(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 024 893 A1** 2005.04.14

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 024 893.1**
(22) Anmeldetag: **19.05.2004**
(43) Offenlegungstag: **14.04.2005**

(51) Int Cl.[7]: **H01L 21/306**

(30) Unionspriorität:

03/33844	**27.05.2003**	**KR**
03/70634	**10.10.2003**	**KR**
10/762526	**23.01.2004**	**US**

(71) Anmelder:
Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, Kyonggi, KR

(74) Vertreter:
Kuhnen & Wacker Patent- und Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising

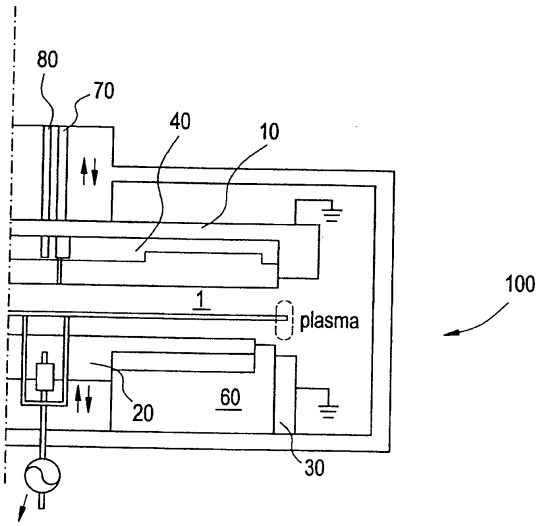
(72) Erfinder:
Choi, Chang-won, Seoul, KR; Kim, Tae-ryong, Gyeonggi, KR; Kim, Jong-baum, Gyeonggi, KR; Seo, Jung-woo, Suwon, Gyeonggi, KR; Byun, Chang-ju, Gyeonggi, KR

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Ätzen eines Wafer-Rands**

(57) Zusammenfassung: Eine Wafer-Randätzvorrichtung und ein Verfahren zum Ätzen eines Rands eines Halbleiterwafers enthalten eine Bodenelektrode, die unterhalb des Halbleiterwafers angeordnet ist und als eine Plattform zum Tragen des Wafers dient. Ein Verfahren zum Ätzen eines Halbleiterwafers enthält ein Einbringen eines Halbleiterwafers in eine Kammer, ein Erhöhen des Drucks in der Kammer, ein Zuführen von zumindest einem Ätzgas zu der Kammer, während der Druck weiter erhöht wird, ein Zuführen von Leistung zu der Kammer und einem Ätzen des Halbleiterwafers an der Randleiste oder der Rückseite des Halbleiterwafers, ein Unterbrechen der Zufuhr der Leistung und des Ätzgases, ein Entlüften der Kammer mit einem Entlüftungsgas und ein Reinigen der Kammer von dem Entlüftungsgas.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Priorität der koreanische Patentanmeldung Nr. 2003-33844, angemeldet am 27. Mai 2003, deren Inhalt hiermit vollumfänglich durch Bezugnahme mit eingefügt wird.

Stand der Technik

[0002] Ein Wafer-Randätzen wird zum Entfernen von dünnen Schichten auf einem Peripheriebereich eines Wafers durchgeführt. Der Peripheriebereich des Wafers wird oft als Randleiste bezeichnet. Die Randleiste eines Wafers wird geätzt, da die dünnen Schichten auf dem Rand Defekte auf den Chips während des Herstellungsverfahrens verursachen können und die Ausbeute verringern können. Dünne Schichten können von dem Rand entweder durch Naß- oder Trockenätzverfahren entfernt werden. Aufgrund der Verringerung des Chipgröße, ist die Notwendigkeit zum Ätzen des Randes beträchtlich gestiegen.

[0003] Es bestehen herkömmliche Vorrichtungen zum Ätzen der dünnen Schichten an der Randleiste. Jedoch ist das bei den herkömmlichen Vorrichtungen erzeugte Plasma zu schwach, um die dünnen Schichten an der Randleiste zu ätzen. Eine Lösung für dieses Problem ist die Erhöhung der Leistung. Eine erhöhte Leistung kann jedoch den Wafer verformen.

Aufgabenstellung

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] In beispielhaften Ausführungsformen ist die vorliegende Erfindung auf eine Vorrichtung zum Ätzen eines Randes eines Halbleiterwafers gerichtet, welche eine Bodenelektrode enthält, die unterhalb des Halbleiterwafers angeordnet ist und als eine Plattform zum Halten des Halbleiterwafers dient.

[0005] In beispielhaften Ausführungsformen ist die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum Ätzen eines Halbleiterwafers gerichtet, welches ein Einfügen eines Halbleiterwafers in eine Kammer, ein Erhöhen eines Drucks in der Kammer, eines Zuführens von zumindest einem Ätzgas in die Kammer während des Erhöhens des Drucks, eines Zuführens von Leistung zu der Kammer und einem Ätzen des Halbleiterwafers an der Randleiste oder der Rückseite des Halbleiterwafers, ein Unterbrechen der Zufuhr von Leistung und Ätzgas, ein Entlüftung der Kammer mit einem Entlüftungsgas und ein Reinigen des Entlüftungsgas aus der Kammer enthält.

[0006] In beispielhaften Ausführungsformen ist die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum Ätzen eines Halbleiterwafers gerichtet, welches ein Anordnen einer Bodenelektrode unterhalb des Halbleiterwafers, die als eine Plattform zum Halten des Halbleiterwafers dient, ein Ätzen des Halbleiterwafers an der Randleiste oder der Rückseite des Halbleiterwafers und ein Aufrechterhalten eines Spalts zwischen dem Halbleiterwafer und einer Isolationsplatte von 0,2 bis ungefähr 1,0 mm enthält.

[0007] In beispielhaften Ausführungsformen ist die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum Ätzen eines Halbleiterwafers gerichtet, welches ein Anordnen einer Isolationsplatte mit einem Vorsprung über dem Halbleiterwafer, ein Ätzen des Halbleiterwafers an der Randleiste oder der Rückseite des Halbleiterwafers und ein Aufrechterhalten eines Spalts zwischen dem Halbleiterwafer und der Isolationsplatte von 0,2 bis ungefähr 1,0 mm enthält.

[0008] In beispielhaften Ausführungsformen ist die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum Ätzen eines Halbleiterwafers gerichtet, welches ein Anordnen der Bodenelektrode unterhalb des Halbleiterwafers enthält, wobei die Bodenelektrode eine Vielzahl von geöffneten Nuten enthält, sowie ein Ätzen des Halbleiterwafers an der Randleiste oder der Rückseite des Halbleiterwafers enthält.

[0009] In beispielhaften Ausführungsformen ist die vorliegende Erfindung auf eine Isolationsplatte gerichtet, welche einen Körper enthält, der aus einem Isolationsmaterial ausgebildet ist, sowie einen Vorsprung, der eine geneigte Oberfläche und eine Klippenoberfläche enthält.

Ausführungsbeispiel

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0010] **Fig.** 1 stellt eine Vorrichtung **100** in Übereinstimmung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0011] **Fig.** 2 stellt einen exemplarischen Abschnitt der Vorrichtung der **Fig.** 1 detaillierter dar.

[0012] **Fig.** 3 stellt einen beispielhaften Vorsprung der **Fig.** 2 detaillierter dar.

[0013] **Fig.** 4A stellt die plattformartige Bodenelektrode der **Fig.** 1 in einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0014] **Fig.** 4B stellt eine schematische Ansicht einer oberen Elektrode und einer Isolationsplatte in einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0015] **Fig.** 4C stellt eine Draufsicht einer plattformartigen Bodenelektrode sowie einer Randelektrode bei einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0016] **Fig.** 5 stellt eine beispielhafte Beziehung zwischen einer plattformartigen Bodenelektrode, einem Isolator und/oder Isolator, einem Wafer und einer Randelektrode bei einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0017] **Fig.** 6 stellt eine Vorrichtung in Übereinstimmung mit einer anderen beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0018] **Fig.** 7 stellt eine Vorrichtung in Übereinstimmung mit einer anderen beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0019] **Fig.** 8 stellt ein Verfahren in Übereinstimmung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0020] **Fig.** 9 stellt einen vergrößerten beispielhaften Wafer nach einem Ätzverfahren, wie dem beispielhaften Verfahren der **Fig.** 8, dar.

[0021] **Fig.** 10A und 10B stellen einen Zellbereich bzw. Randbereich eines resultierenden Wafers in Übereinstimmung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0022] **Fig.** 11 stellt beispielhafte Verfahrensbedingungen dar, welche zum Ätzen des Wafers **1** in Übereinstimmung mit beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können.

[0023] **Fig.** 12A bis 12C stellen experimentelle Ergebnisse dar, die die Beziehung zwischen Ätzraten von verschiedenen Oxiden auf dem Wafer in Übereinstimmung mit beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen.

[0024] **Fig.** 13 stellt einen Graphen dar, bei dem die Länge von dem Endpunkt eines Wafers gegenüber dem Spalt zwischen der Isolationsplatte und der oberen Elektrode bei beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gezeigt ist.

[0025] **Fig.** 14 stellt variierende Spalte in Übereinstimmung mit beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

[0026] **Fig.** 15 stellt eine Querschnittsansicht einer Plasmaverarbeitungsvorrichtung zum Verarbeiten des Wafer-Randes in Übereinstimmung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEISPIELHAFTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0027] Die vorliegende Erfindung wird aus der folgenden detaillierten Beschreibung und der begleitenden Zeichnung, welche lediglich zu Zwecken der Anschaulichkeit und nicht der Beschränkung der Erfindung vorgesehen sind, vollständig ersichtlich.

[0028] **Fig.** 1 stellt eine Vorrichtung **100** in Übereinstimmung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Die Vorrichtung **100** enthält eine obere Elektrode **10**, eine plattformartige Bodenelektrode **20**, eine Randelektrode **30**, eine Isolationsplatte **40**, eine HF-Leistungsversorgung **50**, einen Isolator und/oder eine Isolation **60**, eine Mitteldüse **70** und eine Prozeßdüse **80**. Bei der Vorrichtung **100**, wie sie in **Fig.** 1 gezeigt ist, sind die obere Elektrode **10** und die Randelektrode **30** Anoden und die Bodenelektrode **20** ist eine Kathode. Jedoch kann dies bei anderen beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung umgekehrt sein. Wie in **Fig.** 1 gezeigt, trägt die Bodenelektrode **20** den Wafer **1** während die obere Elektrode **10** und die Randelektrode **30** wechselseitige bzw. abwechselnd Plasma an dem Rand und/oder der Rückseite des Wafers **1** erzeugen. Ein Ätzabschnitt A an dem Rand des Wafers **1** bezeichnet die Stelle, an der die beabsichtigte Ätzung stattfinden soll. Da HF-Leistung von der HF-Leistungsleitung **50** über den Wafer **1** zugeführt wird, erzeugt eine geringere Leistung ein ausreichend gutes Plasma, um die dünnen Schichten auf dem Wafer **1** zu ätzen. Ein Beispiel für eine niedrige Leistung ist 500 Watt. Falls die HF-Leistung hoch ist, so wie sie im allgemeinen bei einer herkömmlichen Halbleiterätzvorrichtung verwendet wird, können an der Randleiste Lichtbögen entstehen.

[0029] **Fig.** 2 stellt einen beispielhaften Abschnitt der Vorrichtung **100** der **Fig.** 1 detaillierter dar. Insbesondere stellt **Fig.** 2 die obere Elektrode **10**, die Bodenelektrode **20**, die Randelektrode **30**, die Isolationsplatte **40** und den Wafer **1** detaillierter dar. Wie in **Fig.** 2 dargestellt, sind die Isolationsplatte **40** und der Wafer **1** durch einen variablen Abstand H getrennt. Wie in **Fig.** 2 dargestellt, kann die Isolationsplatte **40** einen Vorsprung **41** enthalten. Bei einer beispielhaften Ausführungsform weist der Vorsprung **41** eine Neigung oder eine andere Kontur auf, welche das Prozeßgas führt, wodurch verhindert wird im wesentlichen verhindert wird, daß das Prozeßgas in den Mittelbereich des Wafers während des Ätzverfahrens strömt. Obwohl der Vorsprung **41** der **Fig.** 2 eine bestimmte Form aufweist, wird darauf hingewiesen, daß diese Form exemplarisch ist und ebenso andere Formen, welche das Prozeßgas in geeigneter Weise an dem Mittelbereich des Wafers **1** währen des Ätzverfahrens wegführen, verwendet werden können.

[0030] **Fig.** 3 stellt einen beispielhaften Vorsprung

41 der **Fig.** 2 detaillierter dar. Wie gezeigt, enthält der Vorsprung **41** einen geneigten Abschnitt **43** und eine Klippe **45**. Die Klippe **45** bildet einen Spalt **44** mit der oberen Elektrode **10** aus. Der Spalt **44** zwischen dem Vorsprung **41** und der oberen Elektrode **10** kann gesteuert werden, um den Ätzbereich des Wafers **1** zu steuern. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Spalt **44** gleichmäßig oder im wesentlichen gleichmäßig, obwohl dies nicht der Fall sein muß. Bei anderen beispielhaften Ausführungsformen kann die Form der Klippe **45** so entworfen sein, daß die Lebensdauer der Klippe **45** und/oder der Isolationsplatte **40** verbessert ist.

[0031] **Fig.** 4A stellt die plattformartige Bodenelektrode **20** der **Fig.** 1 in einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Wie in **Fig.** 4A gezeigt, enthält die Bodenelektrode **20** eine oder mehrere Nuten **31**. Die eine oder mehrere Nuten **31** verringern die Wahrscheinlichkeit bzw. verhindern, daß der Wafer **1** von der plattformartigen Bodenelektrode **20** abrutscht. Wie in **Fig.** 4A gezeigt, sind die eine oder mehreren Nuten **31** als gerade Linien dargestellt, die sich von der Mitte der Bodenelektrode **20** aus radial erstrecken. Bei anderen beispielhaften Ausführungsformen können die Nuten **31** auch gekrümmte Linien sein. Bei anderen beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können sie sich auch von einer anderen Stelle als der Mitte der Bodenelektrode **20** aus erstrecken. Bei beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind eine oder mehrere Bolzenöffnungen **33** und/oder eine oder mehrere Hebestiftöffnungen **35** enthalten.

[0032] **Fig.** 4B stellt eine schematische Ansicht der oberen Elektrode **10** und der Isolationsplatte **40** bei einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar und **Fig.** 4C stellt eine Draufsicht der plattformartigen Bodenelektrode **20** und der Randelektrode **30** in einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0033] **Fig.** 4B stellt einen oberen Abschnitt dar, bei dem Prozeßgas(e) und/oder Inertgas(e) verteilt werden. Wie in **Fig.** 4B gezeigt, kann die obere Elektrode **10** eine oder mehrere Prozeßgasquellen **75** und eine oder mehrere Inertgasquellen **76** enthalten und von einer oberen Elektrodenhalterung **74a** begleitet sein. Wie ebenso in **Fig.** 4B gezeigt, kann die Isolationsplatte **40** eine oder mehrere Zusatzisolationsplatten **79d** enthalten.

[0034] Bei beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung enthält die obere Elektrode **10** eine oder mehrere Bolzenöffnungen **74c**, **79b**, um die Isolationsplatte **40** mit der oberen Elektrode **10** zu verbinden. Bei anderen beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung enthält die Isolationsplatte **40** eine oder mehrere Bolzenöffnungen **79a**, um die Isolationsplatte **40** mit der einen oder den mehreren Zusatzisolationsplatten **79d** zu verbinden.

[0035] **Fig.** 4C stellt einen unteren Abschnitt dar, auf den der Wafer **1** geladen wird. Wie in **Fig.** 4C gezeigt, kann der erste Isolator **84** (welcher in Form eines Rings ausgebildet sein kann) und ein zweiter Isolator **85** (welcher in Form einer zylindrischen Platte ausgebildet sein kann) zwischen der Bodenelektrode **20** und der Randelektrode **30** verwendet werden.

[0036] **Fig.** 5 stellt die Beziehung zwischen der plattformartigen Bodenelektrode **20**, dem Isolator und/oder der Isolation **60**, dem Wafer **1** und der Randelektrode **30** bei einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar.

[0037] **Fig.** 6 stellt eine Vorrichtung **200** in Übereinstimmung mit einer anderen beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Wie in **Fig.** 6 dargestellt, enthält die Vorrichtung **200** eine obere Elektrode **110** und eine plattformartige Bodenelektrode **120**, sowie eine erste Randelektrode **130**, eine zweite Randelektrode **140**, einen Isolator **150**, eine HF-Leistungsversorgung **160** und einen Masseanschluß **170**. Wie in **Fig.** 6 gezeigt, hält die platformartige Bodenelektrode **120** den Wafer **1** während die obere Elektrode **110**, die erste Randelektrode **130** und die zweite Randelektrode **140** wechselseitig Plasma an der Randleiste und/oder der Rückseite des Wafers **1** erzeugen. Wie vorhergehend im Zusammenhang mit der Ausführungsform, die in **Fig.** 1 dargestellt ist, beschrieben, können die obere Elektrode **110**, die plattformartige Bodenelektrode **120**, die erste Elektrode **130** und die zweite Elektrode **140** entweder Anode oder Kathode sein.

[0038] Bei beispielhaften Ausführungsformen weisen die erste Randelektrode **130** und/oder die zweite Randelektrode **140** eine Ringform (Doughnut-Form) auf, welche das Plasma an der Randleiste und/oder der Rückseite des Wafers **1** fokussiert.

[0039] Bei der in **Fig.** 6 dargestellten beispielhaften Ausführungsform kann eine niedrige Leistung zum Erzeugen eines Plasmas, das ausreicht, dünne Schichten auf dem Wafer **1** zu ätzen, erzeugt werden, da die HF-Leistung durch bzw. über den Wafer **1** zugeführt wird. Ein Beispiel für eine niedrige Leistung sind 500 Watt. Wie vorangehend beschrieben, kann eine herkömmliche HF-Leistung von 2000 Watt Lichtbögen an der Randleiste erzeugen.

[0040] Es ist festzuhalten, daß verschiedene beispielhafte Ausführungsformen der Isolationsplatte, die in **Fig.** 2 und 4 gezeigt sind, und/oder die verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen der Bodenelektrode **20**, die in den **Fig.** 4 und 5 dargestellt sind, ebenso bei der beispielhaften Ausführungsform benutzt werden können, die in **Fig.** 6 dar-

gestellt ist.

[0041] **Fig.** 7 stellt eine Vorrichtung **300** in Übereinstimmung mit einer anderen beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Die dargestellte Vorrichtung **300** enthält eine plattformartige Bodenelektrode **220**, eine Randelektrode **240**, einen Isolator **250** und eine HF-Leistungsversorgung **280**. Wie in **Fig.** 7 dargestellt, hält die plattformartige Bodenelektrode **220** den Wafer **1**. Wie ebenso in **Fig.** 7 dargestellt, ist die Randelektrode **240** eine ringförmige Randelektrode, welche abwechselnd Plasma an der Randleiste und/oder der Rückseite des Wafers **1** erzeugt.

[0042] Es ist festzuhalten, daß verschiedene beispielhafte Ausführungsformen der Isolationsplatte, die in den **Fig.** 2 und 3 dargestellt sind, und die verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen der Bodenelektrode **20**, die in den **Fig.** 4 und 5 dargestellt sind, ebenso in Zusammenhang mit der beispielhaften Ausführungsform verwendet werden können, die in **Fig.** 7 dargestellt ist.

[0043] **Fig.** 8 stellt ein beispielhaftes Verfahren in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung dar. Im Schritt S10 wird der Wafer **1** in eine Kammer geladen. Im Schritt S20 wird der Druck in der Kammer verringert. Beim Schritt S30 wird zumindest ein Ätzgas in die Kammer eingeführt, während der Druck erhöht wird. Bei Schritt S30 wird ebenso die Leistung in die Kammer zugeführt, um den Halbleiterwafer an der Randleiste oder der Rückseite des Halbleiterwafers zu ätzen. Nach Schritt S30 wird die Zufuhr von dem zumindest einem Ätzgas und der Endleistung abgebrochen und beim Schritt S40 ein Abgas der Kammer zugeführt. Bei Schritt S50 wird das Abgas aus der Kammer gereinigt und bei Schritt S60 wird der Wafer aus der Kammer entnommen.

[0044] **Fig.** 9 stellt ein vergrößertes Beispiel für einen Wafer **1** nach einem Ätzverfahren dar, wie etwa dem beispielhaften Verfahren der **Fig.** 8. **Fig.** 10A und 10B stellen den Zellbereich bzw. Randbereich des resultierenden Wafers in Übereinstimmung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Wie in **Fig.** 10A dargestellt, enthält der Wafer **1** ein Siliciumsubstrat **310**, eine Shallow-Trench-Isolationsschicht (STI-Schicht) **320**, eine Isolationsschicht **330**, eine Wolframschicht (W-Schicht) **340**, eine erste/zweite Nitridschicht **350** und eine Oxidschicht **360**. Wie gezeigt, stellt **Fig.** 10A den Zellbereich eines Wafers **1** einschließlich des Siliciumsubstrats **310** mit aktiven Bereichen **311** und passiven Bereichen **312** dar. Der Zellbereich enthält ebenso Gräben, die durch die Shallow-Trench-Isolation (STI) **320** ausgebildet sind. Der Zellbereich enthält ferner eine Polysiliciumschicht **325**.

[0045] Die Isolationsschicht **330** kann bordotiertes Phosphorsilikatglas (BTSG) oder Tetraethylorthosilikat (TEOS) mit einer Dicke von 3000 bis 8000 Å sein. Die Wolframschicht **340** kann unter Verwendung von WF_6-Gas ausgebildet sein und kann eine Dicke von 300 bis 1000 Å aufweisen. Die ersten und zweiten Nitridschichten **330**, **350** können eine Dicke von 1500 bis 3500 Å bzw. 150 bis 750 Å aufweisen und unter Verwendung von SiH_4 + NH_3-Gas ausgebildet werden. Die Oxidschicht **360** kann unter Verwendung von SiH_4 + O_2-Gas ausgebildet werden und zwar bis zu einer Dicke von 1000 bis 5000 Å.

[0046] Es ist festzuhalten, daß die voranstehenden Dicken und Materialien beispielhaft sind und daß ebenso andere Dicken und Materialien, wie sie einem Durchschnittsfachmann bekannt sind, verwendet werden können.

[0047] **Fig.** 11 stellt beispielhafte Prozeßbedingungen dar, welche zum Ätzen eines Wafers in Übereinstimmung mit beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Wie in **Fig.** 11 dargestellt, kann das Vorbereiten einer Kammer zum Ätzen in einem zweistufigen Verfahren erzielt werden. Bei der ersten Stufe wird der Druck erhöht, wobei bei der zweiten Vorbereitungsstufe der Druck weiter erhöht wird und eines oder mehrere Ätzgase zugeführt werden. Während des Ätzschritts wird der Druck und die Zufuhr von dem Ätzgas bzw. den Ätzgasen aufrechterhalten und die HF-Leistung zugeführt. Bei der ersten Vorbereitungsstufe kann der Druck auf 1 Torr erhöht werden. Bei der zweiten Vorbereitungsstufe kann der Druck auf 1,5 Torr erhöht werden und die Ätzgase können Argongas und/oder CF_4-Gas enthalten, das in einem Bereich von beispielsweise 20 bis 200 sccm für Argongas und 100 bis 250 sccm für CF_4-Gas zugeführt wird. Bei einer beispielhaften Ausführungsform wird während des Ätzschrittes die HF-Leistung auf 500 Watt angehoben, der Druck auf 1,5 Torr aufrechterhalten und die Ströme des Ätzgases bzw. der Ätzgase werden zu der der zweiten Vorbereitungsstufe konstant aufrechterhalten.

[0048] Sobald der Wafer **1** geätzt ist, kann die Kammer entlüftet werden, was ebenso in einem zweistufigen Verfahren geschehen kann. Bei der ersten Stufe wird die Leistungszufuhr unterbrochen, der Druck kehrt zu dem Normalzustand zurück, und ein Entlüftungsgas, wie etwa N_2-Gas, wird zugeführt. Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann der Strom des Reinigungsgases **10** bis 200 sccm betragen. Bei dem zweiten Entlüftungsschritt, wird weiterhin Entlüftungsgas zugeführt und ebenso ein Reinigungsgas zugeführt. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist das Reinigungsgas ein Inertgas und wird beispielsweise mit einer Rate von 1200 sccm zugeführt. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist festzuhalten, daß das Gas, wie etwa das Inertgas, nicht durch die Mitteldüse **70**, die in **Fig.** 1 gezeigt ist, wäh-

rend des Randätzverfahrens strömt, da ein solches Gas einen Lichtbogen in den Mittelabschnitt des Wafers **1** verursachen würde.

[0049] Es ist festzuhalten, daß die vorangehenden Leistungen, Gase, Drücke und Strömungsraten beispielhaft sind und das ebenso andere, dem Fachmann bekannte, verwendet werden können. Ebenso ist festzuhalten, daß die vorangehenden Vorbereitungs-, Ätzungs- und Entlüftungsschritte beispielhaft sind und mit mehr oder weniger, dem Fachmann bekannten Schritten, ausgebildet sein können.

[0050] Ebenso ist festzuhalten, daß bei beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung Gase, wie das Inertgas, nicht durch die Mitteldüse **70** während des Randätzverfahrens strömen, da die Gase ansonsten einen Lichtbogen in den Mittelabschnitt des Substrats verursachen würden.

[0051] **Fig.** 12A bis C stellen experimentelle Ergebnisse dar, die die Beziehung zwischen den Ätzraten von verschiedenen Oxiden auf einem Wafer zeigen, welche zeigen, daß lediglich ein Randabschnitt des Wafers geätzt worden ist und ein Mittelabschnitt des Wafers nicht geätzt worden ist. Die Bedingungen, unter welchen die Ergebnisse der **Fig.** 12A bis C erzielt worden sind, enthalten eine HF-Leistung von 500 Watt, einen Druck von 1,5 Torr, ein Prozeßgas aus Argongas und CF_4-Gas, wobei das Argongas mit 70 sccm zugeführt worden ist, und das CF_4-Gas mit 150 sccm zugeführt worden ist, sowie einen Spalt von 1,5 mm. **Fig.** 12A bis C stellen dar, daß verschiedene Materialschichten bei gleichen oder ähnlichen Prozeßbedingungen gleiche oder ähnliche Ätzraten aufweisen. Folglich können unterschiedliche Materialschichten in einem Verarbeitungsschritt ohne einem Verändern oder im Wesentlichen Verändern der Prozeßbedingungen entfernt werden. Dies ist ein Vorteil gegenüber dem herkömmlichen Naßätzverfahren, die Chemikalien verwenden, wobei zum Entfernen von unterschiedlichen Materialschichten unterschiedliche Chemikalien verwendet werden.

[0052] **Fig.** 13 stellt einen Graph eines Spalts **44** zwischen der Isolierplatte und der oberen Elektrode (der X-Achse) gegenüber der Länge von einer Mitte eines Wafers zu einem Endpunkt des Wafers (der Y-Achse) bei beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar. Wie in **Fig.** 13 gezeigt, ergibt L + A den Radius des Wafers **1**. Beispielsweise zeigt der erste Punkt in **Fig.** 13, daß ein Ätzabschnitt A von 2,4 mm unter Verwendung eines 200 mm-Durchmesser-Wafers (100 mm Waferradius) und einem Spalt **44** von 1,0 mm erzeugt worden ist. Wie aus **Fig.** 13 ersichtlich, verringert sich L mit zunehmendem Spalt **44** (und entsprechend erhöht sich A).

[0053] **Fig.** 14 ist ein Plot, bei dem die Länge des Halbleitersubstrats (die X-Achse) gegenüber der Ätzrate (die Y-Achse) für eine Reihe von unterschiedlichen Werten von H dargestellt ist (wie gezeigt zwischen 0,3 und 10,0). Wie gezeigt, gibt es eine positive Korrelation zwischen dem Abstand H zwischen der Isolationsplatte **40** und dem Wafer **1** und dem Spalt **44** zwischen der Klippe **45** der Isolationsplatte **40** und der oberen Elektrode **10**. Bei dem beispielhaften Graph der **Fig.** 14 ist ein Spalt von 1,6 mm verwendet worden und die zu ätzende Schicht war ein Oxid.

[0054] **Fig.** 14 stellt die Daten für zahlreiche unterschiedliche Werte von H dar, von denen einige eine bessere Performance zeigen (beispielsweise 0,3; 0,4; 0,5; 0,7 und 1,0 mm), obwohl die Abstände von H von 0,3 mm bis 10,0 mm ebenso praktikabel in Übereinstimmung mit anderen beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind.

[0055] **Fig.** 15 stellt eine Querschnittsansicht einer Plasmaverarbeitungsvorrichtung zum Verarbeiten des Randes eines Wafers in Übereinstimmung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Wie gezeigt, kann die Plasmaverarbeitungsvorrichtung eine Kammer **70**, eine Kammerwand **71**, ein elastisches Teil **71a**, einen Wafereinlaß/auslaß **72**, einen Reinigungsgaseinlaß, eine obere Elektrode **10**, eine Halterung **74a** für die obere Elektrode **10**, einen Schaft **74b**, eine Prozeßgasquelle **75**, eine Prozeßgasleitung **75a**, eine Inertgasquelle **76**, eine Inertgasleitung **76b**, eine Platte **77** für die obere Elektrode **10**, welche sich nach oben und unten bewegen kann, eine Halterung **77a** für die Platte **77** der oberen Elektrode **10**, einen Treiber **78** für die Platte **77** der oberen Elektrode **10**, eine Isolationsplatte **40**, eine Zusatzisolationsplatte **40a**, einen Zusatzgasauslaß **79c**, einen Wafer **1**, eine plattformartige Bodenelektrode **20**, einen ersten Isolator **84**, einen zweiten Isolator **85**, eine Randelektrode **30**, einen Hebestift **88** (zum Aufnehmen und Laden des Wafers **1** auf der plattformartigen Bodenelektrode **20**), eine Prallplatte **90** (um das Prozeßgas oder Inertgas gleichförmig abzuführen), einen Sensor **91**, eine Kühlmittelleitung **92**, eine Kühlmittelquelle **94**, eine HF-Leistungsquelle **96**, eine Hebestiftplatte **97**, einen Treiber **98** für die Hebestiftplatte **97** und eine Abgaspumpe **99** enthalten.

[0056] Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann die Verarbeitungseinrichtung eine oder mehrere Kammern enthalten. Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann die Vorrichtung eine oder mehrere Vorbereitungsstationen, eine oder mehrere Prozeßkammern und eine oder mehrere Reinigungskammern und zumindest eine Transferkammer enthalten. Auf diese Weise kann ein Wafer geladen werden, während ein anderer Wafer transferiert wird und ein wiederum anderer Wafer verarbeitet wird.

[0057] Wie vorangehend dargestellt, wird bei beispielhaften Ausführungsformen Leistung, wie etwa eine HF-Leistung, durch bzw. über den Wafer zugeführt und erzeugt eine ausreichende Leistung, um das Plasma zum Ätzen der dünnen Schichten herzustellen. Es ist festzuhalten, daß die Leistung durch eine andere Schicht anstelle oder zusätzlich zu dem Wafer zugeführt werden kann, wie dem Fachmann bekannt ist. Es ist ferner festzuhalten, daß die Leistung geringer sein kann als die herkömmliche Leistung von 2000 Watt, beispielsweise 500 Watt, wie im Zusammenhang mit einer oder mehreren beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0058] Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann die obere Elektrode **10** eine Massivplattenelektrode (solid plate electrode) sein.

[0059] Bei beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird der Spalt zum Steuern der Größe und der geätzten Fläche des Halbleiterwafers verwendet. Bei anderen beispielhaften Ausführungsformen können zusätzliche dazwischen schiebbare bzw. austauschbare Isolationsplatten verwendet werden, die jeweils benachbart zu der festen bzw. massiven oberen Elektrode anordenbar sind und die jeweils eine unterschiedliche Spaltgröße dazwischen aufweisen. Bei beispielhaften Ausführungsformen beträgt der Spalt zwischen dem Halbleiterwafer und der Isolationsplatte zwischen 0,2 und ungefähr 1,0 mm.

[0060] Bei einer beispielhaften Ausführungsform werden O_2 und SF_6 als Ätzgase verwendet, entweder allein oder in Kombination mit Argongas und/oder CF_4-Gas. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ätzt das Ätzgas alle gewünschten Schichten auf dem Halbleiterwafer.

[0061] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist die Isolationsplatte aus einem isolierenden Material wie etwa Keramik und/oder Quarz hergestellt.

[0062] Bei der so beschriebenen Erfindung ist es offensichtlich, daß diese auf zahlreiche Arten abgewandelt werden kann. Derartige Abwandlungen weichen dabei aber nicht von dem gedanklichen Grundkonzept und dem Umfang der Erfindung ab und alle derartigen Modifikationen, die dem Fachmann offensichtlich sind, sind als innerhalb des Umfangs der folgenden Ansprüche liegend aufzufassen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Ätzen eines Randes eines Halbleiterwafers, aufweisend:
eine Bodenelektrode, die unterhalb des Halbleiterwafers angeordnet ist und als eine Plattform zum Tragen des Wafers dient.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner aufweisend:
eine obere Massivplattenelektrode, die über dem Halbleiterwafer angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner aufweisend:
eine obere ringförmige Elektrode, die über dem Halbleiterwafer angeordnet ist

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, ferner aufweisend:
eine untere Randelektrode, die unterhalb des Halbleiterwafers angeordnet ist, wobei die obere Massivelektrode und die untere Randelektrode abwechselnd Plasma an dem Rand und einer Rückseite des Halbleiterwafers erzeugen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 2, ferner aufweisend:
eine untere Randelektrode, die unterhalb des Halbleiterwafers angeordnet ist, wobei die obere ringförmige Elektrode und die untere Randelektrode abwechselnd Plasma an dem Rand und einer Rückseite des Halbleiterwafers erzeugen.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei jede der Bodenelektrode, der oberen Massivelektrode und der unteren Randelektrode eine Kathode oder eine Anode ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 2, ferner aufweisend:
eine Isolationsplatte, die benachbart zu der oberen Massivelektrode mit einem Spalt dazwischen angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 3, ferner aufweisend:
eine Isolationsplatte, die benachbart zu der oberen ringförmigen Elektrode mit einem Spalt dazwischen angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 4, ferner aufweisend:
einen Isolator, der zwischen der Bodenelektrode und der unteren Randelektrode angeordnet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei ein Abstand zwischen der Isolationsplatte und dem Halbleiterwafer klein genug ist, um im Wesentlichen zu verhindern, daß das Plasma in einem Mittelbereich des Halbleiterwafers ausgebildet wird.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei ein Abstand zwischen der Isolationsplatte und dem Halbleiterwafer klein genug ist, um im Wesentlichen zu verhindern, daß das Plasma in einen Mittelbereich des Halbleiterwafers ausgebildet wird.

12. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Isolationsplatte einen Vorsprung enthält.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei der Vorsprung eine geneigte Oberfläche und eine Klippenoberfläche enthält, wobei die Klippenoberfläche einen Spalt mit der oberen Massivelektrode ausbildet.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei der Vorsprung im Wesentlichen verhindert, daß das Ätzgas zu einem Mittelbereich des Halbleiterwafers strömt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Spalt die Größe einer geätzten Fläche des Halbleiterwafers steuert.

16. Vorrichtung nach Anspruch 7, ferner aufweisend:
zusätzliche austauschbare Isolationsplatten, die jeweils benachbart zu der oberen Massivelektrode anordenbar sind und jeweils eine unterschiedliche Spaltgröße dazwischen aufweisen.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Bodenelektrode eine Vielzahl von offenen Nuten enthält.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei die Vielzahl der offenen Nuten gerade oder gekrümmt sind.

19. Vorrichtung nach Anspruch 4, ferner aufweisend:
eine obere Randelektrode, die oberhalb des Halbleiterwafers angeordnet ist, wobei die obere Massivelektrode, die untere Randelektrode und die obere Randelektrode abwechselnd Plasma an dem Rand und der Rückseite des Halbleiterwafers erzeugen.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei jede der Bodenelektrode, der oberen Randelektrode, der oberen Massivelektrode und der unteren Randelektrode eine Kathode oder eine Anode ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19, ferner aufweisend:
eine Isolationsplatte, die benachbart zu der oberen Massivelektrode mit einem dazwischenliegenden Spalt angeordnet ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, wobei ein Abstand zwischen der Isolationsplatte und dem Halbleiterwafer klein genug ist, um im wesentlichen zu verhindern, daß das Plasma in einem Mittelbereich des Halbleiterwafers ausgebildet wird.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21, wobei die Isolationsplatte einen Vorsprung enthält.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, wobei der Vorsprung eine geneigte Oberfläche und eine Klippenoberfläche enthält, wobei die Klippenoberfläche einen Spalt mit der oberen Randelektrode ausbildet.

25. Vorrichtung nach Anspruch 23, wobei der Vorsprung im wesentlichen verhindert, daß ein Ätzgas zu einem Mittelbereich des Halbleiterswafers strömt.

26. Vorrichtung nach Anspruch 24, wobei der Spalt die Größe der geätzten Fläche auf dem Halbleiterwafer steuert.

27. Vorrichtung nach Anspruch 21, ferner aufweisend:
zusätzliche austauschbare Isolationsplatten, die jeweils benachbart zu der oberen Massivelektrode anordenbar sind und jeweils eine unterschiedliche Spaltgröße dazwischen aufweisen.

28. Vorrichtung nach Anspruch 19, wobei die Bodenelektrode eine Vielzahl von offenen Nuten enthält.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, wobei die Vielzahl von offenen Nuten gerade oder gekrümmt ist.

30. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner aufweisend:
eine Randleistenelektrode zum abwechselnden Erzeugen von Plasma an dem Rand und der Rückseite des Halbleiterwafers.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, ferner aufweisend:
eine Isolationsplatte, die benachbart zu der oberen Massivelektrode mit einem Spalt dazwischen angeordnet ist.

32. Vorrichtung nach Anspruch 31, wobei ein Abstand zwischen der Isolationsplatte und dem Halbleiterwafer klein genug ist, um im wesentlichen zu verhindern, daß Plasma in einem Mittelbereich des Halbleiterwafers ausgebildet wird.

33. Vorrichtung nach Anspruch 32, wobei die Isolationsplatte einen Vorsprung enthält.

34. Vorrichtung nach Anspruch 33, wobei der Vorsprung eine geneigte Oberfläche und eine Klippenoberfläche enthält, wobei die Klippenoberfläche einen Spalt mit der Randleistenelektrode ausbildet.

35. Vorrichtung nach Anspruch 33, wobei der Vorsprung im wesentlichen verhindert, daß das Gas zu einem Mittelbereich des Halbleiterwafers strömt.

36. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei der Spalt

die Größe einer geätzten Fläche auf dem Halbleiterwafer steuert.

37. Vorrichtung nach Anspruch 31, ferner aufweisend:
zusätzliche austauschbare Isolationsplatten, die jeweils benachbart zu der oberen Massivelektrode anordenbar sind und jeweils eine unterschiedliche Spaltgröße dazwischen aufweisen.

38. Vorrichtung nach Anspruch 30, wobei die Bodenelektrode eine Vielzahl von offenen Nuten enthält.

39. Vorrichtung nach Anspruch 38, wobei die Vielzahl von offenen Nuten gerade oder gekrümmt ist.

40. Verfahren zum Ätzen eines Halbleiterwafers, aufweisend:
Einbringen eines Halbleiterwafers in eine Kammer;
Erhöhen eines Drucks in der Kammer;
Zuführen von zumindest einem Ätzgas zu der Kammer, während der Druck weiter erhöht wird;
Zuführen von Leistung zu der Kammer und Ätzen des Halbleiterwafers an der Randleiste oder der Rückseite des Halbleiterwafers;
Unterbrechung der Leistungszufuhr und der Ätzgaszufuhr;
Entlüften der Kammer mit einem Entlüftungsgas; und
Reinigen des Entlüftungsgases aus der Kammer.

41. Verfahren zum Ätzen eines Halbleiterwafers, aufweisend:
Anordnen einer Bodenelektrode unterhalb des Halbleiterwafers, die als eine Plattform zum Tragen des Halbleiterwafers dient;
Ätzen des Halbleiterwafers an der Randleiste oder der Rückseite des Halbleiterwafers; und
Aufrechterhalten eines Spalts zwischen dem Halbleiterwafer und einer Isolationsplatte von ungefähr 0,2 bis ungefähr 1,0 mm.

42. Verfahren zum Ätzen eines Halbleiterwafers, aufweisend:
Anordnen einer Isolationsplatte, einschließlich eines Vorsprungs, oberhalb des Halbleiterwafers;
Ätzen des Halbleiterwafers an der Randleiste oder der Rückseite des Halbleiterwafers; und
Aufrechterhalten eines Spaltes zwischen dem Halbleiterwafer und der Isolationsplatte von ungefähr 0,2 bis ungefähr 1,0 mm.

43. Verfahren zum Ätzen eines Halbleiterwafers, aufweisend:
Anordnen einer Bodenelektrode unterhalb des Halbleiterwafers, wobei die Bodenelektrode eine Vielzahl von offenen Nuten enthält; und
Ätzen des Halbleiterwafers an der Randleiste oder der Rückseite des Halbleiterwafers.

44. Isolationsplatte, aufweisend:
einen Körper, der aus einem Isolationsmaterial hergestellt ist; und
einen Vorsprung, der eine geneigte Oberfläche und eine Klippenoberfläche enthält.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

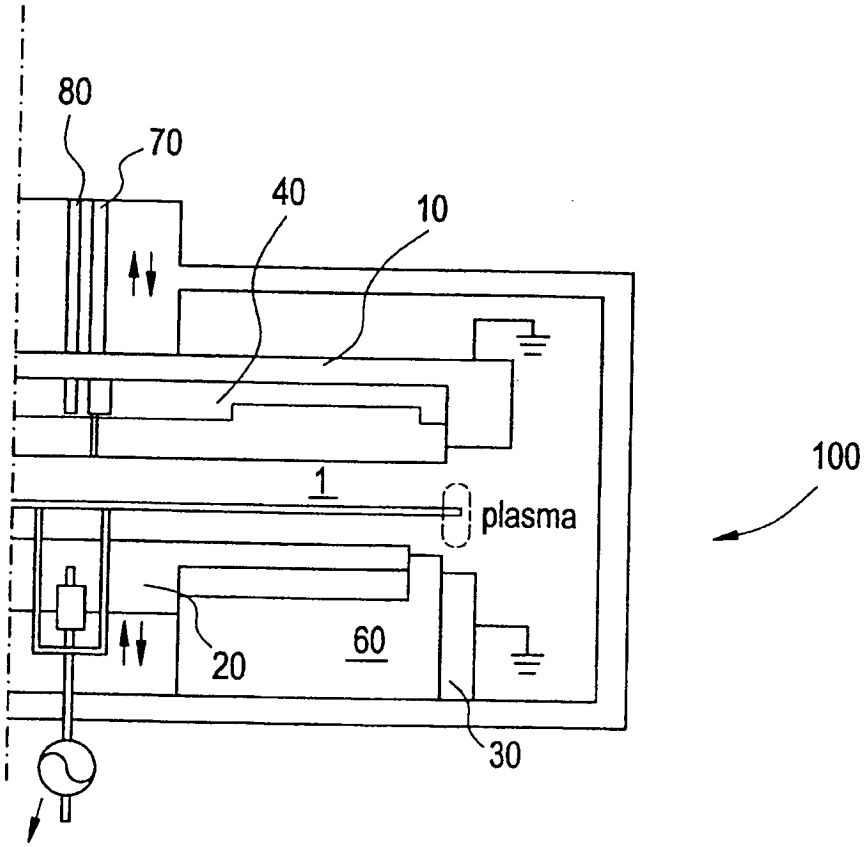


FIG. 2

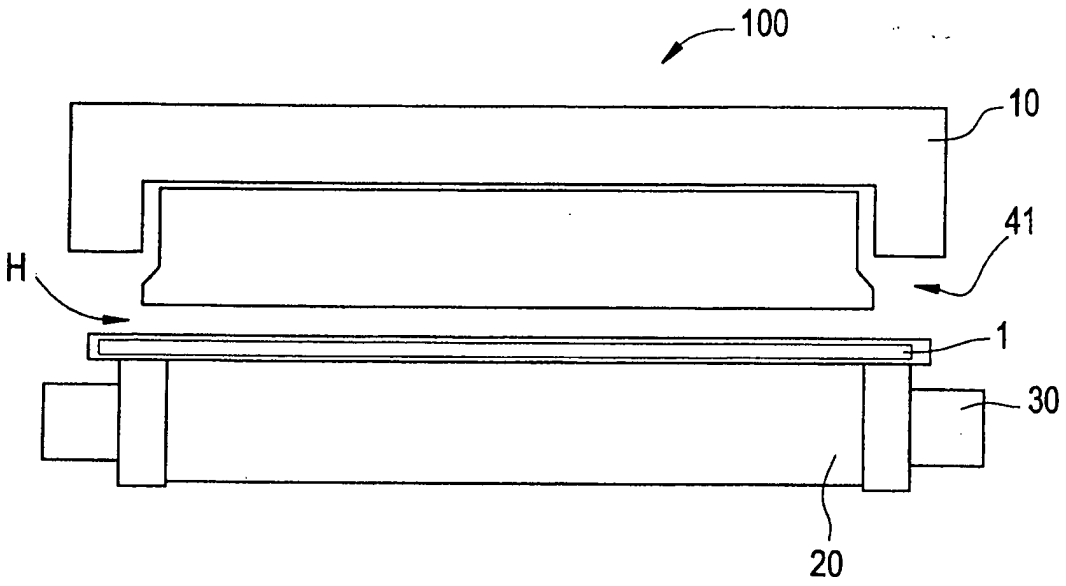


FIG. 3

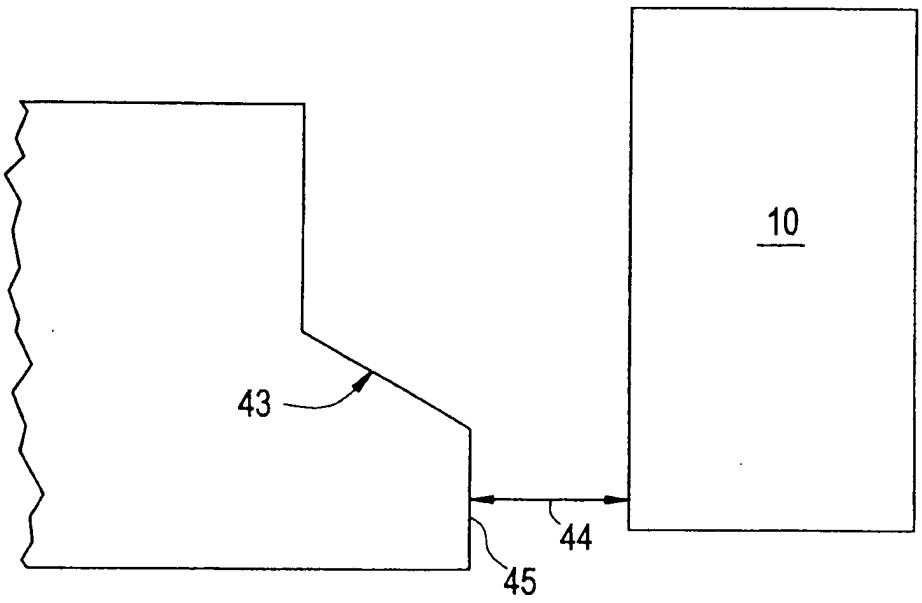


FIG. 4A

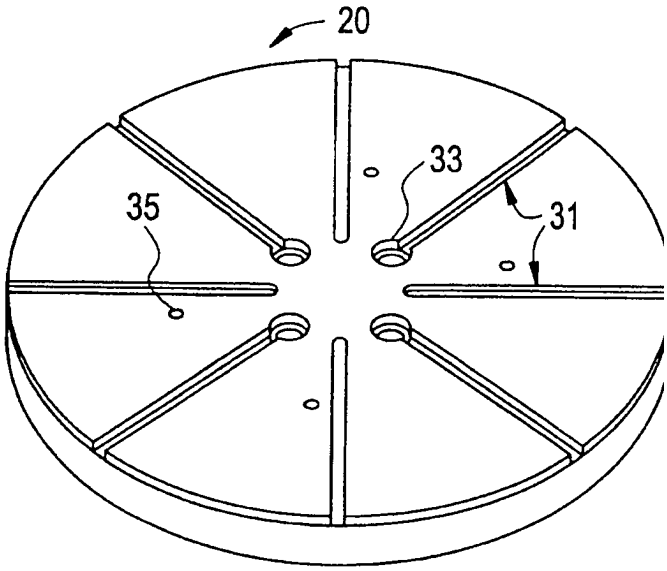


FIG. 5

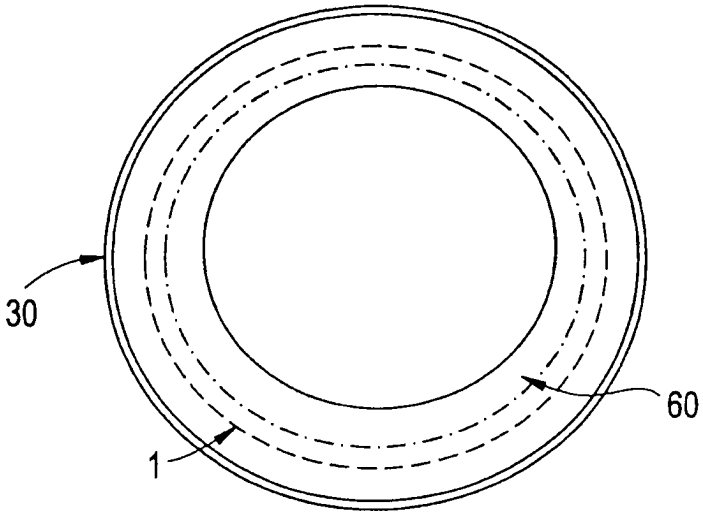


FIG. 4B

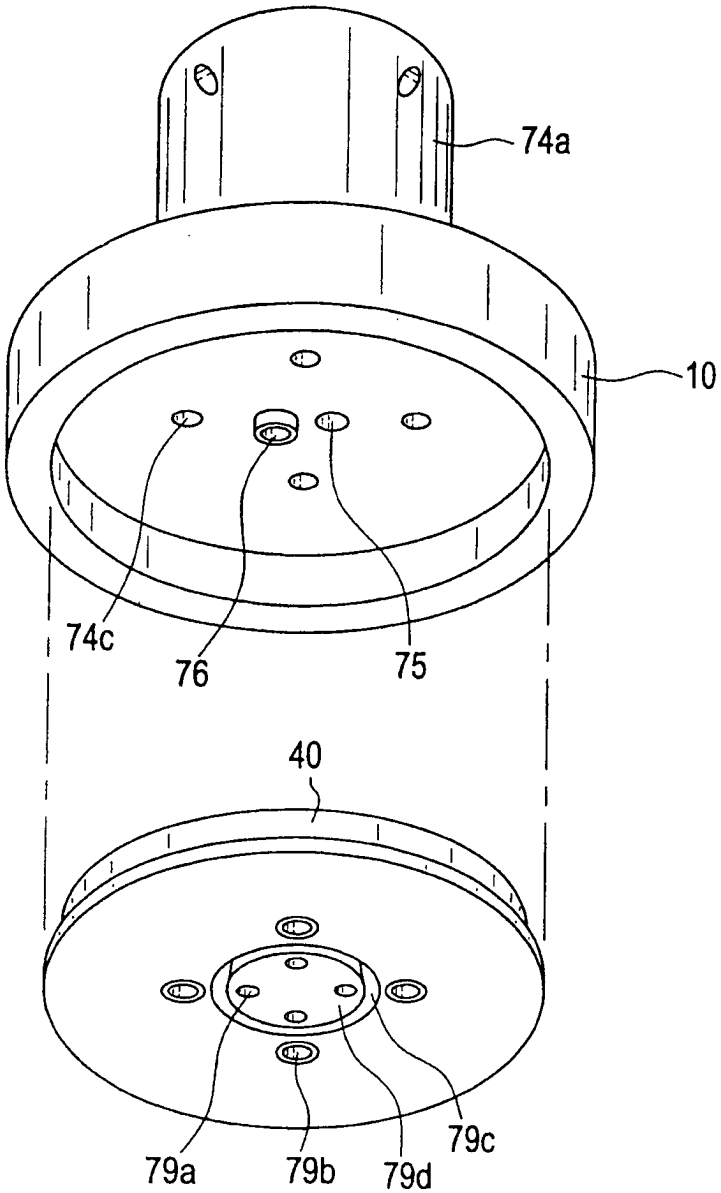


FIG. 4C

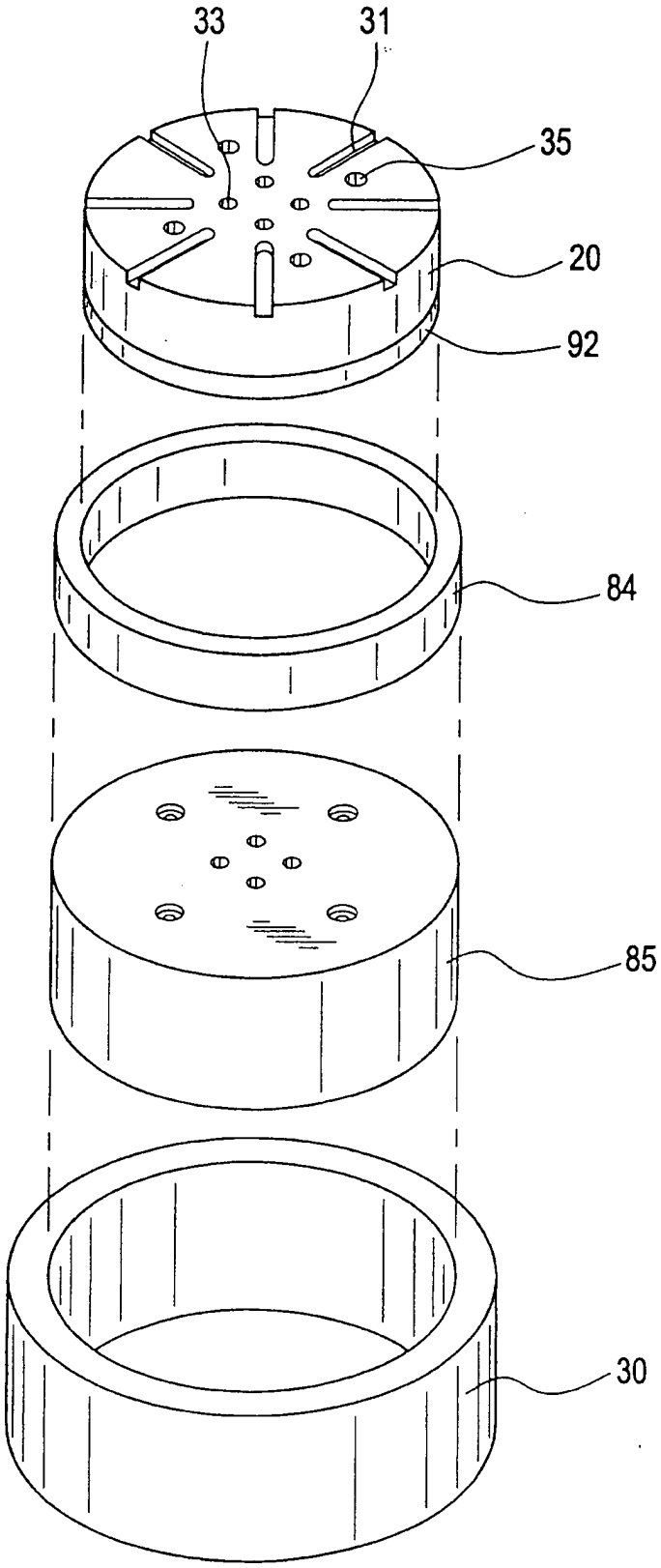


FIG. 6

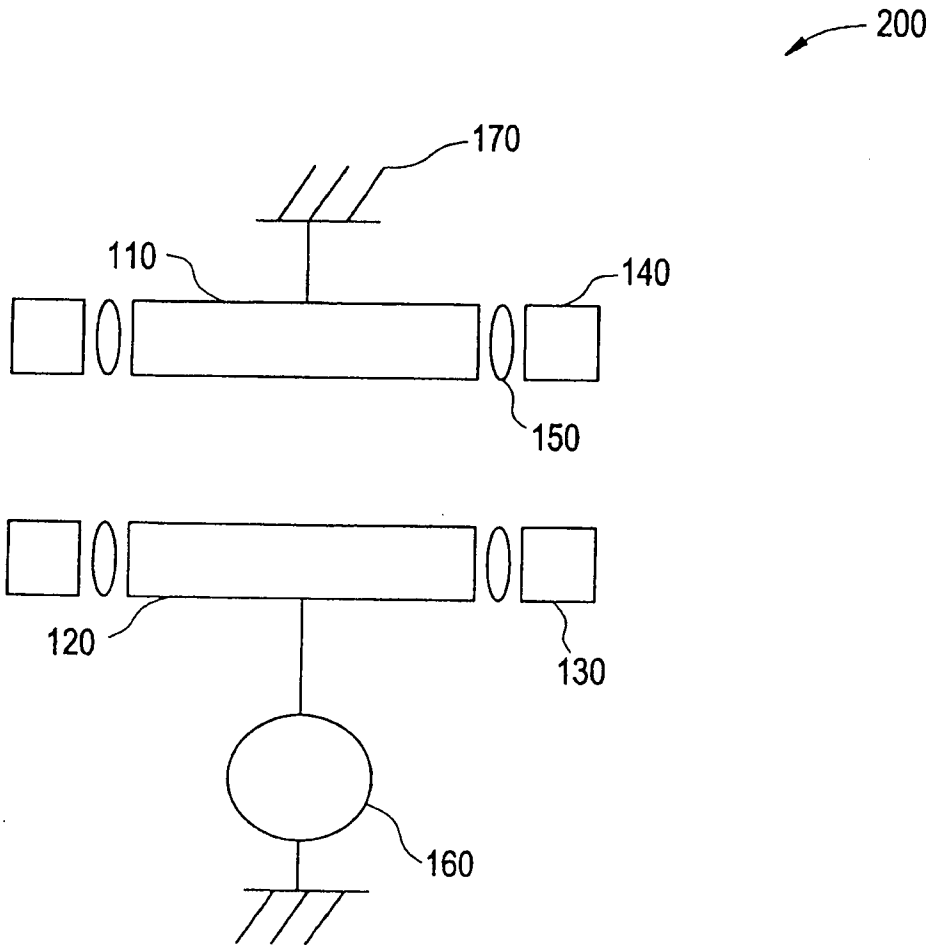


FIG. 7

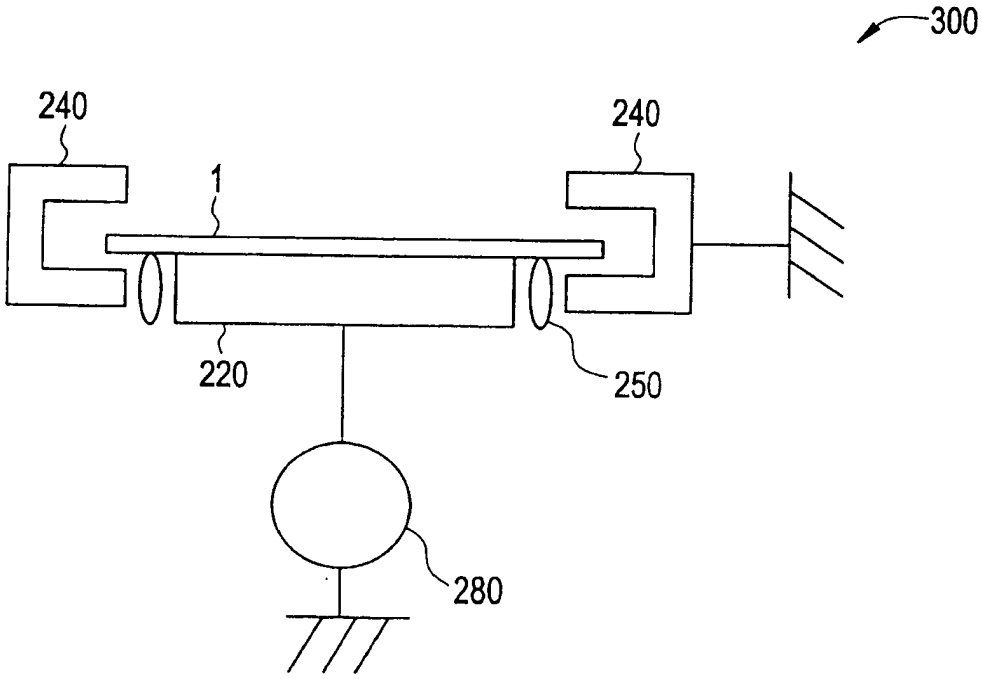


FIG. 8

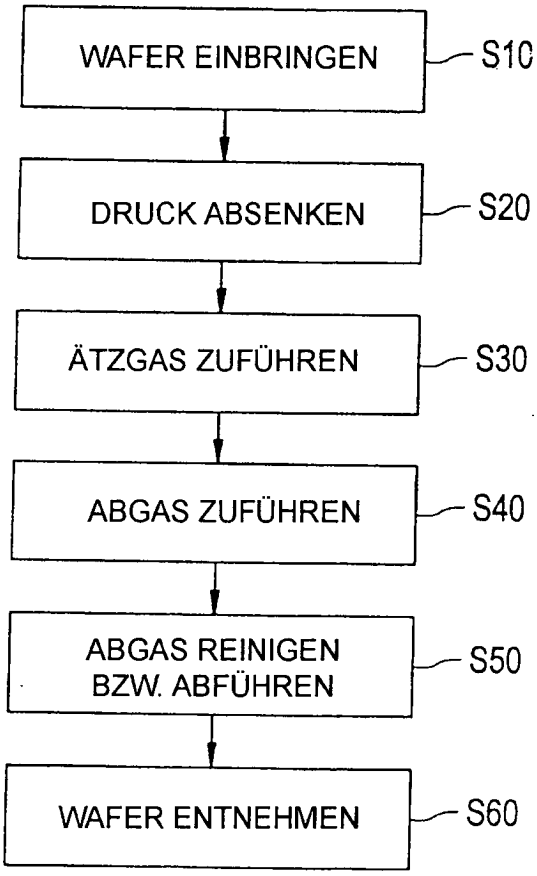

WAFER EINBRINGEN
S10
DRUCK ABSENKEN
S20
ÄTZGAS ZUFÜHREN
S30
ABGAS ZUFÜHREN
S40
ABGAS REINIGEN
BZW. ABFÜHREN
S50
WAFER ENTNEHMEN
S60

FIG. 10A

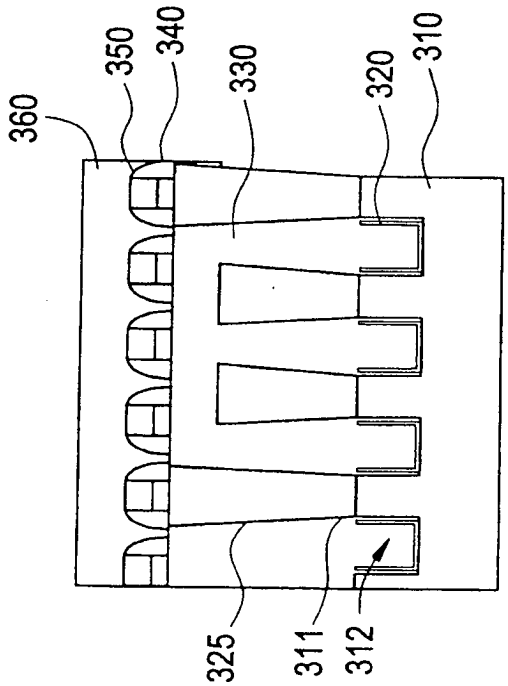


FIG. 10B

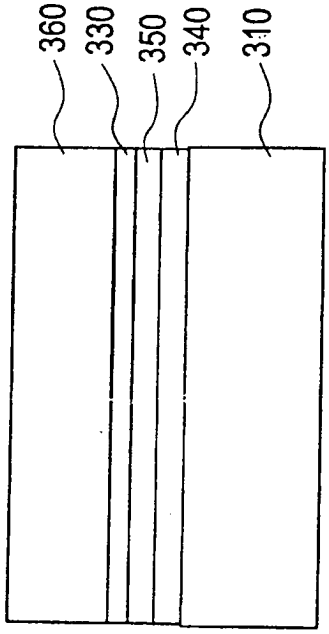


FIG. 9

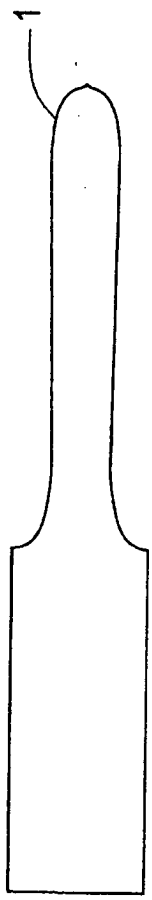


FIG. 11

	VORB. 1	VORB. 2	ÄTZEN	ENT-LÜFTEN 1	ENT-LÜFTEN 2
HF-LEISTUNG (WATT)	0	0	500	0	0
DRUCK (TORR)	1	1.5	1.5	0	0
N_2-GAS (sccm)	0	0	0	10~200	10~200
O_2-GAS (sccm)	0	0	0	0	0
Ar-GAS (sccm)	0	20~200	20~200	0	0
CF_4-GAS (sccm)	0	100~250	10~250	0	0
REINIGUNGS-GAS (sccm)	0	0	0	0	1200

FIG. 12A

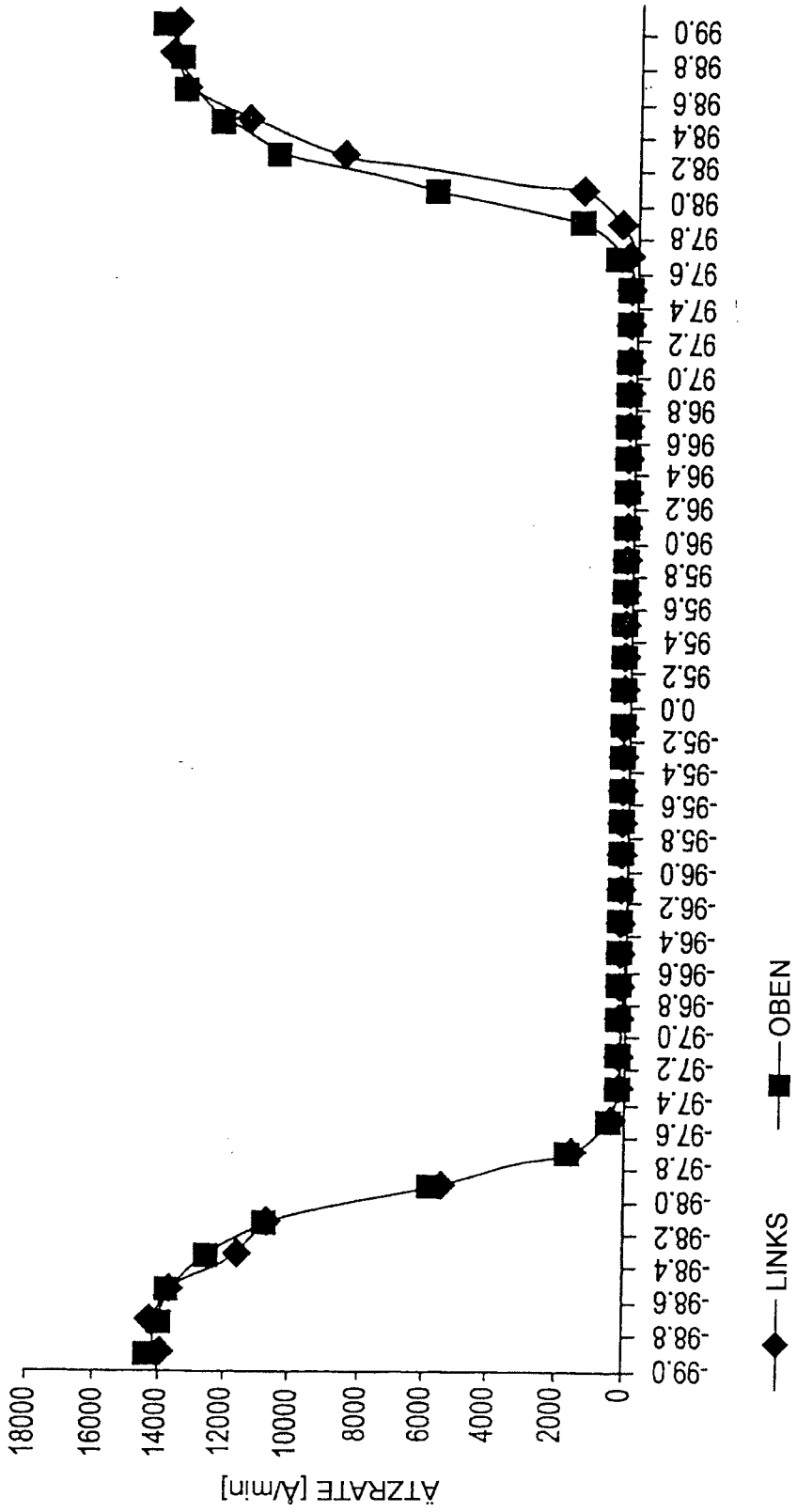

ÄTZRATE [Å/min]
18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
99.0
98.8
98.6
98.4
98.2
98.0
97.8
97.6
97.4
97.2
97.0
96.8
96.6
96.4
96.2
96.0
95.8
95.6
95.4
95.2
0.0
-95.2
-95.4
-95.6
-95.8
-96.0
-96.2
-96.4
-96.6
-96.8
-97.0
-97.2
-97.4
-97.6
-97.8
-98.0
-98.2
-98.4
-98.6
-98.8
-99.0
LINKS
OBEN

FIG. 12B

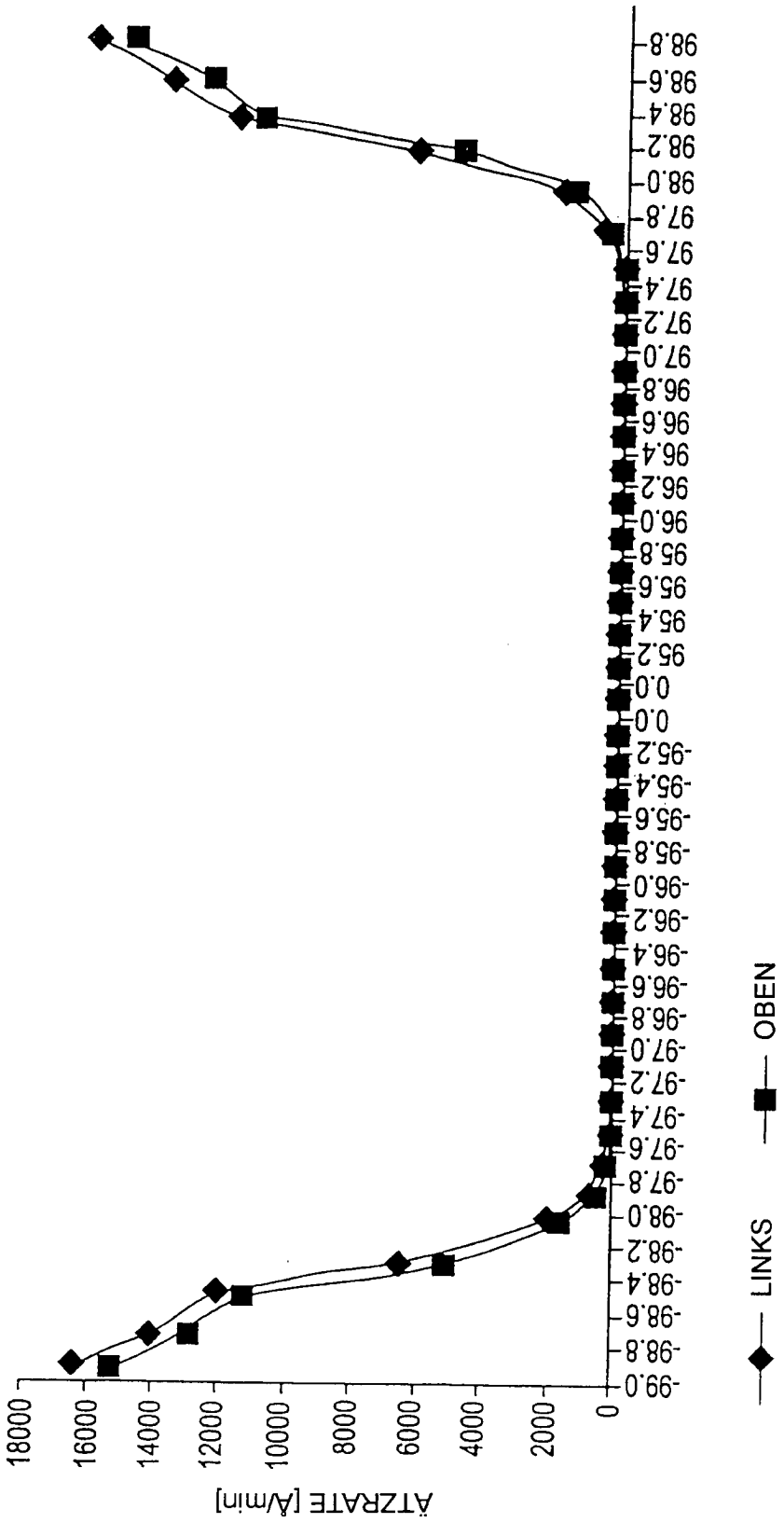

ÄTZRATE [Å/min]
18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
-99.0
-98.8
-98.6
-98.4
-98.2
-98.0
-97.8
-97.6
-97.4
-97.2
-97.0
-96.8
-96.6
-96.4
-96.2
-96.0
-95.8
-95.6
-95.4
-95.2
0.0
0.0
95.2
95.4
95.6
95.8
96.0
96.2
96.4
96.6
96.8
97.0
97.2
97.4
97.6
97.8
98.0
98.2
98.4
98.6
98.8
LINKS
OBEN

FIG. 12C

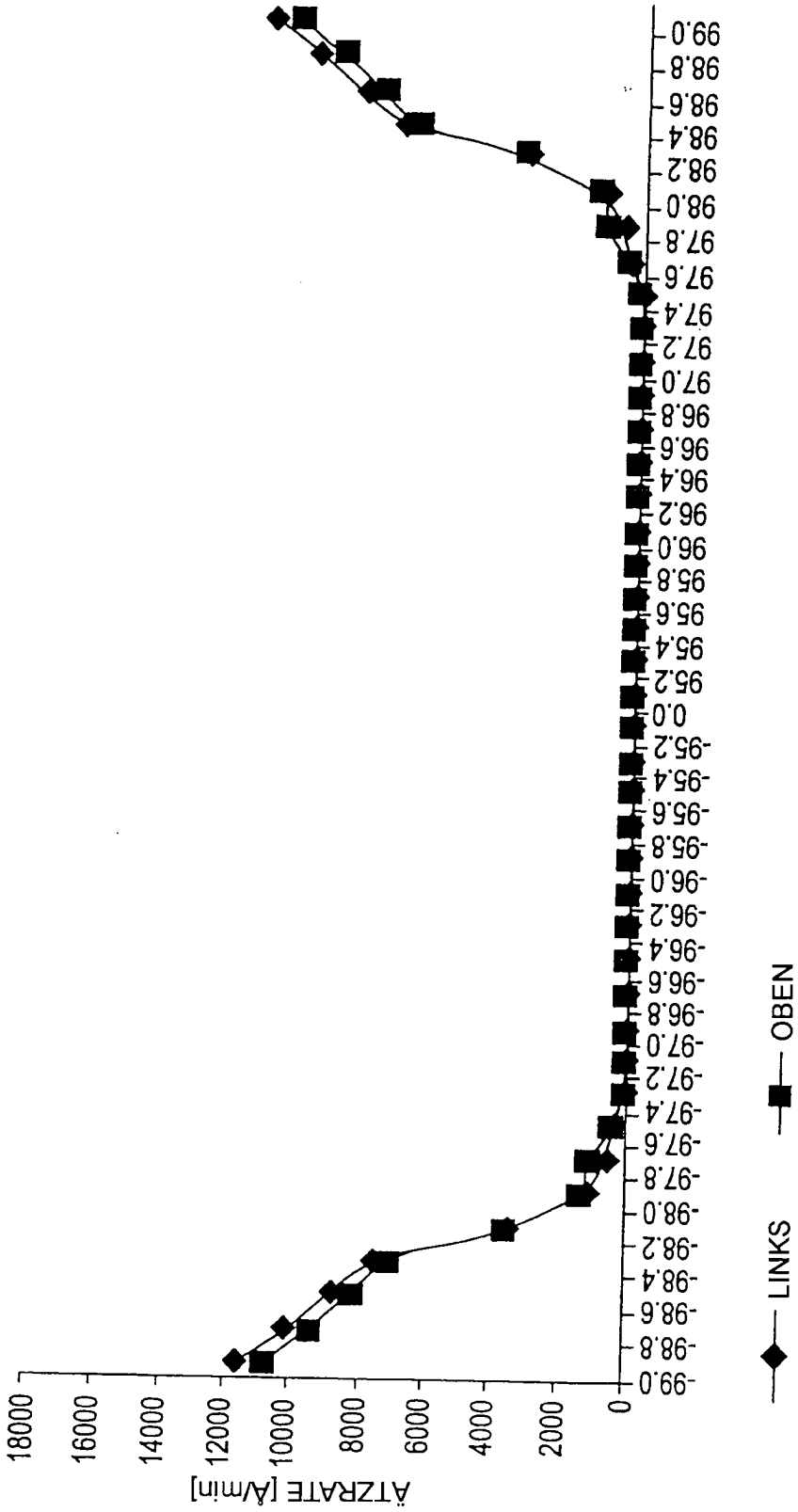

ÄTZRATE [Å/min]
18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
99.0
98.8
98.6
98.4
98.2
98.0
97.8
97.6
97.4
97.2
97.0
96.8
96.6
96.4
96.2
96.0
95.8
95.6
95.4
95.2
0.0
-95.2
-95.4
-95.6
-95.8
-96.0
-96.2
-96.4
-96.6
-96.8
-97.0
-97.2
-97.4
-97.6
-97.8
-98.0
-98.2
-98.4
-98.6
-98.8
-99.0
LINKS
OBEN

FIG. 13

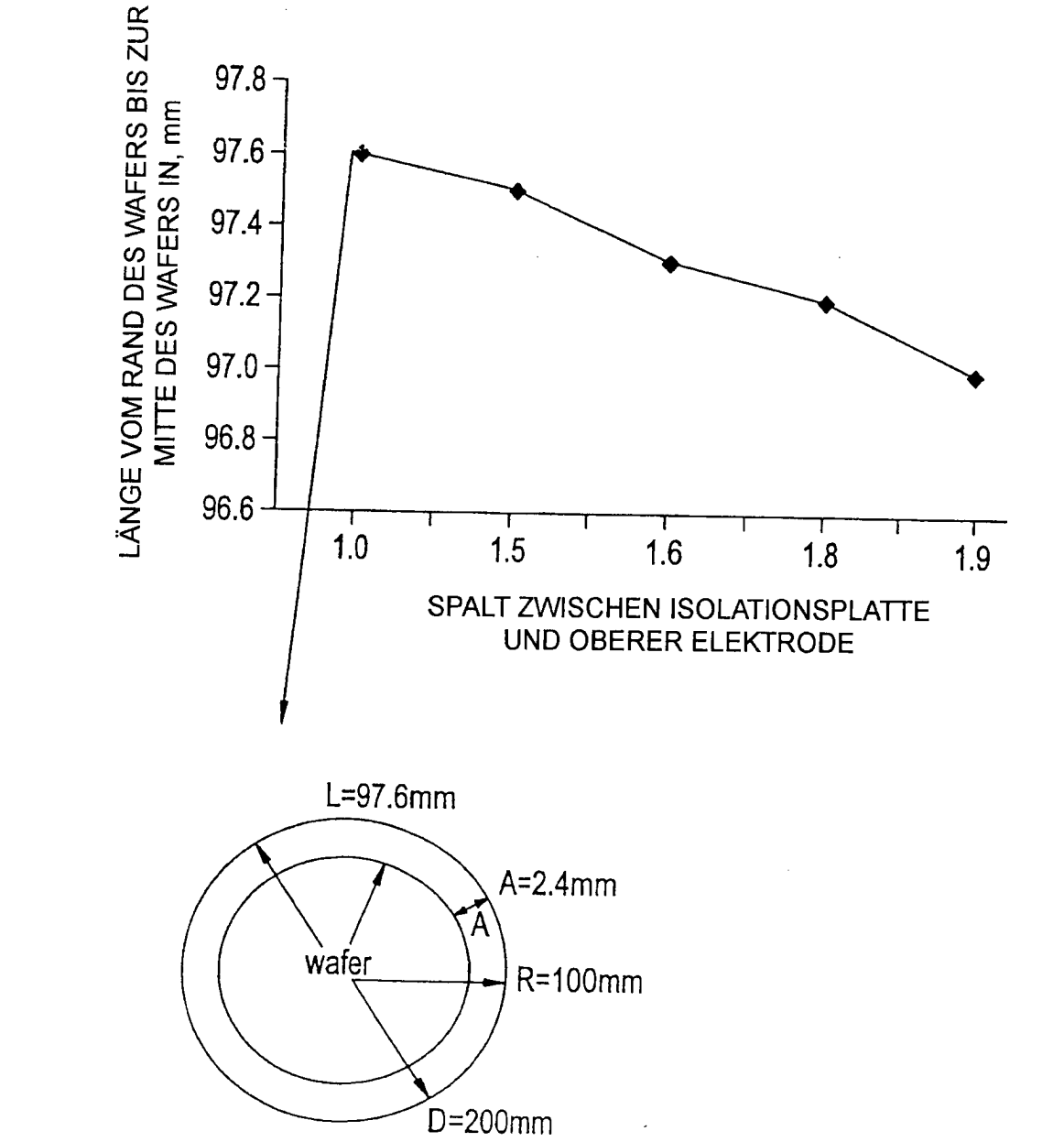

LÄNGE VOM RAND DES WAFERS BIS ZUR MITTE DES WAFERS IN, mm
97.8
97.6
97.4
97.2
97.0
96.8
96.6
1.0
1.5
1.6
1.8
1.9
SPALT ZWISCHEN ISOLATIONSPLATTE UND OBERER ELEKTRODE
L=97.6mm
A=2.4mm
A
wafer
R=100mm
D=200mm

FIG. 14

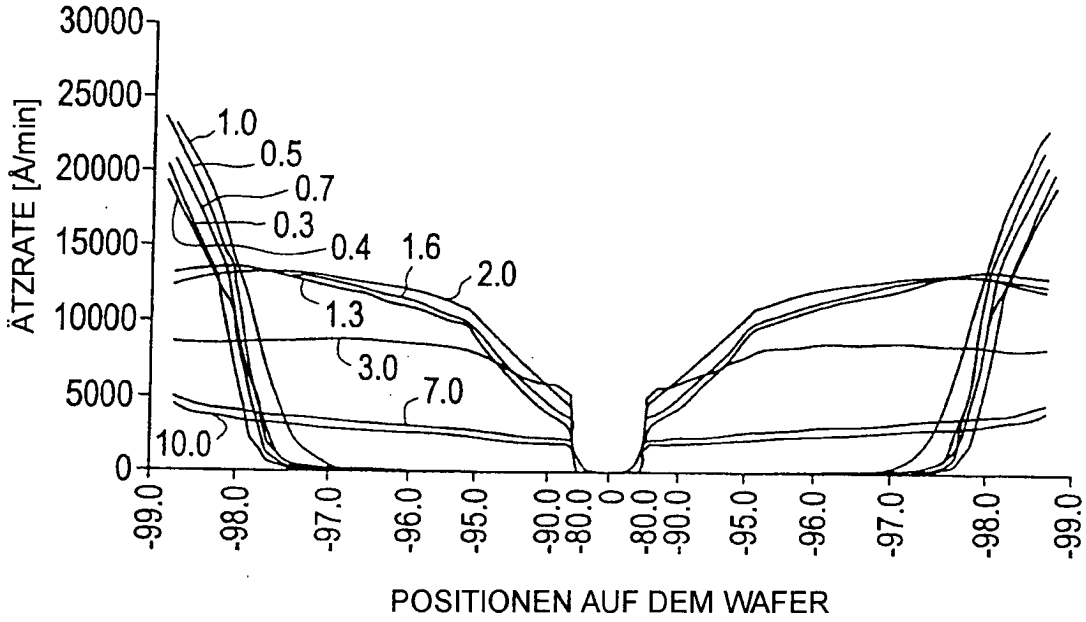
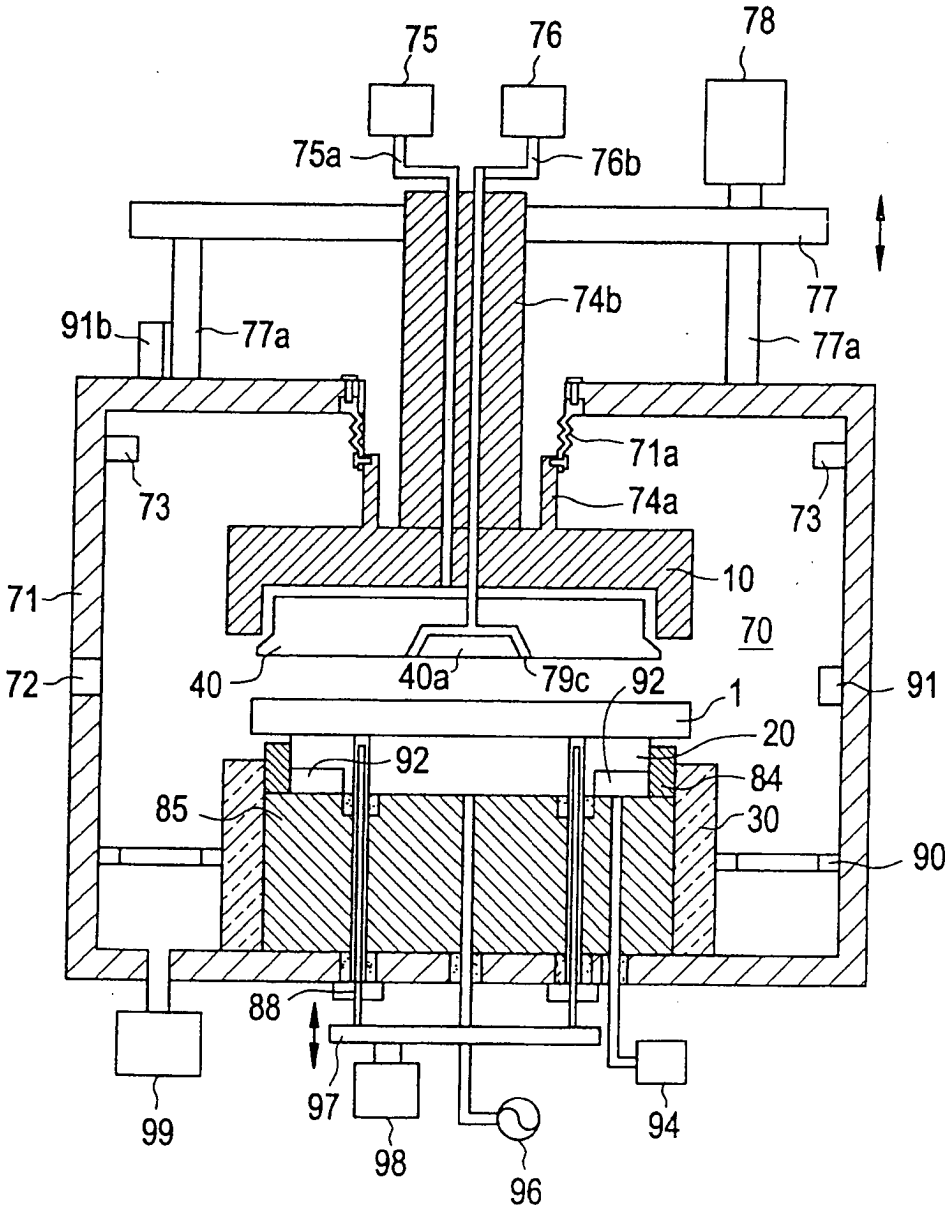

30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
ÄTZRATE [Å/min]
1.0
0.5
0.7
0.3
0.4
1.6
2.0
1.3
3.0
7.0
10.0
-99.0
-98.0
-97.0
-96.0
-95.0
-90.0
-80.0
0
-80.0
-90.0
-95.0
-96.0
-97.0
-98.0
-99.0
POSITIONEN AUF DEM WAFER

FIG. 15


75
76
78
75a
76b
74b
77
91b
77a
77a
71a
73
74a
73
10
71
70
72
40
40a
79c
92
1
91
20
92
84
85
30
90
88
99
97
98
96
94