



(10) **DE 10 2014 103 896 A1** 2014.10.09

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 103 896.7**

(22) Anmeldetag: **21.03.2014**

(43) Offenlegungstag: **09.10.2014**

(51) Int Cl.: **H01J 37/302 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
2013-061637 25.03.2013 JP

(71) Anmelder:
**HITACHI HIGH-TECH SCIENCE CORPORATION,
Tokyo, JP**

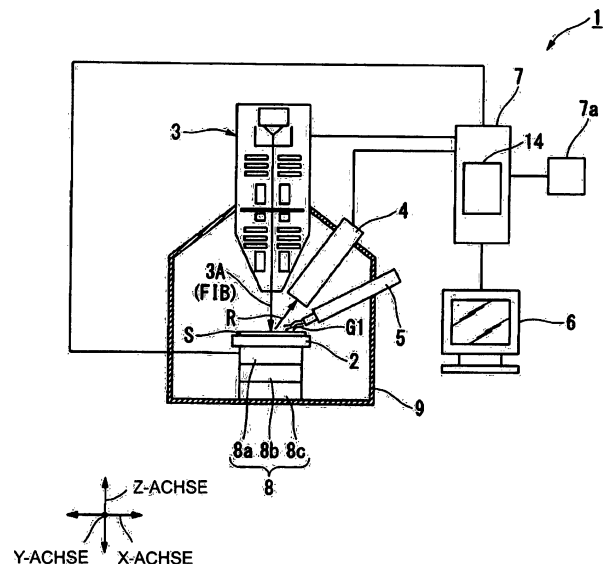
(74) Vertreter:
**Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München,
DE**

(72) Erfinder:
**Sugiyama, Yasuhiko, c/o HITACHI HIGH-TECH
SCIENCE, Tokyo, JP; Kozakai, Tomokazu, c/
o HITACHI HIGH-TECH SCIENCE, Tokyo, JP;
Matsuda, Osamu, c/o HITACHI HIGH-TECH
SCIENCE, Tokyo, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **System eines fokussierten Ionenstrahls**

(57) Zusammenfassung: Ein System eines fokussierten Ionenstrahls umfasst eine Gasfeld-Ionenquelle, welche Gasionen erzeugt, eine Ionen-Beschuss-Einheit, welche die Gasionen beschleunigt und die Gasionen als einen Ionenstrahl abstrahlt, ein Strahl-Optiksystem, welches wenigstens eine fokussierende Linsenelektrode umfasst und den Ionenstrahl auf eine Probe abstrahlt, und einen Bilderfassungs-Mechanismus, welcher ein FIM-Bild von einer Spitze eines Emitters basierend auf dem Ionenstrahl erlangt. Der Bilderfassungs-Mechanismus umfasst eine Ausricht-Elektrode, welche zwischen der Ionen-Beschuss-Einheit und der fokussierenden Linsenelektrode angeordnet ist und eine Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls einstellt, eine Ausricht-Steuereinheit, welche eine Ausricht-Spannung an die Ausricht-Elektrode anlegt, und eine Bildverarbeitungseinheit, welche eine Mehrzahl von FIM-Bildern, welche erlangt werden, indem unterschiedliche Ausricht-Spannungen angelegt werden, zusammenfasst, um ein zusammengefasstes FIM-Bild zu erzeugen.



Beschreibung

VERWEIS AUF ZUGEHÖRIGE ANMELDUNG

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Priorität aus der japanischen Patentanmeldung No. 2013-061637, eingereicht am 25. März 2013, wobei der gesamte Inhalt derer hier durch Inbezugnahme einbezogen ist.

TECHNISCHES GEBIET

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein System eines fokussierten Ionenstrahls (engl.: focused ion beam system), welches eine Gasfeld-Ionenquelle umfasst.

HINTERGRUND

[0003] Es ist ein System eines fokussierten Ionenstrahls als ein System zum Durchführen einer Beobachtung, einer verschiedenartigen Bewertung oder Analyse oder dergleichen bekannt hinsichtlich einer Probe, wie beispielsweise eine Halbleitervorrichtung, und zum Vorbereiten einer TEM-Probe durch Entnehmen eines feinen und dünnen Probenstücks von einer Probe, und Fixieren des dünnen Probenstücks an ein Proben-Halteelement.

[0004] Dieses System eines fokussierten Ionenstrahls umfasst eine Ionenquelle zum Erzeugen von Ionen, und beschleunigt die in der Ionenquelle erzeugten Ionen, um einen Ionenstrahl zu erzeugen, und fokussiert den Ionenstrahl, um den Ionenstrahl als einen fokussierten Ionenstrahl (FIB) abzustrahlen.

[0005] Es gibt viele Ionenquellen-Typen. In vielen Fällen umfasst ein in die Praxis umgesetztes System eines fokussierten Ionenstrahls eine Flüssigmetall-Ionenquelle (insbesondere eine Flüssig-Gallium-Ionenquelle). Jedoch kann eine optische Durchlässigkeit von einer Probe, wie beispielsweise eine Fotomaske, aufgrund der Injektion von Gallium reduziert werden, und daher wurden Gegenmaßnahmen, wie beispielsweise eine geringe Beschleunigung angewendet. Im Übrigen gibt es eine Notwendigkeit dahingehend, eine Beobachtung auf einer Probe, welche eine Größe im Nanometerbereich hat, mit geringen Beschädigungen durchzuführen, und daher ist es erforderlich, einen Durchmesser des Strahls zu reduzieren.

[0006] Demgemäß wurde in den letzten Jahren eine Gasfeld-Ionenquelle (GFIS) als eine nichtkontaminierende Ionenquelle verwendet. Die Gasfeld-Ionenquelle verwendet Edelgase als Ionenarten und ist dazu fähig, Ionenstrahlen zu erzeugen, welche, verglichen mit Flüssig-Metall-Ionenquellen, einen kleineren Durchmesser und eine höhere Leuchtdichte haben. Es hat sich bestätigt, dass die Gasfeld-Ionen-

quelle bestimmte Wirkungen hat, welche dem zuvor beschriebenen Problem entgegenwirken.

[0007] Eine Gasfeld-Ionenquelle umfasst einen stäbchenförmigen Emitter mit einer Spitze, welche auf atomarer Ebene angespitzt ist. Dieser Emitter ist ein wichtiges Element zum Ionisieren eines Gases, und somit ist der Oberflächenaufbau des Emitters wichtig. Um eine Ionenquelle einer hohen Leuchtdichte zu erzielen, ist es notwendig, die Spitze des Emitters so spitz wie möglich zu gestalten und die Form der Spitze derart anzuordnen, dass ein Ionisierungsbereich durch einige Atome ausgebildet wird. Demgemäß ist es möglich, lokal ein Gas zu Gasionen zu ionisieren, und somit ist es möglich, einen Ionenstrahl zu erzeugen, welcher einen kleinen Strahldurchmesser hat.

[0008] Es sind einige Verfahren zum Anspitzen von einer Spitze eines Emitters bekannt. Als eines dieser Verfahren ist ein Verfahren eines feldunterstützten Gasätzens bekannt, bei welchem eine Spitze eines Emitters lokal geätzt wird, während Sauerstoff oder Stickstoff an die Nähe des Emitters zugeführt wird (siehe beispielsweise US 2007/0025907 A).

[0009] Gemäß diesem Verfahren ist es möglich, ein Emissionsmusterbild (das heißt ein Feldionen-Mikroskop-(FIM)-Bild) von der Spitze des Emitters zu erfassen, und den Ablaufstatus des Ätzens zu erfassen, indem das FIM beobachtet wird (FIM-Beobachtung), und wodurch es somit einfach wird, das Anspitzen durchzuführen, so dass dieses Verfahren als ein vielversprechendes Verfahren angesehen wird.

[0010] Um ein FIM-Bild zu erfassen, wird im Allgemeinen eine Vorrichtung verwendet, welche eine Mikrokanal-Platte (MCP) umfasst, welche an einer Rückseite eine fluoreszierende Fläche hat, und welche auf einem Lichtpfad eines Ionenstrahls angeordnet wird. Diese Vorrichtung kann in einem Strahl-Linsenrohr einbezogen sein, und kann einen empfangenen Ionenstrahl (oder einen fokussierten Ionenstrahl) durch die MCP verstärken, und kann den verstärkten Strahl in die fluoreszierende Fläche eintreten lassen, wodurch ein FIM-Bild auf die fluoreszierende Fläche projiziert wird. Demgemäß wird eine FIM-Beobachtung an der Spitze des Emitters durchgeführt.

[0011] Zusätzlich zu dem zuvor beschriebenen MCP-Verfahren ist ein Verfahren bekannt, bei welchem eine FIM-Beobachtung an einer Spitze von einem Emitter durch ein Abtast-FIM durchgeführt wird (siehe beispielsweise JP-A-2012-98293).

[0012] Gemäß diesem Verfahren wird ein Axialausrichtungs-Ablenk-Element dazu verwendet, eine Rasterabtastung auf einer Membranfläche durchzuführen, wodurch die Möglichkeit besteht, ein Feldemissions-Musterbild von einer Spitze von einem

Emitter zu erfassen. Demgemäß wird eine FIM-Beobachtung an der Spitze von dem Emitter durchgeführt.

[0013] Im Übrigen ist es beim Durchführen des feldunterstützten Gasätzens, um den Ablaufstatus des Ätzens an einer Spitze von einem Emitter genau zu erfassen, notwendig, die Spitze des Emitters über einem weiten visuellen Feld zu bestätigen. Genauer gesagt, muss der Emitter nach dem Polieren durch das elektrische Feld an einem sichtbaren Feld von etwa einigen Zehnfachen von Atomen oder mehr bestätigt werden.

[0014] Ferner, wenn die Vorrichtung, welche die MCP umfasst, in einem System eines fokussierten Ionenstrahls einbezogen wird, ist es gewünscht, eine Kondensorlinse (eine fokussierende Linsenelektrode) **101** nahe an einem Emitter **100**, welcher eine Ionenquelle ist, anzuordnen, und dann eine MCP **102** unmittelbar unterhalb der Kondensorlinse **101** anzuordnen, wie in **Fig. 12** gezeigt. Der Grund hierfür besteht in der Notwendigkeit, einen Abstand zwischen dem Emitter **100** und der Kondensorlinse **101** zu reduzieren, um die Leistung des Systems eines fokussierten Ionenstrahls sicherzustellen.

[0015] Wenn jedoch der Emitter **100** und die Kondensorlinse **101** nahe aneinander angeordnet sind, kann, da ein Aufbau, wie beispielsweise die Kondensorlinse **101**, unmittelbar oberhalb der MCP **102** angeordnet ist, die Peripherie-Komponente (in **Fig. 12** als schraffierte Abschnitte gezeigt) eines Ionenstrahls **103** durch den Aufbau blockiert werden, so dass der Betrag des auf die MCP **102** einfallenden Ionenstrahls **103** reduziert wird. Daher wird das visuelle Feld schmaler und wird es schwierig, die Spitze von dem Emitter **100** über einen weiten Bereich zu bestätigen.

[0016] Zusätzlich, wenn die MCP **102** für eine lange Zeitdauer dazu verwendet wird, ein FIM-Bild zu beobachten, kann der Multiplikationsfaktor von der MCP **102** oder der fluoreszierenden Fläche verschlechtert werden, so dass das FIM-Bild dunkler werden kann. Daher kann es schwierig werden, die Spitze von dem Emitter **100** eindeutig zu beobachten, und kann es schwierig werden, die FIM-Beobachtung genau durchzuführen.

[0017] Im Übrigen wird, gemäß dem Verfahren, bei welchem das Abtast-FIM verwendet wird, wie in der JP-A-2012-98293 offenbart, da keine MCP verwendet wird, sogar wenn ein FIM-Bild über eine lange Zeitdauer beobachtet wird, das FIM-Bild nicht dunkel. Jedoch kann, ähnlich sogar bei dem Abtast-FIM, ein visuelles Feld durch einen Aufbau, wie beispielsweise eine Kondensorlinse, begrenzt werden.

ZUSAMMENFASSUNG

[0018] Die vorliegende Erfindung wurde angesichts der zuvor beschriebenen Umstände gemacht, und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein System eines fokussierten Ionenstrahls bereitzustellen, welches dazu in der Lage ist, ein FIM-Bild von einer Spitze eines Emitters über einen weiten Bereich zu erfassen und eine FIM-Beobachtung in einem weiten visuellen Feld durchzuführen.

[0019] Gemäß einer illustrativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein System eines fokussierten Ionenstrahls bereitgestellt, welches umfasst: eine Gasfeld-Ionenquelle, welche einen Emitter mit einer spitzen Spitze umfasst und welche dazu ausgebildet ist, ein Gas an der Spitze des Emitters zu ionisieren, um Gasionen zu erzeugen; eine Ionen-Beschuss-Einheit, welche dazu ausgebildet ist, die Gasionen zu beschleunigen und die Gasionen als Ionenstrahl abzustrahlen, während die Gasionen in Richtung zu einer Probe extrahiert werden; ein Strahl-Optiksystem, welches zumindest eine fokussierende Linsenelektrode umfasst und welches dazu ausgebildet ist, den Ionenstrahl auf die Probe abzustrahlen, während der Ionenstrahl fokussiert wird; und einen Bilderfassungs-Mechanismus, welcher dazu ausgebildet ist, ein FIM-Bild von der Spitze des Emitters basierend auf den Ionenstrahl zu erfassen. Der Bilderfassungs-Mechanismus umfasst: eine Ausricht-Elektrode, welche zwischen der Ionen-Beschuss-Einheit und der fokussierenden Linsenelektrode angeordnet ist, und welche dazu ausgebildet ist, eine Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls einzustellen; eine Ausricht-Steuereinheit, welche dazu ausgebildet ist, eine Ausricht-Spannung an die Ausricht-Elektrode anzulegen; eine Speichereinheit, welche dazu ausgebildet ist, das erfasste FIM-Bild zu speichern; und eine Bildverarbeitungs-Einheit, welche dazu ausgebildet ist, eine Bildverarbeitung durchzuführen, indem eine Mehrzahl von FIM-Bildern zusammengefasst werden, um ein zusammengefasstes FIM-Bild zu erzeugen, wobei die Mehrzahl von FIM-Bildern erfasst werden, indem unterschiedliche Ausricht-Spannungen angelegt werden und in der Speichereinheit gespeichert werden.

[0020] Gemäß dem zuvor genannten System eines fokussierten Ionenstrahls wird die Gasfeld-Ionenquelle, wenn der Ionenstrahl auf die Probe abgestrahlt wird, dazu betrieben, das Gas, welches in die Nähe des Emitters zugeführt wird, an der Spitze des Emitters durch ein elektrisches Feld zu ionisieren, um Gasionen zu erzeugen. Die Ionen-Beschuss-Einheit beschleunigt die Gasionen und strahlt die Gasionen als Ionenstrahl ab, während die Gasionen in Richtung zur Probe extrahiert werden. Dieser Ionenstrahl wird in einem Zustand auf die Probe abgestrahlt, bei welchem der Ionenstrahl durch das Strahl-Optiksystem (im Zustand eines fokussierten Ionenstrahls) fokus-

siert wird. Daher ist es möglich, beispielsweise eine Beobachtung, eine Verarbeitung oder dergleichen an der Probe durchzuführen.

[0021] Hier werden beim Beobachten der Spitze des Emitters FIM-Bilder von der Spitze des Emitters durch den Bilderfassungs-Mechanismus erfasst. In diesem Fall werden die FIM-Bilder erfasst, während die Ausricht-Spannung durch die Ausricht-Steuereinheit geändert wird. Wenn die Ausricht-Spannung an die Ausricht-Elektrode angelegt wird, ist es möglich, den abgestrahlten Ionenstrahl gemäß dem Spannungswert der Ausricht-Spannung abzulenken, und ist es daher möglich, die Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls zu ändern. Daher ist es, obwohl ein Abschnitt von einer Peripherie-Komponente oder dergleichen des Ionenstrahls durch die fokussierende Linsenelektrode blockiert wird, wenn der Ionenstrahl durch die fokussierende Linsenelektrode durchläuft, möglich, den blockierten Abschnitt des Ionenstrahls durchlaufen zu lassen, indem die Ausricht-Spannung geändert wird. Daher ist es, bevor und nachdem die Ausricht-Spannung geändert wird, möglich, FIM-Bilder M von unterschiedlichen visuellen Feldern zu erfassen.

[0022] Wie zuvor beschrieben, erfasst der Bilderfassungs-Mechanismus mehrere FIM-Bilder von unterschiedlichen visuellen Feldern, indem die Ausricht-Spannung geändert wird. Es werden die FIM-Bilder in der Speichereinheit gespeichert. Dann führt die Bildverarbeitungs-Einheit eine Bildverarbeitung durch, um die mehreren erlangten FIM-Bilder zusammenzufassen, um ein zusammengefasstes FIM-Bild zu erzeugen. Daher ist es möglich, das FIM-Bild von der Spitze des Emitters über einen weiten Bereich ohne Beeinflussung durch ein Bauteil, wie beispielsweise die fokussierende Linsenelektrode, zu erfassen.

[0023] Insbesondere ist es möglich, die FIM-Beobachtung über den Kristallaufbau von der Spitze des Emitters über einen weiten Bereich durch das zusammengefasste FIM-Bild durchzuführen da ein heller Punkt entsprechend einem vorragenden Abschnitt von der Spitze des Emitters in jedem FIM-Bild erscheint. Daher ist es möglich, genau zu erfassen, ob der Kristallaufbau von der Spitze des Emitters in einem idealen Zustand ist (beispielsweise ein Zustand, in welchem die Spitze des Emitters eine pyramidenförmige atomare Anordnung hat und die Kopfkante durch ein oder mehrere Atome konfiguriert ist).

[0024] Daher ist es möglich, den Fortschritt-Zustand des Ätzens, beispielsweise wenn die Spitze des Emitters durch feldunterstütztes Gasätzen geätzt wird, genau zu erfassen, und ist es einfach, die Spitze des Emitters in einem gewünschten spitzen Zustand zuverlässig fertigzustellen.

[0025] Bei dem zuvor genannten System eines fokussierten Ionenstrahls kann die Bildverarbeitungs-

Einheit dazu ausgebildet sein, die mehreren FIM-Bilder basierend auf Mustern von hellen Punkten, welche in den FIM-Bildern erscheinen, zusammenzufassen.

[0026] Gemäß diesem Aufbau fasst die Bildverarbeitungs-Einheit die FIM-Bilder basierend auf den Mustern von hellen Punkten zusammen, welche jeweils in den FIM-Bildern M erscheinen. Beispielsweise fasst die Bilderfassungs-Einheit die FIM-Bilder M derart zusammen, dass das Muster von gemeinsamen hellen Punkten aus einer Mehrzahl von hellen Punkten, welche in einem ersten FIM-Bild und in einem zweiten FIM-Bild erscheinen, miteinander überlappt ist. Daher ist es möglich, die FIM-Bilder durch Durchführen eines Abgleichs zusammenzufassen, und ein genaues, zusammengefasstes FIM-Bild zu erhalten. Es ist insbesondere, da die hellen Punkte, welche in den FIM-Bildern erscheinen, verwendet werden, nicht notwendig, Masken oder Weiteres zur Zusammenfassung separat vorzubereiten, und es ist möglich, einen Bildverarbeitungsbetrieb einfach und genau durchzuführen.

[0027] Das zuvor genannte System eines fokussierten Ionenstrahls kann umfassen: eine Mikrokanal-Platte, welche zwischen der fokussierenden Linsenelektrode und der Probe angeordnet ist, und welche dazu ausgebildet ist, zwischen einer Position, welche sich auf einem Lichtpfad des Ionenstrahls befindet, und einer Position, welche vom Lichtpfad abweicht, bewegbar zu sein, und den Ionenstrahl zu empfangen, welcher durch die fokussierende Linsenelektrode durchlaufen ist, um das FIM-Bild auf einen fluoreszierenden Schirm zu projizieren, wobei der Bilderfassungs-Mechanismus dazu ausgebildet sein kann, das auf den fluoreszierenden Schirm projizierte FIM-Bild zu erfassen.

[0028] Gemäß diesem Aufbau wird, wenn die Spitze von dem Emitter beobachtet wird, die Mikrokanal-Platte über den Lichtpfad des Ionenstrahls bewegt, so dass der Ionenstrahl, welcher durch die fokussierende Linsenelektrode durchlaufen ist, in die Mikrokanal-Platte eintritt. Daher ist es möglich, das FIM-Bild von der Spitze des Emitters auf den fluoreszierenden Schirm zu projizieren und das FIM-Bild zu erzeugen. Ferner wird es, wenn die Ausricht-Spannung geändert wird, möglich, einen Abschnitt des Ionenstrahls durchlaufen zu lassen, welcher, an einer Stufe vor der Änderung, durch die fokussierende Linsenelektrode blockiert wird. Daher ist es möglich, mehrere FIM-Bilder von unterschiedlichen visuellen Feldern zu erfassen.

[0029] Daher ist es möglich, obwohl die fokussierende Linsenelektrode in der Nähe des Emitters angeordnet ist, um die Leistung des Systems eines fokussierten Ionenstrahls sicherzustellen, wobei die fokussierende Linsenelektrode unmittelbar oberhalb

der Mikrokanal-Platte angeordnet ist, eine FIM-Beobachtung an der Spitze des Emitters über einen weiten Bereich basierend auf dem zusammengefassten FIM-Bild ohne Beeinflussung durch die fokussierende Linsenelektrode durchzuführen.

[0030] Bei dem zuvor genannten System eines fokussierten Ionenstrahls kann der Bilderfassungs-Mechanismus dazu ausgebildet sein, das FIM-Bild in einem Zustand zu erfassen, bei welchem keine Spannung an die fokussierende Linsenelektrode angelegt wird.

[0031] Gemäß diesem Aufbau ist es, da es möglich ist, den Ionenstrahl durchlaufen zu lassen, ohne durch die fokussierende Linsenelektrode fokussiert (abgelenkt) zu werden, möglich, dass der Ionenstrahl über einen größeren Bereich in die Mikrokanal-Platte eintritt. Daher ist es möglich, ein genaues FIM-Bild zu erfassen, welches klarer ist und welches nicht durch Strahlenbrechung beeinflusst ist, und ist es einfach, eine genauere FIM-Beobachtung durchzuführen.

[0032] Das zuvor genannte System eines fokussierten Ionenstrahls kann ferner umfassen: ein Ablenk-Element, welches zwischen der fokussierenden Linsenelektrode und der Probe angeordnet ist, und welches dazu ausgebildet ist, die Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls, welcher durch die fokussierende Linsenelektrode durchlaufen ist, zu korrigieren, und eine Abtastung durch den korrigierten Ionenstrahl in einer Richtung parallel zu einer Fläche von der Probe durchzuführen; und eine Ablenk-Steuereinheit, welche dazu ausgebildet ist, ein Korrektursignal an das Ablenk-Element derart anzulegen, dass das Ablenk-Element die Korrektur durchführt, und ein Abtastsignal an das Ablenk-Element derart anzulegen, dass das Ablenk-Element die Abtastung durchführt. Das Ablenk-Element kann dazu ausgebildet sein, die Korrektur derart durchzuführen, dass die Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls, welcher durch die fokussierende Linsenelektrode durchlaufen ist, parallel zu einer Axiallinie des Emitters verläuft, und wobei der Bilderfassungs-Mechanismus dazu ausgebildet sein kann, ein FIM-Bild basierend auf dem Abtastsignal und einem Erfassungssignal von Sekundär-Ladungspartikeln, welche durch die Probe beim Auftreffen des Ionenstrahls erzeugt werden, oder basierend auf dem Abtastsignal und einem Erfassungssignal von einem Strahlstrom des Ionenstrahls, welcher auf die Probe auftrifft, zu erfassen.

[0033] Gemäß diesem Aufbau wird, wenn die FIM-Beobachtung an dem Emitter durchgeführt wird, der Ionenstrahl, dessen Bestrahlungsrichtung durch die Ausricht-Elektrode geändert wird, fokussiert, und nimmt einen Zustand an, bei welchem die Bestrahlungsrichtung in Relation zur Axiallinie des Emitters durch eine Ablenkwirkung geneigt ist, während er durch die fokussierende Linsenelektrode durchläuft,

und tritt dann in das Ablenk-Element ein. In diesem Fall korrigiert das Ablenk-Element die Neigung des Ionenstrahls durch das Korrektursignal, welches von der Ablenk-Steuereinheit angelegt wird, wodurch die Bestrahlungsrichtung derart neu eingestellt wird, dass die Bestrahlungsrichtung parallel zur Axiallinie des Emitters verläuft. Daher wird es möglich, dass der Ionenstrahl (fokussierter Ionenstrahl) auf der Fläche von der Probe fokussiert wird, während er senkrecht auf die Probe auftrifft. Zusätzlich führt das Ablenk-Element eine Abtastung durch den Ionenstrahl, welcher senkrecht auf die Fläche von der Probe auftrifft, in einer Richtung parallel zur Fläche von der Probe, durch das von der Ablenk-Steuereinheit angelegte Abtastsignal durch.

[0034] Der Bilderfassungs-Mechanismus kann Felddemissions-Musterbilder basierend auf dem Abtastsignal und dem Erfassungssignal (Schwankung von der Intensität) der Sekundär-Ladungspartikel, welche durch die Probe beim Auftreffen des Ionenstrahls erzeugt werden, oder basierend auf dem Abtastsignal und dem Erfassungssignal (Stromschwankung) von dem Strahlstrom des Ionenstrahls, welcher auf die Probe auftrifft, erfassen, wodurch das FIM-Bild erlangt wird. Genauer gesagt ist es möglich, die FIM-Bilder zu konfigurieren, indem das Erfassungssignal und das Abtastsignal synchronisiert werden, wodurch die Möglichkeit besteht, das FIM-Bild zu erfassen. Ferner ist es möglich, eine Mehrzahl von FIM-Bildern von unterschiedlichen visuellen Feldern zu erfassen, indem die zuvor beschriebene FIM-Bild Erfassung auf eine ähnliche Art und Weise durchgeführt wird, während die Ausricht-Spannung geändert wird.

[0035] Insbesondere führt das Ablenk-Element die Abtastung in einer Richtung parallel zur Fläche von der Probe in einem Zustand durch, bei welchem die Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls in eine Richtung neu eingestellt wird, welche senkrecht zur Fläche von der Probe steht. Daher ist es beispielsweise sogar in einem Fall, bei welchem eine Blende, welche eine Öffnung mit einem kleinen Durchmesser hat, welche bereitgestellt ist, um zu verhindern, dass ein Gas, welches in die Umgebung von der Probe eingeführt wird, seitens der Gasfeld-Ionenquelle gemischt wird, möglich, dass der Ionenstrahl zur Abtastung die Blende durchläuft.

[0036] Daher ist es sogar in diesem Fall, bei welchem eine Blende oder dergleichen bereitgestellt ist, möglich, die FIM-Beobachtung an der Spitze des Emitters über einen großen Bereich genau durchzuführen.

[0037] Gemäß dem zuvor genannten Aufbau ist es möglich, ein FIM-Bild von einer Spitze eines Emitters über einen großen Bereich zu erfassen, und eine FIM-Beobachtung in einem großen visuellen Feld durchzuführen. Daher ist es möglich, den Fortschritt-

Zustand des Ätzens, wenn beispielsweise die Spitze des Emitters durch feldunterstütztes Gasätzen geätzt wird, genau zu erfassen, und ist es einfach, die Spitze des Emitters in einem gewünschten scharfen Zustand genau fertigzustellen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0038] Die zuvor genannten und weitere Aspekte der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung von darstellhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, welche in Verbindung mit der beigelegten Zeichnung gegeben ist, deutlicher und einfacher verständlich, wobei in der Zeichnung:

[0039] Fig. 1 eine Ansicht ist, welche den Gesamtaufbau eines Systems eines fokussierten Ionenstrahls gemäß einer ersten darstellhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0040] Fig. 2 eine Ansicht ist, welche den Aufbau einer Strahl-Linsentrommel, welche in dem in Fig. 1 gezeigten System eines fokussierten Ionenstrahls umfasst ist, darstellt;

[0041] Fig. 3 eine vergrößerte Ansicht von einer Spitze eines in Fig. 2 gezeigten Emitters ist;

[0042] Fig. 4 eine Ansicht ist, welche eine Kristallfläche von der Spitze des Emitters darstellt, welcher durch Facetten-Züchtung gezüchtet ist und in Fig. 3 gezeigt ist;

[0043] Fig. 5 eine Ansicht ist, welche eine Positionsbeziehung zwischen einer Ausricht-Elektrode und einer fokussierenden Linsenelektrode, wie in Fig. 2 gezeigt, darstellt;

[0044] Fig. 6 eine Ansicht ist, welche eine Beziehung zwischen der Ausricht-Elektrode, der fokussierenden Linsenelektrode und einer MCP, wie in Fig. 2 gezeigt, in einem Zustand darstellt, bei welchem ein Ionenstrahl abgestrahlt wird, ohne dass eine Ausricht-Spannung an der Ausricht-Elektrode angelegt ist;

[0045] Fig. 7 eine Ansicht ist, welche ein Beispiel von einem FIM-Bild von der Spitze des Emitters darstellt, welches unter Verwendung der MCP erlangt ist;

[0046] Fig. 8 eine Ansicht ist, welche einen Zustand darstellt, bei welchem ein Ionenstrahl abgestrahlt wird, während, im Gegensatz zu dem in Fig. 6 gezeigten Zustand, eine Ausricht-Spannung an der Ausricht-Elektrode angelegt ist;

[0047] Fig. 9 eine Ansicht ist, welche ein Beispiel darstellt, wenn mehrere FIM-Bilder, welche unter Verwendung der MCP erlangt sind, zusammengefasst

werden, um ein zusammengefasstes FIM-Bild zu erzeugen;

[0048] Fig. 10 eine Ansicht ist, welche ein System eines fokussierten Ionenstrahls gemäß einer zweiten darstellhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, und welche den Aufbau von einer Strahl-Linsentrommel darstellt;

[0049] Fig. 11 eine Ansicht ist, welche eine Beziehung zwischen einer Ausricht-Elektrode, einer fokussierenden Linsen-Elektrode und einem zweistufigen Ablenk-Element, wie in Fig. 10 gezeigt, in einem Zustand darstellt, bei welchem ein Ionenstrahl abgetastet wird, während die Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls durch das zweistufige Ablenk-Element korrigiert wird; und

[0050] Fig. 12 eine Ansicht ist, welche eine Beziehung zwischen einer fokussierenden Linsenelektrode und einer MCP in einem System aus dem Stand der Technik in einem Zustand darstellt, bei welchem ein Ionenstrahl abgestrahlt wird.

GENAUE BESCHREIBUNG

<ERSTE ILLUSTRATIVE AUSFÜHRUNGSFORM>

[0051] Im Folgenden wird eine erste darstellhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung beschrieben. Die erste illustrative Ausführungsform wird unter Verwendung eines Beispiels beschrieben, bei welchem eine MCP verwendet wird, um ein FIM-Bild (Feldionen-Bild) von einer Spitze eines Emitters zu erfassen.

(AUFBAU DES SYSTEMS EINES FOKUSSierten IONENSTRAHLS)

[0052] Wie in Fig. 1 gezeigt, umfasst ein System **1** eines fokussierten Ionenstrahls der vorliegenden darstellhaften Ausführungsform hauptsächlich eine Stufe **2**, auf welcher eine Probe **S** platziert ist, eine Strahl-Linsentrommel **3**, welche einen Ionenstrahl **3A** abstrahlt, einen Erfasser **4**, welcher Sekundär-Ladungspartikel **R** erfasst, welche durch die Bestrahlung durch den Ionenstrahl **3A** erzeugt sind, ein Gasbeschusselement **5**, welches ein Quellgas **G1** zuführt, um einen Ablagerungsfilm auszubilden, und eine Steuereinheit **7**, welche basierend auf den erfassten Sekundär-Ladungspartikeln **R** Bilddaten erzeugt und die Bilddaten auf einer Anzeigeeinheit **6** anzeigt.

[0053] Die Stufe **2** kann basierend auf Anweisungen der Steuereinheit **7** über fünf Achsen verlagert werden. Das heißt, dass die Stufe **2** durch einen Verlagerungs-Mechanismus **8** gelagert wird, welcher einen Horizontal-Bewegungsmechanismus **8a**, welcher sich entlang einer X-Achse und einer Y-Achse,

welche parallel zu einer horizontalen Ebene liegen und zueinander senkrecht stehen, und entlang einer Z-Achse, welche senkrecht zur X-Achse und zur Y-Achse steht, bewegt, einen Neigungs-Mechanismus **8b**, welcher die Stufe **2** um die X-Achse (oder um die Y-Achse) umdreht, wodurch die Stufe **2** geneigt wird, und einen Dreh-Mechanismus **8c**, welcher die Stufe **2** um die Z-Achse umdreht, umfasst.

[0054] Daher kann die Stufe **2** über fünf Achsen durch den Verlagerungs-Mechanismus **8** verlagert werden, wodurch es möglich wird, den Ionenstrahl **3A** auf eine gewünschte Position abzustrahlen. Die Stufe **2** und der Verlagerungs-Mechanismus **8** sind im Inneren einer Vakuumkammer **9** (eine Proben-Kammer) aufgenommen. Daher werden im Inneren der Vakuumkammer **9** eine Bestrahlung durch den Ionenstrahl **3A**, eine Zufuhr des Quellengases G1, und dergleichen durchgeführt.

[0055] Wie in **Fig. 2** gezeigt, umfasst die Strahl-Linsentrommel **3** eine Gasfeld-Ionenquelle (GFIS) **10**, eine Ionen-Beschuss-Einheit **11**, ein Strahl-Optiksystem **12**, eine Mikrokanal-Platte (MCP) **13**, und einen Bilderfassungs-Mechanismus **14**.

[0056] Die Gasfeld-Ionenquelle **10** ist eine Einheit, welche einen Emitter **20** umfasst, und ein Gas G2 an der Spitze des Emitters **20** ionisiert, um Gasionen zu erzeugen.

[0057] Der Emitter **20** ist ein nadelförmiges Element, welches eine spitze Spitze hat, wie in **Fig. 3** gezeigt, und ist beispielsweise durch Beschichten eines Grundmaterials **20a**, welches aus Wolfram (W) oder dergleichen besteht, mit einem Edelgas **20b**, wie beispielsweise Iridium (Ir), aufgebaut. Die Spitze des Emitters **20** ist auf atomarer Ebene angespitzt, und die Spitze ist beispielsweise in einem idealen Zustand derart aufgebaut, dass eine Kristallstruktur eine pyramidenförmige Form annimmt, wie in **Fig. 4** gezeigt. **Fig. 4** ist eine Ansicht, welche eine Kristallfläche darstellt, welche durch Facetten-Wachstum, durch Erwärmen des Emitters **20**, in Relation zu einer Kristallachse $\langle 111 \rangle$ ausgebildet ist.

[0058] Der Emitter **20** ist im Inneren einer Ionen-Erzeugungskammer **21** aufgenommen, deren Inneres im Zustand bei hohem Vakuum beibehalten werden kann, und ist in dem aufgenommenen Zustand gelagert, wie in **Fig. 2** gezeigt. Die Ionen-Erzeugungskammer **21** ist über eine Gaseinführrohre **22a** mit einer Gasquelle **22** verbunden, so dass eine kleine Gasmenge (beispielsweise Helium (He)-Gas) G2 an die Umgebung des Emitters **20** zugeführt wird.

[0059] Der Emitter **20** ist mit einer Erwärmungseinheit **23** zum lokalen Erwärmen der Spitze des Emitters **20** verbunden. Die Erwärmungseinheit **23** ist beispielsweise ein Heizfaden und führt eine Funktion

zum lokalen Erwärmen der Spitze des Emitters **20** auf eine vorbestimmte Temperatur basierend auf einem Strom von einer Stromquelle **24**, welche gemäß einer Anweisung von der Steuereinheit **7** arbeitet, durch, wodurch Atome, welche den Emitter **20** ausmachen, neu angeordnet werden.

[0060] In einer Öffnung der Ionen-Erzeugungskammer **21** ist eine Extraktions-Elektrode **25** getrennt von der Spitze des Emitters **20** angeordnet. Die Extraktions-Elektrode **25** hat eine Öffnung, welche an einer Position ausgebildet ist, welche der Spitze des Emitters **20** gegenüberliegt. Ferner ist eine Extraktions-Leistungsquelle-Einheit **26** zum Anlegen einer Extraktions-Spannung zwischen ihnen zwischen der Extraktions-Elektrode **25** und dem Emitter **20** verbunden. Die Extraktions-Leistungsquelle-Einheit **26** legt eine Extraktions-Spannung an, wodurch das Gas G2 an der Spitze des Emitters **20** zu Gasionen ionisiert wird, und die Gasionen in Richtung zur Extraktions-Elektrode **25** extrahiert werden.

[0061] Jedoch wird ein Raum, welcher die Ionen-Erzeugungskammer **21** und die Extraktions-Elektrode **25** umfasst, durch eine Kühleinheit **27** gekühlt. Die Kühleinheit **27** verwendet ein Kühlmittel, wie beispielsweise flüssiges Helium oder flüssiger Stickstoff, um den gesamten zuvor beschriebenen Raum zu kühlen, wodurch die Möglichkeit besteht, den Emitter **20** zu kühlen.

[0062] Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf diesen Fall beschränkt, sondern kann auf jegliche weitere Arten konfiguriert werden, solange wenigstens der Emitter **20** gekühlt werden kann. Beispielsweise wird ein Kühlblock, eine Kühleinrichtung oder dergleichen dazu verwendet, um lediglich den Emitter **20** zu kühlen.

[0063] Im Übrigen konfigurieren der Emitter **20**, die Gasquelle **22**, die Erwärmungseinheit **23**, die Extraktions-Elektrode **25**, die Extraktions-Leistungsquelle-Einheit **26**, die Ionen-Erzeugungskammer **21** und die Kühleinheit **27** die zuvor beschriebene Gasfeld-Ionenquelle **10**.

[0064] Eine Kathode **30**, welche geerdet ist, ist unterhalb der Extraktions-Elektrode **25** bereitgestellt. Eine Beschleunigungsspannung von einer Beschleunigungs-Leistungsquelle-Einheit **31** ist zwischen der Kathode **30** und dem Emitter **20** angelegt, wodurch Energie an die Gasionen angelegt wird. Hieraus resultierend werden die Gasionen beschleunigt, während sie weiter in Richtung zur Probe S extrahiert werden, wodurch sie zu dem Ionenstrahl **3A** umgewandelt werden.

[0065] Daher wirken die Kathode **30** und die Beschleunigungs-Leistungsquelle-Einheit **31** als die lo-

nen-Beschuss-Einheit **11**, welche die Gasionen als Ionenstrahl **3A** abstrahlt.

[0066] Eine Ausricht-Elektrode **32** ist unterhalb der Kathode **30** bereitgestellt. Die Ausricht-Elektrode empfängt eine Ausricht-Spannung, wodurch die Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls **3A** eingestellt wird. Wie in **Fig. 5** gezeigt, ist die Ausricht-Elektrode **32** derart angeordnet, dass ein größerer Anteil der Peripherie-Komponente des Ionenstrahls **3A** in die Ausricht-Elektrode **32** als in eine fokussierende Linsenelektrode **35** eintritt (wie im Folgenden beschrieben). Genauer gesagt, ist die Ausricht-Elektrode **32** derart angeordnet, dass ein abgeschätzter Winkel Θ_1 (beispielsweise 3° bis 4°), mit welchem der Ionenstrahl **3A** in die Ausricht-Elektrode **32** eintritt, größer ist als ein abgeschätzter Winkel Θ_2 (beispielsweise 1° bis 2°), mit welchem der Ionenstrahl **3A** in die fokussierende Linsenelektrode **35** eintritt.

[0067] Ferner, wie in **Fig. 2** gezeigt, ist die fokussierende Linsenelektrode (eine Kondensorlinse) **35** unterhalb der Ausricht-Elektrode **32** angeordnet, um den Ionenstrahl **3A** zu fokussieren, wodurch der Ionenstrahl **3A** zu einem fokussierten Ionenstrahl (FIB) umgewandelt wird.

[0068] Eine Blende **36** zum Einschnüren des Ionenstrahls **3A** ist unterhalb der fokussierenden Linsenelektrode **35** bereitgestellt. Diese Blende **36** hat eine Öffnung **36a**, welche einen kleinen Durchmesser hat, und wirkt als ein Element, welches verhindert, dass das Gas **G2** gemischt wird, wodurch verhindert wird, dass das Quellgas **G1**, welches durch das Gas-Beschuss-Element **5** an die Nähe von der Probe **S** zugeführt wird, in der Ionen-Erzeugungskammer **21** der Gasfeld-Ionenquelle **10** im Inneren der Strahl-Linsentrommel **3** gemischt wird.

[0069] Im Übrigen kann eine veränderbare Membran, welche dazu in der Lage ist, den Durchmesser von der Öffnung **36a** frei zu verändern, anstelle von der Blende **36** bereitgestellt werden.

[0070] Eine Abtast-Elektrode **37** zum Abstrahlen des Ionenstrahls **3A** auf die Probe **S** ist unterhalb der Blende **36** bereitgestellt. Ferner ist eine Objektivlinse-Membran **38** unterhalb der Abtast-Elektrode **37** bereitgestellt, und ist eine Objektivlinse-Elektrode **39** zum Fokussieren des Ionenstrahls **3A** auf die Probe **S** unterhalb von der Objektivlinse-Membran **38** bereitgestellt.

[0071] Die fokussierende Linsenelektrode **35**, die Blende **36**, die Abtast-Elektrode **37**, die Objektivlinse-Membran **38** und die Objektivlinse-Elektrode **39** bilden das Strahl-Optiksystem **12** zum Fokussieren des Ionenstrahls **3A** aus, wodurch der Ionenstrahl **3A** zu dem fokussierten Ionenstrahl (FIB) umgewan-

delt wird, und um den fokussierten Ionenstrahl auf die Probe **S** abzustrahlen.

[0072] Im Übrigen, obwohl nicht gezeigt, sind ein Astigmatismus-Korrekturlement und ein Strahlposition-Einstellmechanismus, welche in einem System eines fokussierten Ionenstrahls aus dem Stand der Technik verwendet werden, ebenso im Strahl-Optiksystem enthalten.

[0073] Die MCP **13** und ein Spiegel **40** sind derart zwischen der fokussierenden Linsenelektrode **35** und der Blende **36** bereitgestellt, dass sie zwischen einer Einstell-Position **P1**, welche sich auf dem Lichtpfad des Ionenstrahls **3A** befindet, und einer Abweich-Position **P2**, welche vom Lichtpfad abweicht, bewegbar sind. Die MCP **13** und der Spiegel **40** bewegen sich durch den Bewegungsmechanismus **41**, welcher basierend auf einer Anweisung von der Steuereinheit **7** arbeitet, in Synchronisation miteinander. Das heißt, dass die MCP **13** und der Spiegel **40** derart gesteuert werden, dass sie sich, wenn die Probe **S** durch den Ionenstrahl **3A** bestrahlt wird, zum gleichen Zeitpunkt an die Abweich-Position **P2**, welche vom Lichtpfad abweicht, bewegen, und dass sie sich, wenn ein FIM-Bild **M** (siehe **Fig. 7**) von der Spitze des Emitters **20** erlangt wird, an die Einstell-Position **P1** bewegen, welche sich auf dem Lichtpfad befindet.

[0074] Während der Erlangung eines FIM-Bildes **M** wird die Größe der MCP **13** automatisch eingestellt. Die Positionen von der MCP **13** und dem Spiegel **40** werden stets aufgezeichnet, und die MCP **13** und der Spiegel **40** werden zu jedem Zeitpunkt auf der gleichen Einstell-Position **P1**, welche sich auf dem Lichtpfad befindet, eingestellt.

[0075] Ein fluoreszierender Schirm **13a** ist an der unteren Fläche von der MCP **13** bereitgestellt. Ein durch die MCP **13** verstärktes FIM-Bild **M** tritt in den fluoreszierenden Schirm **13a** ein. Hieraus resultierend wird das FIM-Bild **M** von der Spitze des Emitters **20** auf den fluoreszierenden Schirm **13a** projiziert. Dann wird das projizierte FIM-Bild **M** durch den Spiegel **40** reflektiert, wodurch dessen Richtung geändert wird und es an eine Bilderfassungs-Einheit **42**, wie beispielsweise eine CCD-Kamera, geleitet wird. Demgemäß kann das FIM-Bild **M** erlangt werden. Das erlangte FIM-Bild **M** wird an den Bilderfassungs-Mechanismus **14** übertragen.

[0076] Wie in **Fig. 1** gezeigt, erfasst der Erfasser **4** die Sekundär-Ladungspartikel **R**, wie beispielsweise Sekundär-Elektronen, Sekundär-Ionen, reflektierte Ionen und zerstreute Ionen, welche von der Probe **S** im Verlaufe der Bestrahlung durch den Ionenstrahl **3A** auf die Probe **S** erzeugt werden, und gibt das Erfassungsergebnis an die Steuereinheit **7** aus.

[0077] Das Gas-Beschuss-Element **5** führt als Quellengas G1 ein Verbundgas zu, welches ein Material umfasst (beispielsweise Phenanthren, Platin, Kohlenstoff oder Wolfram), welches ein Rohmaterial für einen Ablagerungsfilm ist. Das Quellengas G1 wird durch die Sekundär-Ladungspartikel R, welche durch die Bestrahlung durch den Ionenstrahl **3A** erzeugt werden, in eine Gas-Komponente und eine Feststoff-Komponente abgebaut und getrennt. Dann wird die Feststoff-Komponente der getrennten zwei Komponenten abgelagert, wodurch sie die Ablagerungsschicht annimmt.

[0078] Im Übrigen kann für das Gas-Beschuss-Element **5** ein Material (beispielsweise Xenonfluorid, Chlor, Jod oder Wasser) zum selektiven Beschleunigen des Ätzens verwendet werden. Beispielsweise kann in einem Fall, bei welchem die Probe S auf Silizium basiert, Xenonfluorid verwendet werden, und kann in einem Fall, bei welchem die Probe S von organischer Basis ist, Wasser verwendet werden. Es ist ebenso möglich, das Ätzen bei einem spezifischen Material voranzutreiben, indem gleichzeitig die Bestrahlung durch den Ionenstrahl **3A** durchgeführt wird.

[0079] Die Steuereinheit **7** steuert im Allgemeinen die zuvor beschriebenen einzelnen Komponenten, und kann geeigneterweise die Extraktions-Spannung, die Beschleunigungs-Spannung und den Strahlstrom und dergleichen ändern. Demgemäß wird es möglich, den Strahldurchmesser des Ionenstrahls **3A** frei einzustellen. Daher wird es möglich, nicht nur ein Beobachtungsbild zu erfassen, sondern ebenso ein lokales Ätzen (grobe Verarbeitung, abschließende Verarbeitung oder dergleichen) an der Probe S durchzuführen.

[0080] Die Steuereinheit **7** wandelt die Sekundär-Ladungspartikel R, welche durch den Erfasser **4** erfasst werden, in ein Leuchtdichtesignal um, wodurch Beobachtungsbilddaten erzeugt werden, und steuert dann die Anzeigeeinheit **6** derart, dass die Anzeigeeinheit **6** ein Beobachtungsbild basierend auf den Beobachtungsbilddaten ausgibt. Daher wird es möglich, das Beobachtungsbild über die Anzeigeeinheit **6** zu bestätigen. Die Steuereinheit **7** ist mit einer Eingabeeinheit **7a** verbunden, welche durch einen Bediener zur Eingabe verwendet werden kann, und steuert die einzelnen Komponenten basierend auf einer Signaleingabe durch die Eingabeeinheit **7a**. Das heißt, dass der Bediener die Eingabeeinheit **7a** dazu verwenden kann, um einen gewünschten Bereich durch den Ionenstrahl **3A** zu bestrahlen, wodurch der gewünschte Bereich beobachtet wird, oder ein Ätzen auf einem gewünschten Bereich durchzuführen oder einen gewünschten Bereich mit dem Ionenstrahl **3A** zu bestrahlen, während das Quellengas G1 an den gewünschten Bereich zugeführt wird, wodurch eine Ablagerungsschicht abgelagert wird.

[0081] Wie in **Fig. 2** gezeigt, ist der Bilderfassungs-Mechanismus **14** in der vorliegenden darstellhaften Ausführungsform ein Mechanismus zum Erfassen eines FIM-Bildes M von der Spitze des Emitters **20**, und erlangt ein FIM-Bild M über die Bilderfassungs-Einheit **42**.

[0082] Der Bilderfassungs-Mechanismus **14** ist beispielsweise teilweise in der Steuereinheit **7** einbezogen, und umfasst einen Speicher (eine Speichereinheit) **45**, welcher die erlangten FIM-Bilder M speichert, eine Ausricht-Steuereinheit **46**, welche die Ausricht-Spannung an die Ausricht-Elektrode **32** anlegt, während die Ausricht-Spannung geeigneterweise geändert wird, und eine Bildverarbeitungs-Einheit **47**, welche eine Bildverarbeitung zum Zusammenfassen von einer Mehrzahl von FIM-Bildern M miteinander durchführt, welche erlangt werden, indem unterschiedliche Ausricht-Spannungen angelegt werden, und welche im Speicher **45** gespeichert sind, wodurch ein zusammengefasstes FIM-Bild G erzeugt wird (siehe **Fig. 9**).

[0083] Die Ausricht-Elektrode **32** wirkt als ein Bauteil von dem Bilderfassungs-Mechanismus **14**.

[0084] Wenn ein FIM-Bild M im Speicher **45** gespeichert wird, speichert der Bilderfassungs-Mechanismus **14** das FIM-Bild M beispielsweise im Zusammenhang mit dem Spannungswert von der angelegten Ausricht-Spannung. Daher kann die Bildverarbeitungs-Einheit **47** die FIM-Bilder M, welche erlangt werden, indem Ausricht-Spannungen angelegt werden, welche bestimmt unterschiedlich sind, zusammenfassen. Die Bildverarbeitungs-Einheit **47** von der vorliegenden darstellhaften Ausführungsform führt eine Bildverarbeitung basierend auf den Mustern von hellen Punkten Q (siehe **Fig. 7**), welche jeweils in den FIM-Bildern M erscheinen, derart durch, dass die Mehrzahl von FIM-Bildern miteinander zusammengefasst werden. Dieses Merkmal wird im Folgenden weiter beschrieben.

[0085] Wenn ein FIM-Bild M erlangt wird, beendet die Steuereinheit **7** das Anlegen der Spannung an die fokussierende Linsenelektrode **35**. Dann erlangt der Bilderfassungs-Mechanismus **14** im Verlaufe dieser Zeitperiode ein FIM-Bild M.

(FUNKTIONEN DES SYSTEMS EINES FOKUSSierten IONENSTRAHLS)

[0086] Als Nächstes werden im Folgenden die Betriebe des Systems **1** eines fokussierten Ionenstrahls beschrieben.

[0087] Zunächst werden als Anfangs-Einstellung die Extraktions-Spannung, die Beschleunigungs-Spannung, ein Gasdruck, bei welchem das Gas G2 zugeführt wird, eine Temperatur und dergleichen auf opti-

male Werte eingestellt, und werden die MCP **13** und der Spiegel **40** an die Abweich-Position P2 bewegt, welche vom Lichtpfad des Ionenstrahls **3A** abweicht.

[0088] Nachdem die Anfangs-Einstellung beendet ist, beim Abstrahlen des Ionenstrahls **3A** auf die Probe S, wird zuerst das Gas G2 von der Gasquelle **22** in die Ionenerzeugungs-Kammer **21** zugeführt, und wird der Emitter **20** durch die Kühleinheit **27** auf eine vorbestimmte Temperatur von beispielsweise etwa 20 K gekühlt. Nachdem die Zufuhr des Gases G2 und die Kühlung des Emitters **20** erfolgreich durchgeführt sind, wird die Extraktions-Spannung durch die Extraktions-Leistungsquelle-Einheit **26** zwischen der Extraktions-Elektrode **25** und dem Emitter **20** angelegt. Dann steigt das elektrische Feld der Spitze des Emitters **20** an, und wird somit das Gas G2 in der Ionenerzeugungs-Kammer **21** durch das elektrische Feld an der Spitze des Emitters **20** zu Gasionen ionisiert. Dann werden die Gasionen, abstoßend vom Emitter **20**, welcher ein positives Potenzial hat, in Richtung zur Extraktions-Elektrode **25** angezogen.

[0089] Danach wird die Beschleunigungs-Spannung zwischen der Kathode **30** und dem Emitter **20** von der Ionen-Beschuss-Einheit **11** angelegt, wodurch die angezogenen Gasionen weiter beschleunigt werden, wodurch sie zu dem Ionenstrahl **3A** umgewandelt werden, welcher auf die Probe S abgestrahlt wird. Dann wird der Ionenstrahl **3A** durch das Strahl-Optiksystem **12**, welches die fokussierende Linsenelektrode **35** umfasst, fokussiert, wodurch er den fokussierten Ionenstrahl (FIB) annimmt, welcher auf die Probe S abgestrahlt wird.

[0090] Demgemäß können eine Beobachtung der Probe S, ein Ätzen oder dergleichen durchgeführt werden. In diesem Fall ist es möglich, eine Spannung an die Abtast-Elektrode **37** anzulegen, um die Abtast-Elektrode geeigneterweise zu bedienen, so dass die Probe S durch den Ionenstrahl **3A** abgetastet wird. Daher kann eine Beobachtung oder eine Verarbeitung über einen großen Bereich durchgeführt werden.

[0091] Wenn der Ionenstrahl **3A** abgestrahlt wird, wie in **Fig. 1** gezeigt, ist es möglich, das Quellengas G1 vom Gas-Beschuss-Element **5** zuzuführen, wodurch eine Ablagerungsschicht erzeugt wird. Das heißt, dass die Sekundär-Elektronen, welche durch die Bestrahlung durch den Ionenstrahl **3A** erzeugt werden, das Quellengas G1 in eine Gas-Komponente und in eine Feststoff-Komponente zerlegen, und die Gas-Komponente und die Feststoff-Komponente voneinander trennen. Dann wird von den getrennten zwei Komponenten lediglich die Feststoff-Komponente auf der Probe S abgelagert, wodurch eine Ablagerungsschicht erzeugt wird.

[0092] Demgemäß kann eine Ablagerungsschicht zusätzlich zu der Beobachtung oder Verarbeitung erzeugt werden. Daher ist es gemäß dem System **1** eines fokussierten Ionenstrahls der vorliegenden darstellhaften Ausführungsform durch ein geeignetes Verwenden dieser Merkmale möglich, das System eines fokussierten Ionenstrahls weitgehend als ein Mikroskop oder eine Einrichtung zu verwenden, welche eine Längen-Messung, eine Querschnitt-Beobachtung, eine Querschnitt-Längen-Messung, eine Vorbereitung von einer TEM-Probe S, eine Reparatur von einer Maske, ein Zeichnen und dergleichen durchführt.

[0093] Im Übrigen ist es gemäß dem System **1** eines fokussierten Ionenstrahls der vorliegenden darstellhaften Ausführungsform, da das System **1** eines fokussierten Ionenstrahls den Bilderfassungs-Mechanismus **14** umfasst, möglich, eine FIM-Beobachtung an der Spitze des Emitters **20** geeigneterweise durchzuführen.

[0094] Als Nächstes werden Betriebe zum Durchführen der FIM-Beobachtung detailliert beschrieben.

[0095] Zunächst wird der Bewegungs-Mechanismus **41** durch eine Anweisung von der Steuereinheit **7** bedient, woraufhin die MCP **13** und der Spiegel **40** an die Einstell-Position P1 bewegt werden, welche sich auf dem Lichtpfad des Ionenstrahls **3A** befindet, wie in **Fig. 2** gezeigt. In diesem Zustand wird der Ionenstrahl **3A** abgestrahlt. Dann tritt der Ionenstrahl **3A** in die MCP **13** ein und wird zu Elektronen umgewandelt, welche verstärkt werden und dann in den fluoreszierenden Schirm **13a** eintreten. Daher ist es möglich, ein FIM-Bild M auf den fluoreszierenden Schirm **13a** zu projizieren. Dieses projizierte FIM-Bild M wird über den Spiegel **40** durch die Bilderfassungs-Einheit **42** erlangt, und wird an den Bilderfassungs-Mechanismus **14** übertragen.

[0096] Der Bilderfassungs-Mechanismus **14** speichert die erlangten FIM-Bilder M im Speicher **45**. Im Übrigen erlangt der Bilderfassungs-Mechanismus **14** jene FIM-Bilder M in einem Zustand, bei welchem die Spannung an die fokussierende Linsenelektrode **35** angelegt wird, und während die Ausricht-Spannung geändert wird, welche von der Ausricht-Steuereinheit **46** an die Ausricht-Elektrode **32** anzulegen ist.

[0097] Wenn die Ausricht-Spannung an die Ausricht-Elektrode **32** angelegt wird, ist es möglich, den Ionenstrahl **3A** gemäß dem Spannungswert von der Ausricht-Spannung und dergleichen abzulenken, und ist es möglich, die Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls **3A** zu ändern. Daher ist es, obwohl ein Abschnitt von der Peripherie-Komponente oder dergleichen des Ionenstrahls **3A** durch die fokussierende Linsenelektrode **35** blockiert wird, wenn der Ionenstrahl **3A** durch die fokussierende Linsenelektrode **35**

durchläuft, möglich, den blockierten Abschnitt des Ionenstrahls **3A** durchlaufen zu lassen, indem die Ausricht-Spannung geändert wird. Daher ist es, bevor und nachdem die Ausricht-Spannung geändert wird, möglich, FIM-Bilder M von unterschiedlichen visuellen Feldern zu erfassen.

[0098] Genauer gesagt, wie in **Fig. 6** gezeigt, wird beispielsweise in einem Zustand, bei welchem die Ausricht-Spannung nicht an die Ausricht-Elektrode **32** angelegt wird, wenn der Ionenstrahl **3A** durch die fokussierende Linsenelektrode **35** durchläuft, die Peripherie-Komponente (schraffierte Abschnitte, wie in **Fig. 6** gezeigt) K des Ionenstrahls **3A** durch die fokussierende Linsenelektrode **35** blockiert. Daher tritt lediglich der Mittenabschnitt des Ionenstrahls **3A** in die MCP **13** ein, wodurch es möglich ist, ein wie in **Fig. 7** gezeigtes FIM-Bild M (M1) zu erfassen.

[0099] Dann ist es, wenn die Ausricht-Spannung angelegt wird, da der Ionenstrahl **3A** durch die Ausricht-Elektrode **32** abgelenkt wird, wodurch die Bestrahlungsrichtung geändert wird, möglich, die blockierte Peripherie-Komponente K derart durchlaufen zu lassen, dass die Peripherie-Komponente in die MCP **13** eintritt. Daher ist es möglich, ein FIM-Bild M (M2) von einem visuellen Feld zu erfassen, welches sich von dem FIM-Bild M (M1) unterscheidet und dergestalt ist, wie in **Fig. 9** gezeigt.

[0100] Wie zuvor beschrieben, kann der Bilderfassungs-Mechanismus **14** beispielsweise vier FIM-Bilder M (M1 bis M4) von unterschiedlichen visuellen Feldern erfassen, wie in **Fig. 9** gezeigt, indem die Ausricht-Spannung mehrfach geändert wird, und wobei die FIM-Bilder im Speicher **45** gespeichert werden. Es ist zu erwähnen, dass die Anzahl von FIM-Bildern M nicht auf Vier begrenzt ist.

[0101] Wenn die Erfassungen der FIM-Bilder M beendet ist, fasst die Bilderfassungs-Einheit **42** die mehreren FIM-Bilder M (M1 bis M4) untereinander zusammen, wie in **Fig. 9** gezeigt, wodurch ein zusammengefasstes FIM-Bild G erzeugt wird.

[0102] Genauer gesagt, fasst die Bilderfassungs-Einheit **42** die mehreren FIM-Bilder basierend auf den Mustern von hellen Punkten Q zusammen, welche jeweils in den FIM-Bildern M erscheinen. Beispielsweise fasst die Bilderfassungs-Einheit **42** die mehreren FIM-Bilder M derart zusammen, dass sich die Muster von gemeinsamen hellen Punkten Q von einer Mehrzahl von hellen Punkten Q welche in einem ersten FIM-Bild M und einem zweiten FIM-Bild M erscheinen, gegenseitig überlappen. Demgemäß ist es möglich, die FIM-Bilder M zusammenzufassen, indem eine genaue Übereinstimmung durchgeführt wird, und ein genaues zusammengefasstes FIM-Bild G zu erlangen.

[0103] Hieraus resultierend ist es möglich, ein Weitbereichs-FIM-Bild von der Spitze des Emitters **20** ohne Beeinflussung durch die fokussierende Linsenelektrode **35** zu erfassen.

[0104] Insbesondere, da ein heller Punkt Q welcher einem vorragenden Abschnitt von der Spitze des Emitters **20** entspricht, in jedem FIM-Bild M erscheint, ist es möglich, die FIM-Beobachtung über die Kristallstruktur von der Spitze des Emitters **20** durch das zusammengefasste FIM-Bild G über einen großen Bereich durchzuführen. Daher ist es möglich, akkurat zu erfassen, ob die Kristallstruktur von der Spitze des Emitters **20** in einem idealen Zustand ist (beispielsweise ein Zustand, bei welchem die Spitze des Emitters **20** eine pyramidenförmige atomare Anordnung hat und die Kopfkante durch ein oder mehrere Atome konfiguriert ist).

[0105] Daher ist es möglich, beispielsweise den Fortschritt-Zustand des Ätzens genau zu erfassen, wenn das System **1** eines fokussierten Ionenstrahls dazu verwendet wird, um die Spitze des Emitters **20** durch ein feldunterstütztes Gasätzen zu ätzen, und ist es möglich, die Spitze des Emitters **20** in einem gewünschten scharfen Zustand zu vollenden.

[0106] Ebenso kann beim Durchführen des feldunterstützten Gasätzens, als das Gas G2, welches von der Gasquelle **22** in die Ionenerzeugungskammer **21** zugeführt wird, beispielsweise Sauerstoff oder Stickstoff oder ein Mischgas, welches Sauerstoff und Stickstoff umfasst, anstelle von Helium-Gas zugeführt werden. Daher ist es möglich, Atome des Wolframs, welches das Grundmaterial **20a** des Emitters **20** bildet, zu nehmen, wodurch das feldunterstützte Gasätzen durchgeführt wird, und ist es möglich, die Spitze des Emitters **20** graduell zu schaben, wodurch ein Anschärfen auf atomarer Ebene durchgeführt wird. In diesem Fall nehmen die Atome, welche die Kopfkante des Emitters **20** aufbauen, mit fortschreitendem Anschärfen ab, so dass es möglich ist, den Fortschritt-Zustand des Ätzens zu bestätigen, indem die hellen Punkte Q durch die FIM-Beobachtung bestätigt werden.

[0107] Im Übrigen ist die FIM-Beobachtung nicht auf einen Fall der Durchführung des zuvor beschriebenen feldunterstützten Gasätzens beschränkt, und kann in einem Fall durchgeführt werden, bei welchem eine Behandlung (Neuanordnung von Atomen) zum Wiederherstellen der Kristallstruktur von der Spitze des Emitters **20** in den ursprünglichen Zustand, beispielsweise in einem Fall, bei welchem die Kristallstruktur im Verlaufe der Verwendung gebrochen ist, durchgeführt wird.

[0108] In dem Fall, bei welchem diese Behandlung durchgeführt wird, wird, nachdem die Kühleinheit **27** gestoppt ist, die Wärmeeinheit **23** betrieben, wo-

durch die Spitze des Emitters **20** lokal erwärmt wird (beispielsweise über einige Minuten auf 800°C bis 900°C). Hieraus resultierend werden die Atome, welche die Spitze des Emitters **20** aufbauen, neu angeordnet, und wird es möglich, die Kristallstruktur von der Spitze des Emitters **20** in die in **Fig. 4** gezeigte ursprüngliche Kristallstruktur wiederherzustellen. In diesem Fall ist es nach der Neuordnung möglich, genau zu bestimmen, ob die Kristallstruktur nach der Neuordnung in dem ursprünglichen idealen Zustand ist, indem die FIM-Beobachtung durchgeführt wird.

[0109] Wie zuvor beschrieben, kann gemäß dem System **1** eines fokussierten Ionenstrahls der vorliegenden darstellhaften Ausführungsform, da es möglich ist, ein Weitbereich-FIM-Bild von der Spitze des Emitters **20** durch das zusammengefasste FIM-Bild **G** zu erfassen, eine FIM-Beobachtung in einem weiten visuellen Feld durchgeführt werden. Daher ist es in einigen Fällen, wie beispielsweise ein Fall, bei welchem die Spitze des Emitters **20** durch feldunterstütztes Gasätzen geätzt wird, oder ein Fall, bei welchem eine Behandlung an der Spitze des Emitters **20** durchgeführt wird, möglich, den Fortschritt-Zustand des Ätzens genau zu erfassen, und ist es einfach, die Spitze des Emitters **20** in einen gewünschten scharfen Zustand sicher fertigzustellen.

[0110] Wenn die Bilderfassungs-Einheit **42** mehrere FIM-Bilder **M** zusammenfasst, um ein zusammengefasstes FIM-Bild **G** zu erzeugen, ist es, da helle Punkte **Q**, welche jeweils in den FIM-Bildern **M** erscheinen, verwendet werden, nicht notwendig, Masken oder Weiteres zum Zusammensetzen separat vorzubereiten. Daher ist es möglich, einen Bildverarbeitungs-Betrieb einfach und genau durchzuführen.

[0111] Obwohl die fokussierende Linsenelektrode **35** in der Nähe des Emitters **20** angeordnet ist, um die Leistung des Systems **1** eines fokussierten Ionenstrahls sicherzustellen, so dass die fokussierende Linsenelektrode **35** unmittelbar oberhalb der MCP **13** angeordnet ist, ist es möglich, eine FIM-Beobachtung an der Spitze des Emitters **20** über einen weiten Bereich basierend auf dem zusammengefassten FIM-Bild **G** durchzuführen, ohne durch die fokussierende Linsenelektrode **35** beeinflusst zu werden.

[0112] In der ersten darstellhaften Ausführungsform wird ein FIM-Bild **M** in einem Zustand erlangt, bei welchem keine Spannung an die fokussierende Linsenelektrode **35** angelegt wird. Jedoch kann ein FIM-Bild **M** in einem Zustand erlangt werden, bei welchem die fokussierende Linsenelektrode **35** betrieben wird.

[0113] Wenn jedoch die fokussierende Linsenelektrode **35** inaktiv ist, ist es möglich, den Ionenstrahl **3A** durchlaufen zu lassen, ohne dass er durch die fokussierende Linsenelektrode **35** fokussiert (abge-

lenkt) wird, und ist es somit möglich, dass der Ionenstrahl **3A** über einen weiten Bereich in die MCP **13** eintritt. Daher ist es möglich, ein genaues FIM-Bild **M** zu erfassen, welches deutlicher ist, und welches nicht durch Ablenkung beeinflusst ist, und ist es einfach, eine genauere FIM-Beobachtung durchzuführen.

<ZWEITE ILLUSTRATIVE AUSFÜHRUNGSFORM>

[0114] Nachfolgend wird eine zweite illustrative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0115] Ein Unterschied zur ersten illustrativen Ausführungsform besteht darin, dass bei der ersten illustrativen Ausführungsform die MCP **13** dazu verwendet wird, um die FIM-Beobachtung am Emitter **20** durchzuführen (ein MCP-System), wohingegen bei der zweiten darstellhaften Ausführungsform die FIM-Beobachtung durch Abtasten der Probe **S** mit dem Ionenstrahl **3A** durchgeführt wird (ein Abtast-FIM-System).

[0116] Hier sind Bauteile der zweiten illustrativen Ausführungsform, welche ähnlich den Bauteilen der ersten darstellhaften Ausführungsform sind, durch die gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und werden nicht beschrieben.

(AUFBAU DES SYSTEMS EINES FOKUSSierten IONENSTRAHLS)

[0117] Wie in **Fig. 10** gezeigt, umfasst ein System **50** eines fokussierten Ionenstrahls gemäß der vorliegenden darstellhaften Ausführungsform ein zweistufiges Ablenk-Element (Ablenk-Elemente) **51** und eine Ablenk-Steuereinheit **52**, welche das zweistufige Ablenk-Element **51** steuert, anstelle der MCP **13**, des Spiegels **40**, der Bilderfassungs-Einheit **42** und dergleichen von der ersten illustrativen Ausführungsform.

[0118] Das zweistufige Ablenk-Element **51** ist in zwei Stufen einer oberen Stufe und einer unteren Stufe zwischen der fokussierenden Linsenelektrode **35** und der Blende **36** angeordnet, und hat Funktionen zum Korrigieren der Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls **3A**, welcher durch die fokussierende Linsenelektrode **35** durchlaufen ist, und zum Abtasten einer Probe **S** durch den korrigierten Ionenstrahl **3A** in einer Richtung parallel zur Oberfläche von der Probe **S**. Genauer gesagt, führt das zweistufige Ablenk-Element **51** die Korrektur derart durch, dass die Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls **3A**, welcher durch die fokussierende Linsenelektrode **35** durchlaufen ist, parallel zur Axiallinie **O** des Emitters **20** verlaufen wird.

[0119] Die Ablenk-Steuereinheit **52** legt Korrektursignale (Korrekturspannungen) an die zweistufigen Ab-

lenk-Element **51** an, wodurch das zweistufige Ablenk-Element **51** derart gesteuert wird, dass das zweistufige Ablenk-Element **51** die zuvor beschriebene Korrektur durchführt, und legt Abtastsignale (Abtastspannungen) an das zweistufige Ablenk-Element **51** an, wodurch das zweistufige Ablenk-Element **51** derart gesteuert wird, dass das zweistufige Ablenk-Element **51** die Abtastung durchführt. Demgemäß steuert die Ablenk-Steuereinheit **52** den Betrieb des zweistufigen Ablenk-Elements **51**. Genauer gesagt, legt die Ablenk-Steuereinheit **52** Signale, welche durch Addieren der Abtastsignale mit den Korrektursignalen erlangt sind, an das zweistufige Ablenk-Element **51** der oberen Stufe und der unteren Stufe an, wodurch eine derartige Steuerung durchgeführt wird, dass das zweistufige Ablenk-Element **51** die zuvor beschriebene Korrektur und Abtastung gleichzeitig durchführt. In diesem Fall werden, gleich den Abtastsignalen, Signale, welche den gleichen Absolutbetrag und unterschiedliche Polaritäten haben, an das zweistufige Ablenk-Element **51** der oberen Stufe und der unteren Stufe angelegt. Daher wird es möglich, eine parallele Abtastung durch den Ionenstrahl **3A** durchzuführen.

[0120] In Fig. 11 ist die Bahn des Ionenstrahls **3A**, bevor die Abtastsignale angelegt werden, durch eine durchgängige Linie gezeigt, und ist die Bahn des Ionenstrahls **3A**, nachdem die Abtastsignale angelegt sind, durch eine gestrichelte Linie gezeigt. Daher wird es möglich, die Abtastung durch den Ionenstrahl **3A** derart durchzuführen, wie durch Pfeile zwischen der durchgängigen Linie und der gestrichelten Linie angezeigt. Im Übrigen ist es möglich, die Abtastung durch den Ionenstrahl **3A** mit einer großen Abtastbreite durchzuführen, indem die Abtastsignale erhöht werden.

(FUNKTIONEN DES SYSTEMS EINES FOKUSSIERTEN IONENSTRAHLS)

[0121] Nachfolgend werden Betriebe des Systems **50** eines fokussierten Ionenstrahls zur Durchführung einer FIM-Beobachtung am Emitter **20** beschrieben.

[0122] Zunächst wird, wie in Fig. 11 gezeigt, der Ionenstrahl **3A**, dessen Bestrahlungsrichtung durch die Ausricht-Elektrode **32** geändert wird, fokussiert, und nimmt einen Zustand an, bei welchem die Bestrahlungsrichtung in Relation zur Axiallinie O des Emitters **20** durch eine Ablenkwirkung geneigt ist, während er durch die fokussierende Linsenelektrode **35** durchläuft und dann in das zweistufige Ablenk-Element **51** eintritt. In diesem Fall korrigiert das zweistufige Ablenk-Element **51** die Neigung des Ionenstrahls **3A**, indem das Korrektursignal von der Ablenk-Steuereinheit **52** angelegt wird, wodurch die Bestrahlungsrichtung derart neu eingestellt wird, dass die Bestrahlungsrichtung parallel zu der Axiallinie O des Emitters **20** verläuft. Daher wird es möglich, dass der Ionen-

strahl **3A** (FIB), welcher auf der Fläche von der Probe S fokussiert ist, senkrecht in die Probe S eintritt.

[0123] Zusätzlich tastet das zweistufige Ablenk-Element **51** die Probe S in einer Richtung parallel zur Fläche von der Probe S durch den Ionenstrahl **3A** ab, welcher senkrecht auf die Fläche von der Probe S einfällt, indem die Abtastsignale von der Ablenk-Steuereinheit **52** angelegt werden.

[0124] Dann tritt der abgetastete Ionenstrahl **3A** in die Probe S ein, wodurch Sekundär-Ladungspartikel R erzeugt werden, wie in Fig. 10 gezeigt, und erfasst der Erfasser **4** die Sekundär-Ladungspartikel R. Der Bilderfassungs-Mechanismus **55** synchronisiert ein Erfassungssignal, welches durch den Erfasser **4** basierend auf einer Schwankung der Intensität der Sekundär-Ladungspartikel R erfasst ist, mit den Abtastsignalen, welche an das zweistufige Ablenk-Element **51** angelegt werden, wodurch die Möglichkeit besteht, ein Feldemission-Musterbild von der Spitze des Emitters **20** zu erfassen, und somit die Möglichkeit besteht, ein FIM-Bild M zu erfassen.

[0125] Im Übrigen wirken bei der vorliegenden darstellhaften Ausführungsform das zweistufige Ablenk-Element **51**, die Ablenk-Steuereinheit **52**, der Erfasser **4**, der Speicher **45**, die Ausricht-Elektrode **32**, die Ausricht-Steuereinheit **46** und die Bilderfassungseinheit **42** als der Bilderfassungs-Mechanismus **55**.

[0126] Unterdessen werden FIM-Bilder M auf die gleiche Art und Weise erlangt, während die Ausricht-Spannung geändert wird, wodurch es möglich ist, mehrere FIM-Bilder M von unterschiedlichen visuellen Feldern zu erfassen. Daher ist es, ähnlich der ersten darstellhaften Ausführungsform, möglich, ein zusammengefasstes FIM-Bild G durch die Bilderfassungseinheit **42** zu erzeugen, und ist es möglich, eine FIM-Beobachtung an der Spitze des Emitters **20** in einem weiten visuellen Feld durchzuführen.

[0127] Insbesondere, da die Abtastung in eine Richtung parallel zur Fläche von der Probe S in einem Zustand durchgeführt wird, bei welchem das zweistufige Ablenk-Element **51** die Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls **3A** in eine Richtung senkrecht zur Fläche von der Probe S neu einstellt, wie in Fig. 10 gezeigt, ist es möglich, den Ionenstrahl **3A** beim Abtasten durch die Blende **36** durchlaufen zu lassen, welche die Öffnung **36a** mit einem kleinen Durchmesser hat, welche dazu bereitgestellt ist, um zu verhindern, dass sich das Quellengas G1 seitens der Ionenerzeugungskammer **21** mischen wird.

[0128] Daher ist es sogar in einem Fall, bei welchem die Blende **36** bereitgestellt ist, möglich, die FIM-Beobachtung an der Spitze des Emitters **20** über einen weiten Bereich sicher durchzuführen.

[0129] Ferner wird bei der zweiten illustrativen Ausführungsform ein FIM-Bild M erlangt, indem das Erfassungssignal, welches durch den Erfasser **4** basierend auf einer Schwankung von der Intensität der Sekundär-Ladungspartikel R erfasst wird, mit den Abtastsignalen synchronisiert wird, welche an das zweistufige Ablenk-Element **51** angelegt werden. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt.

[0130] Beispielsweise kann ein Faraday-Becher innerhalb der Vakuum-Kammer **9** angeordnet werden, und kann der Ionenstrahl **3A** derart gesteuert werden, dass der Ionenstrahl in den Faraday-Becher eintritt. Danach kann ein FIM-Bild M erlangt werden, indem ein Erfassungssignal (Stromschwankung) des Strahlstroms von dem Ionenstrahl **3A**, welcher in den Faraday-Becher eingetreten ist, mit den Abtastsignalen synchronisiert wird, welche an das zweistufige Ablenk-Element **51** angelegt werden.

[0131] Obwohl die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf bestimmte darstellhafte Ausführungsformen davon gezeigt und beschrieben wurde, wird es dem Fachmann verständlich sein, dass verschiedene Änderungen in der Form und in den Details darin vorgenommen werden können, ohne vom Geist und Umfang der Erfindung, wie durch die anliegenden Ansprüche bestimmt, abzuweichen.

[0132] In den zuvor beschriebenen darstellhaften Ausführungsformen besteht das Grundmaterial **20a** des Emitters **20** aus Wolfram (W). Jedoch kann das Grundmaterial **20a** aus Molybdän (Mo) bestehen. Ebenso, obwohl das Edelmetall **20b** zum Beschichten der Fläche des Grundmaterials **20a** aus Iridium (Ir) besteht, kann ein jegliches weiteres Material, wie beispielsweise Palladium (Pd), Rhodium (Rh), Rhenium (Re) oder Osmium (Os), als das Edelmetall **20b** verwendet werden. Insbesondere, da die Fläche des Emitters **20** durch das Edelmetall **20b** beschichtet ist, welches eines der zuvor beschriebenen Materialien umfasst, hat der Emitter **20** eine chemische Widerstandsfähigkeit. Hinsichtlich der chemischen Widerstandsfähigkeit ist es ebenso bevorzugt Iridium (Ir) zu verwenden.

[0133] Ebenso wird bei den zuvor beschriebenen darstellhaften Ausführungsformen Helium (He) Gas als das Gas G2 zugeführt, welches in die Ionenerzeugungskammer **21** zugeführt wird. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt. Beispielsweise kann Argon (Ar) Gas, Neon (Ne) Gas, Krypton (Kr) Gas, Xenon (Xe) Gas oder dergleichen verwendet werden. Ferner kann neben Edelgasen ein Gas verwendet werden, wie beispielsweise Wasserstoff (H₂) oder Sauerstoff (O₂). In diesem Fall kann gemäß der Verwendung des Ionenstrahls **3A** die Art des Gases G2 in der Mitte des Stromes umgeschal-

tet werden, oder können zwei oder mehrere Gase G2 gemischt werden und dann zugeführt werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- JP 2013-061637 [0001]
- US 2007/0025907 A [0008]
- JP 2012-98293 A [0011, 0017]

Patentansprüche

1. System eines fokussierten Ionenstrahls, welches umfasst:

eine Gasfeld-Ionenquelle, welche einen Emitter mit einer spitzen Spitze umfasst, und welche dazu ausgebildet ist, ein Gas an der Spitze des Emitters zu ionisieren, um Gasionen zu erzeugen;

eine Ionen-Beschuss-Einheit, welche dazu ausgebildet ist, die Gasionen zu beschleunigen und die Gasionen als einen Ionenstrahl abzustrahlen, während die Gasionen in Richtung zu einer Probe extrahiert werden;

ein Strahl-Optiksystem, welches zumindest eine fokussierende Linsenelektrode umfasst, und welches dazu ausgebildet ist, den Ionenstrahl auf die Probe abzustrahlen, während der Ionenstrahl fokussiert wird; und

einen Bilderfassungs-Mechanismus, welcher dazu ausgebildet ist, ein FIM-Bild von der Spitze des Emitters basierend auf den Ionenstrahl zu erfassen, wobei der Bilderfassungs-Mechanismus umfasst:

eine Ausricht-Elektrode, welche zwischen der Ionen-Beschuss-Einheit und der fokussierenden Linsenelektrode angeordnet ist, und welche dazu ausgebildet ist, eine Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls einzustellen;

eine Ausricht-Steuereinheit, welche dazu ausgebildet ist, eine Ausricht-Spannung an die Ausricht-Elektrode anzulegen;

eine Speichereinheit, welche dazu ausgebildet ist, das erfasste FIM-Bild zu speichern; und

eine Bildverarbeitungs-Einheit, welche dazu ausgebildet ist, eine Bildverarbeitung durchzuführen, indem eine Mehrzahl von FIM-Bildern zusammengefasst werden, um ein zusammengefasstes FIM-Bild zu erzeugen, wobei die Mehrzahl von FIM-Bildern erfasst werden, indem unterschiedliche Ausricht-Spannungen angelegt werden und sie in der Speichereinheit gespeichert werden.

2. System eines fokussierten Ionenstrahls nach Anspruch 1, bei welchem die Bildverarbeitungs-Einheit dazu ausgebildet ist, die Mehrzahl von FIM-Bildern basierend auf Mustern von hellen Punkten, welche in den FIM-Bildern erscheinen, zusammenzufassen.

3. System eines fokussierten Ionenstrahls nach Anspruch 1 oder 2, welches ferner umfasst:

eine Mikrokanal-Platte, welche zwischen der fokussierenden Linsenelektrode und der Probe angeordnet ist, und welche dazu ausgebildet ist, zwischen einer Position, welche sich auf einem Lichtpfad des Ionenstrahls befindet, und einer Position, welche vom Lichtpfad abweicht, bewegbar zu sein, und den Ionenstrahl zu empfangen, welcher durch die fokussierende Linsenelektrode durchlaufen ist, um das FIM-Bild auf einen fluoreszierenden Schirm zu projizieren,

wobei der Bilderfassungs-Mechanismus dazu ausgebildet ist, das auf den fluoreszierenden Schirm projizierte FIM-Bild zu erfassen.

4. System eines fokussierten Ionenstrahls nach Anspruch 3, bei welchem der Bilderfassungs-Mechanismus dazu ausgebildet ist, das FIM-Bild in einem Zustand zu erfassen, bei welchem keine Spannung an die fokussierende Linsenelektrode angelegt ist.

5. System eines fokussierten Ionenstrahls nach Anspruch 1 oder 2, welches ferner umfasst:

ein Ablenk-Element, welches zwischen der fokussierenden Linsenelektrode und der Probe angeordnet ist, und welches dazu ausgebildet ist, die Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls, welcher durch die fokussierende Linsenelektrode durchlaufen ist, zu korrigieren, und eine Abtastung durch den korrigierten Ionenstrahl in einer Richtung parallel zu einer Fläche von der Probe durchzuführen; und

eine Ablenk-Steuereinheit, welche dazu ausgebildet ist, ein Korrektursignal an das Ablenk-Element derart anzulegen, dass das Ablenk-Element die Korrektur durchführt, und ein Abtastsignal an das Ablenk-Element derart anzulegen, dass das Ablenk-Element die Abtastung durchführt,

wobei das Ablenk-Element dazu ausgebildet ist, die Korrektur derart durchzuführen, dass die Bestrahlungsrichtung des Ionenstrahls, welcher durch die fokussierende Linsenelektrode durchlaufen ist, parallel zu einer Axiallinie des Emitters verläuft, und

wobei der Bilderfassungs-Mechanismus dazu ausgebildet ist, ein FIM-Bild basierend auf dem Abtastsignal und einem Erfassungssignal von Sekundär-Ladungspartikeln, welche durch die Probe beim Auftreffen des Ionenstrahls erzeugt werden, oder basierend auf dem Abtastsignal und einem Erfassungssignal von einem Strahlstrom des Ionenstrahls, welcher auf die Probe auftrifft, zu erfassen.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

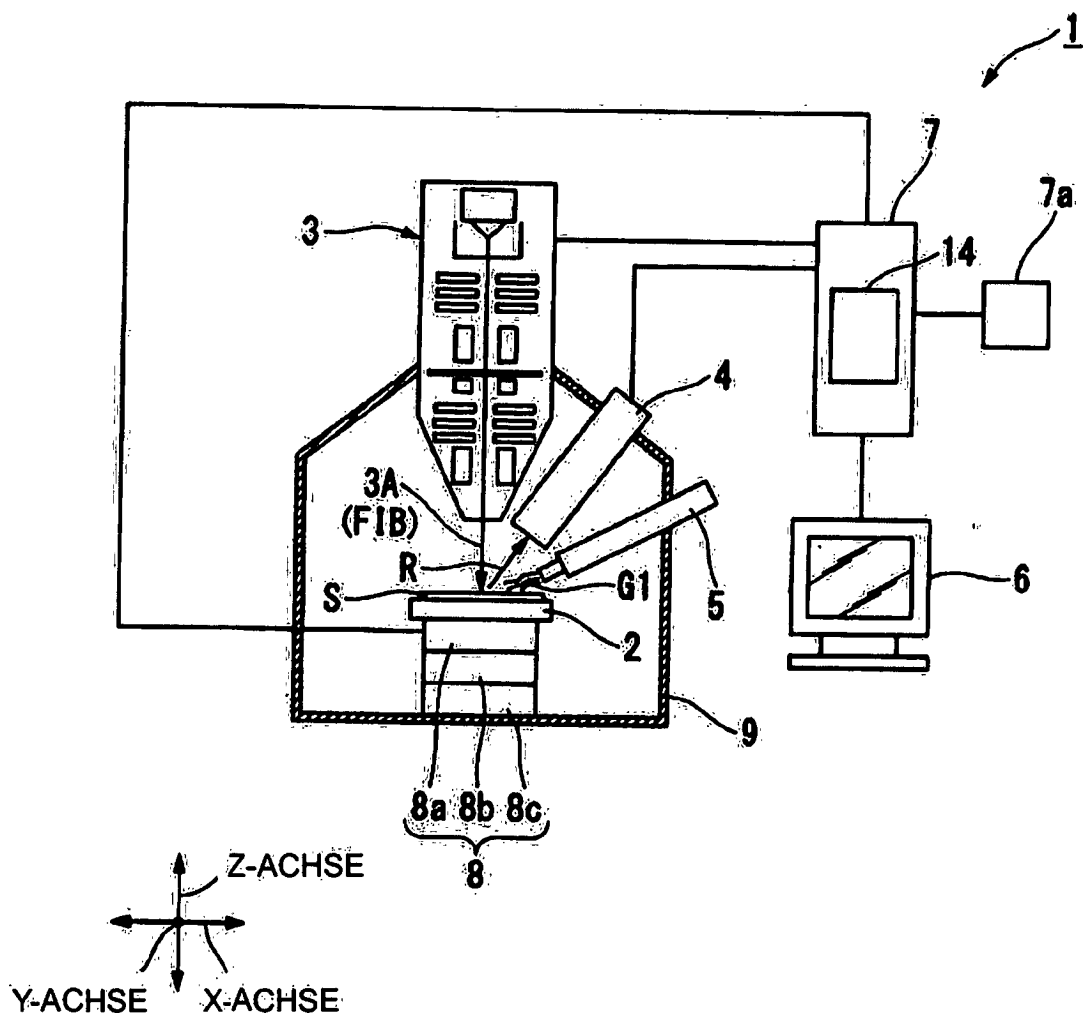


FIG.2

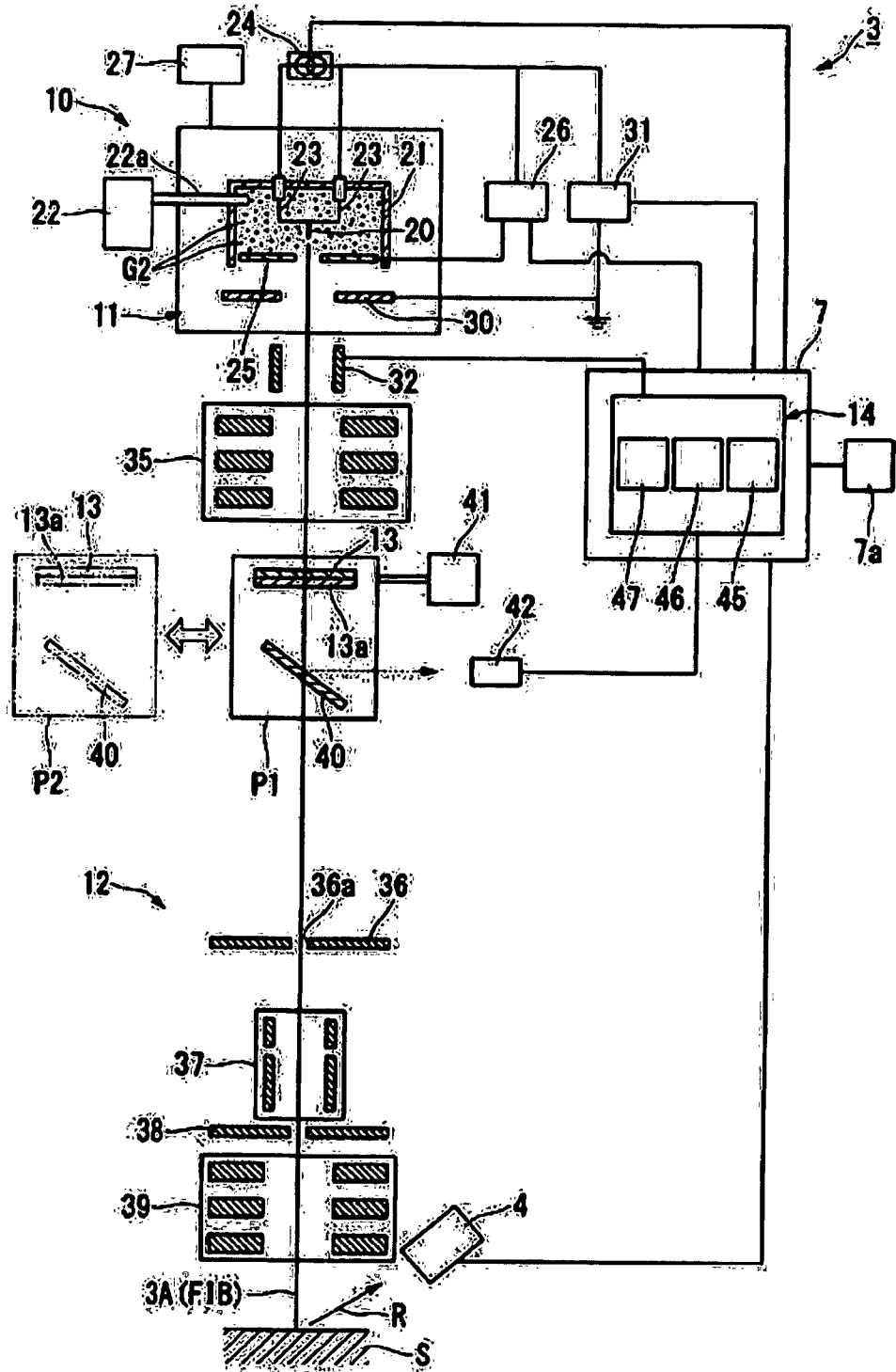


FIG.3

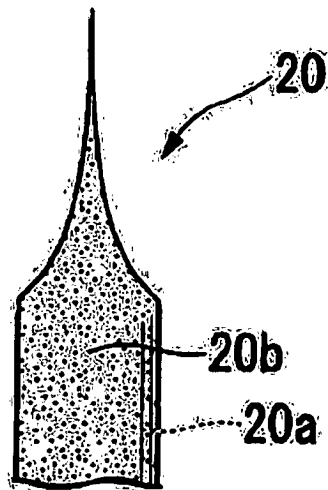


FIG.4

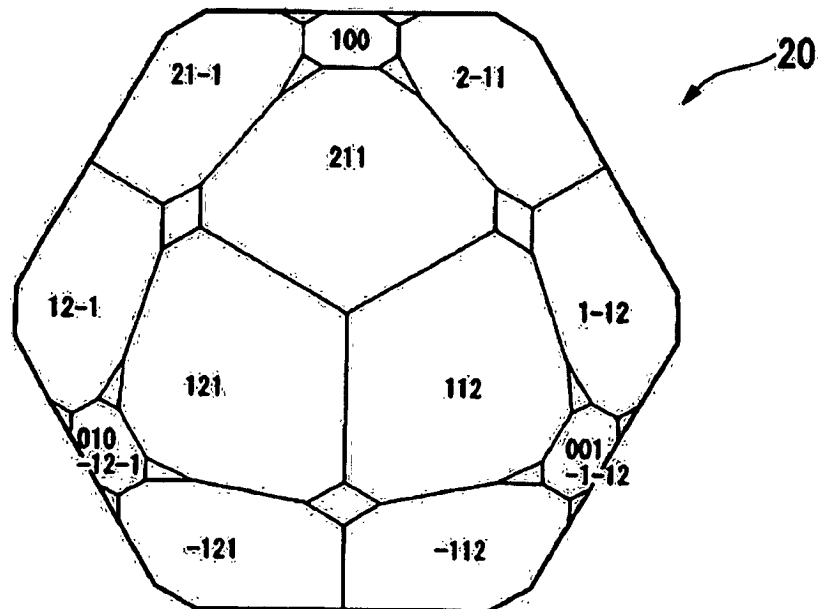


FIG.5

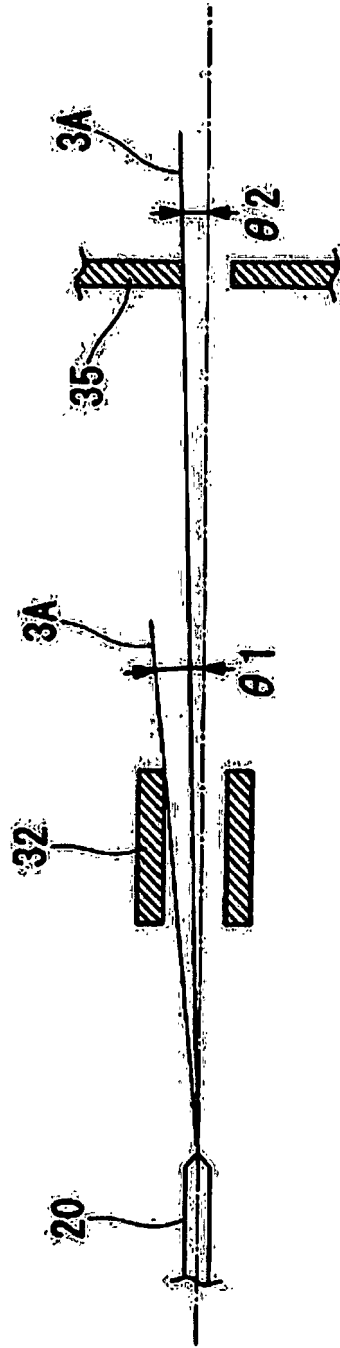


FIG 6

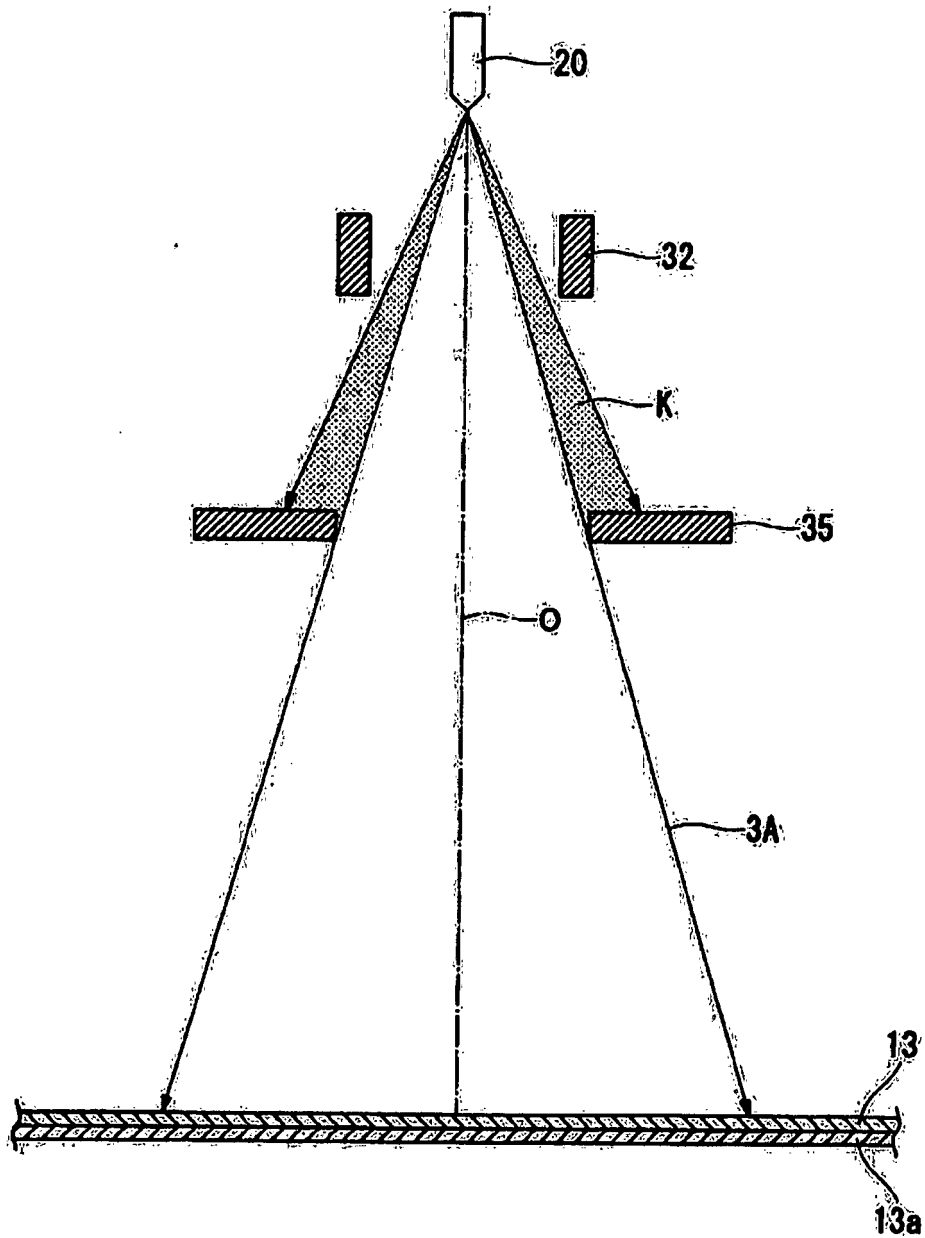


FIG. 7

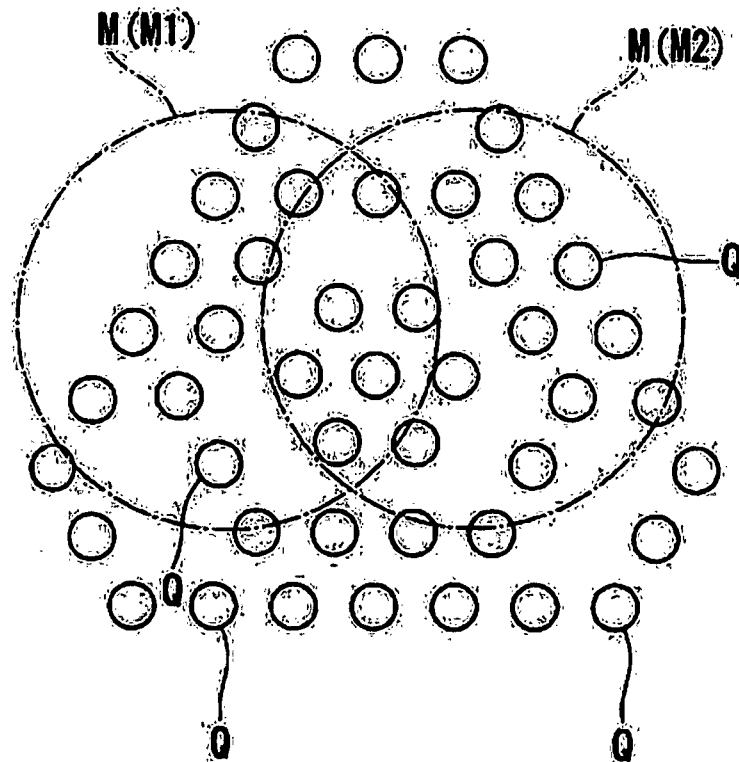


FIG.8

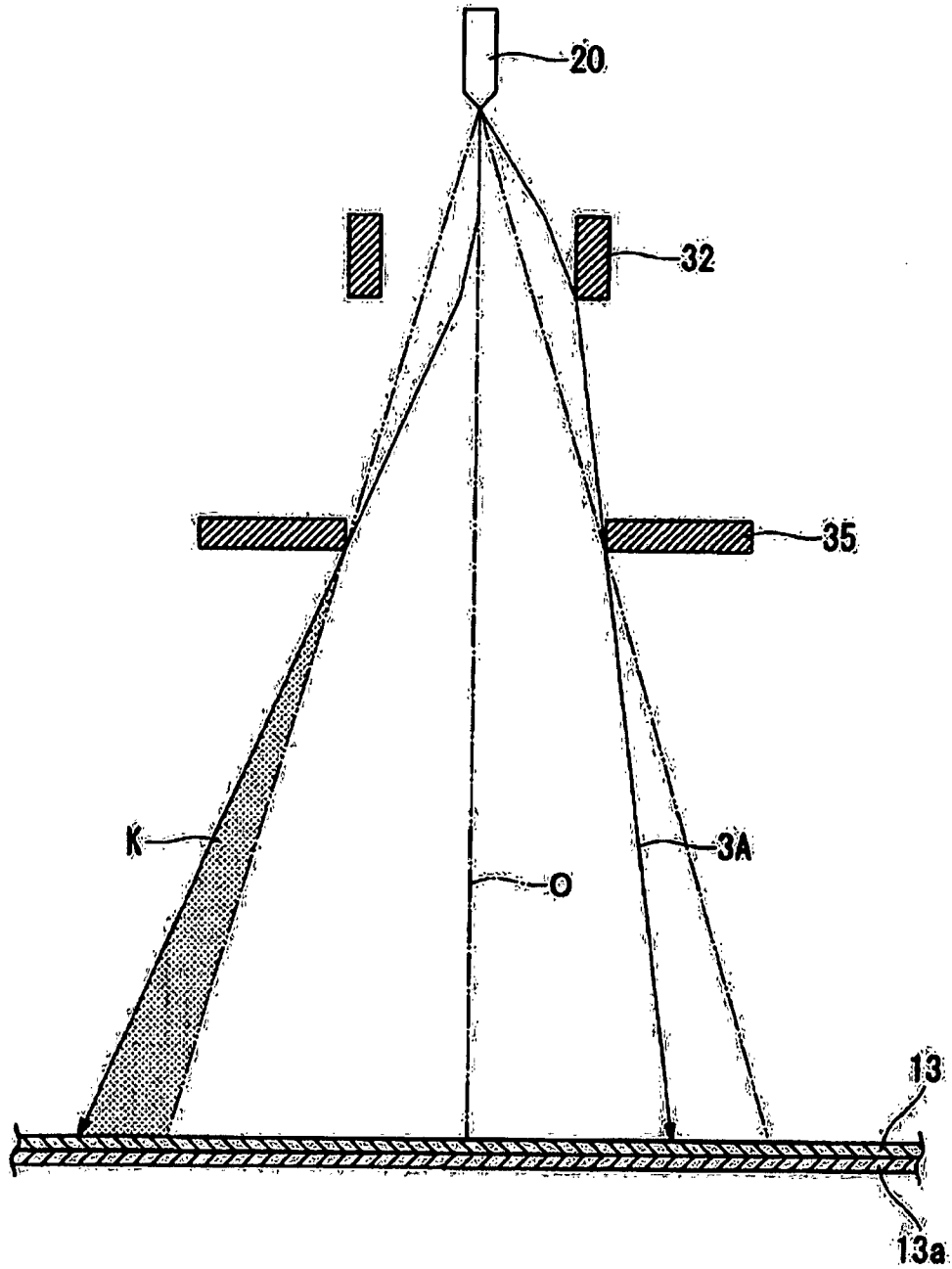


FIG.9

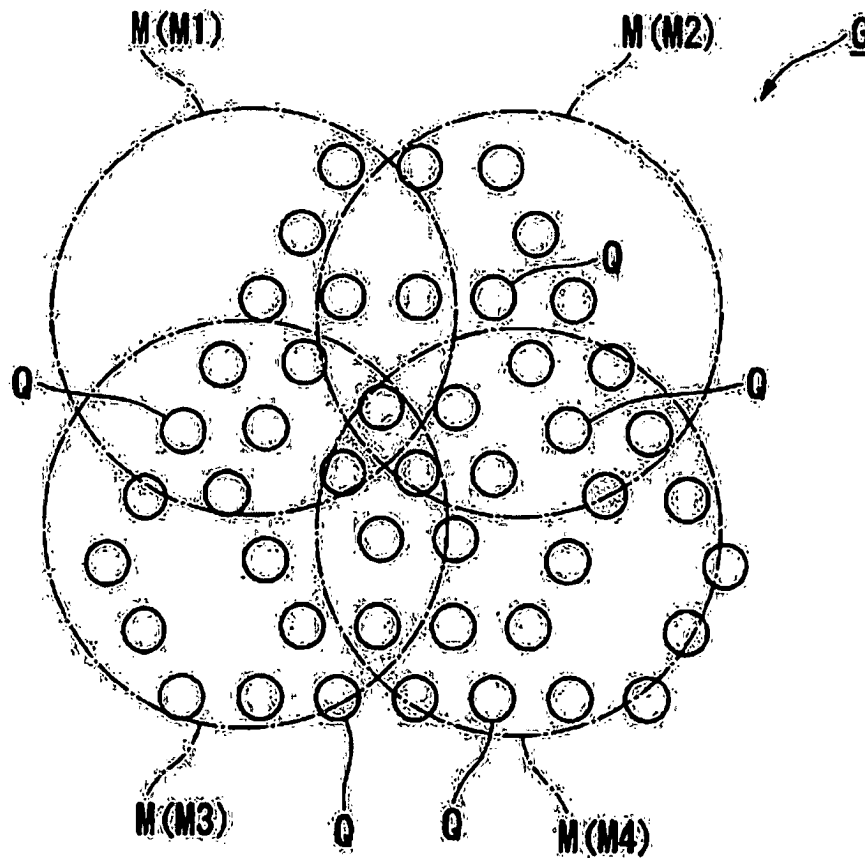


FIG. 10

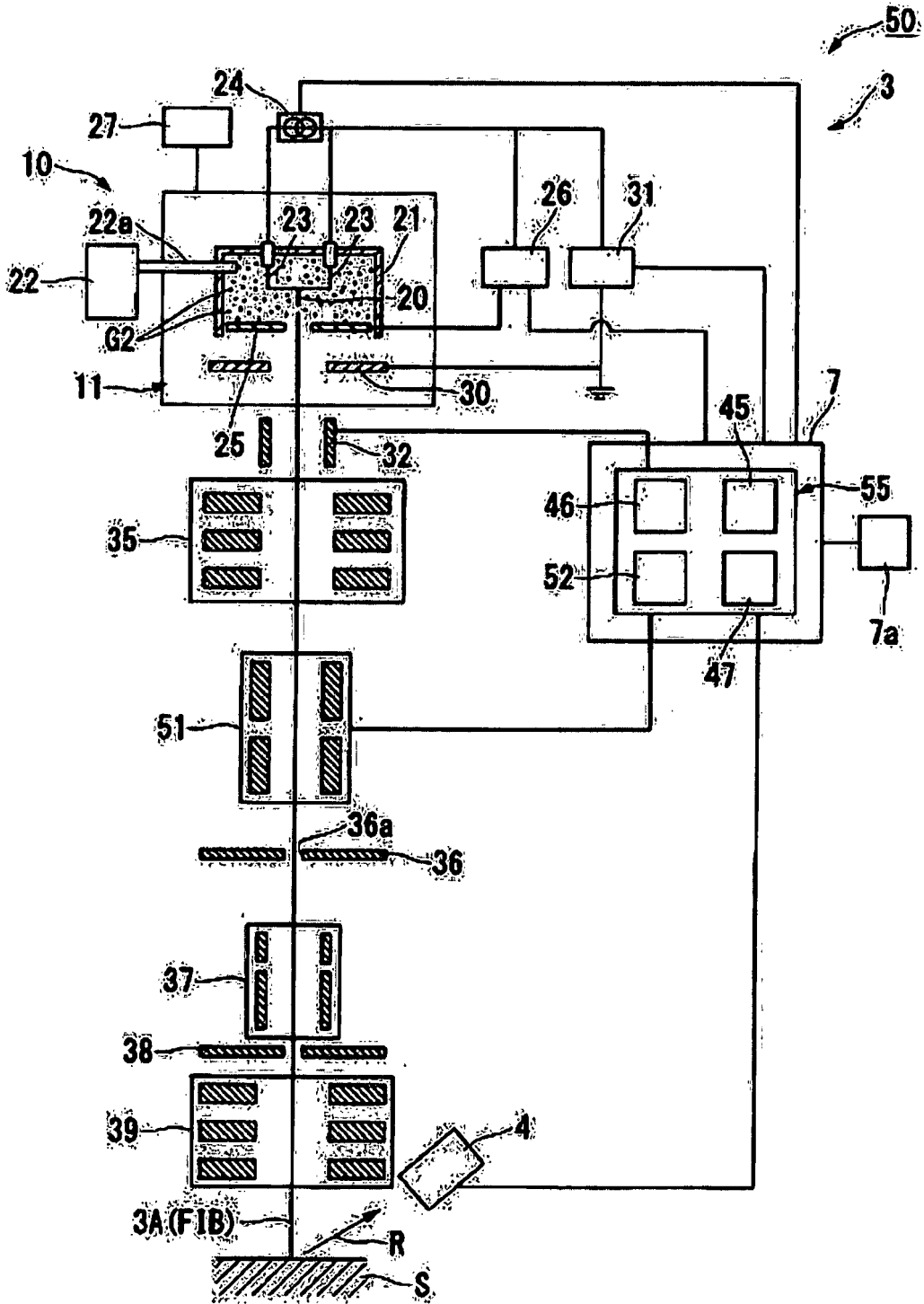


FIG. 11

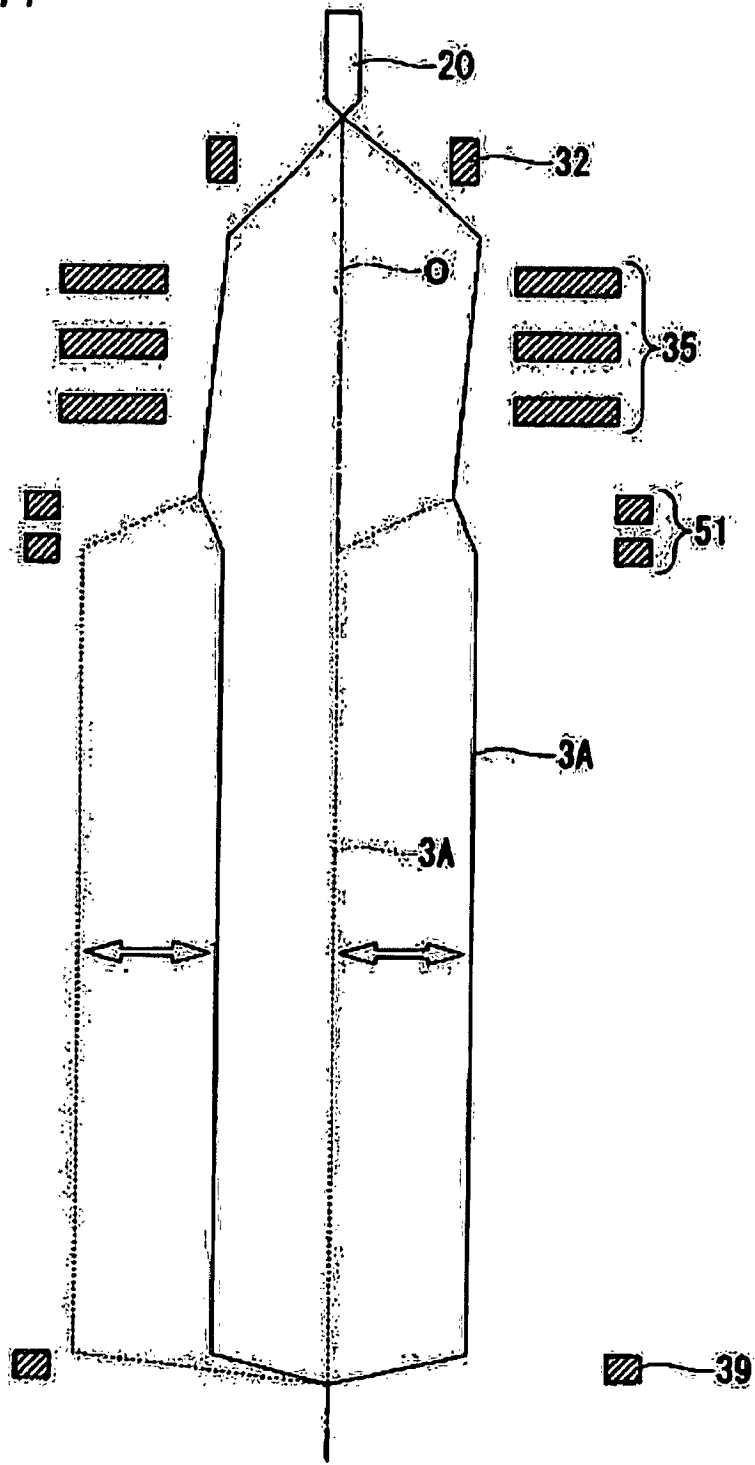


FIG. 12

