



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 38 211 T2** 2008.06.19

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 976 152 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 38 211.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/07729**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 915 613.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/047172**

(86) PCT-Anmeldetag: **15.04.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **22.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.02.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **08.08.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.06.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/306** (2006.01)

H01L 21/3213 (2006.01)

H01J 37/305 (2006.01)

H01L 21/465 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
834356 **16.04.1997** **US**

(73) Patentinhaber:
FEI Co., Hillsboro, Oreg., US

(74) Vertreter:
Weickmann & Weickmann, 81679 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, DE, ES, FI, FR, GB, IT, LI, LU

(72) Erfinder:
CASEY, J. David, West Roxbury, MA 02132, US;
DOYLE, Andrew, Gloucester, MA 01930, US

(54) Bezeichnung: **REPARATUR VON MIKROSTRUKTUREN DURCH GASUNTERSTÜTZTES ÄTZEN MIT FOKUS-SIERTEN IONENSTRAHLEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund

[0001] Die Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf die Verarbeitung mit einem fokussierten Ionenstrahl und konkreter auf die Reparatur eines Werkstücks, das über eine mit einem Muster versehene lichtundurchlässige Schicht auf einem Substrat, wie etwa eine Photomaske, Röntgenmaske oder Belichtungsmaske, verfügt.

[0002] Hersteller solcher Werkstücke wenden Verfahren mit dem fokussierten Ionenstrahl (FIB) weitgehend zur selektiven Beseitigung von Material ohne die Verwendung einer mit einem Muster versehenen Maske an. Vorteilhafterweise kann ein FIB-System sowohl als ein Rasterionenmikroskop (SIM) als auch als ein Präzisionsfrässystem arbeiten. So können Hersteller unter Verwendung von FIB-Verfahren auf einem Werkstück ein Bild zu erzeugen (wobei die Bilderzeugung von durch die von Ionenstrahlen eingeführten Teilchen, z. B. Sekundärelektronen oder Sekundärionen, herrührt), einen Defekt auf einer mit einem Muster versehenen undurchsichtigen Schicht auf dem Werkstück lokalisieren und dann in Mikrometer- oder Submikrometergrößenordnung Merkmale am Ort des Defekts fräsen. Der Begriff Hersteller, wie er hierin verwendet wird, schließt sowohl jene, welche anfertigen, als auch jene, welche die oben genannten Werkstücke reparieren.

[0003] Die primäre Anwendung der FIB-Systeme in der Mikrobearbeitung ist also die Reparatur von Masken und Belichtungsmasken. In vielen Anwendungen setzen Hersteller reines Sputtern ein, d. h. nicht mit Gas unterstütztes Sputtern, um die gewünschten Strukturen zu fräsen. Das Scannen eines fokussierten Strahls von Ionen über eine Substratoberfläche sputtert physikalisch Substratteilchen, einschließlich Atome, Ionen und Moleküle, weg. Nichtflüchtiges gesputtertes Material setzt sich auf jeder Fläche, auf die es trifft, ab. Dieser Effekt, bekannt als Wiederablagerung, schränkt die Präzision der Fertigung von Mikrostrukturen ein. Der Wiederablagerungseffekt macht sich besonders an den Seitenwänden einer geätzten Vertiefung bemerkbar, besonders wenn die Vertiefung ein hohes Seitenverhältnis, d. h. eine enge, tiefe Kerbe, aufweist.

[0004] Einige Nachteile, die man momentan in der FIB-Reparatur von Defekten auf einem mit einem Muster versehenen Film auf einem Substrat findet, sind:

- Unvollständige Beseitigung des undurchsichtigen Materials
- ein Rückgang in der Aussendung von elektromagnetischer Strahlung aufgrund von Absorption durch Ionen, die in das Substrat (üblicherweise Quarz) eingesetzt worden sind. Dieses Phäno-

men des „Färbens“ ist stärker ausgebildet, während die lithographische Bestrahlung sich von nahe ultravioletten, d. h. UV (365 nm), zu tiefultravioletten, d. h. UV (248 nm und 193 nm), Wellenlängen bewegt.

- Überschussbeseitigung des Substrats unter und um (Flussbetteffekt) den undurchsichtigen Defekt.

[0005] Während der Teilchenstrahlprozesse, wie etwa Teilchenstrahlablagerung und Teilchenstrahlätzen mit einem fokussierten Strahl, ist das Werkstück, das verarbeitet werden soll, innerhalb einer Vakuumkammer angeordnet und unter einer Säule positioniert, die einen Teilchenstrahl erzeugt. Die Teilchenstrahlsäule wird in Betrieb gesetzt und erzeugt Teilchen, welche auf die Oberfläche des Werkstücks treffen. Um die Verarbeitung des Werkstücks zu vereinfachen, können reaktive Materialien, üblich sind Flüssigkeiten und üblicher Gase, auf die Oberfläche des Werkstücks, das verarbeitet wird, gelenkt werden. Die reaktiven Materialien arbeiten mit dem Teilchenstrahl zusammen, um die Ablagerung oder den Ätzprozess, die durchgeführt werden, zu verbessern oder zu modifizieren. Wenn ein Gas auf die Oberfläche des Werkstücks während des FIB-Äzens gelenkt wird, wird der Prozess üblicherweise als Gas unterstütztes Ätzen (GAB) bezeichnet.

[0006] U.S. Patent Nr. 4,951,097 von Hattori et al., hierin durch Bezugnahme aufgenommen, offenbart eine Vorrichtung zum Reparieren einer Musterschicht unter Verwendung eines Chlorätzgases. Ein GAB-System, das Chlor verwendet, hat allerdings Nachteile. Ein effektives GAE-System erfordert eine Vakuumpumpe, die dazu neigt, kein Verunreinigungsgas zu erzeugen. Auch ist das GAB-System selbst der korrosiven Wirkung des Chlors unterworfen. Ferner kann Chlor nicht selektives Ätzen oder verbessertes Ätzen zu diesem Grad bieten, wie es von augenblicklichen Herstellern gefordert wird.

[0007] Japanische Patentanmeldungsschrift Nr. 6-129260, hierin durch Bezugnahme aufgenommen, offenbart die Verwendung von Jodgas während des GAB. Allerdings weist auch Jod Nachteile auf. Jod erfordert oft Erhitzen, um ausreichend Dampf einzurichten, um den Ätzprozess zu unterstützen. Erhitzte Elemente innerhalb einer Kammer tragen zu einem thermisch verursachten mechanischen Abwandern der Anordnung bei, welche die Maske hält, was das Vermögen der Bedienungsperson senkt, den Standort der Maske bezüglich des FIB über einen Zeitraum beizubehalten. Dieses Erhitzen kann auch die thermische Ausweitung der Maske hervorrufen. So eine thermische Ausweitung der Maske während der Mikrobearbeitung ist unerwünscht, da die Maße der Mikrostrukturen der Maske entscheidend sind. Es kann auch schwer sein, Jod vom Werkstück abzupumpen. So kann Jod weiter ätzen, wenn das Werkstück aus der Vakuumkammer beseitigt ist. Ferner kann es

schwer sein, Jod aufgrund seines Geruches zu verwenden.

[0008] GAE wird im Allgemeinen in „Characteristics of gas-assisted focused ion beam etching“ von R. J. Young, J. R. A. Cleaver und H. Ahmen. J. Vac. Sci. Technol. B., 11(2), S. 234 (1992), hierin durch Bezugnahme aufgenommen, beschrieben.

[0009] M. Abramo et al., „Gas Assisted Etching: An Advanced Technique for Focused Ion Beam Device Modification“, Sitzungen des 20. Internationalen Symposiums des Testens und der Fehleranalyse, S. 439–446 (1994) lehrt GAE unter Verwendung von Halogen enthaltenden Gasen, einschließlich XeF_2 , Cl_2 und Br_2 , um verschiedene Materialien zu ätzen, wie etwa Aluminium, Wolfram, Silikon und Silikondioxid. Jedes dieser Ätzmittel verbesserte das Ätzen einiger Materialien, aber nicht anderer Materialien.

[0010] Entsprechenderweise ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, Verfahren des GAE bereitzustellen, die eine verbesserte Reparatur von Defekten auf einer mit einem Muster versehenen undurchsichtigen Schicht auf einem Substrat zur Verfügung stellen.

[0011] Entsprechenderweise ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, Verfahren des GAE bereitzustellen, die eine verbesserte Reparatur von Defekten auf einer mit einem Muster versehenen undurchsichtigen Schicht auf einem Substrat zur Verfügung stellen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0012] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein wie in Anspruch 1 spezifiziertes Verfahren bereitgestellt.

[0013] Der Begriff Brom, wie er hierin verwendet wird, umfasst jede Verbindung, die ein Bromatom innerhalb ihres Gestells beinhaltet. Vorzugsweise ist die oben genannte Verbindung eine Verbindung, die molekulares Brom unter den beim Gas unterstützten Ätzen verwendeten Bedingungen hervorbringen kann.

[0014] Der Begriff Chromschicht, wie er hierin verwendet wird, umfasst Chromschicht und Chromoxidschicht.

[0015] Der Begriff Molybdänsilicidschicht, wie er hierin verwendet wird, umfasst die Molybdänsilicidschicht und Molybdänsilicid-Stickstoffoxidschicht.

[0016] Der Begriff Teilchenstrahl, wie er hierin verwendet wird, umfasst Ionenstrahlen, Elektronenstrahlen, neutrale Teilchenstrahlen, Röntgenstrahlen und jeder andere ausgerichtete Strahlung, die zur Bilderzeugung oder zum Ätzen eines Werkstücks geeignet ist. Ferner, wie hiernach detailreicher erklärt,

umfasst der Begriff Teilchenstrahl Ionenstrahlen, einschließlich Gallium-Ionenstrahlen, die durch kommerziell erhältliche Systeme fokussierter Ionenstrahlen (FIB) erzeugt werden, und Edelgas-Ionenstrahlen (das Gas ist beispielsweise Helium und Argon), die durch eine Gasfeldionenquelle (GFIS) erzeugt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] [Fig. 1](#) ist eine Schemadarstellung eines Systems fokussierter Teilchenstrahlen zur Anwendung der Erfindung;

[0018] [Fig. 2](#) ist eine Schemadarstellung einer Ausführungsform eines Gaszufuhrsystems zum Gebrauch mit dem System fokussierter Teilchenstrahlen der [Fig. 1](#);

[0019] [Fig. 3](#) veranschaulicht die Abfolge einer Art des Rasterscans des Systems fokussierter Teilchenstrahlen der [Fig. 1](#), verwendet bei Anwendung der Erfindung.

[0020] [Fig. 4A–Fig. 4C](#) zeigen Querschnittsdarstellungen des Werkstücks der [Fig. 1](#), welche die Änderungen auf dem Werkstück veranschaulichen, während es einer Ausführungsform eines Reparaturvorgangs einer auf einem Substrat mit einem Muster versehenen Schicht unterworfen wird;

[0021] [Fig. 5](#) ist eine schematische Draufsicht eines reparierten Defekts und eines zugehörigen Flussbetts zu der mit einem Muster versehenen Schicht der [Fig. 4A–Fig. 4C](#);

[0022] [Fig. 6](#) ist eine schematische Querschnittsdarstellung des reparierten Defekts und eines zugehörigen Flussbetts der [Fig. 5](#); und

[0023] [Fig. 7](#) ist ein Flussdiagramm des Vorgangs des Reparieren einer undurchsichtigen auf einem Substrat mit einem Muster versehenen Schicht.

Detaillierte Beschreibung der Veranschaulichten Ausführungsformen

[0024] Die folgende Beschreibung enthält Beispiele von Reparaturvorgängen, die nicht Ausführungsformen der Erfindung, wie beansprucht, sind, sondern zum Verständnis der beanspruchten Erfindung nützlich sind.

[0025] Das Scannen eines fokussierten Strahls von Teilchen über eine Substratoberfläche sputtert physikalisch Substratteilchen, d. h. Atome, Ionen und Moleküle, weg. Dieser Sputtervorgang kann durch Einsetzen von Dampfphasenätzmittel verbessert werden, die unter dem Einfluss des Teilchenstrahls mit dem Substratmaterial reagiert, um Reaktanten-Spe-

zien zu bilden; diese Spezien sind flüchtiger als die Teilchen, die durch den Strahl allein hervorgebracht werden. Diese flüchtigen Reaktionsprodukte werden leichter von der Substratoberfläche beseitigt, wodurch die Effizienz des Sputtervorgangs verbessert wird. Selektives Ätzen kann erfolgen, was bei Tätigkeiten wie dem Reparieren von undurchsichtigen Defekten vorteilhaft sein kann. Selektives Ätzen erfolgt, wenn das Einsetzen von Dampfphasenätzmittel die Beseitigung eines Materials, z. B. einer Chromschicht, mit dem fokussierten Teilchenstrahl verbessert, während sie die Beseitigung eines anderen Materials, z. B. eines Quarzsubstrats, hemmt. Beispielsweise würde ein Ätzmittel, das gegenüber einer undurchsichtigen Chromschicht selektiv ist, bezüglich eines Quarzsubstrats ermöglichen, dass eine Dicke der Chromschicht durch eine geringere Strahlendosis beseitigt wird als es für die gleiche Dicke von Quarz nötig wäre. Dieses selektive Ätzen ermöglicht schnellere, mehr umfassende Beseitigung eines Überschussteilbereichs einer undurchsichtigen Schicht, die auf einem Substrat mit einem Muster versehen ist, mit einer geringeren Teilchenstrahlendosis, geringeren Beseitigung des Substrats nahe des Umfangs des Überschussteilbereichs (Flussbettbildung) und geringerer Verfärbung des Substrats.

[0026] [Fig. 1](#) stellt eine Ausführungsform eines fokussierten Teilchenstrahls dar, d. h. eines Systems **10** fokussierter Ionenstrahlen (FIB) zum Reparieren von undurchsichtigen Schichten, die auf einem Substrat mit einem Muster versehen sind. Das System **10** der [Fig. 1](#) umfasst eine Ionensäule **12**, eine Vakuumkammer **22**, ein Zufuhrsystem **34** für Reaktanten-Material und ein Nutzersteuerstation **50**. Das System **10** stellt ein System fokussierter Teilchenstrahlen zur Verfügung, das ein Werkstück, welches auf einem Substrat eine mit einem Muster versehene undurchsichtige Schicht aufweist, genau fräsen kann. Das Werkstück wird innerhalb der Vakuumkammer **22** gelagert und durch einen Ionenstrahl, der durch die Säule **12** erzeugt wird, bearbeitet, um auf dem Werkstück ein Bild zu erzeugen und es zu fräsen. Zur Klarheit stellen [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) einen Teilbereich einer Art von Werkstück dar, das Hersteller innerhalb der Kammer **22** lagern und mit dem System **10** verarbeiten können. Hersteller können die Erfindung unter Verwendung eines Systems fokussierter Teilchenstrahlen, wie hierin schematisch dargestellt, anwenden. Zwei Beispiele für FIB-Systeme zur Anwendung der Erfindung sind modifizierte Micrion FIB-Systemmodelle 9100 und 8000, die von der Micrion Corporation aus Peabody, Massachusetts, verkauft werden.

[0027] Modell 9100 weist ein Multiachsenneigungsgestell und eine Ga⁺-Ionensäule von 30 keV mit einer Bildauflösung von 10 nm. Modell 9100 kann modifiziert werden, um zwei Gase zur gleichen Zeit der Vakuumkammer **22** zuzuführen. Modell 8000 weist

eine durch ein Interferometer geführtes x-y-Gestell und eine Ga⁺-Ionensäule von 30 keV mit einer Bildauflösung von 25 nm auf. Modell 8000 ist weiter der Multiplex-Bilderzeugung und der adaptiven Strahlenaustattung im Stande. Modell 8000 kann auch modifiziert werden, um zwei Gase zur gleichen Zeit der Vakuumkammer **22** zuzuführen.

[0028] Wiederum auf die veranschaulichte Ausführungsform der [Fig. 1](#) Bezug nehmend, umfasst die Ionensäule **12** eine Ionenquelle **14**, eine Absaugelektrode **16**, ein Fokussierelement **18**, Ablenkungselemente **19** und einen fokussierten Ionenstrahl **20**. Die Ionensäule **12** befindet sich über der Vakuumkammer **22**, und die Vakuumkammer **22** behaust ein Gestell **24**, ein Podest **26**, ein Werkstück **30**, einen sekundären Teilchendetektor **28** und ein Ladungsneutralisierungselement **32**. Wie weiter durch [Fig. 1](#) dargestellt, umfasst das Zufuhrsystem **34** für Reaktanten-Material ein Reservoir **36**, ein Manometer **40**, ein motorisiertes Ventilelement **42** und eine Zufuhrleitung **44**. Die Nutzersteuerstation **50** kann einen Prozessor **52**, ein Mustererkennungselement **54**, ein Speicherelement **56**, ein Anzeigenelement **60**, ein Scan-Generatorelement **62** und Haltezeitregister **64** umfassen. Zur Bequemlichkeit der Beschreibung legt die Achse des FIB eine Z-Achse fest. So wird die X-Y-Ebene als senkrecht zu der Achse des FIB, d. h. der Z-Achse, definiert.

[0029] Es wird für den durchschnittlichen Fachmann klar sein, dass das in [Fig. 1](#) gezeigte System **10** ein herkömmliches FIB-System mit einer Ionensäule **12** umfasst, die über der Vakuumkammer **22** angeordnet ist, welche das Zufuhrsystem **34** für Reaktanten-Material zum Bereitstellen des Reaktanten-Materials für das Innere der Kammer **22** beinhaltet. Es versteht sich für den durchschnittlichen Fachmann, dass die dargestellte Ionensäule **12** eine schematische Darstellung einer Ionensäule ist, die zur Anwendung mit der Erfindung geeignet ist. Die dargestellte Ionensäule **12** umfasst eine Ionenquelle **14**, die beispielsweise eine flüssige Metallionenquelle (LMIS), wie zum Beispiel eine Galliumionenquelle, oder eine Gasfeldionenquelle (GFIS), wie zum Beispiel eine Heliumionenquelle, sein kann. Die Ionenquelle **14** befindet sich über der Absaugelektrode **16**. Die Absaugelektrode **16** erzeugt ein ausreichendes elektrisches Feld, um einen Ionenstrom aus der Ionenquelle **14** anzuziehen. Der Ionenstrom zieht am Fokussierelement **18** vorbei, das aus herkömmlichen elektrooptischen Linsen bestehen kann, die den Ionenstrom zu dem fein fokussierten Strahl **20** fokussieren. Wie weiter dargestellt, umfasst die Ionensäule **12** die Ablenkungselemente **19**, welche den Ionenstrahl **20** ablenken können, um quer über die Oberfläche des Werkstücks **30** zu scannen.

[0030] Ähnlich kann die Unterdruckkammer **22** eine herkömmliche Unterdruckkammer sein, die ein Ge-

stellelement **24** zum Tragen des Werkstücks beinhaltet, zum Beispiel eine Ablegewanne **36**, welches das Werkstück hält. Vorzugsweise ist der Podest **24** ein bewegbares Arbeitsgestell, das dreidimensionale Steuerung der Verschiebung des Werkstücks, das von dem System **10** bearbeitet wird, bietet. Ähnlich umfasst die Unterdruckkammer **22** ein Ladungsneutralisierungselement **32**, wie eine Elektronenkanone, und umfasst ferner einen sekundären Teilchendetektor **28** zum Erfassen von sekundären Teilchen wie Elektronen, Ionen oder jedes anderen Teilchens, das zum Erzeugen eines Bildes auf dem Werkstück geeignet ist. Jede hierin schematisch dargestellte Vakuumkammer **22** kann mit der vorliegenden Erfindung angewendet werden, einschließlich der Vakuumkammer, die in den oben genannten FIB-Systemen, die von der Micrion Corporation aus Peabody, Massachusetts, verkauft werden, enthalten sind.

[0031] Ähnlich kann das Zufuhrsystem **34** für Reaktanten-Material jedes herkömmliche Zufuhrsystem für Reaktanten-Material sein, dass zum Zuführen von Reaktanten-Material wie Bromgas in das Innere der Vakuumkammer **22**, konkreter in die Kammer **22** und unmittelbar an die Oberfläche des Werkstücks, geeignet ist. Das Zufuhrsystem **34** für Reaktanten-Material kann Materialien an die Oberfläche des Werkstücks **20** bringen, um das Ätzen von oder die Bildherzeugung auf der Oberfläche des Werkstücks zu verbessern.

[0032] Das dargestellte Zufuhrsystem **34** für Reaktanten-Material umfasst ein Reservoir **36**, das in flüssiger Kommunikation mit der Fluidzufuhrleitung **44** koppelt, die einen distalen Teilbereich aufweist, der als eine Düse zum Zuführen von Reaktanten-Materialien an die Oberfläche des Werksstücks geformt ist. Das dargestellte Zufuhrsystem **34** für Reaktanten-Material umfasst ein Manometer **40**, das mit der Leitung **44** zum Messen des Zufuhrdrucks innerhalb der Leitung **44** jedes Reaktanten-Materials, das an die Oberfläche der Werkstücks gebracht wird, gekoppelt ist. Manometer **40** koppelt des Weiteren an das motorisierte Ventilelement **42**. Das motorisierte Ventilelement **42** ist selektiv zum Erhöhen oder Senken des Flusses der Reaktanten-Materialien aus Reservoir **36** durch die Fluidzufuhrleitung **44** steuerbar. Die Anordnung des Manometers **40** und des motorisierte Ventilelements **44**, dargestellt in [Fig. 1](#), bildet ein Feedbacksteuersystem, worin das Manometer **40** den Zufuhrdruck innerhalb der Leitung **44** misst und selektiv das motorisierte Ventilelement **42** steuert, um den Fluss des Reaktanten-Materials zu erhöhen oder zu senken, um dadurch ein ausgewählten Zufuhrdruck zu erhalten.

[0033] Eine bevorzugte Ausführungsform des Zufuhrsystems **34** für Reaktanten-Material wird in [Fig. 2](#) dargestellt. Diese Ausführungsform umfasst ein doppeltes Düsensystem zum Zuführen von zwei Ätzmit-

teln **70** und **71** gleichzeitig in ausgewählter Nähe zum Werkstück. Ätzmittelströmungsgeschwindigkeiten werden durch eine Feedbackschleife zwischen einer motorisierten regulierbaren Ausflussöffnung **72** und **73** und einem Druckwandler **74** und **75** gesteuert.

[0034] Hersteller können die Düsen spitze oder -spitzen gemäß der Erfindung in ausgewählter Nähe zum Zielpunkt anordnen, wo der FIB mit dem Werkstück interagiert. Ein bevorzugter Bereich für die Beseitigung zwischen dem Zielpunkt und der Düsen spitze oder -spitzen ist 100 bis 600 Mikrometer auf der X-Y-Ebene und 100 bis 400 Mikrometer in die Z-Richtung. Vorzugsweise ist der innere Durchmesser der Düse oder Düsen zwischen 100 bis 400 Mikrometer.

[0035] [Fig. 3](#) zeigt den Vorgang eines Rasterscans des fokussierten Teilchenstrahls der [Fig. 1](#). Der Prozessor **52**, der auf den X- und Y-Koordinaten eines Zielobjekts basiert, richtet den Teilchenstrahl **20** aus, um die Oberfläche des Werkstücks **30** in Übereinstimmung mit den Koordinaten zu fräsen. Es ist wichtig, anzumerken, dass der Rastermusterumriss **83** nicht, wie gezeigt, rechteckig zu sein braucht. Der Umriss kann eine Vielzahl von geometrischen Formen aufweisen, einschließlich einer runden oder quadratischen. In einer Ausführungsform erzeugt der Prozessor **112** eine Reihe von Fräsbefehlen zum Betreiben der Ionensäule **12**, um ein digitales Rastermuster, wie in [Fig. 3](#) dargestellt, auszuführen. [Fig. 3](#) veranschaulicht ein digitales Rastermuster **82**, dass aus eine Reihe von Bildpunktpositionen **84** mit einem entsprechenden Abstand **86** besteht. Das gezeigte digitale Rastermuster ist ein Serpentinratermuster. Allerdings können Hersteller eine Vielzahl von Rastermustern anwenden, einschließlich eines Spiralmusters. Ferner ist der Abstand üblicherweise geringer als die Strahlenpunktgröße. Eine typische Strahlenpunktgröße liegt zwischen 0.7 Mikrometer und 0.2 Mikrometer. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, erzeugt das Prozessorelement **52** einen Satz von Fräsbefehlen, welche die X- und Y-Positionen zum Ausrichten des Teilchenstrahls **20** darstellen, um die Oberfläche des Werkstücks **30** zu fräsen. Wesentlicherweise ist der Prozessor programmierbar.

[0036] [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) veranschaulichen eine Ausführungsform des Reparaturvorgangs einer auf einem Substrat mit einem Muster versehenen Schicht unter Verwendung des Systems fokussierter Teilchenstrahlen aus [Fig. 1](#). Die Figuren zeigen Querschnittsdarstellungen einen Teilbereichs **30a** des Werkstücks **30**. [Fig. 4A](#) zeigt den Teilbereich **30a** des Werkstücks, das eine Schicht **90** mit einem Überschussteilbereich **92** aufweist, die auf einem Substrat **88** mit einem Muster versehen ist.

[0037] Der Vorgang zum Entfernen eines Überschussteilbereichs **92** von einer Schicht **90**, die auf

einem Substrat **88** mit einem Muster versehen ist, wird in [Fig. 4A](#) und [Fig. 5](#) gezeigt. Ein Flussdiagramm einer Ausführungsform des Vorgangs gemäß der Erfindung wird in [Fig. 7](#) bereitgestellt. Mit Bezugnahme auf [Fig. 4A–Fig. 4C](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 7](#) umfasst diese Ausführungsform die folgenden Schritte: Schritt **100** der Befestigung des Werkstücks **30** an ein bewegbares Gestell, das einer Bewegung in die X- und Y-Richtung fähig ist; Schritt **102** des Scans eines ausgewählten Oberflächenbereichs **98** des Werkstücks (wichtigerweise ist der dargestellte Oberflächenbereich **98** nur ein Beispiel für so einen Oberflächenbereich ist, d. h. der gescannte Oberflächenbereich kann von einer anderen Form und Größe sein), das eine undurchsichtige Schicht aufweist, die auf einem Substrat mit einem Muster versehen ist, mit einem fokussierten Teilchenstrahl **20**; gleichzeitig ablaufend zum Scan-Schritt **102**, Schritt **104** des Einsetzens eines Ätzgases, einschließlich Broms, in ausgewählter Nähe zum ausgewählten Oberflächenbereich; Schritt **106** des Erfassens der Intensitäten von Teilchen, die vom Werkstück durch Scannen mit dem fokussierten Ionenstrahl emittiert werden; Schritt **108** des Ermitteln einer Form der mit einem Muster versehenen Schicht, auf den erfassten Teilchenintensitäten basierend; Schritt **110** des Ermitteln eines Überschussteilbereichs **92** der mit einem Muster versehenen Schicht; Schritt **112** des Ätzens des Überschussteilbereichs mit dem fokussierten Ionenstrahl; und Schritt **114** des Einsetzens eines Ätzgases in ausgewählter Nähe zum Überschussteilbereich, gleichzeitig ablaufend zum Scan-Schritt **114**.

[0038] Das Ätzgas kann weiterhin Wasserdampf beinhalten. Ein bevorzugtes Verhältnis von Wasserdampf zu Brom ist 1 Mol Wasser zu zwischen 1 und 100 Mol Brom. Mehr bevorzugt ist das Verhältnis 1 Mol Wasser zu zwischen 5 und 30 Mol Brom und noch mehr bevorzugt ist das Verhältnis 1 Mol Wasser zu etwa 10 Mol Brom.

[0039] Vorzugsweise sollte der Basisdruck für das Vakuum in der Ordnung von 10 Torr oder weniger liegen. Vorzugsweise wird die maximale Strömungsgeschwindigkeit von der Gasdüse oder -düsen durch der erlaubten Gasdruckanstieg in der Musterkammer eingeschränkt. So sollte die Strömungsgeschwindigkeit auf den Wert beschränkt werden, der den Basisdruck für das Vakuum im Wesentlichen nicht über 10^{-5} Torr steigert.

[0040] Hersteller können eine Vielzahl von undurchsichtigen Schichten auf das Substrat mit einem Muster versehen, einschließlich einer Chromschicht und Molybdänsiliziumsicht. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die undurchsichtige Schicht eine Chromschicht. In einer Ausführungsform der Erfindung ist das Substrat Quarz.

[0041] [Fig. 4B](#) zeigt einen Teilbereich des Werk-

stücks **30a** nach der Beendigung von Schritt **114** der [Fig. 7](#). Das System fokussierter Teilchenstrahlen hat das Werkstück durch Beseitigen des Überschussteilbereichs **92** der mit einem Muster versehenen Schicht **90** mit einem fokussierten Teilchenstrahl **20** repariert.

[0042] Das oben beschriebene Verfahren kann weiter die Schritte des (i) Scannen eines ausgewählten Teilbereichs des Substrats mit dem fokussierten Teilchenstrahl und (ii) des Anwendens eines Säuberungsgases, gleichzeitig ablaufend zum Substrat-Scanschritt, umfassen, um eine Oberflächenschicht des ausgewählten Teilbereichs des Substrats zum Sichern von hoher Aussendung elektromagnetischer Strahlung durch den ausgewählten Teilbereich des Substrats zu beseitigen. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Säuberungsgas ein auf Fluor basierendes Säuberungsgas, mehr bevorzugt ist Xenondifluorid.

[0043] [Fig. 4C](#) zeigt einen Teilbereich des Werkstücks **30a** nach der Anwendung des Säuberungsgases. Der Bereich **96** wird in [Fig. 4C](#) mit einer Lage gezeigt, die bezüglich des gleichen Bereichs in [Fig. 4B](#) beseitigt ist. Hersteller verwenden diesen Säuberungsschritt, um Verfärbungen des Substrats zu beseitigen und eine hohe Aussendung von elektromagnetischer Strahlung durch das Substrat sicher zu stellen.

[0044] [Fig. 5](#) ist eine Draufsicht eines Teilbereichs **30a** des Werkstücks, das in [Fig. 4A–Fig. 4C](#) gezeigt wird. [Fig. 5](#) zeigt eine undurchsichtige Schicht **90**, die auf einem Substrat mit einem Muster versehen ist, mit einem beseitigten Überschussteilbereich **92**. [Fig. 5](#) veranschaulicht des Weiteren das zugehörige Rasenstück oder Flussbett **97**, welches ein fokussierter Teilchenstrahl als Folge des Ätzen des Überschussteilbereichs **92** erzeugen kann.

[0045] Mit Bezugnahme auf [Fig. 6](#) wird das Flussbett **97** im Querschnitt gezeigt. Hersteller versuchen die Flussbetttiefe **100** minimal zu halten, insbesondere, wenn sie Masken und Belichtungsmasken herstellen, da Flussbette eine ungewollte Wirkung auf die Aussendung elektromagnetischer Strahlung haben können. GAE-Ätzen kann Teilbereiche des Substrats unter dem Überschussteilbereich, der gerade beseitigt wird, beseitigen. Die Beseitigung des Substrats unter einem Überschussteilbereich wird als Tiefätzung **99** bezeichnet. Hersteller versuchen die Tiefätzungstiefe minimal zu halten. Ferner versuchen Hersteller die Substratoberfläche **102** über dem Überschussteilbereich **92** glatt und eben zu halten, d. h. so, dass die Oberfläche **102** im Wesentlichen parallel zu der X-Y-Ebene ist und dass der Hauptteil der Oberfläche **102** Z-Koordinaten aufweist, die im Wesentlichen ähnlich sind.

[0046] Wieder auf [Fig. 1](#) Bezug nehmend, wird der Betrieb der Ionensäule **12**, des Ladungsneutralisierungselements **32** und des sekundären Teilchendetektors **28** durch die Steuerstation **50** gesteuert. Die dargestellte Steuerstation **50** umfasst ein Prozessorelement **52**, das ein Scan-Generatorelement **62** aufweist, das ein Haltezeitregister **64** umfasst. Das Prozessorelement **52** koppelt über einen Aussendungspegel an ein Steuerelement **58** an, das mit der Ionenstrahlsäule **12** gekoppelt ist. Das dargestellte Prozessorelement **52** kann ein herkömmliches Computerprozessorelement sein, das ein CPU-Element, einen Programmspeicher, einen Datenspeicher und eine Eingabe/Ausgabe-Vorrichtung umfasst. Ein geeignetes Prozessorelement **52** ist eine Sun Workstation, die ein Unix-Betriebssystem betreibt.

[0047] Wie weiter durch [Fig. 1](#) dargestellt, kann das Prozessorelement **52** über die Eingabe/Ausgabe-Vorrichtung mit dem Scan-Generatorelement **62** in Verbindung stehen. In einer Ausführungsform ist das Scan-Generatorelement **62** eine Schaltungskartenanordnung, die mit dem Prozessorelement **52** über die Eingabe/Ausgabe-Vorrichtung in Verbindung steht. Das Schaltungskartenanordnungs-Scan-Generatorelement **62**, das in [Fig. 1](#) dargestellt wird, umfasst einen Scan-Speicher zum Speichern von Daten, die stellvertretend für ein Scan-Muster stehen, das durch das System **10** zum Scannen des Ionenstrahls **20** quer über die Oberfläche des Werkstücks **30** ausgeführt werden kann, um selektiv zu fräsen oder die Oberfläche des Werkstücks **30** zu ätzen.

[0048] Das in [Fig. 1](#) dargestellte Scan-Generator-Plattenelement **62** kann eine herkömmliche Computerspeicherschaltungskarte sein, die ausreichend Speicherplatz zum Speichern von digitalen Dateninformationen aufweist, die stellvertretend für Positionen des Werkstücks stehen, die durch das Teilchenstrahlensystem **10** verarbeitet werden sollen. Üblicherweise umfasst eine Scan-Generator-Platte, die zur Anwendung mit der vorliegenden Erfindung geeignet ist, eine Reihe von Speicherpositionen, von denen jede einer Position auf der Werkstücksoberfläche entspricht. Jede Speicherposition speichert Daten, die stellvertretend für eine X- und Y-Position auf der Werkstückoberfläche stehen und weist vorzugsweise ferner für jede X- und Y-Position ein Haltezeitregister zum Speichern von digitalen Daten auf, die stellvertretend für eine Zeitdauer zum Halten des Teilchenstrahls auf der Oberfläche des Werkstücks an der Position stehen, die durch das zugehörige X-, Y-Paar repräsentiert werden. Entsprechenderweise bietet das Haltezeitregister eine Speicherposition zum Speichern einer Haltezeitdauer zum Anwenden des fokussierten Teilchenstrahls auf die Oberfläche des Werkstücks, um dadurch die Steuerung der Dosis, die auf das Werkstück abgegeben wird, zu ermöglichen.

[0049] Es wird für den durchschnittlichen Fachmann für die Vorgänge und Systeme des fokussierten Teilchenstrahls klar sein, dass die Dosis, die auf eine Position auf dem Werkstück abgegeben wird, im Allgemeinen als die Festlegung der Tiefe aufgefasst werden kann, bis zu der Material von der Position auf dem Werkstück beseitigt wird. Entsprechenderweise kann das Haltezeitdauer-Signal, das in dem Haltezeitregister gespeichert ist, als Stellvertreter einer Tiefe oder Z-Dimension für den Teilchenstrahlfräsvorgang aufgefasst werden. Folglich bietet der Prozessor **52**, der an so eine Scan-Generator-Platte **62** koppelt, ein multidimensionales Fräselement zum Erzeugen von Frässignalen, das in drei Dimensionen den Fräs- oder Ätzzvorgang des Systems fokussierter Teilchenstrahlen steuern kann.

[0050] Entsprechenderweise wendet der Prozessor **52** die X-, Y- und Z-Daten, die von der Scan-Generator-Platte **62** in Stand gehalten werden, um Frässignale zu erzeugen, die über den Aussendungspegel **66** zu dem Steuerelement **58** der Ionensäule **12** ausgesendet werden. In der dargestellten Ausführungsform versorgen die Frässignale Steuerelement **58** mit Informationen zum Betreiben der Ablenkungselemente **19**, um den fokussierten Teilchenstrahl zum Scannen oder Raster des fokussierten Teilchenstrahls quer über die Oberfläche des Werkstücks **30** abzulenken und um den Teilchenstrahl an der ausgewählten Position für eine spezifiziertere Haltezeitdauer zu halten, um Fräsen bis zu einer ausgewählten Tiefe bereitzustellen. Die Oberfläche des Werkstücks **30** entspricht im Allgemeinen einer zweidimensionalen Ebene, die durch ein rechtwinkliges Paar von X- und Y-Achsen festgelegt werden kann. Eine Z-Achse, von der im Allgemeinen angenommen wird, dass sie sich parallel zum Weg des fokussierten Ionenstrahls **20** erstreckt, verläuft im Allgemeinen auch rechtwinklig zu der Ebene, die von der X- und Y-Achse der Oberfläche des Werkstücks **30** definiert wird. Durch Steuern der Position des Teilchenstrahls **20** und des Zeitraums, in dem der Strahl **20** mit der Oberfläche des Werkstücks **30** zusammentrifft, kann Material an ausgewählten Positionen des Werkstücks **30** beseitigt werden. Entsprechenderweise bietet das System **10** eine multidimensionale Steuerung des Fräsvorgangs, um dadurch zu ermöglichen, dass der Teilchenstrahl **20** ausgewählte Teilbereiche des Werkstücks beseitigt.

[0051] Obwohl [Fig. 1](#) eine Ionensäule **12** darstellt, die Ablenkungselemente **19** zum Ablenken eines Ionenstrahls **20** umfasst, um quer über die Oberfläche des Werkstücks **30** zu scannen und dadurch direkt den fokussierten Ionenstrahl auf eine ausgewählte Position auf der Oberfläche des Werkstücks **30** zu richten, wird für einen durchschnittlichen Fachmann für die Vorgänge des fokussierten Teilchenstrahls klar sein, dass jedes System, das zum Ausrichten des fokussierten Teilchenstrahls, um Positionen der

Werkstückoberfläche auszuwählen, geeignet ist, mit der Erfindung angewendet werden kann. In einer alternativen Ausführungsform kann beispielsweise das Podest **24** in einem X-, Y- oder Z-Raum bewegt werden, der dem X-, Y- oder Z-Raum des Fräsprozesses entspricht, und die Fräsignale, die durch den Prozessor **52** erzeugt werden, können einem Gestellsteuerungssystem bereitgestellt werden, das sich entlang des Gestells bewegt und dabei das Werkstück **30** trägt, um dadurch einen ausgewählten Teilbereich des Werkstücks direkt in den Weg des fokussierten Teilchenstrahls anzuordnen, um das Werkstück **30** zu fräsen. Andere Systeme und Verfahren zum Ausrichten des Teilchenstrahls können mit der vorliegenden Erfindung angewendet werden, ohne von dem Geltungsbereich davon abzuweichen.

[0052] Wie aus der obigen Beschreibung hervorgeht, stellt das in [Fig. 1](#) dargestellte System **10** ein System zum Reparieren von undurchsichtigen auf einem Substrat mit einem Muster versehenen Schichten bereit, das automatisch die Position und Geometrie eines Überschussteilbereichs erkennt und aus den Informationen zur Position und Geometrie einen Satz von Ätzsignalen erzeugt, die den fokussierten Teilchenstrahl ausrichten, um das Werkstück zu ätzen und dadurch einen Überschussteilbereich zu entfernen und eine mit einem Muster versehene Schicht mit einer präzisen Form bereitzustellen.

BEISPIEL

[0053] Der folgende Arbeitsablauf wurde durchgeführt: Micrion FIB-Systeme 9100 und 8000 wurden zu GAE-Experimenten verwendet. Der Anmelder führte einen Arbeitsablauf durch, bei dem die undurchsichtigen Materialien eine auf Chrom basierende Schicht und eine auf Molybdänsilicid basierende Schicht waren und das transparente Substratmaterial Quarz war. Der Basisdruck in der Vakuumkammer war etwa 10^{-6} Torr. Die Komponenten des Ätzigases wurden durch zwei Düsen zugeführt. Eine bevorzugte Entfernung zwischen der Düsen spitze und der Position der Interaktion des fokussierten Teilchenstrahls mit dem Werkstück war etwa 100 bis 600 Mikrometer auf der X-Y-Ebene und etwa 100 bis 400 Mikrometer in der Z-Richtung. Der innere Durchmesser der Düsen betrug zwischen 100 bis 400 Mikrometer.

Rasterelektronenmikroskop

[0054] Ein JEOL-Modell eines 6400 Feldemission-Rasterelektronenmikroskops wurde bei niedriger Beschleunigungsspannung verwendet, um die undurchsichtigen Reparaturen zu bewerten.

Optisches Mikroskop

[0055] Optische Mikroskope mit reflektierenden Aussendungs- und Interferenz-Bilderzeugungs-Ein-

setzungsmöglichkeiten wurden zur einleitenden Bewertung der Beseitigung der auf Chrom basierenden Schicht und der auf Molybdänsilicid basierenden Schicht, der Quarzflussbetten und Ga-Verfärbung (im sichtbaren Wellenlängenbereich) verwendet.

Rasterkraftmikroskop

[0056] Undurchsichtige Reparaturen wurden mittels eines Rasterkraftmikroskops (Laboratorium für Materialwissenschaften, Concord, MA) bewertet. Dreidimensionale Reparaturprofile kennzeichneten die Vollständigkeit der Absorptionsmittelbeseitigung, die Reparaturglätte und Flussbettdimensionen.

Dektak Tastschnittgerät

[0057] Ätzverbesserungen der auf Chrom basierenden Schicht, der auf Molybdänsilicid basierenden Schicht und des Quarzes wurden mit einem Dektak IIA Tastschnittgerät mit einem Fühler von 2 μm ermittelt. Details, die Flussbetten und Oberflächenrauheit betreffen, erforderten AFM (Rasterkraftmikroskop)-Analyse.

Auf Brom basierende Ätzmittelmischung für Cr

[0058] Eine Gasmischung, einschließlich Brom und Wasserdampf, wurde entwickelt, welche die Beseitigung des Cr zweifach bezüglich des geradlinigen Sputterns verbessert, während sie die Beseitigung von Quarz 30–70% bezüglich des geradlinigen Sputterns hemmt. Das Verhältnis von Wasserdampf zu Brom war 1 Mol Wasser zu von etwa 5 mol bis zu etwa 30 Mol Brom. Das am meisten bevorzugte Verhältnis war etwa 1 Mol Wasser zu etwa 10 Mol Brom. AFM-Bewertungen von Cr-Reparaturen mit dieser auf Brom basierenden Ätzmittelmischung weisen daraufhin, dass Flussbette < 35 nm erreichbar sind.

Auf Brom basierende Ätzmittelmischung für Molybdänsilicid

[0059] Eine Gasmischung, einschließlich Brom und Wasserdampf, ähnlich der, die für Cr-Masken genannt worden ist, wurde entwickelt, welche die Beseitigung des Molybdänsilicid zweifach bezüglich geradlinigen Sputterns verbessert, während sie die Beseitigung von Quarz 30–70% bezüglich des geradlinigen Sputterns hemmt.

[0060] Die Vorteile des Ätzens unter Zuhilfenahme von Brom und Wasserdampf zur Reparatur von undurchsichtigen Defekten umfassten:

- die Ga-Strahlendosis, die zur Beseitigung der auf Chrom basierenden Schicht erforderlich war, ist 2.0 bis 2.2 Mal geringer als beim Sputterätzen ohne Zuhilfenahme von Gasen;
- der Schaden an dem Grundsubstrat ist minimal; die Quarzoberfläche wird glatt und eben hinterlas-

sen; die Tiefätzung ist 1–5 nm;

- die Tiefe der Flussbetten am Umfang des undurchsichtigen Defekts sind auffallend geringer als man beim Sputterätzen ohne Zuhilfenahme von Gasen feststellen kann; Ätzen unter Zuhilfenahme von Brom bringt Flussbetten von zwischen 5–25 nm hervor, eine große Verbesserung zu Flussbetten von 80–100 nm beim reinen Sputterätzen;
- die Reduzierung von eingesetzten Ga und somit die Reduzierung von Verfärbung (Verlust von % Aussendung) in dem transparenten Quarzsubstrat;
- die % A (Aussendung) in und um den reparierten Bereich war bei einer Wellenlänge von 365 nm größer als 97%.

[0061] Wie aus der obigen Beschreibung ersichtlich, werden verbesserte Verfahren zum Reparieren von Werkstücken, die eine undurchsichtige auf einem Substrat mit einem Muster versehene Schicht aufweisen, unter Verwendung von GAE offenbart. Es versteht sich, dass die Erfindung nicht auf bestimmte hierin offenbarte Ausführungsformen beschränkt ist, sondern dass sie gedacht ist, um Modifikationen innerhalb des Geltungsbereichs der vorliegenden Erfindung, wie durch die angehängten Ansprüche definiert, zu decken.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Anwendung eines fokussierten Teilchenstrahlensystems in der Beseitigung eines Überschussteilbereichs aus einem Werkstück, das über eine mit einem Muster versehene Chromschicht auf einem Substrat verfügt, und dieses Verfahren die Schritte des Bestrahleins des besagten Überschussteilbereichs auf besagtem Werkstück, das über eine mit einem Muster versehene Chromschicht auf einem Substrat verfügt, mit einem fokussierten Teilchenstrahl umfasst, und, mit dem Bestrahlungsschritt gleichzeitig ablaufend, des Einsetzens eines Brom beinhaltenden ätzenden Gases in ausgewählter Nähe zu dem besagten Überschussteilbereich, sowie des Unterbrechens des Bestrahlungsschrittes nach der Beseitigung eines ausgewählten Teilbereichs aus besagter Chromschicht umfasst.

2. Ein wie in Anspruch 1 beanspruchtes Verfahren, in dem besagtes ätzendes Gas weiter Wasserdampf beinhaltet.

3. Ein wie in Anspruch 1 beanspruchtes Verfahren, wobei besagter Einzelschritt, mit dem Ätzschritt gleichzeitig ablaufend, für die Beseitigung des besagten Überschussteilbereichs sorgt und eine glatte und ebene Substratoberfläche hinterlässt.

4. Ein wie in jedem der Ansprüche 1 bis 3 beanspruchtes Verfahren, in dem besagtes Substrat

Quarz ist.

5. Ein wie in jedem der Ansprüche 1 bis 4 beanspruchtes Verfahren, das weiter die Schritte des Bestrahleins eines ausgewählten Teilbereichs des besagten Substrats mit besagtem fokussierten Teilchenstrahl nach besagtem Unterbrechungsschritt umfasst und, mit dem besagten Substratbestrahlungsschritt ablaufend, den Schritt des Verwendens eines Säuberungsgases umfasst, um eine Oberflächenlage des besagten ausgewählten Teilbereichs des besagten Substrats zur Sicherung hoher Übertragung elektromagnetischer Strahlung durch besagten ausgewählten Teilbereich des besagten Substrats zu beseitigen.

6. Ein wie in jedem der Ansprüche 1 bis 5 beanspruchtes Verfahren, das weiter vor dem besagtem Bestrahlungsschritt den Schritt des Montierens des besagten Werkstücks auf einem beweglichen Gestell umfasst, das in x- und in y-Richtung bewegbar ist, und dabei besagte Schicht auf besagtem Substrat mit einem Muster versehen wird und besagte Schicht über einen Überschussteilbereich verfügt.

7. Ein wie in jedem der Ansprüche 1 bis 6 beanspruchtes Verfahren, in dem besagtes Werkstück aus der Gruppe der Werkstücke ausgewählt wird, die Fotomasken, Röntgenmasken und Belichtungsmasken beinhaltet.

8. Ein wie in jedem der Ansprüche 1 bis 7 beanspruchtes Verfahren, in dem der Schritt des Bestrahleins des besagten Überschussteilbereichs auf besagtem Werkstück mit einem fokussierten Teilchenstrahl das Scannen eines ausgewählten Oberflächenbereichs auf einem Werkstück, das über eine undurchsichtige mit einem Muster versehene Schicht auf einem Substrat verfügt, beinhaltet und weiter das Ermitteln von Teilchenintensitäten, die vom besagten Werkstück als ein Folge des besagten Scannens des besagten Werkstücks mit besagtem fokussierten Teilchenstrahl ausgestrahlt werden, umfasst, eine Gestaltung der besagten mit einem Muster versehenen Schicht auf der Basis der besagten Teilchenintensitäten dabei bestimmt wird, ein Überschussteilbereich der besagten mit einem Muster versehenen Schicht dabei bestimmt wird und besagter Überschussteilbereich mit besagtem fokussierten Teilchenstrahl dabei geätzt wird.

9. Ein wie in Anspruch 8 beanspruchtes Verfahren, das weiter die Schritte des Scannens eines ausgewählten Teilbereichs des besagten Substrats mit besagtem fokussierten Teilchenstrahl und, mit dem Schritt des besagten Substratsscannens gleichzeitig ablaufend, des Verwendens eines Säuberungsgases umfasst, um eine Oberflächenlage des besagten ausgewählten Teilbereichs des besagten Substrats zur Sicherung hoher Übertragung elektromagneti-

scher Strahlung durch besagten ausgewählten Teilbereich des besagten Substrats zu beseitigen.

10. Ein wie in Anspruch 5 oder Anspruch 9 beanspruchtes Verfahren, in dem besagtes Säuberungsgas auf Fluor basiert und vorzugsweise Xenondifluorid ist.

11. Ein wie in jedem der Ansprüche 8 bis 10 beanspruchtes Verfahren, das weiter vor dem Schritt des besagten Werkstückscannens den Schritt des Montierens des besagten Werkstücks auf einem beweglichen Gestell umfasst, das in x- und in y-Richtung bewegbar ist, und dabei besagte Schicht auf besagtem Substrat mit einem Muster versehen wird und besagte Schicht über ein Überschussteilbereich verfügt.

12. Ein wie in jedem der Ansprüche 1 bis 11 beanspruchtes Verfahren, in dem besagter Schritt des Richtens weiter den Schritt der Schadenbeschränkung an anderen Elementen des fokussierten Teilchenstrahlsystems aufgrund des Vorhandenseins einer übermäßigen Menge des besagten ätzenden Gases durch Kontrollieren der Menge des ätzenden Gases, das in ausgewählter Nähe zu dem besagten Überschussteilbereich eingesetzt wird, umfasst.

13. Ein wie in jedem der Ansprüche 1 bis 12 beanspruchtes Verfahren, das weiter, mit dem Schritt des besagten Werkstückscannens ablaufend, den Schritt des Einsetzens eines zweiten ätzenden Gases in ausgewählter Nähe zum ausgewählten Oberflächenbereich umfasst und dabei das zweite ätzende Gas Brom enthält.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

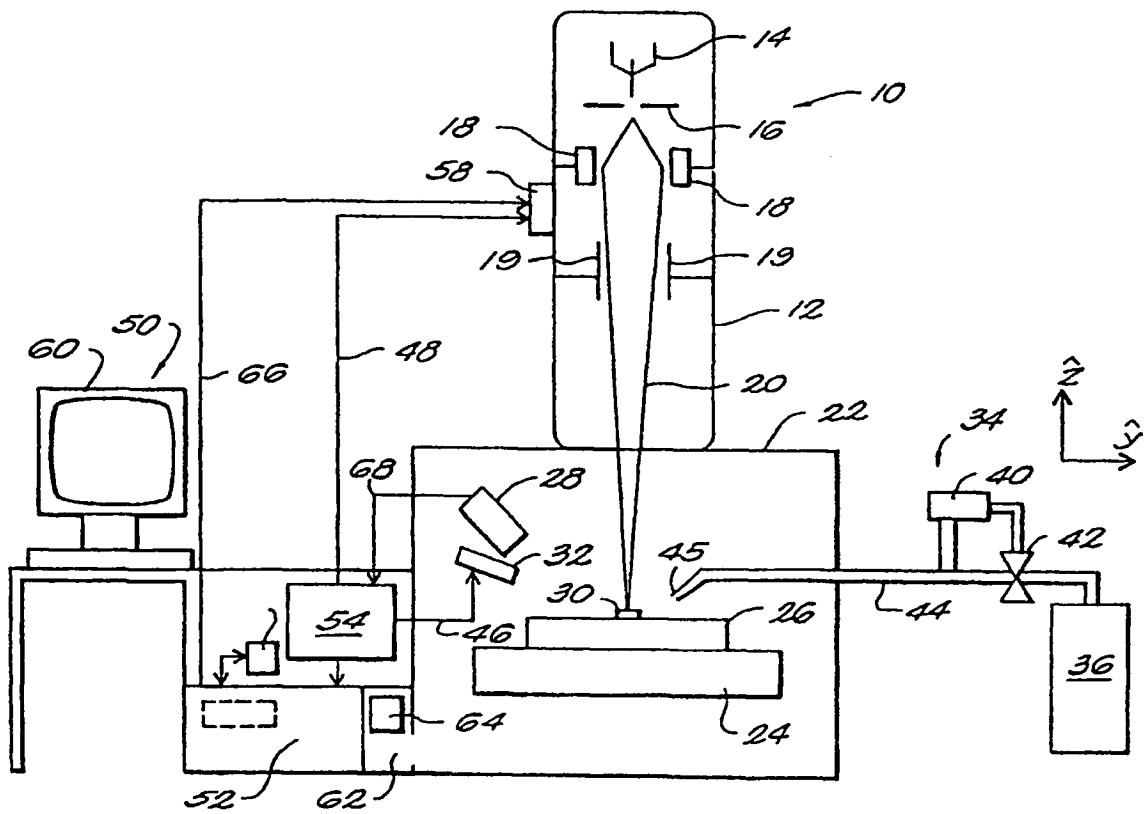


FIG. 1

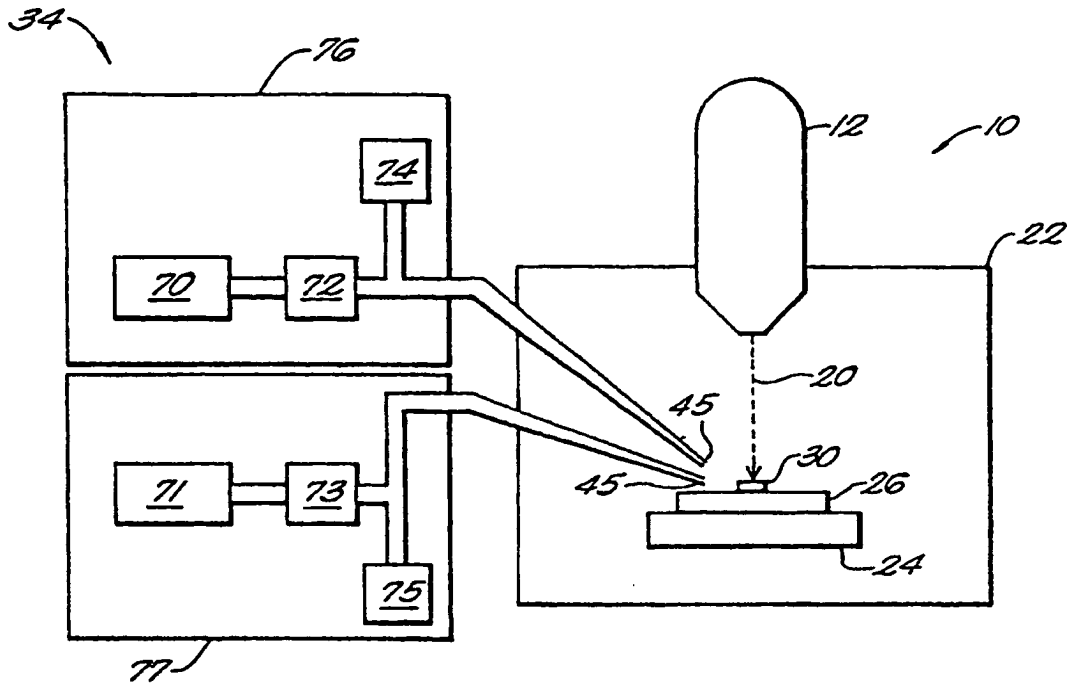


FIG. 2

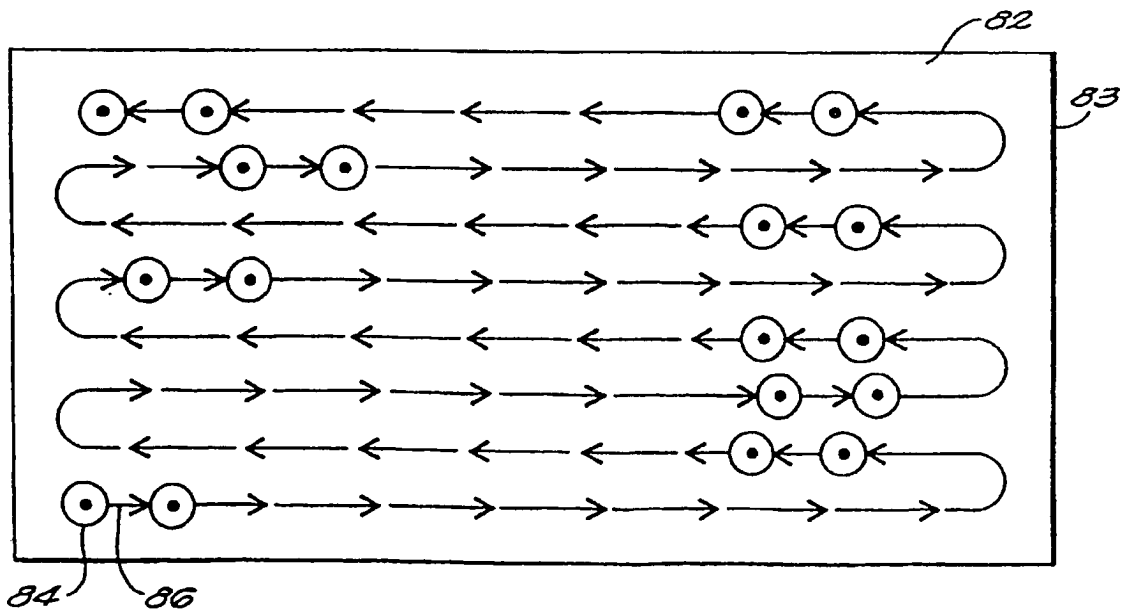


FIG. 3

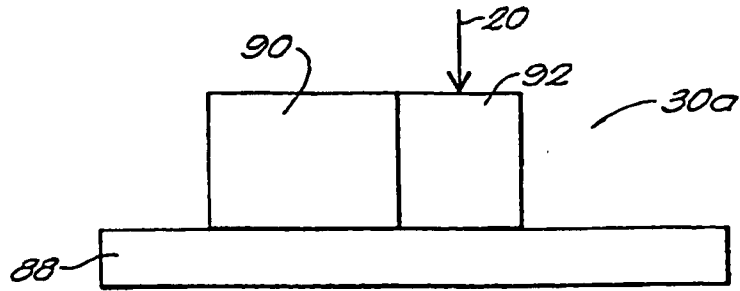


FIG. 4A

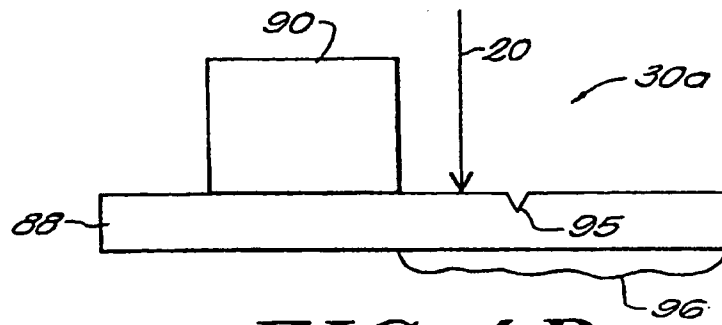


FIG. 4B

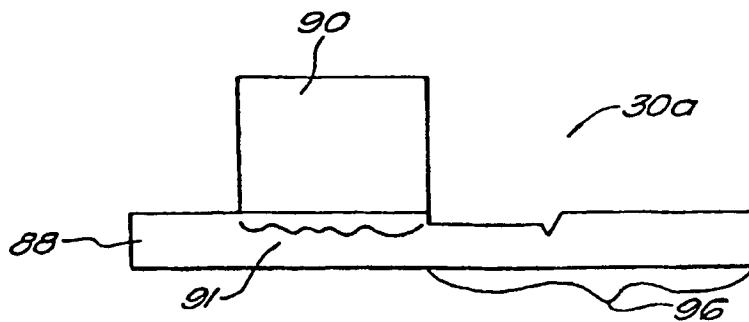


FIG. 4C

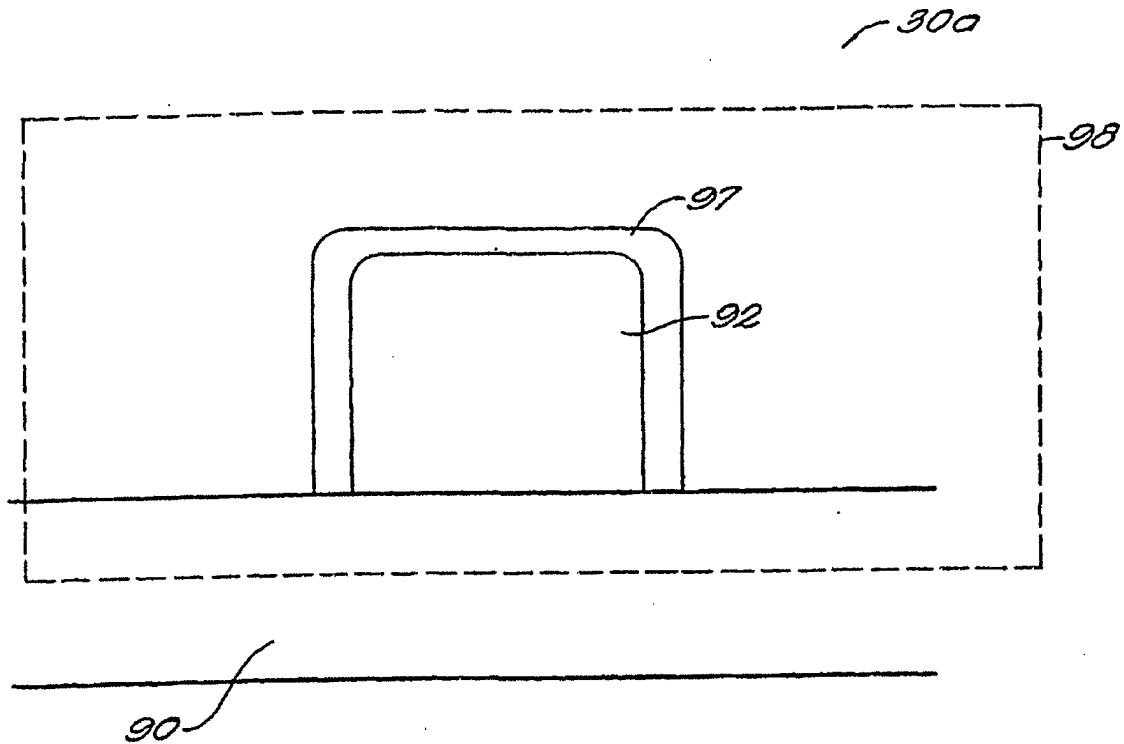


FIG. 5

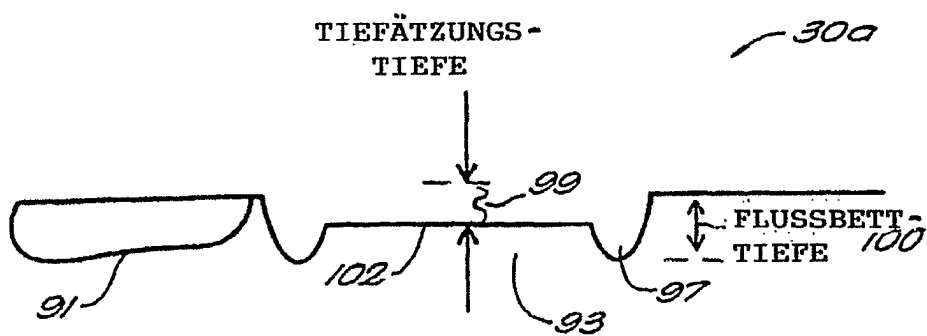


FIG. 6

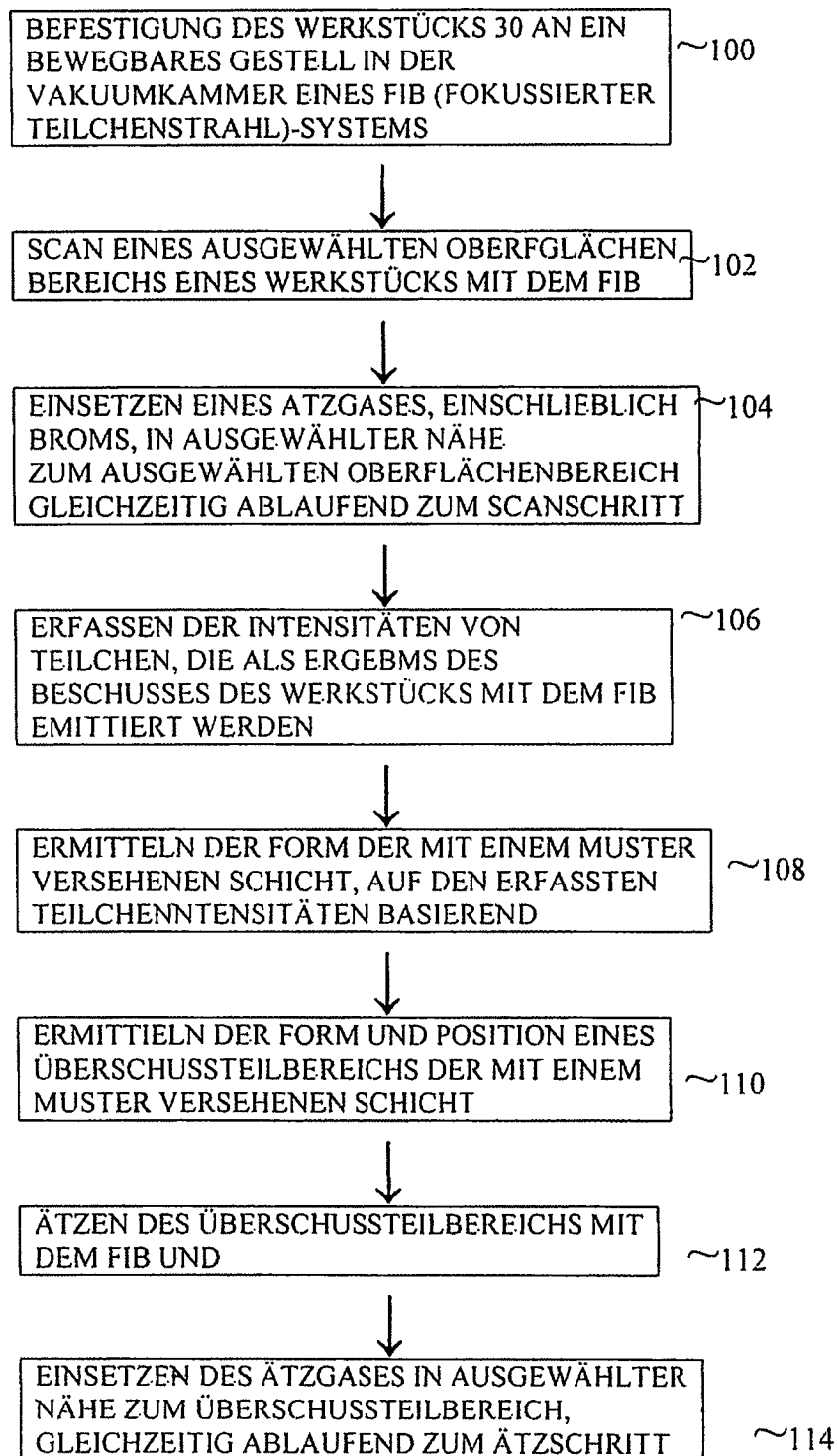


FIG. 7