



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 31 099 T2 2006.12.14**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 945 892 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 31 099.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 302 176.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **22.03.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.09.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.12.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01J 27/04 (2006.01)**

H01J 27/02 (2006.01)

H01J 37/08 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

49642 27.03.1998 US

(73) Patentinhaber:

Axcelis Technologies, Inc., Beverly, Mass., US

(74) Vertreter:

**Rummler, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 80802
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT, NL

(72) Erfinder:

**Graf, Michael Anthony, Cambridge,
Massachusetts 02138, US; Benveniste, Victor
Maurice, Cloucester, Massachusetts 01719, US**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Reinigung einer Ionenquelle während eines Prozesses**

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

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der Ionenimplantierer und insbesondere ein verbessertes System und Verfahren zum Reinigen einer Kaltwandionenquelle während des Prozesses.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Ionenimplantation hat sich zu der Technologie entwickelt, die von der Industrie bevorzugt wird, um Halbleiter mit Verunreinigungen in der Herstellung großen Maßstabs von integrierten Schaltkreisen zu dopen. Ionendosis und Ionenenergie sind die zwei wichtigsten Variablen, welche verwendet werden, um einen Implantationsschritt zu definieren. Die Ionendosis steht in einem Verhältnis zur Konzentration der implantierten Ionen für ein gegebenes Halbleitermaterial. Typischerweise werden Starkstromimplantierer (im Allgemeinen mehr als 10 Milliampere (mA) Ionenstrahlstrom) für Implantierungen mit hoher Dosis verwendet, während Mittelstromimplantierer (im Allgemeinen leistungsstark bis zu ungefähr 1 mA Strahlstrom) für Implantierungen mit niedrigerer Dosis eingesetzt werden.

[0003] Ionenenergie ist der beherrschende Parameter, welcher verwendet wird, um die Sperrschichttiefe in Halbleitervorrichtungen zu steuern. Die Energieniveaus der Ionen, welche den Ionenstrahl aufbauen, bestimmen den Grad der Tiefe der implantierten Ionen. Hochenergieprozesse wie jene, die verwendet werden, um retrograde Quellen in Halbleitervorrichtungen auszubilden, erfordern Implantate von bis zu einigen wenigen Millionen Elektronenvolts (MeV), während seichte Sperrschichten bloß ultrageringe Energie(ULE)-Niveaus unter eintausend Elektronenvolts (1 KeV) verlangen.

[0004] Ein typischer Ionenimplantierer umfasst drei Sektionen oder Untersysteme: (i) eine Ionenquelle zum Abgeben eines Ionenstrahls, (ii) eine Strahllinie, welche einen Masseanalysiermagneten zum Massenauflösen des Ionenstrahls umfasst, und (iii) eine Zielkammer, welche den Halbleiter-Wafer oder andere Substrate, die durch den Ionenstrahl implantiert werden sollen, enthält. Der weiter anhaltende Trend zu immer kleineren Halbleitervorrichtungen erfordert einen Strahlenlinienaufbau, welcher dazu dient, hohe Strahlströme bei geringen Energien abzuliefern. Der große Strahlstrom stellt die notwendigen Dosage-Niveaus bereit, während die geringe Energie seichte Implantierungen gestattet. Quelle/Drain-Übergänge in Halbleitervorrichtungen, zum Beispiel, erfordern solch eine Hoher-Strom/Geringe-Energie Anwendung.

[0005] Ionenquellen in Ionenimplantierern erzeugen typischerweise einen Ionenstrahl durch Ionisieren eines Quellengases in einer Quellenkammer, dessen Komponente ein gewünschtes Dotierstoffelement ist, und durch Extrahieren des ionisierten Quellengases in der Form eines Ionenstrahls. Der Ionisierungsvorgang wird durch einen Erreger bewirkt, welcher die Form eines thermisch erhitzten Fadens oder einer Radiofrequenz(RF)-Antenne annehmen kann. Ein thermisch erhitzter Faden emittiert heiß Hochenergieelektronen, während eine RF-Antenne ein Hochenergie-RF-Signal in die Quellenkammer liefert. Ein Beispiel einer Hoher-Strom/Geringe-Energie Ionenquelle wird in der US-Patentschrift Nr. 5,661,308, erteilt an Benveniste et al., in gemeinsamem Eigentum des Zessionärs der vorliegenden Erfindung, gezeigt.

[0006] Entweder werden die Hochenergieelektronen (im Falle des thermisch erhitzten Erregers) oder das RF-Signal (im Falle des RF-Erregers) verwendet, um Energie auf das Quellengas in der Quellenkammer zu übertragen und es damit zu ionisieren. Beispiele der erwünschten Dotierstoffelemente, aus welchen das Quellengas aufgebaut ist, umfassen Phosphor (P) oder Arsen (As). In einer Ionenquelle, welche einen thermisch erhitzten Faden zur Ionisierung ausnützt, erzielt die Quellenkammer typischerweise Temperaturen in der Größenordnung von 1000° C. Temperaturen wie diese (größer als 400° C) reichen üblicherweise aus, um die Ausbildung von Phosphor- oder Arsen-Ablagerungen auf den Innenwänden der Quellenkammer zu verhindern. In einer Ionenquelle, welche eine RF-Antenne einsetzt, sind jedoch die Betriebstemperaturen der Quellenkammer typischerweise in der Größenordnung von 50° C viel niedriger. Solche RF-erregten Quellen werden oft als "Kaltwand"-Quellen bezeichnet. Daraus ergibt sich, dass die Innenwände der Ionenquellenkammer durch die Ausbildung von Phosphor- oder Arsen-Ablagerungen während des Betriebs verunreinigt werden können.

[0007] Da Ionenimplantierer unter Verwendung einer Vielzahl von Verfahrensrezepturen betrieben werden, werden unterschiedliche Typen von Quellengasen in der Quelle eingesetzt, um Ionenstrahlen zu erzielen, welche die angestrebten Dotierstoffionen umfassen. Wenn jedoch die Quellenkammerwände durch Ablagerungsausbildungen während einer vorhergehenden Verfahrensrezeptur (z.B. eine, die Phosphor umfasst) verunreinigt sind, kann eine spätere Verfahrensrezeptur (z.B. eine, die Arsen umfasst) nachteilig durch die Querverunreinigung beeinflusst sein. Dementsprechend ist es während Ausrüstungsabschaltungen zwischen den Verfahrensrezepturen notwendig, die angesammelten Ablagerungsausbildungen von den Quellenkammerinnenwänden zu entfernen, um das Risiko der Verunreinigung nachfolgender Verfahrensrezepturen zu minimieren.

[0008] Es ist bekannt, eine Plasmabehandlungs-

kammer unter Verwendung eines Reinigungsgases wie Stickstofftrifluorid (NF_3) (siehe z.B. US-Patentschrift Nr. 5,620,526 erteilt an Watatani et al.) zu reinigen. Solch eine Reinigung kann in-situ ohne Abbau der Ionenquelle durchgeführt werden. Jedoch verschwendet die In-situ-Reinigung einer Ionenquellenkammer zwischen Prozessen wertvolle Zeit, während welcher der Ionenimplantierer nicht für die Produktion verwendet werden kann.

[0009] Dementsprechend ist es erstrebenswert, eine Ionenquelle bereitzustellen, welche die Fähigkeit für Reinigung der Quellenkammer während des Prozesses bereitstellt, während der Ionenimplantierer in Betrieb ist. Es ist auch erstrebenswert, ein Verfahren zum Erzielen einer solchen Reinigung während des Prozesses einer Ionenquelle bereitzustellen.

Kurzdarstellung der Erfindung

[0010] Ein Verfahren und System für die Reinigung während des Prozesses einer Ionenquelle wird bereitgestellt. Die Ionenquelle umfasst (i) eine Plasmakammer, welche durch Kammerwände ausgebildet wird, die eine Ionisationszone begrenzen; (ii) eine Quelle von ionisierbarem Dotierstoffgas und einen ersten Mechanismus zum Einbringen des ionisierbaren Dotierstoffgases in die Plasmakammer; (iii) eine Quelle von Reinigungsgas und einen zweiten Mechanismus zum Einbringen des Reinigungsgases in die Plasmakammer; und (iv) einen Erreger, welcher wenigstens teilweise innerhalb der Kammer angeordnet ist, zum Weitergeben von Energie an das ionisierbare Dotierstoffgas und das Reinigungsgas, um ein Plasma innerhalb der Plasmakammer zu erzeugen.

[0011] Das Plasma umfasst dissoziierte und ionisierte Bestandteile des Dotierstoffgases und dissoziierte und ionisierte Bestandteile des Reinigungsgases. Die dissoziierten und ionisierten Bestandteile des Reinigungsgases reagieren mit den dissoziierten und ionisierten Bestandteilen des Dotierstoffgases, um die Ausbildung von Ablagerungen von Elementen, welche in dem ionisierbaren Dotierstoffgas enthalten sind, auf den Oberflächen der Kammerwände zu verhindern. Das Reinigungsgas kann Stickstofftrifluorid (NF_3) sein und das ionisierbare Gas kann entweder Phosphin (PH_3) oder Arsin (AsH_3) sein. Mengendurchsatzregler steuern das Verhältnis von Reinigungsgas zu ionisierbarem Dotierstoffgas, welche in die Plasmakammer eingeleitet werden, wobei es vorzugsweise wenigstens 3:1 beträgt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] **Fig. 1** ist eine perspektivische Ansicht eines Ionenimplantierungssystems, in welchem eine Ausführungsform einer Ionenquelle gemäß den Grundsätzen der vorliegenden Erfindung eingebaut ist;

[0013] **Fig. 2** ist eine Querschnittsansicht der Ionenquelle des Ionenimplantierungssystems aus **Fig. 1**;

[0014] **Fig. 3** ist eine graphische Darstellung der Ablagerungsabbildung auf den Innenwänden der Quelle aus **Fig. 2** als eine Funktion des numerischen Verhältnisses von Reinigungsgas zu Quellengas;

[0015] **Fig. 4** ist eine graphische Darstellung des Massen/Ladungs-Spektrums der Ionenstrahlstromkomponenten, wobei Stickstofftrifluorid als ein Reinigungsgas und Phosphin als ein Quellengas verwendet wird; und

[0016] **Fig. 5** ist eine graphische Darstellung des Massen/Ladungs-Spektrums der Ionenstrahlstromkomponenten, wobei Stickstofftrifluorid als ein Reinigungsgas und Arsin als ein Quellengas verwendet wird.

Detaillierte Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform

[0017] Nun mit Bezugnahme auf die Zeichnungen offenbart **Fig. 1** einen Ionenimplantierer, allgemein als **10** bezeichnet, welcher eine Ionenquelle **12**, einen Massenanalysemagneten **14**, einen Strahllinienaufbau **16** und eine Ziel- oder Endstation **18** umfasst. Eine Anwendung der vorliegenden Erfindung besteht in einem Niedrigenergieimplantierer, wie jener, der in **Fig. 1** gezeigt ist, wobei der Strahllinienaufbau **16** auf Grund der Tendenz eines Niedrigenergiestrahls, sich während seiner Fortpflanzung auszudehnen (d.h. "aufzublasen"), relativ kurz ist.

[0018] Die Ionenquelle **12** umfasst ein Gehäuse **20**, welches eine Plasmakammer **22** definiert, und einen Ionenextraktoraufbau **24**. Der Strahllinienaufbau **16** umfasst (i) ein Resolvergehäuse **26**, welches durch die Vakuumpumpe **28** evakuiert wird und welches eine abschließende Apertur **30**, eine auflösende Apertur **32** und einen Flag-Faraday **34** enthält; und (ii) einen Strahlneutralisierer **36**, welcher eine Elektronendusche **38** enthält. Stromabwärts vom Strahlneutralisierer **36** befindet sich die Endstation **18**, welche einen scheibenförmigen Wafer-Träger **40** aufweist, auf dem die Wafer, die behandelt werden sollen, angebracht sind. Wie hierin verwendet soll Wafer jeden Typ von Substrat umfassen, welcher mit einem Ionenstrahl implantiert werden kann.

[0019] Die Energie wird auf das ionisierbare Dotierstoffgas übertragen, um Ionen in der Plasmakammer **22** zu erzeugen. Allgemein werden positive Ionen erzeugt, obwohl die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung auch auf Systeme anwendbar sind, in denen negative Ionen durch die Quelle erzeugt werden. Die positiven Ionen werden durch einen Schlitz in der Plasmakammer **22** durch den Ionenextraktoraufbau **24**, welcher eine Vielzahl von Elektroden **42**

umfasst, extrahiert. Dementsprechend funktioniert der Ionenextraktoraufbau, um einen Strahl **44** aus positiven Ionen aus der Plasmakammer durch eine Extraktionsblendenplatte **46** zu extrahieren und die extrahierten Ionen in Richtung des Masseanalyse magneten **14** zu beschleunigen.

[0020] Der Massenanalyse magnet **14** fungiert, um nur Ionen eines geeigneten Ladung-zu-Masse-Verhältnisses zum Strahllinienaufbau **16** durchzulassen. Der Massenanalyse magnet **14** umfasst eine gekrümmte Strahlbahn **48**, welche durch eine Aluminiumstrahlführung **50** definiert ist, die mit der Quelle **12** verbunden ist, deren Evakuierung durch Vakuumpumpen **28** und **54** vorgesehen ist. Der Ionenstrahl **44**, welcher sich entlang dieser Bahn fortpflanzt, wird durch das Magnetfeld, das durch den Massenanalyse magneten **14** erzeugt wird, beeinflusst. Das Magnetfeld lässt den Ionenstrahl **44** entlang der gekrümmten Strahlbahn **48** bewegen, von einer ersten Flugbahn oder Eingangflugbahn **56** nahe der Ionenquelle **12** zu einer zweiten Flugbahn oder Ausgangsflugbahn **58** nahe dem Resolvergehäuse **26**. Die Abschnitte **44'** und **44''** des Strahls **44**, welcher aus Ionen besteht, die ein nicht geeignetes Ladung-zu-Masse-Verhältnis aufweisen, werden von der gekrümmten Flugbahn abgelenkt und in die Wände der Aluminiumstrahlführung **50** gelenkt. Auf diese Weise lässt der Magnet **14** zum Strahllinienaufbau **16** nur jene Ionen im Strahl **44** hindurch, welche das gewünschte Ladung-zu-Masse-Verhältnis aufweisen.

[0021] Der scheibenförmige Wafer-Träger **40** in der Endstation **18** wird durch den Motor **62** gedreht. Wie in diesem Gebiet der Technik bekannt, wird der scheibenförmige Träger **40** mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit durch den Motor **62** gedreht und der Träger **40** wird vertikal (hinein und aus der Seite der [Fig. 1](#)) durch den Motor **64** und eine Leitspindel (nicht gezeigt) bewegt.

[0022] Die vorliegende Erfindung ist in der Quelle **12** des Implantierers **10** aus [Fig. 1](#), mit größeren Details in [Fig. 2](#) gezeigt, umgesetzt. Ionisierbares Dotierstoffgas, welches direkt in der Form einer Quelle **66** von verdichtetem Gas beige stellt wird, wird in die Plasmakammer **22** mittels eines Mengendurchsatzreglers **68** durch den Kanal **70** eingespritzt. Typische Quellenelemente sind Phosphor (P) und Arsen (As). Diese Quellenelemente werden oft in gasförmigem Zustand in Verbindung mit anderen Elementen, zum Beispiel Phosphor in der Form von Phosphorin (PH_3) und Arsen in der Form von Arsin (AsH_3) bereitgestellt.

[0023] Die Plasmakammer **22** weist elektrisch leitende Kammerwände **112**, **114**, **116** auf, welche eine Ionisationszone **120** in einem Kammerinneren begrenzen. Die Kammerwände stellen eine innere Oberfläche der Plasmakammer in der bevorzugten Ausführungsform von ungefähr 2000 cm^2 bereit. Die

Seitenwand **114** ist kreisförmig symmetrisch um eine Mittelachse **115** der Plasmakammer **22**. Eine leitende Wand **116**, welche dem auflösenden Magneten **14** zugewandt ist, ist mit einem Plasmakammerträger **122** verbunden. Die Wand **116** trägt die Öffnungsplatte **46**, welche eine Mehrzahl von Öffnungen aufweist, die es den Ionen erlauben, aus der Plasmakammer **22** auszutreten und sich dann zu vereinen, um den Ionenstrahl **44** an einer Stelle zu bilden, die stromabwärts von der Mehrzahl von beabstandeten und elektrisch isolierten Extraktionselektroden **24** liegt. Die Öffnungsplatte **46** umfasst eine Anzahl von Öffnungen, die in einem bestimmten Muster angeordnet sind, die mit einer Mehrzahl ähnlich konfigurierter Öffnungen in den beabstandeten Extraktionselektroden **42** fluchten. Nur eine solche Öffnung ist in [Fig. 2](#) gezeigt.

[0024] Eine Metallantenne **130** besitzt eine Metalloberfläche **132**, welche im Kammerinneren zum Emitieren von Energie in die Plasmakammer **22** frei liegt. Eine Stromversorgung **134** außerhalb der Plasmakammer **22** erregt die Metallantenne **130** mit einem Radiofrequenz(RF)-Signal von ungefähr 13,56 Megahertz (MHz), um einen elektrischen Wechselstrom in der Metallantenne aufzubauen, welcher ein ionisierendes elektrisches Feld in die Plasmakammer **22** induziert. Die Leistung der Antenne liegt in der Größenordnung von 500-3000 Watt (W). Der Druck in der Quellenkammer liegt in der Größenordnung von 0,13-1,3 Pa (1-10 Millitorr). Dementsprechend wird die Quelle **12** als eine hochdichte induktive Quelle mit niedrigem Druck bezeichnet. Die Plasmakammer **22** kann auch einen magnetischen Filteraufbau **140** umfassen, welcher sich durch einen Bereich des Kammerinneren zwischen der Antenne **130** und der Öffnungsplatte **46** erstreckt.

[0025] Die Antenne **130** ist in der Plasmakammer **22** durch eine entfernbare Trageplatte **150** positioniert. Die Trageplatte **150** wird durch die Seitenwand **114** an einer Stelle getragen, welche einen kreisförmigen Ausschnitt **152** trägt, durch den sich die Antenne erstreckt. Eine Trageplatte **150** für die Antenne **130** ist so bemessen, um in den Ausschnitt **152** in der Kammerwand **114** zu passen, während der freiliegende, U-förmige Metallabschnitt **132** der Antenne **130** in der Ionisationszone **120** positioniert wird.

[0026] Die Trageplatte **150** definiert zwei Durchgangswege, welche zwei Vakuumdrukanschlussstücke **156** aufnehmen. Nachdem längliche Schenkelsegmente **157** der Antenne **130** durch die Anschlussstücke gesteckt sind, werden die Endkappen **158** auf die Anschlussstücke geschraubt, um den Kontaktbereich zwischen den Anschlussstücken **156** und den Schenkelsegmenten **157** abzudichten. Die Antenne **130** ist vorzugsweise U-förmig in ihrem Strahlung emittierenden Bereich und ist vorzugsweise aus Aluminium hergestellt. Das Rohr weist einen

Außendurchmesser auf, welcher so dimensioniert ist, um durch die Druckanschlussstücke **156** hindurchzugehen. Während des Betriebs absorbiert die Antenne die Wärme aus ihrer Umgebung. Um diese Wärme abzuleiten, wird ein Kühlmittel durch die Mitte des Rohrs geleitet.

[0027] Die Platte **150** weist eine allgemein ebene Oberfläche **160** auf, die zu einem Inneren der Plasmakammer freiliegt und eine parallele äußere Oberfläche **162** umfasst, die vom Kammerinneren wegge wandt ist. Ein Flanschabschnitt **164** der Platte **150** liegt über einem Ringmagnet **170**, welcher den Ausschnitt in der Wand **114** umgibt und welcher an der Wand **114** durch Verbinder **172** angebracht ist. Eine ferromagnetische Einlage **174**, welche an der Trageplatte **150** angebracht ist, passt über den Magneten **170**, so dass die Platte **150** im Ausschnitt **152** positioniert ist. Die ferromagnetische Einlage **174** und der Magnet **170** ziehen einander an, um die Platte **150** in Position mit der Antenne **130** zu befestigen, die sich in das Kammerinnere erstreckt.

[0028] Während des Betriebs der Ionenquelle wird Wärme erzeugt und diese Wärme wird durch die Wände **112**, **114**, **116** absorbiert. Die absorbierte Wärme wird von der Kammer **22** durch ein Kühlmittel entfernt, welches durch ein Anschlussstück **176** eingeleitet wird, um Wasser in einem Kanal durch die Wände und weg von der Kammer durch ein zweites Austrittsanschlussstück (nicht gezeigt) zu leiten. Dementsprechend kann die Temperatur der Wände auf weniger als 100°C gehalten werden. Als solches wird die Ionenquelle **12** als eine Kaltwandionenquelle bezeichnet.

[0029] Ein Bereich der Antenne **130** nahe der Trageplatte **150** ist besonders anfällig, um mit gesputtertem Material während des Betriebs des Ionenimplantierers beschichtet zu werden. Um die Wirkung solchen Sputterns zu minimieren, werden zwei Schilde **180** über die Aluminiumantenne geschoben, bevor die Antenne in die Trageplatte **150** eingeschoben wird. Diese Schilde sind am besten aus Aluminium hergestellt und werden an Ort und Stelle durch einen Reibungssitz zwischen den Schilden und der äußeren Oberfläche des freiliegenden Aluminiums der Antenne **130** gehalten.

[0030] Während des Betriebs der Ionenquelle **12** können sich Ablagerungen von Dotierstoffelementen auf den Innenwänden **112**, **114** und **116**, welche die Ionisationszone **120** begrenzen, bilden. Zum Beispiel können sich Phosphor (P) und Arsen (As) ausbilden, wenn Phosphin (PH_3) beziehungsweise Arsin (AsH_3) durch die Ionenquelle geschickt werden. Dementsprechend stellen die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung einen Mechanismus zum Beschicken eines Co-Gases oder Reinigungsgases gleichzeitig mit dem Quellengas bereit, während die Ionen-

quelle **12** unter normalen Betriebsbedingungen betrieben wird. Der Mechanismus zum Beschicken des Reinigungsgases wie Stickstofftrifluorid (NF_3) wird durch eine Reinigungsgasquelle **182** und einen damit in Verbindung stehenden Mengendurchsatzregler **184** bereitgestellt. Die Reinigungsgasabgabe des Mengendurchsatzreglers **184** wird mit der Quellengasabgabe des Mengendurchsatzreglers **68** im Kanal **70** kombiniert, bevor sie der Plasmakammer **22** zugeführt wird. Alternativ können das Quellengas und das Reinigungsgas getrennt der Plasmakammer zugeführt werden.

[0031] NF_3 trennt sich größtenteils in Stickstoff- und Fluoratome, von denen einige in der Plasmakammer **22** negativ ionisiert werden. Die Fluoratome und -ionen reagieren mit dem Phosphor (P) oder dem Arsen (As), um die Ausbildung dieser Elemente auf den Innenwänden **112**, **114** und **116** der Ionenquelle zu verhindern, wenn Phosphin (PH_3) beziehungsweise Arsin (AsH_3) als Quellengas verwendet wird. Natürlich ist der Einsatz anderer Quellengase überlegt worden, darunter, aber nicht darauf beschränkt, German (GeH_3), Germaniumtetrafluorid (GeF_4) und Diboran (B_2H_6). Ungeachtet der Art des Dotierstoffgases unterstützen die Fluoratome und -ionen die Entfernung der Ablagerungen, während sie noch ausgebildet werden. Folglich wird ein getrennter Reinigungsschritt durch den Einsatz eines Reinigungsgases während des Prozesses vermieden. Unter "während des Prozesses" wird verstanden, dass der Reinigungsvorgang auftritt, während der Ionenimplantierer den normalen Produktionsbetrieb durchläuft.

[0032] [Fig. 3](#) zeigt eine graphische Darstellung der Ablagerungsbildung auf den Innenwänden der Ionenquelle aus [Fig. 2](#) als eine Funktion des numerischen Verhältnisses von Reinigungsgas zu Quellengas bei einem konstanten Strahlstrom über eine Stunde. Die Mengendurchsatzregler **68** und **184** können jeweils bis zu 10 Standardkubikzentimeter pro Minute (sccm) des Quellengases und des Reinigungsgases bereitstellen. In [Fig. 3](#) ist das Quellengas als entweder Arsin oder Phosphin dargestellt und das Reinigungsgas ist Stickstofftrifluorid. Die Menge an Ablagerung entlang der vertikalen Achse in [Fig. 3](#) ist normalisiert. Typische Durchflussraten liegen im Bereich von 5-10 sccm von NF_3 und 1-5 sccm von AsH_3 oder PH_3 . Es wird erwartet, dass der Reinigungsprozess auch in anderen Gasdurchflussbereichen, RF-Leistungsniveaus und RF-Frequenzen wirkungsvoll arbeitet. Das Erhöhen der Menge an NF_3 wird den Reinigungswirkungsgrad der Quelle verbessern, aber erfordert mehr Energiezufuhr für die RF-Antenne, wodurch der Betriebswirkungsgrad der Quelle verringert wird. Bei hohem NF_3 -zu-Quellengas-Verhältnissen (d.h., größer als 3:1) tritt keine bedeutsame Verdünnung des Ionenstrahls als ein Ergebnis der hohen Konzentration von NF_3 in der Plasmakammer **22** auf.

[0033] Fig. 4 und Fig. 5 zeigen graphische Darstellungen des Masse/Ladung-Spektrums der Ionenstrahlstrombestandteile (z.B., Ionen, Atome, Moleküle), wobei ein Verhältnis von vier zu eins von Stickstofftrifluorid als ein Reinigungsgas und Phosphin (Fig. 4) oder Arsin (Fig. 5) als ein Quellengas eingesetzt wird. Die graphischen Darstellungen werden durch Einsatz eines Mehrkanal-Massenspektrometers erzielt. Wie in Fig. 4 gezeigt, ergibt der Einsatz von NF_3 gemeinsam mit PH_3 (für Phosphorimplantierungen) atomare und molekulare Materie (N, F, PF und PF_2), welche anderenfalls nicht in der Plasmakammer 22 vorhanden wäre. Jedoch kann durch Einstellen des Masseanalyse magneten 14 (Rückbezug auf Fig. 1) diese unerwünschte atomare und molekulare Materie wirkungsvoll aus dem Strahl gefiltert werden. Wie in Fig. 5 gezeigt, ergibt der Einsatz von NF_3 gemeinsam mit AsH_3 (für Arsenimplantierungen) atomare und molekulare Materie (N, F, NF, AsF und AsF_2), welche anderenfalls nicht in der Plasmakammer 22 vorhanden wäre. Wie im Falle von Fig. 4 kann diese unerwünschte atomare und molekulare Materie wirkungsvoll aus dem Strahl durch Kalibrieren des Masseanalyse magneten 14, um Partikel mit ungeeignetem Ladung-zu-Masse-Verhältnis aus dem Strahl zu entfernen, gefiltert werden.

Patentansprüche

1. Ionenquelle (12) zur Ausgabe eines Ionenstrahls (44), umfassend:
 eine Plasmakammer (22), welche durch Kammerwände (112, 114, 116) ausgebildet ist, die eine Ionisationszone (120) begrenzen;
 eine Quelle von ionisierbarem Dotierstoffgas (66) und einen ersten Mechanismus (68) zum Einbringen des ionisierbaren Gases in die Plasmakammer;
 eine Quelle von Reinigungsgas (182) und einen zweiten Mechanismus (184) zum Einbringen des Reinigungsgases in die Plasmakammer;
 einen Erreger (130), welcher wenigstens teilweise innerhalb der Kammer angeordnet ist, zum Weitergeben von Energie an das ionisierbare Dotierstoffgas und das Reinigungsgas, um ein Plasma innerhalb der Plasmakammer zu erzeugen, wobei das Plasma dissoziierte und ionisierte Bestandteile des Dotierstoffgases und dissoziierte und ionisierte Bestandteile des Reinigungsgases umfasst;
 worin die dissoziierten und ionisierten Bestandteile des Reinigungsgases mit den dissoziierten und ionisierten Bestandteilen des Dotierstoffgases reagieren, um die Ausbildung von Ablagerungen von Elementen, welche in dem ionisierbaren Dotierstoffgas enthalten sind, auf den Oberflächen der Kammerwände zu verhindern.

2. Ionenquelle (12) nach Anspruch 1, worin das Reinigungsgas Stickstofftrifluorid (NF_3) ist.

3. Ionenquelle (12) nach Anspruch 2, worin das

ionisierbare Gas Phosphin (PH_3) ist und die Ablagerungen der Elemente Phosphor (P)-Ablagerungen sind.

4. Ionenquelle (12) nach Anspruch 2, worin das ionisierbare Dotierstoffgas Arsin (AsH_3) ist und die Ablagerungen der Elemente Arsen (As)-Ablagerungen sind.

5. Ionenquelle (12) nach jedem der Ansprüche 2 bis 4, worin der erste Mechanismus (68) und der zweite Mechanismus (184) Mengendurchsatzregler umfassen.

6. Ionenquelle (12) nach Anspruch 5, worin das Verhältnis von Reinigungsgas (182) zu ionisierbarem Dotierstoffgas (66), welche in die Plasmakammer (22) eingeleitet werden, wenigstens 3:1 beträgt.

7. Ionenquelle (12) nach jedem der Ansprüche 2 bis 6, worin der Erreger (130) eine Radiofrequenzantenne umfasst.

8. Ionenquelle (12) nach Anspruch 7, worin die Radiofrequenzantenne (130) ein Metallmaterial umfasst und wassergekühlt ist.

9. Ionenquelle (12) nach jedem der Ansprüche 2 bis 8, des Weiteren umfassend eine Öffnung (46), durch welche ein Ionenstrahl aus der Plasmakammer (22) herausgezogen werden kann.

10. Ionenquelle (12) nach jedem der Ansprüche 2 bis 9, worin die Kammerwände elektrisch leitend und wassergekühlt sind.

11. Ein Verfahren des Reinigens einer Ionenquelle (12) während des Betriebs ist bereitgestellt, umfassend die Schritte:

Einleiten eines ionisierbaren Dotierstoffgases (66) in eine Plasmakammer (22) der Ionenquelle (12);
 Einleiten eines Reinigungsgases (182) in die Plasmakammer (22);

Erregen des ionisierbaren Dotierstoffgases und des Reinigungsgases innerhalb der Kammer, um ein Plasma zu erzeugen, welches dissoziierte und ionisierte Bestandteile des Dotierstoffgases und dissoziierte und ionisierte Bestandteile des Reinigungsgases umfasst; und

Bewirken, dass die dissoziierten und ionisierten Bestandteile des Reinigungsgases mit den dissoziierten und ionisierten Bestandteilen des Dotierstoffgases reagieren, um die Ausbildung von Ablagerungen von Elementen, welche in dem ionisierbaren Dotierstoffgas enthalten sind, auf den inneren Wänden (112, 114, 116) der Kammer zu verhindern.

12. Verfahren nach Anspruch 11, worin das Reinigungsgas Stickstofftrifluorid (NF_3) ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, worin das ionisierbare Gas Phosphin (PH_3) ist und die Ablagerungen der Elemente Phosphor (P)-Ablagerungen sind.

14. Verfahren nach Anspruch 12, worin das ionisierbare Dotierstoffgas Arsin (AsH_3) ist und die Ablagerungen der Elemente Arsen (As)-Ablagerungen sind.

15. Verfahren nach jedem der Ansprüche 12 bis 14, worin das Reinigungsgas und das ionisierbare Dotierstoffgas in die Kammer (22) durch Mengendurchsatzregler (68, 184) eingebracht werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, worin das Verhältnis von Reinigungsgas (182) zu ionisierbarem Dotierstoffgas (66), welche in die Plasmakammer (22) eingeleitet werden, wenigstens 3:1 beträgt.

17. Verfahren nach jedem der Ansprüche 12 bis 16, worin der Schritt des Erregens des ionisierbaren Dotierstoffgases und des Reinigungsgases innerhalb der Kammer durch eine Radiofrequenzantenne (130) ausgeführt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, des Weiteren umfassend den Schritt des Wasserkühlens der Radiofrequenzantenne (130).

19. Verfahren nach jedem der Ansprüche 12 bis 18, des Weiteren umfassend den Schritt des Herausziehens eines Ionenstrahls aus der Plasmakammer durch eine Öffnung (46).

20. Verfahren nach jedem der Ansprüche 12 bis 19, worin die Innenwände der Kammerwände elektrisch leitend und wassergekühlt sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

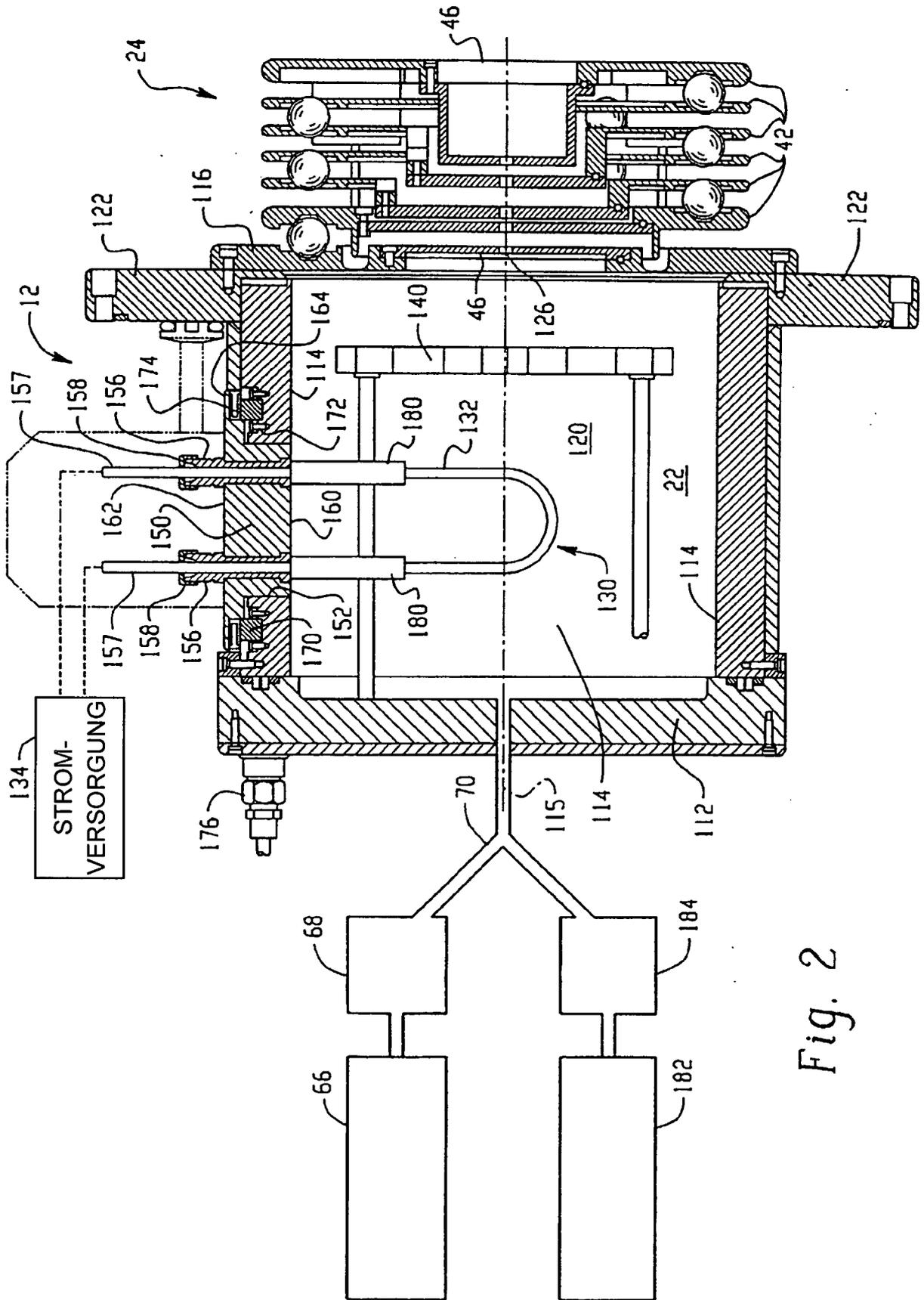


Fig. 2

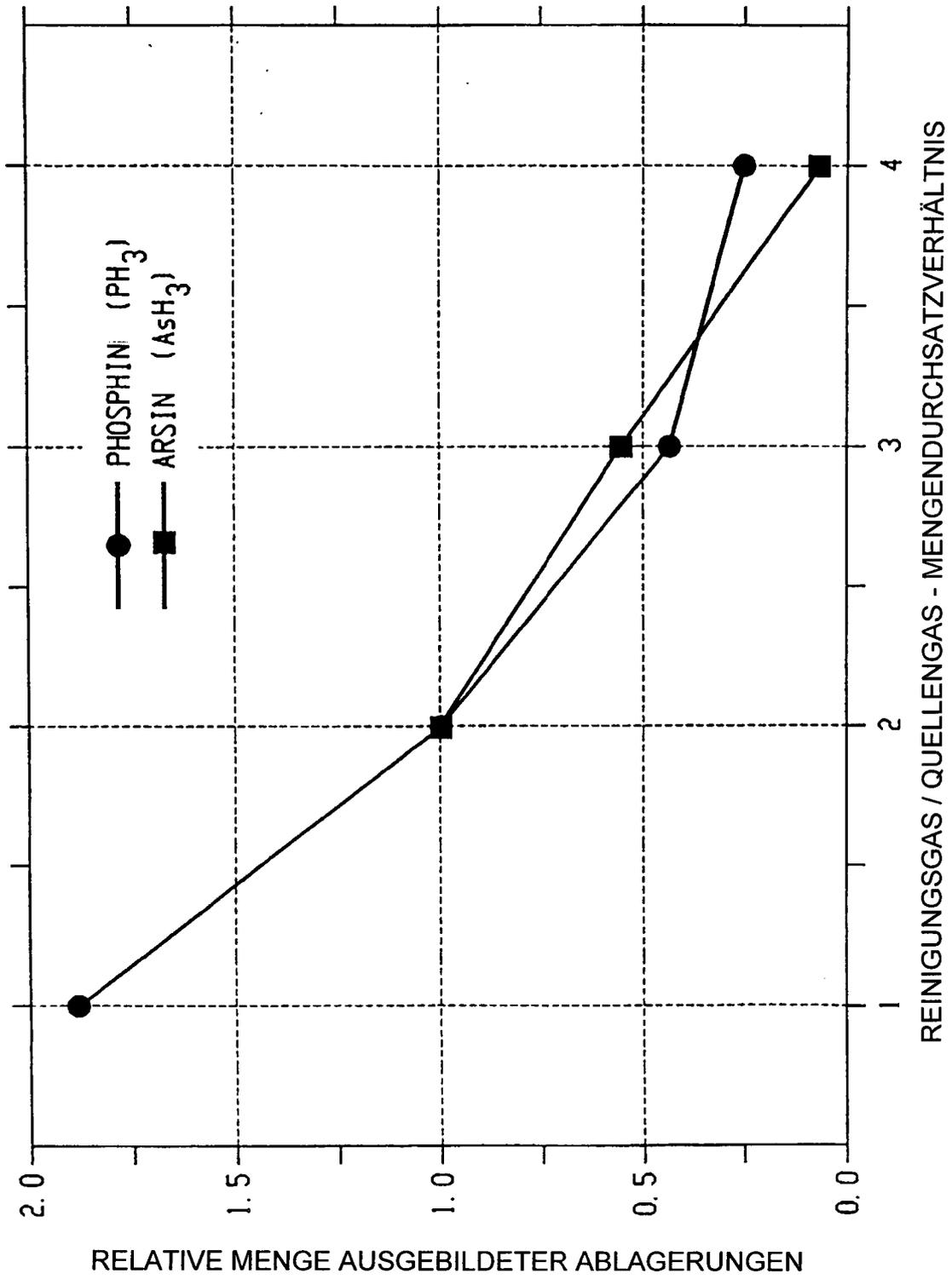


Fig. 3

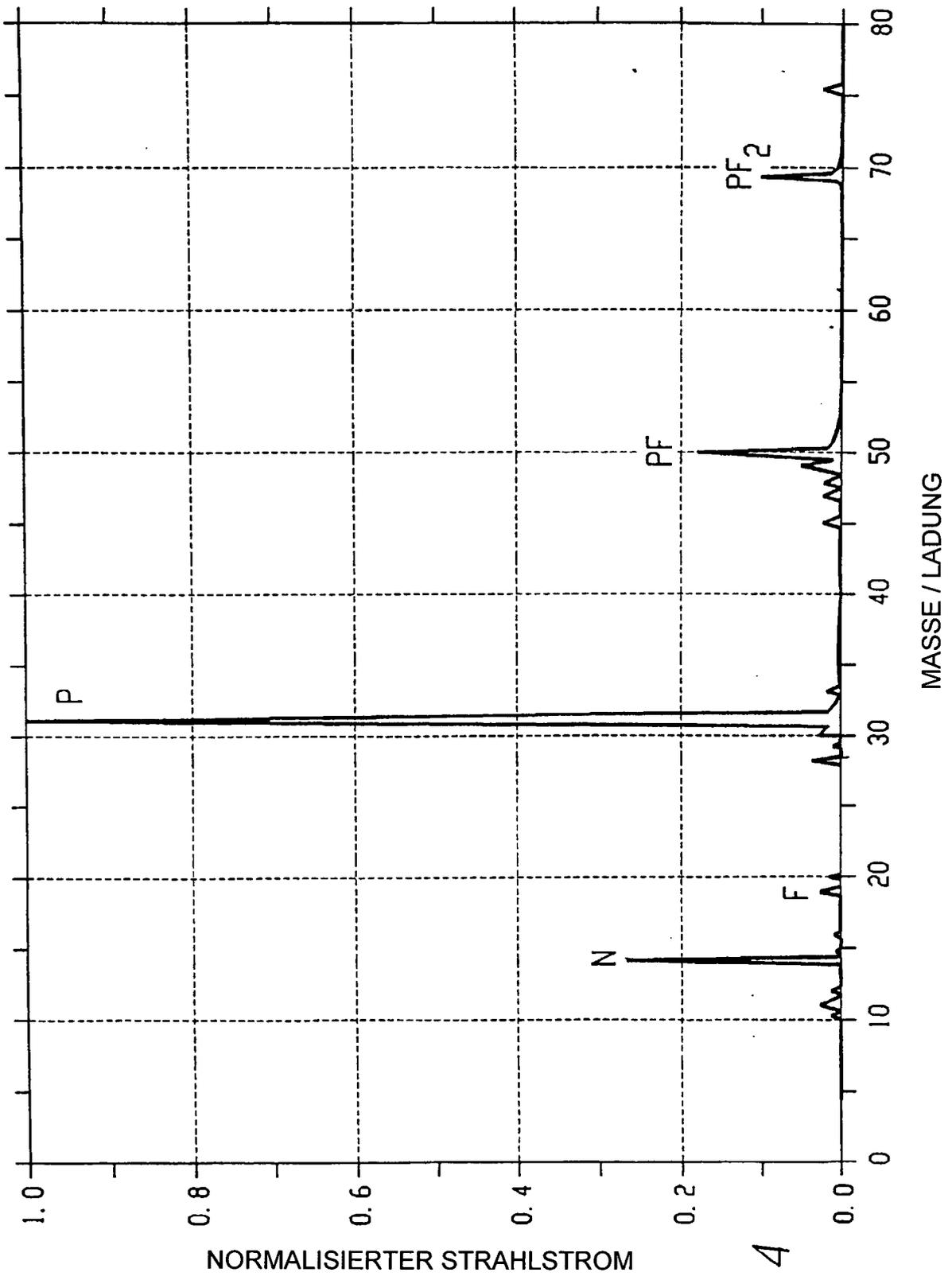


Fig. 4

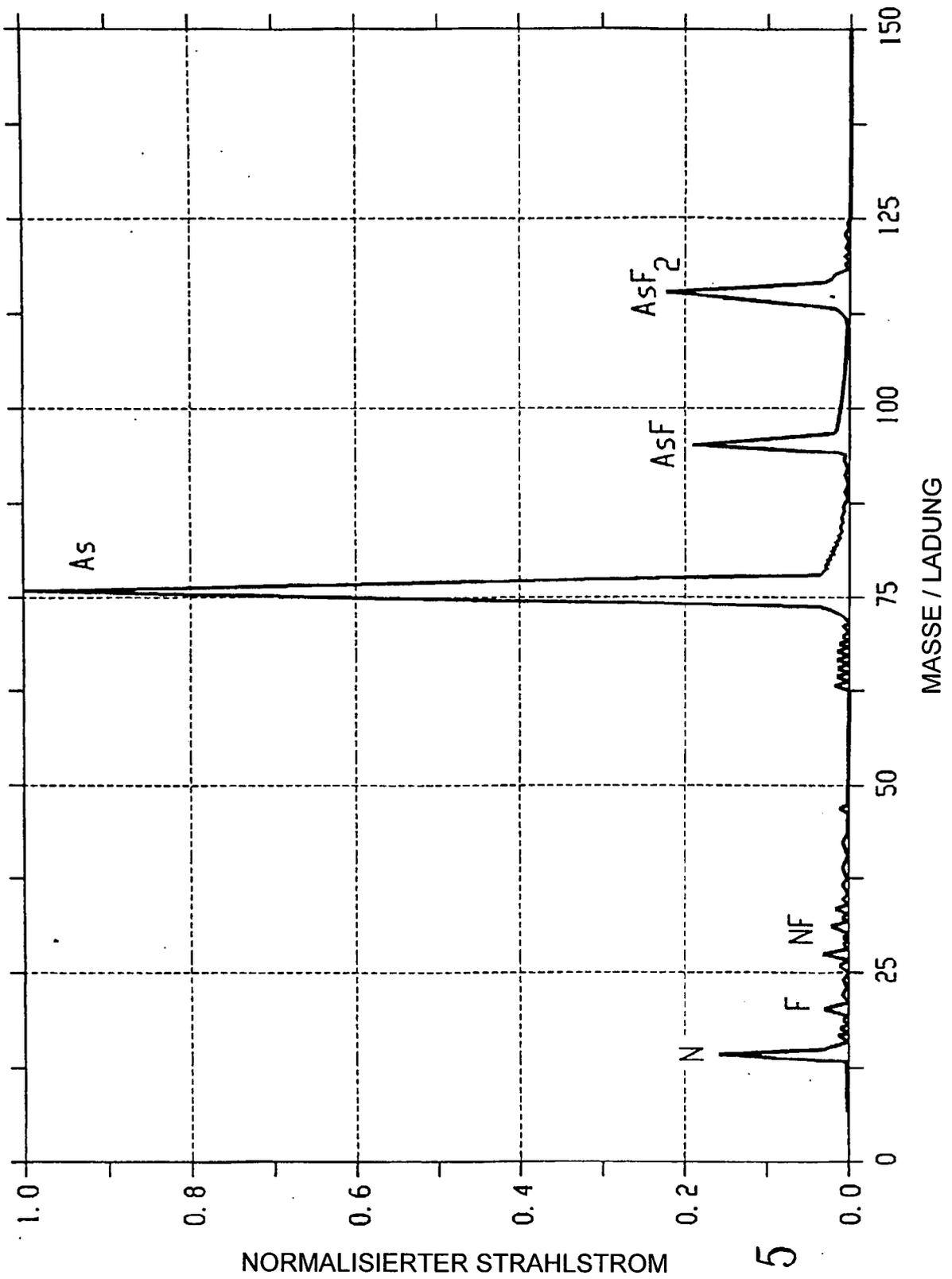


Fig. 5