenstrahl durch den ersten Röntgendetektor **4** detektiert und wird ein zweidimensionales Bild, das heißt, ein Röntgentopograf **23**, wie derjenige, der in **Fig. 3B** gezeigt ist, erhalten. Das Bild liefert eine Auflösung in Pixelgröße für die durch den Röntgenstrahl bestrahlten Positionen und gibt die Intensität des Röntgenstrahls an den jeweiligen Positionen wieder.

[0059] Wenn die interne Struktur der Probe **18** gleichförmig ist, ist die Intensität des Röntgenstrahls gleichförmig, weil aber ein Diffraktionszustand nicht erfüllt ist, wenn Gitterfehler in der Probe **18** vorhanden sind, erscheint der korrespondierende Bereich als ein farbig dargestelltes Muster in dem Röntgentopograf. Beispiele solcher Muster umfassen monochromatische graue Muster, in welchen die Konzentration in Übereinstimmung mit der Magnitude der Röntgenintensität differiert, und Muster, in welchen ein Farbton (eine Farbklassifikation wie rot, gelb, grün und dergleichen) in Übereinstimmung mit der Magnitude der Röntgenintensität differiert. Das Gleiche tritt auf, wenn eine LED-Einrichtung auf der Probe **18** ausgebildet ist. Falls zum Beispiel angenommen wird, dass das Vorhandensein eines Gitterfehlers an einer durch ein Symbol D markierten Stelle entdeckt wird, dann wird, weil die Probe **18** die Markierung **29** auf der Ecke hat, ein korrespondierendes Röntgen-Markierungsbild **29a** ebenfalls in einer Ecke des Röntgentopografen erscheinen.

[0060] Weil der Röntgentopograf **23** ein planares Bild ist, das durch eine Mehrzahl von Pixeln bestimmt wird, kann die wechselseitige Position jedes Punktes in dem Röntgentopograf **23** basierend auf der Positionsinformation jedes der Pixel festgelegt werden. Die absolute Position des gesamten Röntgentopografen **23** kann jedoch nicht bestimmt werden. Demgemäß kann, selbst wenn der Fehler beobachtet wird, die absolute Koordinatenposition nicht deutlich erkannt werden.

Fotografieren eines planaren Lichtbildes der Probe

[0061] Die zweidimensionale Bildgebungseinrichtung **6** in **Fig. 1** fotografiert die Probe **18** und deren Umfang entweder gleichzeitig oder mit einer geeigneten Zeitdifferenz, je nach Bedarf, relativ zum Fotografieren des Röntgentopografen. Zu dieser Zeit kann der erste Röntgendetektor **4** aus dem Betrachtungsfeld der zweidimensionalen Bildgebungseinrichtung **6** entfernt werden, falls notwendig. Die zweidimensionale Bildgebungseinrichtung **6** kann zum Beispiel ein Bild erzeugen, wie dasjenige, das in **Fig. 3C** gezeigt ist. Weil die Probe **18** optisch transparent ist, kann das mit der äußeren Umfangskante korrespondierende Lichtbild **27a** nicht separiert werden und kann ein mit der inneren Struktur der Probe **18** korrespondierendes Lichtbild nicht durch die zweidimensionale Bildgebungseinrichtung **6** erfasst werden. Ein Lichtbild **29b** der an der Probe **18** angebrachten Markierung **29** kann jedoch erfasst werden.

[0062] Die Position des optischen Bildes **24** in Bezug auf den einfallenden Röntgenstrahl in **Fig. 1** kann unter Verwendung von XY-Koordinaten klar aufgelöst werden. Zum Beispiel kann die Einfallsposition eines direkten Strahls, das heißt, die Position, die mit der optischen Achse eines einfallenden Röntgenstrahls schneidet, als Koordinatenwerte (x_0, y_0) spezifiziert werden.

Videoverarbeitung

[0063] Die CPU **11** in **Fig. 2** führt eine arithmetische Operation aus, um den Röntgentopografen **23** und das optische Bild **24** zu kombinieren oder zusammenzufassen, und zwar entsprechend einer in dem Speicher **14** gespeicherten Software.

[0064] Im Speziellen spezifiziert die CPU **11** die Koordinatenposition des Röntgen-Markierungsbildes **29a** in dem Röntgentopograf **23** im Topografenkoordinaten, spezifiziert die Koordinatenposition des Lichtmarken-Lichtbildes **29b** in dem optischen Bild **24** in XY-Koordinaten und konvertiert die Koordinatenwerte des gesamten Röntgentopografen **23**, so dass sich beide Koordinatenpositionen in den XY-Koordinaten des optischen Bildes **24** überlagern.

[0065] Die Umwandlung bestimmt ein Bild, in welchem das optische Bild **24** und der Röntgentopograf **23** einander an den Markierungsbildern **29a**, **29b** überlagern, wie in **Fig. 3D** gezeigt. Die Videodaten des synthetisierten Bildes werden bedarfsweise an die Video-Displaysteuerung des Displays **28** in **Fig. 2** übertragen und auf dem Schirm des Displays **28** dargestellt.

Messung der Rocking Curve

[0066] Der Durchführer der Messung kann visuell das Vorhandensein eines Fehlers D in dem Röntgentopograf **23** bestätigen, indem er den Schirm in **Fig. 3D** beobachtet. Der Durchführer der Messung kann manchmal wünschen, den Fehler D als eine interessierende Region oder Objektregion einzustellen und sich über die detaillierte Struktur der Region zu vergewissern. Zum Beispiel kann der Bediener wünschen, die Region in der Nähe des Fehlers D einer Rocking-Kurve-Messung zu unterziehen und eine quantitative Information zu erhalten.

[0067] In diesem Falle gibt der Durchführer der Messung die Position des Fehlers D unter Verwendung eines Mouseanzeigers, eines Tastfeldes oder dergleichen auf dem Schirm des Displays **28** in **Fig. 2** oder durch Manipulieren an der Tastatur ein. Die CPU **11** betätigt die Translationsbewegungseinrichtung **19**, veranlasst die auf dem Probenträger **3** angebrachte Probe **18**, eine Translationsbewegung durchzuführen und veranlasst die Probe **18**, die Translationsbewegung so durchzuführen, dass der Bereich des Fehlers D mit der Position (x_0, y_0) der optischen Röntgenachse zusammenfällt.

[0068] In **Fig. 3D** kann eine Anweisung, welche den Fehler D dazu veranlasst, sich zu der Position (x_0, y_0) zu bewegen, durch einen sogenannten Drag-and-Drop-Vorgang eingeleitet werden, in welchem die Maus manipuliert wird, um den Fehler D zu der Position (x_0, y_0) zu bewegen. Im Prozess kann das Röntgentopografbild **23** auf dem Schirm des Display **28** auch in Übereinstimmung mit einer Drag-and-Drop-Manipulation den Schirm entlang bewegt werden.

[0069] Als Nächstes stellt der Durchführer der Messung einen Zustand ein, in welchem ein sehr schmaler monochromatischer Röntgenstrahl den Fehler D in der Probe **18** und die Nähe des Fehlers bestrahlt, indem ein Pinhole-Kollimator in die optische Achse des einfallenden Röntgenstrahls in **Fig. 1** eingesetzt wird, und führt eine Rockingkurve-Messung durch. Im Speziellen werden in einem Zustand, in welchem die Probe **18** ortsfest positioniert ist, der Röntgenfokus **22** und der zweite Röntgendetektor **5** in wechselseitiger Synchronie um eine Achse ω in der gleichen Richtung, wie dies durch die Pfeile $\Delta\omega$ gezeigt ist, und mit der gleichen bestimmten Winkelgeschwindigkeit zu einer Winkelposition gedreht, in welcher ein gebeugter Strahl erhalten werden kann, und Änderungen in der Intensität des gebeugten Strahls werden in jeder Winkelposition gemessen. Eine bekannte Rockingkurve kann dadurch bestimmt werden und der Fehler D in der Probe **18** kann basierend auf der Peak-Intensität, halben Breite, des Diffraktionswinkels und dergleichen der Rockingkurve quantitativ erkannt werden.

[0070] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann eine transparente Probe **18**, die durch eine zweidimensionale Bildgebungseinrichtung **6** nicht sichtbar gemacht werden kann, auf diese Weise durch die Röntgentopografieeinrichtung (Röntgenfokus **22**, erster Röntgendetektor **4** oder dergleichen) sichtbar gemacht werden, das heißt, durch Anzeigen von Farben entsprechend von Display-Bedingungen, wodurch ein ROI basierend auf einem Bild eingestellt werden kann, der sichtbar gemacht wurde, kann das optische Bild von der zweidimensionalen Bildgebungseinrichtung **6** und dem Röntgentopograf von der Röntgentopografieeinrichtung miteinander kombiniert werden und können genaue XY-Koordinaten für das ROI spezifiziert werden.

[0071] Ein durch Koordinaten spezifiziertes ROI kann somit unter Verwendung eines gewünschten geeigneten Messsystems, wie einer Rockingkurve-Messeinrichtung oder dergleichen, gemessen werden. Das Ausrichten eines ROI mit der Messposition eines geeigneten Messsystems durch Ausprobieren, wie in der herkömmlichen Praxis, erfordert eine lange Zeit für die Einstellungen und macht es manchmal unmöglich, das gewünschte ROI genau zu spezifizieren, während die vorliegende Ausführungsform ermöglicht, ein solches Problem zu überwinden, ein ROI in kurzer Zeit genau zu spezifizieren und eine Röntgenmessung durchzuführen.

Weitere Ausführungsformen

[0072] Die vorliegende Erfindung kann auf verschiedene Weise verändert werden.

[0073] Zum Beispiel wird eine Röntgentopografieeinrichtung, die entsprechend dem in **Fig. 4A** gezeigten Röntgenverfahren mit kontinuierlicher Emission arbeitet, als Röntgentopografieeinrichtung in der vorerwähnten Ausführungsform verwendet, aber stattdessen kann eine Röntgentopografieeinrichtung einer weiteren Konfiguration, wie diejenige, die in dem **Fig. 4B**, **Fig. 4C** oder **Fig. 4D** gezeigt ist, verwendet werden. Eine Röntgentopografieeinrichtung einer noch weiteren Konfiguration (nicht gezeigt) kann auch verwendet werden.

[0074] Eine beliebige andere Konfiguration als die vorerwähnte Konfiguration kann bedarfsweise für die zweidimensionale Bildgebungseinrichtung **6** verwendet werden. In der vorerwähnten Ausführungsform wurde ein Saphir-Einkristall, welcher eine transparente Substanz ist, als die Probe **18** verwendet, es ist aber offensichtlich, dass eine opake Substanz auch als Messobjekt verwendet werden kann.

[0075] Weil die Oberfläche der Probe **18** und der Röntgenstrahl-Empfangsfläche des ersten Röntgendetektors **4** nicht in einer parallelen Beziehung zueinander sein könnten, können Messbilder des Rönt-

gentopograf in einem Zustand aufgezeichnet sein, in welchem die Breite des Bildes verzogen ist (siehe **Fig. 4B**, **Fig. 4C**, **Fig. 4D**). In diesem Falle werden der Röntgentopograf **23** und ein optisches Bild **24** unter Verwendung sowohl des externen Umfangsprofils der Probe **18** als auch eines in einem Synthesierungsvorgangs zu verarbeitenden Markierungsbildes **29a** synthetisiert.

[0076] Selbst dann, wenn das externe Umfangsprofil der Probe **18** größer ist als das Betrachtungsfeld des optischen Bildes **24**, können durch Bereitstellen von drei oder mehreren Markierungen **29** an geeigneten Positionen in der Probe **18** der Röntgentopograf **23** und das optische Bild **24** miteinander synthetisiert werden, um in einem Synthesierungsvorgang verarbeitet zu werden.

[0077] Die Markierungen **29** können aus antikorrosiver Farbe gebildet sein, einschließlich eisenhaltiger oxiderter Substanzen und dergleichen. Die Markierungen **29** können auch vorzugsweise aus mit einem Haftband auf einer ihrer Seite ausgestatteten Aluminiumteilen gebildet sein, welche leicht entfernbare sein können.

[0078] Wenn viele Proben der gleichen Qualität gemessen werden, wird für eine Anfangsprobe eine Kompensation einer Verzerrung zwischen dem Röntgentopografibild und dem optischen Bild ausgeführt. Für nacheinander gemessene Proben wird ein Punkt auf der äußeren Umfangsfläche der Probe als eine Bezugsmarkierung gesetzt, und dann wird die Messung für die Probe ausgeführt.

[0079] In der obigen Ausführungsform ist eine Markierung **29**, die in **Fig. 3A** die Bezugsmarkierung zeigt, an der Probe **18** vorgesehen, und der Röntgentopograf **23** und das optische Bild **24** werden unter Verwendung der Markierung **29** als Bezugspunkt synthetisiert. Jedoch können anstelle dieses Verfahrens der Röntgentopograf **23** und das optische Bild **24** auch unter Verwendung eines Lichtbildes **27a** als Bezuggröße synthetisiert werden, das mit der externen Umfangskante **27** der Probe **18** (**Fig. 3C**) und dem Bild **27b** der externen Umfangskante des Röntgentopograf **23** (**Fig. 3B**) korrespondiert.

Patentansprüche

1. Röntgendiffraktionsvorrichtung (**1**) mit: einer Röntgentopografieeinrichtung (**22**, **4**) zum Bereitstellen einer räumlichen geometrischen Entsprechung eines von einer planaren Region einer Probe (**18**) abgehenden Röntgenstrahls, um den Röntgenstrahl als einen planaren Röntgentopografen zu detektieren und den Röntgenstrahltopografen als ein Signal auszugeben; einer optischen Bilderfassungseinrichtung (**6**) zum Empfangen eines Lichtbildes der planaren Region

der Probe (**18**) und zum Ausgeben des Lichtbildes als ein durch die planare Positionsinformation spezifiziertes Signal;

einer Video-Syntheseeinrichtung (**11**, **14**) zum Erzeugen synthetisierter Videodaten auf der Basis eines Ausgangssignals von dem Röntgentopografen und eines Ausgangssignals von der optischen Bilderfassungseinrichtung (**6**);

einem Röntgenmesssystem (**22**, **5**) zum Bestrahlen der Probe (**18**) mit einem Röntgenstrahl innerhalb einer engeren Region, als der Region, in welcher die Probe (**18**) mit einem Röntgenstrahl in der Röntgentopografieeinrichtung (**4**, **22**) bestrahlt wird, und zum Erfassen eines Röntgenstrahls, der von der Probe (**18**) zu dieser Zeit abgeht; und einer Proben-Bewegungseinrichtung (**19**), um die Probe (**18**) zu veranlassen, eine Translationsbewegung durchzuführen.

2. Röntgendiffraktionsvorrichtung (**1**) nach Anspruch 1, in welcher die Video-Syntheseeinrichtung die synthetisierten Videodaten auf der Basis einer Bezugsmarkierung (**27**, **29**) synthetisiert, die für die Probe eingestellt ist.

3. Röntgendiffraktionsvorrichtung (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, in welcher die optische Bilderfassungseinrichtung einen Halbleiter-Bildsensor (**6**) hat, in welchem eine Mehrzahl von Halbleiter-Schaltungselementen zum Empfangen von Röntgenlicht in einer planaren oder linearen Formation aufgereiht ist.

4. Röntgendiffraktionsvorrichtung (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, in welcher das Röntgenmesssystem wenigstens eines ist ausgewählt von Rockingkurve-Messeinrichtung, Reflektometrieeinrichtung, reziproker Gitter-Abbildungseinrichtung, Einrichtung zum Messen in einer Ebene und Röntgenpulverdiffraktionsvorrichtung.

5. Röntgendiffraktionsvorrichtung (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, in welcher die Röntgentopografieeinrichtung (**4**, **22**) und das Röntgenmesssystem eine gemeinsame Röntgenquelle (**22**) haben.

6. Röntgendiffraktions-Messverfahren zum Durchführen einer Messung unter Verwendung der Röntgendiffraktionsvorrichtung (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Röntgendiffraktion-Messverfahren umfasst:

Bestimmen des Vorhandenseins eines Kristallfehlers auf der Basis eines Ausgabeergebnisses der Röntgentopografieeinrichtung (**4**, **22**);

Spezifizieren der Position des Kristallfehlers durch die planare Positionsinformation auf der Basis der synthetisierten Videodaten, die durch die Video-Syntheseeinrichtung (**11**, **14**) bestimmt werden;

Bewegen der Probe (**18**) durch die Proben-Bewegungseinrichtung (**19**) auf der Basis der spezifizierten planaren Positionsinformation und Veranlassen des

Kristallfehlers, sich zu einer Röntgenbestrahlungsposition in dem Röntgenmesssystem (**22, 5**) zu bewegen; und

Durchführen einer Messung durch das Röntgenmesssystem.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

FIG. 1

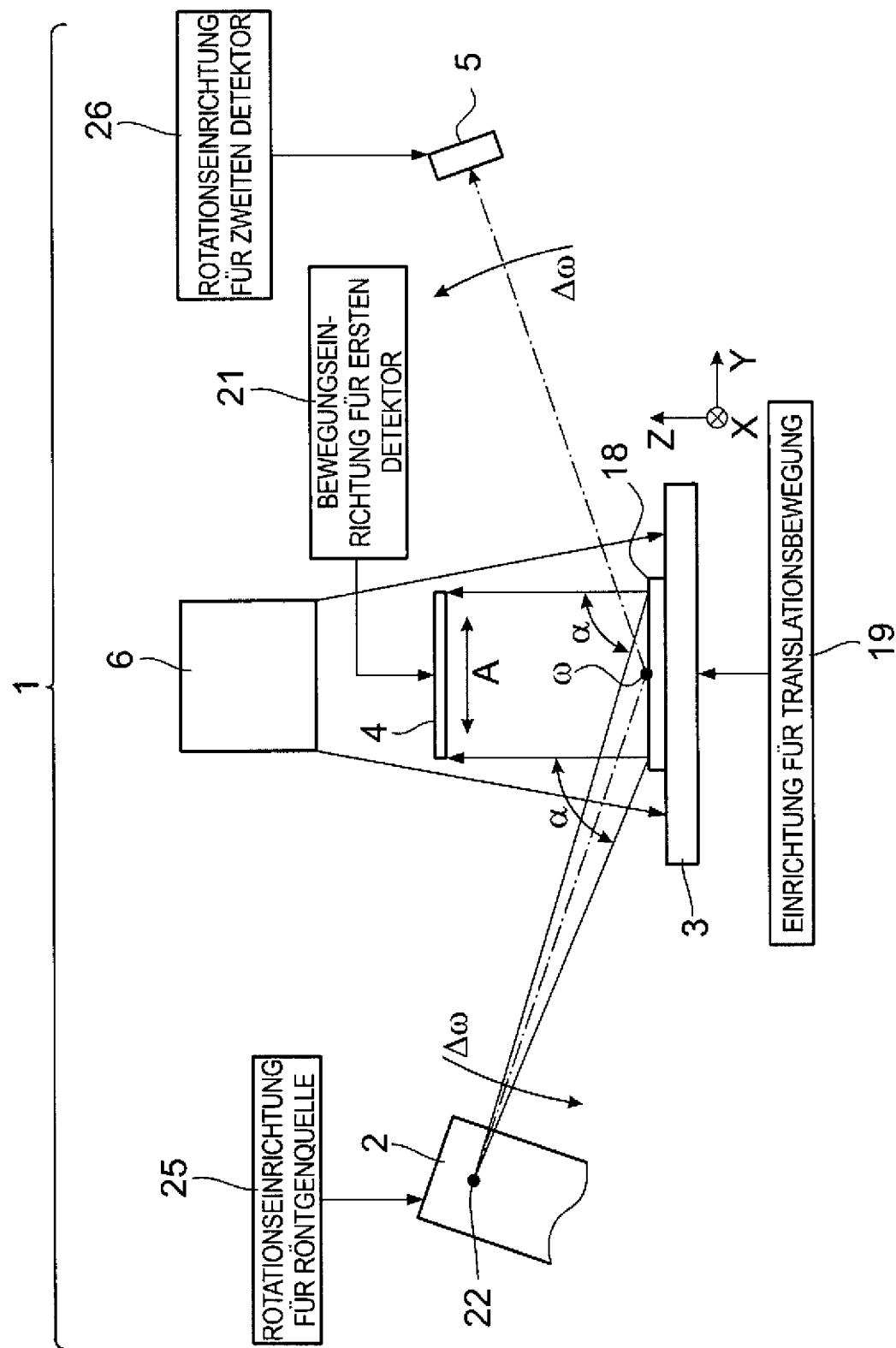


FIG. 2

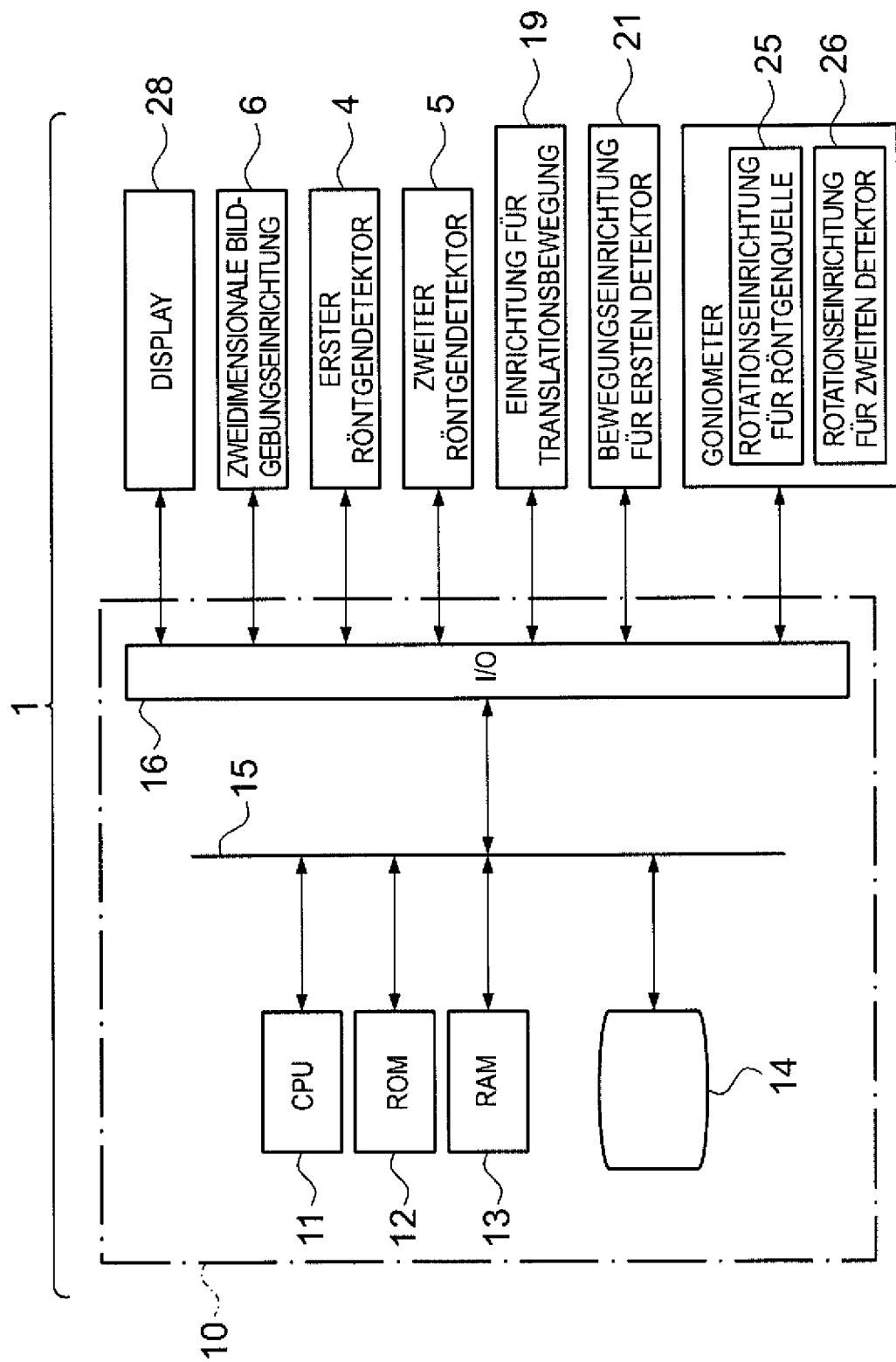


FIG. 3A

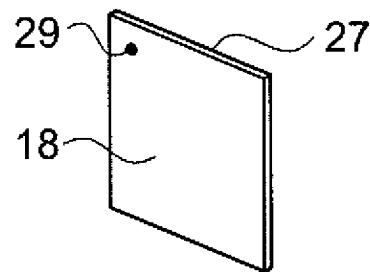


FIG. 3C

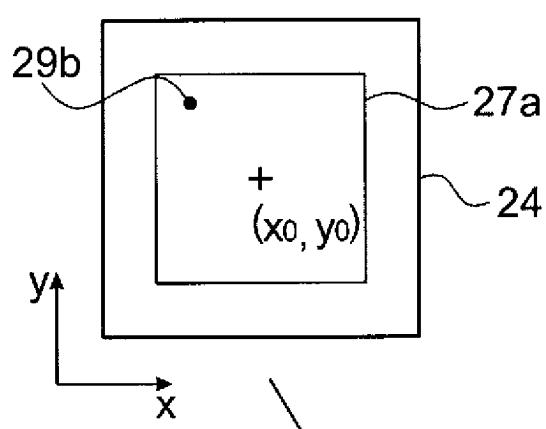


FIG. 3B

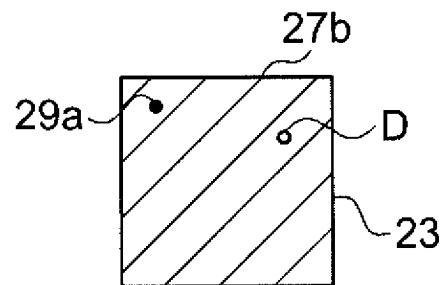


FIG. 3D

