



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 36 977 T2** 2007.09.13

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 902 967 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 36 977.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/09027**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 927 791.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1997/047028**

(86) PCT-Anmeldetag: **02.06.1997**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **11.12.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.03.1999**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **22.11.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.09.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/00** (2006.01)
H01J 37/20 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
658262 05.06.1996 US

(73) Patentinhaber:
Lam Research Corp., Fremont, Calif., US

(74) Vertreter:
Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB, IT

(72) Erfinder:
BENJAMIN, Neil, East Palo Alto, CA 94303, US;
HYLBERT, Jon, Los Gatos, CA 95032, US;
MANGANO, Stefano, Menlo Park, CA 94025, US

(54) Bezeichnung: **VAKUUMKAMMER MIT HOHEM DURCHFLUSS UND MODULAREN AUSSTATTUNGSELEMENTEN
WIE PLASMAERZEUGUNGSQUELLE, VAKUUMPUMPE UND/ODER FREITRAGENDEM WERKSTÜCKTRÄGER**

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 Erfindung betrifft ein Gerät für die Prozessierung von Substraten, beispielsweise Halbleiterwafern. Das Gerät umfasst ein Universalgehäuse, das zur Herstellung einer Verbindung zu Gerätemodulen, wie einer Plasmaquelle, einer Vakuumpumpenanordnung und/oder einem einen Ausleger umfassenden Substrathalter, angepasst wurde.

Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Vakuumprozesskammern werden im Allgemeinen für das Ätzen und die chemische Gasphasenabscheidung (chemical vapor deposition – CVD) von Materialien auf Substrate verwendet, indem Gas für das Ätzen oder die Abscheidung der Vakuumkammer zugeführt wird und ein HF-Feld an das Gas angelegt wird, um das Gas in den Plasmazustand anzuregen. Beispiele für Parallelplattenreaktoren mit Transformatorkopplung (transformer coupled plasma – TCP), die auch als induktiv gekoppelte Plasmareaktoren (inductively coupled plasma – ICP) bezeichnet werden und Elektronenzyklotronresonanzreaktoren (ECR) werden durch die gemeinfreien US-Patente US 4,340,462; US 4,948,458 und US 5,200,232 offenbart. Vakuumprozesskammern werden typischerweise so ausgestaltet, dass sie die Leistungsanforderungen erfüllen, welche von den darin auszuführenden Prozessen abhängen. Folglich muss die jeweilige Plasmaquelle, die Vakuumpumpenanordnung und der Substrathalter, die für eine bestimmte Prozesskammer vorgesehen sind, zum Erfüllen der Leistungsanforderungen angepasst oder speziell hergestellt werden. Mangelnde Modularität bezüglich der Zusatzausrüstung, beispielsweise der Plasmaquelle, der Vakuumpumpenanordnung und des Substrathalters, resultiert in einer Zunahme der Produktionskosten, verlängerten Herstellungszeiten und einer verringerten Flexibilität im Hinblick auf derartige Zusatzgeräte.

[0003] Die Substrate werden typischerweise innerhalb der Vakuumkammer während des Prozessierens des Substrats durch Substrathalter fixiert. Konventionelle Substrathalter umfassen mechanische Klammern oder elektrostatische Klammern (electrostatic clamps – ESC). Beispiele für mechanische Klammern und ESC-Substrathalter werden in dem am 10. März 1995 angemeldeten US-Patent US 5,262,029 angegeben. Wie durch das US-Patent US 4,579,618 offenbart, können Substrathalter in Form von Elektroden Hochfrequenzenergie (HF) dem Inneren einer Kammer zuführen. Mechanische Klammern verwenden üblicherweise einen Klemmring, der das Substrat umgibt und der auf die Oberfläche des Substrats im Bereich des Außenumfangs eine nach unten wirkende Druckkraft ausübt. Weitere Beispiele für

mechanische Klemmrings werden durch die US-Patente US 4,615,755; US 5,013,400 und US 5,326,725 offenbart.

[0004] Substrate einschließlich Flachbildanzeigen und kleinere Substrate können während bestimmter Prozessschritte mit dem Substrathalter gekühlt werden. Diese Kühlung wird durch die Zuführung von inertem Gas, beispielsweise Helium, zwischen dem Substrathalter und der gegenüberliegenden Oberfläche des Substrats bewirkt. Hierzu wird beispielsweise auf die US-Patente US 5,160,152; US 5,238,499; US 5,350,479 und US 5,534,816 verwiesen. Das Kühlgas wird typischerweise über Kanäle oder ein Muster aus Schlitzten im Substrathalter zugeführt und erzeugt einen von hinten wirkenden Druck auf das Substrat, der dazu führen kann, dass sich das Substrat, welches nur entlang der Kanten durch eine mechanische Klammervorrichtung gehalten wird, im zentralen Bereich aufwölbt.

[0005] Elektrostatische Halterungseinrichtungen (Chucks) werden für die Fixierung von halbleitenden und leitenden Substraten in einer Vakuumkammer dann verwendet, wenn es wünschenswert ist, den Einsatz eines Klemmrings, der sich über einen Bereich der Oberfläche des Substrats erstreckt, zu vermeiden. Elektrostatische Halterungseinrichtungen in monopolarer Ausführung verwenden eine einzelne Elektrode. Beispielsweise wird hierzu auf das US-Patent US 4,665,463 verwiesen. Elektrostatische Halterungseinrichtungen in bipolarer Bauart verwenden die wechselseitige Anziehung zwischen zwei elektrisch geladenen Kondensatorplatten, die durch eine dielektrische Zwischenschicht getrennt sind.

[0006] Hierzu wird beispielsweise auf die US-Patente US 4,692,836 und US 5,055,964 verwiesen.

[0007] Substrathalter für Vakuumprozesskammern werden typischerweise am Boden der Kammer befestigt, was die Wartung und den Austausch des Substrathalters schwierig und zeitaufwändig gestaltet. Beispiele für derartige am Boden befestigte Substrathalter sind in den US-Patenten US 4,340,462; US 4,534,816; US 4,579,618; US 4,615,755; US 4,948,458; US 5,200,232 und US 5,262,029 zu finden. Es ist allerdings wünschenswert, wenn der Substrathalter durch eine Seitenwandung der Prozesskammer zugänglich und wartbar wäre. Ferner wäre eine Anordnung des Substrats, die die Durchströmung der Prozesskammer mit Gas verbessern würde, sehr vorteilhaft für das Prozessieren von Halbleitersubstraten.

[0008] Ein Nachteil konventioneller Vakuumprozesskammern besteht darin, dass solche Kammern keine hohe Durchflussrate in einer Unterdruckumgebung ermöglichen, was an Hindernissen im Strömungspfad des Gases und/oder an der Unmöglichkeit

keit liegt, niedrigere Drücke zu erzeugen. Folglich wäre eine Vakuumprozesskammer sehr wünschenswert, in der eine hohe Durchflussrate (d. h. geringe Strömungswiderstände) bei niederem Druck realisiert werden kann. Beispielsweise wäre eine Vakuumprozesskammer, in der ein hoher Durchfluss (z. B. wenigstens 200 sccm) bei niedrigem Druck (z. B. weniger als 1,3 Pa) erzielt werden kann, sehr vorteilhaft für das Prozessieren von Halbleitersubstraten.

[0009] Vakuumprozesskammern können schwierig zu warten sein und sind wenig flexibel im Hinblick auf die Auswahlmöglichkeiten von Komponenten. Üblicherweise kann der Vakuum-Arbeitsraum teilweise geöffnet werden und die Halterungskomponenten sind durch die Öffnung des Vakuum-Arbeitsraums herausnehmbar (siehe US-A-5214290).

Zusammenfassung der Erfindung

[0010] Gemäß Anspruch 1 der Erfindung wird eine Vakuumprozesskammer vorgesehen, welche Folgendes umfasst: einen Substrathalter, der im Innenraum einer Vakuumprozesskammer gehalten ist; eine Öffnung in einer Seitenwandung der Kammer, wobei die Öffnung so angelegt ist, dass der Substrathalter aus der Kammer durch die Öffnung entfernt werden kann; dadurch gekennzeichnet, dass eine einen Ausleger umfassende Halterungsanordnung, die sich durch die Öffnung hindurch streckt und den Substrathalter austauschbar in lateraler Richtung in einer hängenden Stellung im Inneren der Kammer mit einem Abstand zu den Innenwandungen der Kammer abstützt, wobei der Substrathalter eine Halterungseinrichtung (chuck) umfasst, die das Halbleitersubstrat auf der Tragfläche des Substrathalters befestigt und wobei die Kammer eine Prozesskammer für ein Plasma hoher Dichte ist, in welcher eine Vakuumpumpe mit einer Pumpgeschwindigkeit von 1000 l/sec bis 3000 l/sec Gase aus dem Innern der Kammer entfernt und wobei das Plasma in einer Region, die an den Substrathalter angrenzt, ausgebildet wird.

[0011] Wie nachfolgend dargelegt, offenbaren bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung eine Vakuumprozesskammer-Einrichtung mit verbesserter Wartbarkeit, welche flexibel im Hinblick auf die Auswahl der Komponenten ist und/oder die im Hinblick auf die Gleichförmigkeit der Gasströmung, insbesondere bei einem niedrigen Druck, verbessert ist. Die verbesserte Wartbarkeit wird dadurch erreicht, dass Halterungseinrichtungen verwendet werden, welche die einfache Entnahme einer Plasmaquelle, eines Substrathalters und/oder einer Vakuumpumpe aus der Kammer ermöglichen, um eine Wartung oder einen Austausch auszuführen. Da die Halterungseinrichtungen austauschbar sind, kann eine Anpassung der Kammer einfach ausgeführt werden, um das gewünschte Plasmaquellen-Modul in unmittelbarer Nähe zum Substrathalter oder weiter stromaufwärts

aufzunehmen oder ein gewünschtes Substrathalter-Modul, beispielsweise ein solches mit einer mechanischen Haltungsverrichtung oder einer elektrostatischen Haltungsverrichtung, das in der Kammer gehalten werden kann, und/oder ein Vakuumpumpen-Modul mit der gewünschten Pumpgeschwindigkeit, das mit der Kammer verbunden werden kann. Die Kammer dient damit als universelles Gehäuse für die Herstellung unterschiedlicher Arten von Vakuumkammern, welche für Prozesse, wie etwa dem Plasmaätzen oder CVD, geeignet ist.

[0012] Solch ein universelles Gehäuse einer Vakuumprozesskammer kann mit ersten und zweiten Stirnwänden und einer sich dazwischen erstreckenden Seitenwandung versehen sein. Die Kammer kann eine erste Öffnung in der ersten Stirnwand aufweisen, eine zweite Öffnung in der zweiten Stirnwand und/oder eine dritte Öffnung in der Seitenwandung. Jede dieser Öffnungen kann von einer Halterungseinrichtung umgeben sein, die mit einer als Gegenstück geformten Halterungseinrichtung zusammenwirkt, welche in Verbindung mit einem Vakuumpumpen-Modul, einem Plasmaquellen-Modul und/oder einem Substrathalter-Modul verbunden ist. Beispielsweise kann die Halterungseinrichtung, welche die erste Öffnung umgibt, in Wechselwirkung zur Halterungseinrichtung des Plasmaquellen-Moduls treten, während die Halterungseinrichtung, die die zweite Öffnung umgibt, in Verbindung mit der Halterungseinrichtung treten kann, die mit einem Vakuumpumpen-Modul verbunden ist und die Halterungseinrichtung, die die dritte Öffnung umgibt, kann in Wechselwirkung zu einer Halterungseinrichtung treten, die an einem Substrathalter-Modul befestigt ist. Jede der Öffnungen kann eine Vakuumdichtung und ein Abschirmelement für HF-Strahlung umfassen (z. B. ein HF-Korb).

[0013] Die erste Öffnung kann kreisförmig sein und erste und zweite eingetiefte Flächen umfassen, wobei die erste eingetiefte Fläche innerhalb der zweiten eingetieften Fläche liegt. Eine O-Ringdichtung kann innerhalb einer Nut angeordnet sein, die in den eingetieften Flächen verläuft und dient zur Abdichtung der ersten Öffnung. Die Halterungseinrichtung, die die dritte Öffnung umgibt, bildet bevorzugt das Gegenstück zu einer Halterungseinrichtung, die mit einem einen Ausleger umfassenden Substrathalter verbunden ist, der einen Tragarm und einen Substrathalter umfasst. Der Tragarm und der Substrathalter können eine solche Größe aufweisen, dass sie durch die dritte Öffnung hindurchgeführt werden können (welche von der Kreisform abweichen kann und z. B. rechteckförmig ist), um den Substrathalter aus der Kammer zu entfernen oder diesen in der Kammer zusammensetzen zu können. Die Halterungseinrichtung, die die zweite Öffnung umgibt, ist bevorzugt als Gegenstück zur Halterungseinrichtung ausgestaltet, welche mit dem Vakuumpumpen-Modul verbunden

ist. Die Seitenwandung der Kammer kann eine zylindrische Seitenwandung umfassen und die zweite Öffnung kann kreisförmig ausgebildet sein, wobei der Strömungsquerschnitt, der durch die zweite Öffnung festgelegt wird, wenigstens 1/3 der maximalen Querschnittsfläche aufweist, die durch die zylindrische Seitenwandung der Kammer festgelegt wird.

[0014] Die einen Ausleger umfassende Halterungsanordnung für den Substrathalter kann einen Befestigungsflansch und einen sich horizontal erstreckenden Tragarm aufweisen, der mit einem Ende am Substrathalter und mit dem anderen Ende am Halterungsflansch befestigt ist. Der Halterungsflansch kann einen Bereich umfassen, der in die zugeordnete Öffnung in der Seitenwandung der Kammer eingepasst ist. Die Öffnung kann konisch zulaufend sein, so dass die Größe der Öffnung in Richtung zum Kammerinneren hin abnimmt und der Bereich so konisch ausgebildet ist, dass die Gegenflächen der Öffnung und des Bereichs eine konische Passung bilden. Die Kammer kann eine innere Zylinderfläche umfassen und der Bereich am Halterungsflansch kann eine gebogene Fläche umfassen, die gegenüberliegend zum Kammerinneren ausgebildet ist, wobei die Kanten der gebogenen Fläche entlang der Kanten der Öffnung in der Zylinderfläche verlaufen. Der Umfang des Substrathalters ist von der Innenfläche in der Seitenwandung der Kammer durch einen gleichmäßigen, kreisringförmigen Spalt getrennt. Die Halterungsanordnung kann eine die Öffnung umgebende Vakuumdichtung umfassen, die eine vakuumdichte Abdichtung zwischen der Kammer und der Halterungsanordnung bewirkt. Der Tragarm kann in seinem Innern Kanäle für Betriebsmedien umfassen. Über diese Kanäle für Betriebsmedien kann Kühlgas zur rückseitigen Kühlung des Substrats auf dem Substrathalter, Kühlflüssigkeit zur Temperaturregelung des Substrathalters, HF-Energie für Energiezuführung zu einer HF-Biaselektrode auf dem Substrathalter, druckbeaufschlagtes Gas zur Betätigung eines Hubstiftmechanismus, elektrische Signalleitungen zur Überwachung der Gerätekompenten, beispielsweise die Rückseitendruckvorrichtung, die Substrattemperaturkontrollvorrichtung usw. zugeführt oder Stickstoff oder gereinigte trockene Luft, um Feuchtigkeit aus dem Innern des Substrathalters zu entfernen und/oder um elektrische Zuleitungen zum Betrieb der unterschiedlichen Komponenten des Substrathalters aufzunehmen.

[0015] Gemäß eines weiteren Aspekts der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Prozessierung eines Substrats in einer Vakuumprozesskammer angegeben, umfassend einen Substrathalter mit einer Halterungseinrichtung (chuck) zum Befestigen eines Halbleiters während dessen Prozessierung, wobei die Prozesskammer eine Öffnung in einer Seitenwandung umfasst und die Öffnung groß genug ist, um das Entfernen des Substrathalters durch diese

hindurch aus der Kammer heraus zu ermöglichen, und eine einen Ausleger umfassende Halterungsanordnung, die sich durch die Öffnung hindurch erstreckt und den Substrathalter in lateraler Richtung im Innern der Kammer austauschbar in einer hängenden Stellung mit Abstand zu den Innenwandungen der Kammer abstützt, und eine Auslassöffnung zur Evakuierung der Kammer, wobei das Verfahren folgendes umfasst: Zuführen eines Substrats zur Prozesskammer zu einer Tragfläche des Substrathalters; Befestigen des Substrats auf der Tragfläche des Substrathalters mit Hilfe einer Halterungseinrichtung (chuck); und Prozessieren des Substrats mittels eines energetisch angeregten, in einen Plasmazustand überführten Gases, wobei die exponierte Oberfläche des Substrats einer Strömungsrate von größer 1000 Liter/Sekunde bei einem Druck, der über den Verlauf der exponierten Oberfläche weniger als 5 % schwankt, ausgesetzt ist.

[0016] Das Verfahren kann die Zuführung eines Wärme-Übertragungsgases zwischen dem Substrat und der Tragfläche des Substrathalters umfassen. Die exponierte Oberfläche des Substrats kann während des Prozessschritts geätzt oder beschichtet werden. Die Prozesskammer kann Teil eines ECR-Reaktors, eines TCP/ICP-Reaktors oder eines Parallelplattenreaktors, eines Helicon-Reaktors, eines helikalen Resonanzreaktors, eines isotropen Ätz-Reaktors mit einer abstromseitig angeordneten Mikrowellenquelle oder eine Prozesskammer zur Abnahme des Fotoresists sein. Der Substrathalter kann eine mechanische oder elektrostatische Halterungseinrichtung zur Befestigung des Substrats, etwa einer Glasscheibe, eines Halbleiterwafers und dergleichen, umfassen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0017] Im Folgenden wird die Erfindung detaillierter mit Bezug auf die beigezeichneten Zeichnungen beschrieben, in welchen übereinstimmende Elemente dieselben Bezugszeichen tragen und in denen Folgendes dargestellt ist:

[0018] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Ansicht einer Vakuumprozesskammer gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0019] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Ansicht einer Vakuumprozesskammer gemäß der vorliegenden Erfindung ohne den Substrathalter und der an der Decke befestigten Plasmaquelle wie in [Fig. 1](#);

[0020] [Fig. 3](#) zeigt eine schematische Ansicht eines Substrathalters gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0021] [Fig. 4](#) zeigt eine schematische Ansicht einer Vakuumprozesskammer mit einem darin angebrachten erfindungsgemäßen Substrathalter, wobei jedoch

die an der Decke befestigte Plasmaquelle aus [Fig. 1](#) weggelassen wurde;

[0022] [Fig. 5](#) zeigt eine Querschnittsansicht eines universell verwendbaren Kammergehäuses einer Vakuumprozesskammer gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei das Kammergehäuse eine einen Ausleger umfassende Halterungsanordnung und eine Vakuumpumpe umfasst;

[0023] [Fig. 6](#) zeigt eine perspektivische Ansicht des universell verwendbaren Kammergehäuses aus [Fig. 5](#);

[0024] [Fig. 7](#) zeigt eine Seitenansicht des universell verwendbaren Gehäuses aus [Fig. 5](#);

[0025] [Fig. 8](#) zeigt eine Draufsicht auf das universell verwendbare Kammergehäuse aus [Fig. 5](#);

[0026] [Fig. 9](#) zeigt eine Querschnittsansicht des universell verwendbaren Kammergehäuses gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung, wobei das Kammergehäuse eine einen Ausleger umfassende Halterungsanordnung und eine stromaufwärts angeordnete Plasmaquelle umfasst; und

[0027] [Fig. 10](#) zeigt eine Querschnittsansicht für eine weitere Vakuumprozesskammer in Übereinstimmung mit der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausgestaltungsbeispiele

[0028] Die Erfindung führt zu einer Vakuumprozesskammer mit verbesserter Wartbarkeit, welche flexibel ist bezüglich des Designs und der Herstellung ihrer Komponenten (diese werden vorliegend auch als Module bezeichnet), beispielsweise eine Plasmaquelle, einen Substrathalter und eine Vakuumpumpenanordnung und/oder für die die Gleichmäßigkeit der Gasströmung bei einem extrem niedrigen Druck verbessert ist.

[0029] Bezüglich der Wartbarkeit erlaubt ein konventionelles Kammerdesign nicht den einfachen Zugang zu den unterschiedlichen Komponenten der Kammer, was ein arbeits- und zeitaufwändiges Verfahren für die Wartung oder den Ersatz von Komponenten der Kammer notwendig macht. Gemäß der Erfindung kann die Plasmaquelle, der Substrathalter und/oder die Vakuumpumpenanordnung einfach aus der Kammer entnommen werden, um deren Wartung an einem von der Kammer entfernten Ort einfach durchzuführen oder solche Komponenten durch austauschbare Ersatzkomponenten zu ersetzen.

[0030] Betreffend die flexible Herstellung ermöglicht es die Erfindung einem Hersteller von Gerätschaften für die Vakuumprozessierung eine universelle Kam-

mer herzustellen, die für einen weiten Bereich von Prozessen (z. B. Ätzen, Abscheiden usw.) und Materialien, die zu prozessieren sind (z. B. Oxide, Polysilizium, Metall, Nitrid usw.), oder Substratgrößen dient (typischerweise in einem vorgegebenen Bereich, z. B. eignet sich eine bestimmte universale Kammer für einen Bereich von Substratgrößen von beispielsweise 150 bis 300 mm). Auf diese Weise kann der Hersteller einfach die geeignete Energiequelle, den Substrathalter und die Vakuumeinrichtungen für eine bestimmte Anwendung an der universell verwendbaren Kammer anbringen. Dies hebt sich von einem Herstellungsverfahren ab, bei dem das gesamte System speziell für die beabsichtigte Verwendung angepasst wird, beispielsweise bezüglich der Substratgröße, des gewünschten Substralthalters usw. Folglich kann die Zeitdauer zwischen dem Auftragseingang und der Auslieferung wesentlich verkürzt werden und Änderungen der Bestellung oder Stornierungen können unmittelbar ausgeführt werden.

[0031] Im Hinblick auf das flexible Design kann das universell verwendbare Kammergehäuse mit Funktionskomponenten verbunden werden, die zur Ausführung eines bestimmten Prozesses, etwa Plasmaätzen oder Schichtabscheidung, dienen. Ferner kann an einem solchen universell verwendbaren Kammergehäuse ein Umbau mit unterschiedlichen Komponenten ausgeführt werden, um ein anderes Verfahren und/oder die Prozessierung abweichender Substratgrößen und/oder die Verwendung eines anderen Substralthalters zu ermöglichen. Das universell verwendbare Kammergehäuse umfasst Halterungsanordnungen (beispielsweise eine standardisierte Schnittstelle), wobei jede eine Vielzahl austauschbarer Komponenten aufnimmt. Eine solche „Modularität“ verringert wesentlich die Stillstandszeiten für das Ausführen einer Wartungsarbeit oder für die Umrüstung der Kammer. Jede Art von Modul (z. B. Energiequelle, Vakuumvorrichtung, Substrathalter usw.) kann so gestaltet sein, dass eine Befestigung an einer standardisierten Schnittstelle der Kammer möglich ist. Wird die Verwendung eines Moduls gewünscht, welches nicht konform zur standardisierten Schnittstelle ist, so ist es möglich, das Modul mit einem Adapter zu versehen, um das Modul an die standardisierte Schnittstelle anzukoppeln.

[0032] Die Erfindung gibt ferner eine Kammer zur Prozessierung von Halbleitersubstraten, beispielsweise Halbleiterwafern, Flachbildschirmsubstraten usw. an, die eine hohe Durchströmungsrate aufweist. Die hohe Durchströmungsrate wird teilweise dadurch erzielt, dass ein groß dimensionierter Auslass an einer Stirnwand, beispielsweise dem Boden der Kammer, vorgesehen ist und der Substrathalter auf einem Tragarm befestigt ist, wodurch der Widerstand gegen die Gasströmung minimiert wird und die Asymmetrie der Gasströmung über der exponierten Oberfläche des Substrats minimiert wird.

[0033] Die Kammer umfasst eine Öffnung in einer ihrer Seitenwandungen und der Substrathalter erstreckt sich durch die Öffnung, so dass dieser entnehmbar im Inneren der Kammer gehalten ist. Eine solche Halterungsanordnung erlaubt eine einfache Wartung des Substrathalters, da der Substrathalter durch die Öffnung in der Seitenwandung als Ganzes aus der Kammer entnommen werden kann. Vor der Erfindung war es üblich, den Substrathalter an der Bodenfläche der Vakuumprozesskammer zu befestigen und die Kammer wurde durch eine oder mehrere Vakuumpumpen evakuiert, die mit Auslässen in der Seitenwandung oder einem den Substrathalter umgebenden Bodenbereich der Kammer in Verbindung standen. Derartige Anordnungen führen keinesfalls zu einer idealen Evakuierung der Kammer und gestalten Wartungsarbeiten schwierig und zeitaufwändig.

[0034] Eine erfindungsgemäße Vakuumprozesskammer kann für unterschiedliche Halbleiterplasmaprozessschritte, beispielsweise dem Ätzen, der Schichtabscheidung, der Abnahme von Resist usw., verwendet werden. Ein Beispiel für eine Vakuumprozesskammer **10**, die eine induktiv gekoppelte Plasmaquelle umfasst, ist in [Fig. 1](#) dargestellt, wobei das Prozessgas zur Prozesskammer **10** mittels einer geeigneten Vorrichtung, beispielsweise einem Gasverteilerling, einer Gasverteilerplatte, Injektionsdüsen usw., zugeführt wird und das Vakuum innerhalb des Innenraums **30** der Kammer mittels geeigneter Vakuumpumpvorrichtungen aufrecht erhalten wird, die von einer modularen Halterungsanordnung getragen wird, welche mit einem großem Auslass **20** in einer Stirnwand, beispielsweise dem Boden der Prozesskammer, verbunden ist. Der Vakuumprozesskammer kann HF-Energie mittels einer HF-Antenne zugeführt werden, beispielsweise mittels einer ebenen Spule **40**, die an einem dielektrischen Fenster **50** außerhalb an einer Stirnwand, etwa dem Deckel der Kammer, befestigt ist. Die Plasmaquelle kann eine beliebige Plasmaerzeugungseinrichtung sein, beispielsweise ein ECR-Reaktor, ein Parallelplattenreaktor, ein Helicon-Reaktor, ein helikaler Resonator usw. Die Plasmaquelle ist mit der modularen Halterungseinrichtung verbunden, beispielsweise einem kreisringförmigen Halterungsflansch **42**, der abnehmbar an der Stirnwand der Kammer befestigt ist. Um eine vakuumdichte Abdichtung zwischen dem Halterungsflansch **42** und der Kammer **10** aufrecht zu erhalten, wird eine O-Ring-Dichtung **44** verwendet, die in eine Nut an der Stirnwand der Kammer **10** eingepasst ist, und ein HF-Abschirmelement **46** umgibt die Vakuumdichtung. Aufgrund der hohen Vakuumkräfte, die von der Vakuumpumpe erzeugt werden, ist es nicht notwendig, zur Befestigung des Halterungsflanschs **42** an der Kammer **10** Befestigungsmittel zu verwenden. Stattdessen kann der Halterungsflansch **42** einfach an der Stirnwand der Kammer **10** anliegen. Falls dies gewünscht wird, kann der Halterungsflansch **42** oder

ein anderes Teil der Plasmaquellenanordnung über ein Scharnier mit der Kammer **10** verbunden werden, so dass eine Drehbewegung der Plasmaquelle in einer Achsrichtung, beispielsweise bezüglich der Vertikalen, zur Ausführung von Wartungsarbeiten im Innenraum **30** der Kammer **10** ausgeführt werden kann.

[0035] Ein Substrat **60** wird in der Kammer von einem Substrathalter **70** abgestützt, der wiederum abnehmbar von einer modularen Halterungseinrichtung an der Stirnwand **12** der Kammer **10** abgestützt wird. Der Substrathalter **70** ist an einem Ende eines Tragarms **80** im Sinne eines Auslegers befestigt, so dass die gesamte Anordnung aus Substrathalter und Tragarm **70/80** aus der Kammer entnommen werden kann, indem diese durch die Öffnung **14** in der Stirnwand der Kammer hindurchgeführt wird, entsprechend der Darstellung in [Fig. 2](#). Der Substrathalter kann eine Halterungseinrichtung umfassen, beispielsweise einen mechanischen Klemmring **72** und eine HF-Bias-Elektrode **74**, die in einem zentralen Bereich der Kammer unterhalb eines dielektrischen Fensters **50** angeordnet ist. Alternativ kann die Halterungseinrichtung eine geeignete Anordnung, beispielsweise eine elektrostatische, monopolare Halterungsanordnung aus einem elektrisch leitfähigen Material umfassen, beispielsweise aus Aluminium, welches Wasser-Kühlkanäle umfasst und welches zu einem Bereich der Kammer eine Erdungsverbindung aufweist, oder eine bipolare Halterungseinrichtung, umfassend elektrisch leitfähige Elektroden, welche mit einem elektrisch isolierenden Material, beispielsweise Aluminiumoxid, überzogen ist.

[0036] Die für die Ausführung der Erfindung verwendete Halterungseinrichtung wird in einer Plasmaumgebung verwendet. Folglich bezieht sich die nachfolgende Beschreibung auf eine Halterungseinrichtung, die dazu dient, ein Halbleitersubstrat in einer Plasmaumgebung zu halten. Ferner kann die Halterungseinrichtung **(1)** ein mechanisches Klemmelement **(2)**, einen monopolen ESC oder einen bipolaren, multipolaren oder Feldlinien-ESC (flexline ESC) zur Halterung von Halbleiterwafern oder dielektrischen Substraten in einer Plasmaumgebung oder **(3)** einen monopolen ESC zur Halterung von dielektrischen Substraten, etwa Gassubstraten, die zur Herstellung von Flachbildschirmen verwendet werden, in einer Plasmaumgebung umfassen, wobei das Plasma nicht dazu dient, die Ionen einer Substratoberfläche zuzuführen, um eine Klemmwirkung zu erzielen, sondern das Plasma stellt eine elektrische Verbindung zwischen dem monopolen ESC und einer geerdeten Fläche, etwa der Stirnwand der Plasmaprozesskammer, her. Unabhängig davon, ob im ESC eine rückseitige Kühlung des Substrats vorgesehen ist, kann das Substrat durch einen wassergekühlten Teil des Substrathalters temperaturgeregelt werden. Der Substrathalter kann eine rechteckförmige, qua-

dratische, kreisförmige oder beliebige Form aufweisen, die dazu geeignet ist, ein bestimmtes Substrat festzuklemmen.

[0037] Ein Beispiel für eine einen Ausleger umfassende Halterungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung wird in [Fig. 3](#) dargestellt. Die Einrichtung umfasst einen Substrathalter **70**, einen Tragarm **80** und einen Halterungsflansch **90**. Der Halterungsflansch umfasst einen Bereich **92**, der in die Öffnung **14** in der Stirnwand **12** der Prozesskammer eingepasst ist. Für das dargestellte Ausgestaltungsbeispiel steht ein Ende des Tragarms **80** mit einer Außenfläche des Substrathalters **70** in Verbindung und das gegenüberliegende Ende des Tragarms steht mit dem Bereich **92** auf dem Halterungsflansch **90** in Verbindung. Diese Anordnung kann unterschiedliche Formen annehmen, beispielsweise eine einteilige Anordnung, wobei der Substrathalter, der Tragarm und der Flansch aus einem einzigen Materialstück oder aus einer Vielzahl miteinander verbundener Teile ausgebildet ist, um die auslegerförmige Halterungseinrichtung herzustellen. Der Substrathalter umfasst einen abnehmbaren Deckel mit aktiven Komponenten, beispielsweise ein ESC, eine HF-Bias-Elektrode oder Elektroden, Hubstifte, eine rückseitige Zuführung von He-Kühlgas usw.

[0038] Wie in [Fig. 2](#) dargestellt umfasst die Kammer **10** einen Substrattransferschlitz **16**, durch den ein Substrat, etwa ein Halbleiterwafer, ein Substrat für eine Flachbildanzeige usw., in einer Richtung, beispielsweise der Horizontalrichtung, mittels eines geeigneten Transfermechanismus in den Innenraum **30** der Kammer eingeführt oder aus diesem herausgeführt werden kann. Die Kammer **10** kann ein oder mehrere Führungsstifte **18** für die Positionierung und/oder Führung des Bereichs **92** des Halterungsflanschs **90** in der Öffnung **14** umfassen. Wie in [Fig. 3](#) dargestellt, kann der Halterungsflansch **90** Bohrungen für die Führungsstifte **94** zur Aufnahme der Führungsstifte **18** umfassen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst der Innenraum **30** der Kammer **10** eine zylindrische Stirnwand **32** und eine kreisringförmige Bodenfläche **34**, die den Auslass **20** umgibt. Der Bereich **92** des Halterungsflanschs **90** umfasst eine gebogene Fläche **96** mit Kanten **98**, die entlang der Kanten der Öffnung **14** in der zylindrischen Fläche **32** verlaufen für den Fall, dass der Halterungsflansch **90** außen an der Kammer **10** befestigt ist. Der Tragarm **80** umfasst einen Außenumfang, welcher vertikal zur Tragfläche des Substrathalters **70** versetzt ist. Der Tragarm **80** stützt den Substrathalter **70** im Innenraum **30** der Kammer **10** so ab, dass der Außenumfang des Substrathalters innerhalb der zylindrischen Fläche **32** angeordnet ist. Ferner sind der Bereich **92** und die die Öffnung **14** bildenden Flächen bevorzugt konisch mit einem Neigungswinkel von nicht größer als 15° , z. B. $2-10^\circ$, ausgebildet. Folglich wird beim Einpassen des Bereichs **92** in die Öffnung

14 die wechselseitig zueinander gestalteten Oberflächen des Bereichs **92** und jene, die die Öffnung **14** festlegen, eine konische Passung ausbilden. Um eine vakuumdichte Abdichtung zwischen dem Halterungsflansch **90** und der Kammer **10** zu bewirken, kann eine O-Ring-Dichtung **99** (punktiert dargestellt) um den Bereich **92** auf der Außenseite der Kammer **10** vorgesehen sein, die in eine die Öffnung **14** umgebende Nut **19** außerhalb der Kammer **10**, eingepasst ist. Ferner wird, um Unterschiede im Erdungspotential zwischen dem Kammergehäuse und der Substrathalterungsanordnung auszugleichen, die Vakuumdichtung mit einem HF-Abschirmungselement versehen.

[0039] [Fig. 4](#) zeigt den Substrathalter, der im Innenraum **30** der Kammer **10** befestigt ist. Der Halterungsflansch **90** kann entferntbar auf der Außenseite des Gehäuses **10** befestigt sein, indem geeignete Befestigungsmittel, beispielsweise Schrauben, verwendet werden, allerdings können solche Befestigungsmittel auch weggelassen werden, da das von der Vakuumpumpe erzeugte Vakuum den Halterungsflansch gegenüber dem Äußeren der Kammer hinreichend abdichtet. Eine Kanaldurchführung für Betriebsmedien **91** ist im Halterungsflansch **90** vorgesehen und dient zur Durchführung von Kanälen für Betriebsmedien **82-86**. Die Kanäle für Betriebsmedien **83** und **84** können mit einem externen Kühler versehen werden, wodurch eine Temperaturregelungsflüssigkeit zum Substrathalter geleitet werden kann, um dessen Temperatur bei der Prozessierung des Substrats auf einem gewünschten Wert zu halten. Der Kanal für das Betriebsmedium **84** kann dazu verwendet werden, ein Temperaturregelungsgas zur Rückseite des Substrats zuzuführen. Beispielsweise kann der Kanal **84** dazu verwendet werden, um unter Druck gesetztes Heliumgas zu transportieren, das durch die Hubstiftlöcher **76** der Rückseite des Substrats zugeführt wird. Der Kanal für ein Betriebsmedium **85** kann unter Druck gesetztes Gas zu einem pneumatischen Stellmechanismus für einen Hubstiftmechanismus (nicht dargestellt) am Substrathalter zuführen. Der Kanal für ein Betriebsmedium **86** kann dazu verwendet werden, um HF-Energie einer HF-Bias-Elektrode **74** zuzuführen. Selbstverständlich können weitere Kanäle für Betriebsmedien für unterschiedliche Funktionen vorgesehen sein, beispielsweise zur Überwachung der Temperatur des Substrathalters oder des Drucks für das rückseitig zugeführte Kühlgas, der Zuführung von Stickstoff oder gefilterter, getrockneter Luft („CDA“), um Feuchtigkeit von den Durchgangsbohrungen für Betriebsmedien fernzuhalten und/oder für die Zuführung elektrischer Energie zu den Komponenten des Substrathalters.

[0040] [Fig. 1-Fig. 4](#) zeigen Anordnungen, bei denen ein einzelner Tragarm **80** sich zwischen einem Halterungsflansch **90** und einem Substrathalter **70** erstreckt. Allerdings können für große Substrate

mehr als ein Tragarm vorgesehen sein, die sich zwischen dem Substrathalter und dem Halterungsflansch **90** erstrecken. Für eine solche Ausgestaltung können die voranstehend beschriebenen Kanäle für Betriebsmedien auf die Vielzahl der Arme aufgeteilt werden. Da der zusätzliche Tragarm oder die zusätzlichen Tragarme mit einem einzelnen Halterungsflansch gekoppelt sind, weist der Substrathalter weiterhin die Eigenschaft einer einfachen Herausnahme für das Ausführen von Wartungsarbeiten, zur Flexibilisierung oder für Umbaumaßnahmen auf. Ferner kann, um einen symmetrischen Schaltkreis für die Rückführung des HF-Stroms zu realisieren, ein oder mehrere elektrisch leitfähige Arme in einer solchen Weise vorgesehen sein, dass der im Substrathalter erzeugte HF-Strom über eine Erdungsverbinding zur Seitenwandung **32**, die über ein oder mehrere sich zwischen der Seitenwandung **32** und dem Substrathalter **70** erstreckende Seitenarme realisiert wird, abfließen kann. Ein solcher zusätzlicher Arm oder solche zusätzlichen Arme können sich von der Seitenwandung **32** aus nach innen erstrecken und den Substrathalter **70** umfassen, wenn der Substrathalter durch die Öffnung in der Seitenwandung eingeführt wird. Alternativ kann der Substrathalter **70** ein oder mehrere Arme umfassen, die sich von diesem aus erstrecken und die beim Einführen der Substralthalteranordnung durch die Öffnung **14** in Verbindung zur Seitenwandung **32** treten. Da diese Arme lediglich eine symmetrische Erdungsverbinding herstellen und keine Kanäle für Betriebsmedien zur Verfügung stellen, werden diese nicht die „einsteckbare“ Funktionsweise des Substralthalters beeinflussen.

[0041] Die in [Fig. 1](#) gezeigte Kammer **10** umfasst eine Plasmaquelle in der Form einer ebenen Spule mit 5 Windungen, die HF-Energie durch ein dielektrisches Fenster **50** überträgt. Um Prozessgas zum Innenraum der Kammer zuzuführen ist eine Gasverteilerplatte **52** benachbart zur dielektrischen Abschirmung **50** vorgesehen. Ferner umfasst die in [Fig. 1](#) gezeigte Anordnung ein konisch geformtes Mantelelement **54**, das sich von der Gasverteilerplatte **52** aus erstreckt und das den Substrathalter **70** umgibt. Das Mantelelement **54** wird durch ein oder mehrere Elemente **56** temperaturgeregelt, welches Widerstandsheizeinrichtungen, Flüssigkeitsdurchführungen usw. für die Regelung der Temperatur des Mantelelements **54** während der Prozessierung des Substrats umfasst. Um das Einkoppeln von HF-Energie in das Mantelelement **54** oder das Element **56** zu unterbinden, wird bevorzugt der Außenumfang der Antenne **40** innerhalb der Innenfläche des Mantelelements **54** angeordnet. Die Gasverteilerplatte **52** umfasst Durchgangslöcher, zur Durchleitung von Prozessgas, das in einen Hohlraum zwischen dem dielektrischen Fenster **50** und der Gasverteilerplatte **52** eingeführt wird. Allerdings kann die Gasverteilerplatte **52** auch weggelassen werden und das Prozessgas kann durch andere Gaszuführungsanordnungen zu-

strömen. Ferner kann die erfindungsgemäße, einen Ausleger umfassende Halterungsanordnung mit einer beliebig ausgestalteten Vakuumprozesskammer verwendet werden.

[0042] Es ist möglich, die Plasmaquelle zusammenzusetzen oder zu ersetzen, da die Plasmaquelle herausnehmbar durch die modulare Halterungsanordnung mit der Kammer verbunden ist. Beispielsweise kann die modulare Halterungsanordnung unterschiedliche Varianten von Plasmaquellen halten, beispielsweise die Elektrode einer Parallelplattenelektrodenanordnung, eine induktiv gekoppelte Plasmaquelle, eine Helicon-Quelle, einen helikalen Resonator, eine ECR-Quelle, eine stromaufwärts gelegene Plasmaquelle usw. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Plasmaquelle eine ebene Spule, beispielsweise eine zylindrische Spule mit einer Vielzahl von Windungen, die außerhalb des dielektrischen Fensters angeordnet ist und eine optionale Gasverteilerplatte, die unterhalb des dielektrischen Fensters angeordnet ist. Die modulare Halterungsanordnung erlaubt folglich, dass das gleiche Kammerdesign für den jeweiligen Prozessschritt, etwa das Ätzen von Oxiden, Polysilizium, Metall usw., die Schichtabscheidung, beispielsweise von dielektrischen Schichten usw., die Abnahme von Fotoresist usw., angepasst werden kann. Die modulare Halterungseinrichtung kann ein Halterungsflansch entsprechend der Darstellung in [Fig. 1](#) umfassen. Allerdings kann das Fenster **50** oder eine Platte der Plasmaquellenanordnung unmittelbar an einer Stirnwand der Kammer **10** befestigt werden, wobei für diesen Fall die Halterungsanordnung einen O-Ring, eine Nut zur Aufnahme des O-Rings und eine der Nut für den O-Ring gegenüberliegende Dichtungsfläche umfasst.

[0043] Falls eine Antenne als Plasmaquelle verwendet wird, erlaubt die modulare Halterungseinrichtung für die Plasmaquelle die Verwendung unterschiedlicher Antennengestaltungen zur Plasmaerzeugung in der Kammer **10**. Ferner können, um einen gewünschten Abstand zwischen dem zu prozessierenden Substrat und der Antenne zu erzielen, die Antenne und die Plasmaquelle ablaufinvariant ausgestaltet sein, wobei das Fenster und die Antenne axial im Innenraum **30** der Kammer verschiebbar sind.

[0044] Die modulare Halterungsanordnung für die Plasmaquelle ermöglicht ferner die Verwendung unterschiedlicher Gaszuführungen. Beispielsweise kann Prozessgas mittels einer Gasverteilerplatte, etwa der Platte **50** entsprechend der Darstellung in [Fig. 1](#), zugeführt werden.

[0045] Alternativ kann das Prozessgas über andere Anordnungen zugeführt werden, beispielsweise über ein oder mehrere Ringe mit einer Vielzahl von Auslassöffnungen, um das Prozessgas nach innen in den Hohlraum zwischen dem Substrat und der Antenne

40 zu führen.

[0046] Es ist möglich, den Vakuumpumpenmechanismus zur Evakuierung der Kammer zusammenzusetzen oder zu ersetzen, da der Vakuumpumpenmechanismus durch eine modulare Halterungsanordnung herausnehmbar mit der Kammer verbunden ist. Beispielsweise kann die modulare Halterungsanordnung unterschiedliche Arten von Pumpmechanismen halten, beispielsweise eine magnetisch gelagerte Turbomolekularpumpe hoher Kapazität, die eine Pumpkapazität von 1000 bis 3000 l/sec. aufweist. Eine bevorzugte Vakuumpumpe stellt eine Hybridanordnung aus einer Turbomolekular- und einer Saugpumpe dar, die in einem vorderen Bereich eine Turbomolekularpumpe und in einem hinteren Bereich eine Molekularsaugpumpe aufweist. Solche Hybridpumpen werden von der OSAKA Vacuum und Seiko Seiki, beide aus Japan, angeboten. In Abhängigkeit des in der Kammer ausgeführten Prozesses können andere Pumpentypen auf die modulare Halterungsanordnung aufgesetzt werden, beispielsweise mechanische Pumpen, Kryopumpen, Diffusionspumpen usw.

[0047] [Fig. 5–Fig. 8](#) zeigen unterschiedliche Merkmale einer geeigneten modularen Halterungsanordnung für eine Vakuumpumpe **100**. Der Innenraum **30** der Kammer **10** ist von der Vakuumpumpe durch ein geeignetes Schleusenventil **110** getrennt. Das Schleusenventil **110** ist in der Kammer **10** durch eine geeignete modulare Halterungseinrichtung befestigt und die Vakuumpumpe **100** ist durch eine andere geeignete modulare Halterungsanordnung am Schleusenventil **110** befestigt. Wie in [Fig. 5](#) dargestellt umfasst die obere Stirnwand der Kammer **10** zwei eingetiefte Flächen, die einen Vakuumdichtungs-Übergang gegenüber der Plasmaquellenanordnung erzeugen. Beispielsweise umfasst die äußere eingetiefte Fläche **58** eine Nut und einen O-Ring, welcher an der Dichtungsfläche des Fensters **50** anliegt und eine innere eingetiefte Fläche **58**, die eine Nut und einen O-Ring zur Anlage an einer Dichtungsfläche auf der Gasverteilerplatte **52** umfasst.

[0048] Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, umfasst der Substrathalter **70** eine wassergekühlte elektrostatische Halterungseinrichtung **120**, welche abnehmbar auf einem Traggehäuse **122** befestigt ist. Die Durchführung für Betriebsmedien **91** umfasst Kanäle für Betriebsmedien **82, 83** (nicht dargestellt) und öffnet sich zu einem offenen Raum, der im Traggehäuse **122** angelegt ist. Der Halterungsflansch **90** und der Tragarm **80** sind einstückig ausgebildet und sind in geeigneter Art und Weise dicht mit dem Traggehäuse **122** verbunden, beispielsweise über eine permanente Verbindung (z. B. Schweißen, Löten usw.) oder mittels mechanischer Befestigungselemente, wobei für diesen Fall ein O-Ring, der ein HF-Abschirmungselement umgibt und der in parallelen Nuten zwischen

einander gegenüberliegenden Flächen des Tragarms **80** und des Traggehäuses **122** angeordnet ist, Verwendung findet.

[0049] Um Prozessparameter zu überwachen können ein oder mehrere zusätzliche Zugänge **130, 132, 134, 136, 138, 140, 142, 144** vorgesehen sein, um weitere Geräte zu verwenden, beispielsweise eine Langmuir-Sonde, ein Bypassventil, ein Manometer, ein Gerät für die Plasmadiagnostik, ein Lasermessgerät usw. Solche zusätzlichen Zugänge sind geeignet für Kammern, welche für Forschungs- und Entwicklungszwecke verwendet werden, jedoch können einige oder alle diese Zugänge für eine Kammer in einer Produktionseinrichtung weggelassen werden.

[0050] Um der Gasverteilerplatte **52** Gas zur Zuführung in den Raum zwischen dem Substrat **60** und der Gasverteilerplatte **52** zuzuleiten kann die Stirnwand der Kammer **10** ein oder mehrere Gaszuführungen **150, 152** umfassen, die zur Herstellung einer Verbindung zu geeigneten Gasquellen angepasst sind. Die Gaszuführungen **150, 152** ermöglichen es, Gas in den Zwischenraum zwischen dem Fenster **50** und der Gasverteilerplatte **52** einzuführen.

[0051] Die Kammer **10** kann Tragklammern **160, 162** zur Abstützung der Kammer auf einem Tragrahmen (nicht dargestellt) umfassen. Falls erwünscht, kann ein solcher Tragrahmen einen ersten Bereich umfassen, der die Kammer **10** abstützt, und einen hiervon getrennten, eingeschlossenen Bereich, der zur Abstützung der Vakuumpumpe **100** dient. Eine solche Anordnung erlaubt das Herausnehmen der Vakuumpumpe **100** aus der Kammer **10**, wodurch die Überholung der Vakuumpumpe oder das Austauschen der Pumpe durch eine andere Pumpe auf einem anderen eingeschlossenen Bereich des Tragrahmens ermöglicht wird.

[0052] Das Schleusenventil **110** und die Vakuumpumpe **100** sind mit der Kammer **10** in solcher Weise verbunden, dass die Plasmaquellenanordnung und die Substrathalteranordnung eine gemeinsame Schnittstelle zur Vakuumabdichtung verwenden, die wenigstens einen O-Ring, eine den O-Ring aufnehmende Nut und eine eine Presswirkung auf den O-Ring in der Nut ausübende Dichtungsfläche umfasst. Beispielsweise kann das Schleusenventil **110** ein Muster aus Schrauben (z. B. eine Reihe mit 5 Schrauben) auf jeder Seite der Kammer zur Befestigung des Schleusenventils **110** an der Kammer **10** umfassen, mit wenigstens einem O-Ring und einem HF-Abschirmungselement, die zwischen diesen vorgesehen sind. Für die Zentrierung kann die Vakuumpumpe **100** unmittelbar an der Kammer **10** oder dem Schleusenventil **110** befestigt werden, wobei in gegenüberliegenden Flächen der Vakuumpumpe und des Schleusenventils oder der Kammer ein Zentrierung vorgesehen ist und ein Flansch des Zentrierrings

in eine als Gegenstück vorgesehene Eintiefung eingepasst wird. Ist für den in der Kammer auszuführenden Prozess kein niedriger Druck notwendig, kann der Vakuumausslass **20** durch ein geeignetes Dichtelement abgedichtet werden und die Kammer kann mittels einer mechanischen Pumpe auf dem gewünschten Druck gehalten werden, wobei diese über einen zusätzlichen Auslass, etwa den Auslass **144** in der Seitenwandung der Kammer, befestigt ist.

[0053] In der Kammer **10** können unterschiedliche Substrathalter befestigt werden in Abhängigkeit der Art des Substrats (z. B. Substrate für einen Flachbildschirm, Halbleiterwafer, usw.), der Größe des Substrats (z. B. 300 × 600 mm, oder 1,10; 0,15; 0,20; 0,30 Meter (4, 6, 8 oder 12 Inch)-Wafer usw.) sowie des in der Kammer ausgeführten Prozesses. In Abhängigkeit des Prozesses kann es wünschenswert sein, eine mechanische Klammer oder ein ESC zu verwenden oder auf die Klammerung zu verzichten. Ferner kann der Prozess unterschiedliche Stärken der Kühlung oder der Aufheizung des Substrats notwendig machen. Ferner kann für einen mehrschrittigen Prozess, bei dem die Position des Substrats verändert wird, der Substrathalter oder die Plasmaquelle einen Teleskopmechanismus umfassen, um die Position des Substrathalters relativ zur Plasmaquelle anpassen zu können (z. B. 11 cm Abstand für das Ätzen von Metall, 8 cm Abstand für das Ätzen von Oxid usw.). Ferner kann der Substrathalter eine Hubstiftanordnung umfassen, beispielsweise ein pneumatischer oder elektrisch betriebener Hubstiftmechanismus, wobei die Hubstifte auf einer Hubplatte angebracht sind oder diese werden individuell durch elektrische Stellantriebe betrieben. Für größere Substrate (z. B. 300 mm – Wafer oder Glassubstrate) kann als Hubstiftmechanismus eine Anordnung von drei Hubstiften verwendet werden, wobei die Hubstifte in einem Kreis angeordnet sind und durch 120°-Winkel beabstandet sind; die Hubstifte sind als voneinander unabhängig ausgebildet und können einzeln durch elektrische Stellantriebe angetrieben werden.

[0054] Für einige Prozesse kann es wünschenswert sein, die mechanische Pumpe an einen zusätzlichen Zugang in der Seitenwandung der Kammer anzuschließen. Beispielsweise kann eine Vakuumleitung (beispielsweise eine 1,9 oder 0,005 cm Leitung) mit dem zusätzlichen Zugang **144** zum Auspumpen der Kammer **100** vor der Aktivierung der Vakuumpumpe **100** verbunden sein. Ferner kann es wünschenswert sein, die Vakuumpumpe **100** durch eine mechanische Pumpe zu ersetzen, wobei für diesen Fall geeignete Vakuumleitungen zum Anschluss des Einlasses der mechanischen Pumpe (10, 16 cm Einlassquerschnitt) an das Schleusenventil **110** oder direkt an den größeren Vakuumausslass **20** verwendet werden können.

[0055] [Fig. 9](#) zeigt eine modularen Plasmaquelle

170, die dazu verwendet werden kann, eine Oxidschicht isotrop zu ätzen. Die Plasmaquelle **170** umfasst ein Paar einander gegenüber liegender, gebogener, rechteckiger Elektroden **172**, **174**, die an die äußere Form eines dielektrischen Zylinders **176** angepasst sind. Prozessgas wird in den Zylinder **176** eingeführt und mittels der über die Elektroden **172**, **174** zugeführten HF-Energie in den Plasmazustand überführt. Der Zylinder kann abnehmbar am Trichter **178**, der von der Platte **180** getragen wird, befestigt werden. Folglich wird das Plasma stromaufwärts zur Kammer **10** erzeugt und kann durch den Strömungsdurchlass **186** zugeführt werden. Die Platte **180** kann abnehmbar und in vakuumdichter Art und Weise mit der oberen Stirnwand der Kammer **10** verbunden sein. Beispielsweise sind zwischen einander gegenüberliegenden Flächen der Platte **180** und der Kammer **10** ein O-Ring **182** und ein diesen umschließendes HF-Abschirmungselement **184** vorgesehen. Entsprechend sind zur Abdichtung der weiteren Komponenten O-Ringe und HF-Körbe zwischen einem Ende des Trichters **178** und der Platte **180** und dem anderen Ende des Trichters **178** und dem Zylinder **176** angeordnet. Aufgrund des intensiven, zwischen den beiden Elektroden **172**, **174** erzeugten Plasmas wird die Innenfläche des Zylinders **176** vom Plasma erodiert und der abnehmbar befestigte Zylinder **176** muss in regelmäßigen Abständen ersetzt werden.

[0056] Bevorzugt wird die Kammer über ein Schleusenventil von der Vakuumpumpenanordnung abgetrennt. Das Schleusenventil kann an der modularen Halterungsanordnung für die Vakuumpumpe befestigt sein oder kann unmittelbar eine Befestigung zur Kammer aufweisen. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung umfasst das Schleusenventil eine Platte, die sich von einer geöffneten Stellung weg von der Kammer zu einer geschlossenen Stellung bewegt, bei der die Platte in Dichtungsverbindung zur Kammer steht. Eine geeignete Schleusenkammer dieses Typs ist von der Schweizer Firma VAT erhältlich.

[0057] Es ist ferner möglich, ein Mantelelement in der Kammer zusammenzusetzen oder zu ersetzen. Beispielsweise ist es bei geöffneter Kammer möglich, ein Mantelelement aus einem mit dem Prozess kompatiblen Material über eine Zugangsöffnung in die Kammer einzuschieben und das Mantelelement mit geeigneten Befestigungsmitteln oder einfach durch das Anbringen einer Abdeckung an der Zugangsöffnung zu fixieren. Das Mantelelement kann geeignete Öffnungen aufweisen, die mit den unterschiedlichen Öffnungen in der Kammer fluchten. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung wird das Mantelelement mit Haltestiften in der Kammer getragen und über die modulare Halterungsanordnung für die Plasmaquelle fixiert. Das Material des Mantelelements kann jedes Vakuum und/oder prozesskompatible Material, beispielsweise ein Metall (z. B. Aluminium), ein dielektrisches Material (z. B. Quarz, Aluminiumoxid, Alumi-

umnitrid usw.), ein beschichtetes Material (z. B. anodisiertes Aluminium) usw. umfassen. Im Falle eines Mantelelements aus Metall kann dieses ungeerdet oder geerdet sein. Ferner kann das Mantelelement einen Temperaturregelmechanismus umfassen, beispielsweise ein oder mehrere Durchlässe für das Durchströmen mit einer Temperaturregelflüssigkeit, ein oder mehrere Heizelemente, beispielsweise ein oder mehrere Widerstandsheizelemente usw.

[0058] Die Gestaltung der Kammer erlaubt einen hohen Durchfluss des Prozessgases, während gleichzeitig der gewünschte Druck der Kammer aufrechterhalten wird. Eine solchermaßen hohe Durchflussrate wird durch die Gestaltung der Halterungseinrichtung mit einem an der Kammerwand befestigten Ausleger erreicht, wodurch im Wesentlichen eine symmetrische Gasströmung durch die Kammer ermöglicht wird und wodurch Bauraum an der Wandung gegenüberliegend zur Wandung, an welcher die Plasmaquelle angeordnet ist, freigegeben wird. Entsprechend kann ein großer Vakuumausslass zur Verfügung gestellt werden, mit einer Querschnittsfläche, die größer ist als die Querschnittsfläche des Substratträgers.

[0059] Der Substratträger wird zentral oder im Bereich des Zentrums der kreisringförmigen Vakuumkammer durch ein oder mehrere Tragarme, die sich von der Seitenwandung der Kammer aus erstrecken, gehalten. Der Tragarm ist bevorzugt an einer Seitenwandung des Substrathalters befestigt und weist eine kleinere Querschnittsfläche verglichen zur Tragfläche des Substrathalters auf, um Ungleichmäßigkeiten der Gasdurchströmung durch die Kammer zu minimieren, d. h. um eine gleichmäßige Ausströmung zu einem an einer Stirnwand der Kammer vorgesehenen Vakuumausslass zu ermöglichen. Um einen optimalen Durchfluss zu erzielen, wird die Fläche für den Durchflussbereich zwischen dem Substrathalter und der Wandungsinnenfläche der Kammer bevorzugt so gewählt, dass diese wenigstens dem 0,3-fachen, noch bevorzugter wenigstens dem 0,5-fachen Querschnittsfläche des Substrathalters und/oder des Vakuumausslasses entspricht und am meisten bevorzugt gleich oder größer als diese ist. Beispielsweise wird für eine Ausgestaltung der Erfindung die Durchflussfläche eine Flächengröße aufweisen, die dem 1- bis 2-fachen der Querschnittsfläche des Substrathalters entspricht. Ferner wird die Umfangsfläche des Tragarms, die am nächsten zur Ebene der exponierten Substratoberfläche liegt, stromabwärts verlagert, z. B. um wenigstens 1,3 cm (1/2 Inch), bevorzugt um wenigstens das 1/2-fache der Materialstärke des Tragarms.

[0060] Im Falle eines Substrathalters für einen 20 cm (8 Inch)-Halbleiterwafer, kann der Vakuumausslass eine große Öffnung, beispielsweise von 25 cm (10 Inch) bis 30 cm (1 Foot) für den Durchmesser,

aufweisen, wobei diese Öffnung durch ein Schleusenventil mit einer geeignet gewählten Größe verschlossen wird. Der Tragarm ist so ausgestaltet und größendimensioniert, dass die Asymmetrie der Pumpe minimiert wird. Beispielsweise kann ein kreisförmiger Tragarm mit einem Durchmesser von 5,1 cm (2 Inch) bis 7,6 cm (3 Inch) verwendet werden oder es kann ein nicht kreisförmiger Tragarm, beispielsweise ein länglicher oder rechteckiger Tragarm mit einem Querschnittsprofil verwendet werden, welches im Bereich von 5,1 cm bis 13 cm (2–5 Inch) bezüglich der Weite variieren kann.

[0061] Ein kreisringförmiger Spalt zwischen der Innenfläche der Seitenwandung der Kammer und der Umfangsfläche des Substrathalters weist bevorzugt eine Querschnittsfläche auf, welche jene des Wafers und/oder des Vakuumausslasses übersteigt. Beispielsweise kann für den Fall eines 20 cm (8 Inch)-Wafers der Substrathalter einen Gesamtdurchmesser von 30 cm (20 Inch) aufweisen und die Kammer hat einen Durchmesser von 46 cm (18 Inch). Für diesen Fall entsteht ein Durchflussbereich zwischen der Seitenwandung der Kammer und dem Substrathalter mit einer Weite von 3 Inch, wodurch eine kreisringförmige Durchgangsöffnung mit einer Querschnittsflächengröße von ungefähr 2,6 m² (140 square Inch) im Vergleich zur Querschnittsfläche des Substrathalters von ungefähr 7,81 m² (110 square Inch) entsteht.

[0062] Im Falle eines 30 cm (12 Inch)-Wafers wird, falls der Substrathalter einen Durchmesser von 36 cm (14 Inch) und die Kammer einen Durchmesser von 46 cm (18 Inch) hat, der kreisringförmige Strömungsbereich bezüglich der Querschnittsfläche (ungefähr 6,45 m² (100 square Inch)) kleiner sein als jene des Substrathalters (ungefähr 14,52 m² (150 square Inch)). Während eine solche Kammergestaltung eine vorteilhafte Gasdurchströmung für einige Anwendungen bereitstellt, wird ein verbesserter hoher Durchfluss bei niedrigen Drücken dadurch erzielt, dass die Größe des Substrathalters verringert wird und/oder die Größe der Kammer erhöht wird, z. B. durch Verkleinern des Substrathalters, beispielsweise auf eine Größe kleiner als ungefähr 32 cm (12,5 Inch) für den Durchmesser, und/oder durch Vergrößern der Kammer, beispielsweise auf einen Durchmesser von ungefähr 51 cm (20 Inch).

[0063] Der Durchströmungsbereich zwischen dem Substrathalter und dem Vakuumausslass weist bevorzugt eine größere Flächengröße als der kreisringförmige Durchflussbereich zwischen dem Substratträger und der inneren Seitenwandung der Kammer auf. Sind beispielsweise die Innenwandung der Kammer und der Substrathalter durch einen kreisringförmigen Spalt getrennt, der eine Breite von 8 cm (3 Inch) aufweist, wird der Abstand zwischen der Stirnwand des Substrathalters und dem Vakuumausslass bevorzugt

8 cm (3 Inch) übersteigen, z. B. 10 cm oder mehr (4 Inch oder mehr). Um den Durchströmungsbereich zwischen dem Substrathalter und dem Vakuumausslass zu vergrößern, kann die Umfangsfläche der Stirnwand des Substrathalters, die dem Vakuumausslass gegenüber liegt, abgerundet oder abgeschrägt werden und/oder die Öffnung in der Stirnwand der Kammer, in welcher der Vakuumausslass angeordnet ist, kann gerundet oder abgeschrägt werden.

[0064] Durch die voranstehend genannten Größenverhältnisse kann eine Druckvariation über die gesamte, exponierte Fläche des Substrats, etwa eines 20 cm (8 Inch) oder 30 cm (12 Inch)-Wafers von weniger als 10 %, bevorzugt weniger als 5 % und am meisten bevorzugt von weniger als 1 % erzielt werden, während gleichzeitig der Kammerdruck von kleiner als 13,33 Pa (100 mTorr), z. B. 0,13–6,66 Pa (1–50 mTorr) aufrecht erhalten wird. Die Pumpleistung im Bereich der Substratoberfläche ist typischerweise der halbe Wert (z. B. 1000 l/sec.) der Pumpgeschwindigkeit (z. B. 1000 l/sec.) der Vakuumpumpe. Ferner wird der Druck an der Substratoberfläche von der Menge des Prozessgases abhängen, die in die Kammer einströmt und von der Fähigkeit der Vakuumpumpe das dissoziierte Gas von der Kammer abzusaugen. Beispielsweise wird die Vakuumpumpe für den Fall einer Vakuumpumpe mit einer Pumpgeschwindigkeit von 1000 m/sec. bei einem Zustrom von 80 sccm Prozessgas und bei einer im Wesentlichen Verdoppelung des Gasvolumens aufgrund der Dissoziation des Gases im Plasmazustand nur ein Vakuum von ungefähr 0,26 Pa (2 mTorr) in der Kammer zur Verfügung stellen. Da einige Prozesse einen Prozessgaszustrom von 200 bis 300 sccm verwenden, wird nach dem Dissoziieren und Verdoppeln des Gasvolumens die Vakuumpumpe nur einen Vakuumdruck von ungefähr 0,8 Pa (6 mTorr) einstellen können.

[0065] Wie in [Fig. 10](#) gezeigt, kann die Abschattungsfläche für die Vakuumprozessvorrichtung **10** mittels einer schräg verlaufenden Seitenwandung, an der der Substrathalter **70** abgestützt wird, reduziert werden. Beispielsweise kann anstatt einer Erstreckung senkrecht zur Seitenwandung **190** der Tragarm **80** eine Winkelstellung zwischen dem Substratträger **70** und einer nicht vertikal verlaufenden Seitenwandung **190** einnehmen. Aufgrund der verringerten Größe des unteren Endes der Kammer ist es möglich, einen Zugang zur gesamten Peripherie des den Substratträger umgebenden Kammerbereichs zu erlangen.

[0066] Während die Erfindung detailliert im Zusammenhang mit bevorzugten Ausgestaltungen dargelegt wurde, ist es für einen Fachmann offensichtlich, dass eine Vielzahl von Änderungsmöglichkeiten besteht und Äquivalente angewandt werden können, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen, die

durch die nachfolgenden Ansprüche festgelegt wird.

Patentansprüche

1. Vakuumprozesskammer-Einrichtung, umfassend:
einen Substrathalter (**70**), der im Innenraum (**30**) einer Vakuumprozesskammer (**10**) gehalten ist;
eine Öffnung (**14**) in einer Seitenwandung (**12**) der Kammer, wobei die Öffnung so angelegt ist, dass der Substrathalter aus der Kammer durch die Öffnung entfernt werden kann; **dadurch gekennzeichnet**, dass

eine einen Ausleger umfassende Halterungsanordnung (**90, 80**), die sich durch die Öffnung hindurch streckt und den Substrathalter austauschbar in lateraler Richtung in einer hängenden Stellung im Inneren der Kammer mit einem Abstand zu den Innenwandungen (**32**) der Kammer abstützt, wobei der Substrathalter (**70**) eine Halterungseinrichtung (chuck) (**72, 120**) umfasst, die das Halbleitersubstrat auf der Tragfläche des Substrathalters befestigt und wobei die Kammer eine Prozesskammer für ein Plasma hoher Dichte ist, in welcher eine Vakuumpumpe mit einer Pumpgeschwindigkeit von 1000 l/sec bis 3000 l/sec Gase aus dem Innern der Kammer entfernt und wobei das Plasma in einer Region, die an den Substrathalter angrenzt, ausgebildet wird.

2. Vakuumprozesskammer nach Anspruch 1, ferner umfassend eine modulare Plasmaquelle (**40**) und eine modulare Vakuumpumpenanordnung (**100**), wobei der Substrathalter (**70**) und die Halterungsanordnung (**90, 80**) ein Modul bilden und wobei die modulare Plasmaquelle mit einer anderen modularen Plasmaquelle austauschbar ist und wobei die modulare Vakuumpumpenanordnung mit einer anderen modularen Vakuumpumpenanordnung austauschbar ist und der modulare Substrathalter mit einem anderen modularen Substrathalter austauschbar ist.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Kammer einen Vakuumausslass (**20**) in einem zentralen Bereich der Stirnwand der Kammer umfasst, wobei die Stirnwand vom Substrathalter durch einen offenen Bereich beabstandet ist und wobei der Vakuumausslass mit der Vakuumpumpe verbunden ist, die so ausgelegt ist, dass Gase aus dem Innern der Kammer entfernt werden und der Kammerdruck unterhalb von 13,33 Pa gehalten wird.

4. Verfahren nach wenigstens einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei die Halterungsanordnung einen Halterungsflansch (**90**) und einen Tragarm (**80**) umfasst, wobei der Halterungsflansch an der Außenfläche der Kammer befestigt wird und der Tragarm an einem Ende mit dem Halterungsflansch und am gegenüberliegenden Ende mit dem Substrathalter verbunden ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei der Halterungsflansch einen Passbereich (92) umfasst, der in die Öffnung (14) in der Seitenwandung (12) der Kammer eingepasst ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Öffnung (14) so konisch ausgebildet ist, dass sich die Durchgangsgröße der Öffnung in Richtung auf das Innere der Kammer hin verringert und im Passbereich so geneigt ist, dass die sich berührenden Oberflächen der Öffnung und des Passbereichs eine konische Passung ausbilden.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Kammer eine innere zylindrische Fläche umfasst, die den Substrathalter umgibt und die Öffnung in der Seitenwandung der Kammer sich durch die zylindrische Fläche hindurch erstreckt und der Passbereich des Halterungsflanschs eine gekrümmte Oberfläche umfasst, die zum Inneren der Kammer hin weist, wobei die gekrümmte Oberfläche Kanten aufweist, die zu den Kanten der Öffnung (14) in der zylindrischen Fläche ausgerichtet sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei der Umfangsbereich des Substrathalters von der Innenfläche der Seitenwandung der Kammer durch einen gleichmäßigen kreisringförmigen Spalt getrennt ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei der äußere Umfangsbereich des Tragarms (80) einen Abstand in senkrechter Richtung zur Tragfläche des Substrathalters aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei der Tragarm eine Vielzahl von sich durch diesen hindurch erstreckende Kanäle für Betriebsmedien (82–86) umfasst, die so ausgebildet sind, dass wenigstens eines der Betriebsmedien – gasförmiges Kühlmittel, flüssiges Kühlmittel, Hochfrequenzenergie und Druckluft – dem Substrathalter zugeführt oder von diesem zurückgeführt wird.

11. Vorrichtung nach einem der vorausgehenden Ansprüche, ferner umfassend einen Auslass (20) für das Evakuieren der Kammer, wobei der Auslass in einer Stirnwand der Kammer ausgebildet ist, die vom Substrathalter (70) durch einen offenen Bereich getrennt ist, wobei der Substrathalter von der Seitenwandung (12) der Kammer durch einen kreisringförmigen Spalt getrennt ist.

12. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorausgehenden Ansprüche, wobei der Substrathalter (70) eine abnehmbare Abdeckkappe umfasst, welche einen elektrostatischen Halter (electrostatic chuck) (120) beinhaltet.

13. Verfahren zur Prozessierung eines Substrats

in einer Vakuumprozesskammer, umfassend einen Substrathalter (70) mit einer Halterungseinrichtung (chuck) (72, 120) zum Befestigen eines Halbleiters während dessen Prozessierung, wobei die Prozesskammer eine Öffnung (14) in einer Seitenwandung (12) umfasst und die Öffnung groß genug ist, um das Entfernen des Substrathalters (70) durch diese hindurch aus der Kammer heraus zu ermöglichen und eine einen Ausleger umfassende Halterungsanordnung (90, 80) sich durch die Öffnung hindurch erstreckt und den Substrathalter in lateraler Richtung im Innern der Kammer austauschbar in einer hängenden Stellung mit Abstand zu den Innenwandungen (32) der Kammer abstützt und eine Auslassöffnung (20) zur Evakuierung der Kammer vorgesehen ist, wobei das Verfahren folgendes umfasst:

Zuführen eines Substrats zur Prozesskammer zu einer Tragfläche des Substrathalters (70);

Befestigen des Substrats auf der Tragfläche des Substrathalters mit Hilfe einer Halterungseinrichtung (chuck); und

Prozessieren des Substrats mittels eines energetisch angeregten, in einen Plasmazustand überführten Gases, wobei die exponierte Oberfläche des Substrats einer Strömungsrate von größer 500 Liter/Sekunde bei einem Druck, der über den Verlauf der exponierten Oberfläche weniger als 5 schwankt, ausgesetzt ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

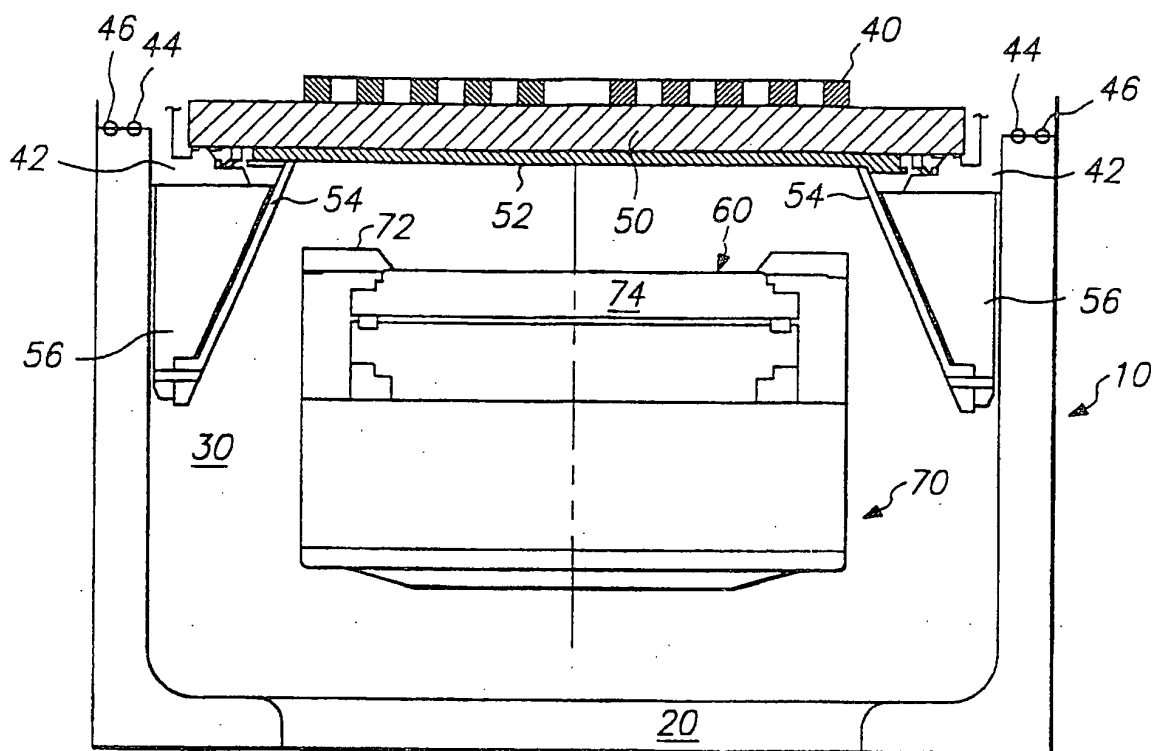


FIG. 1

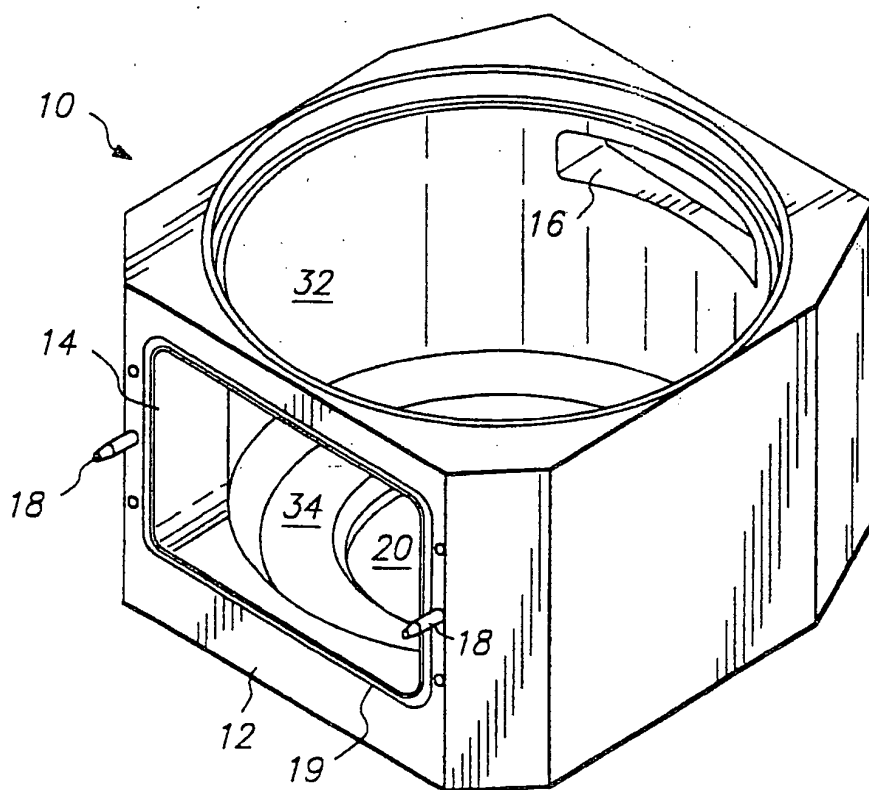
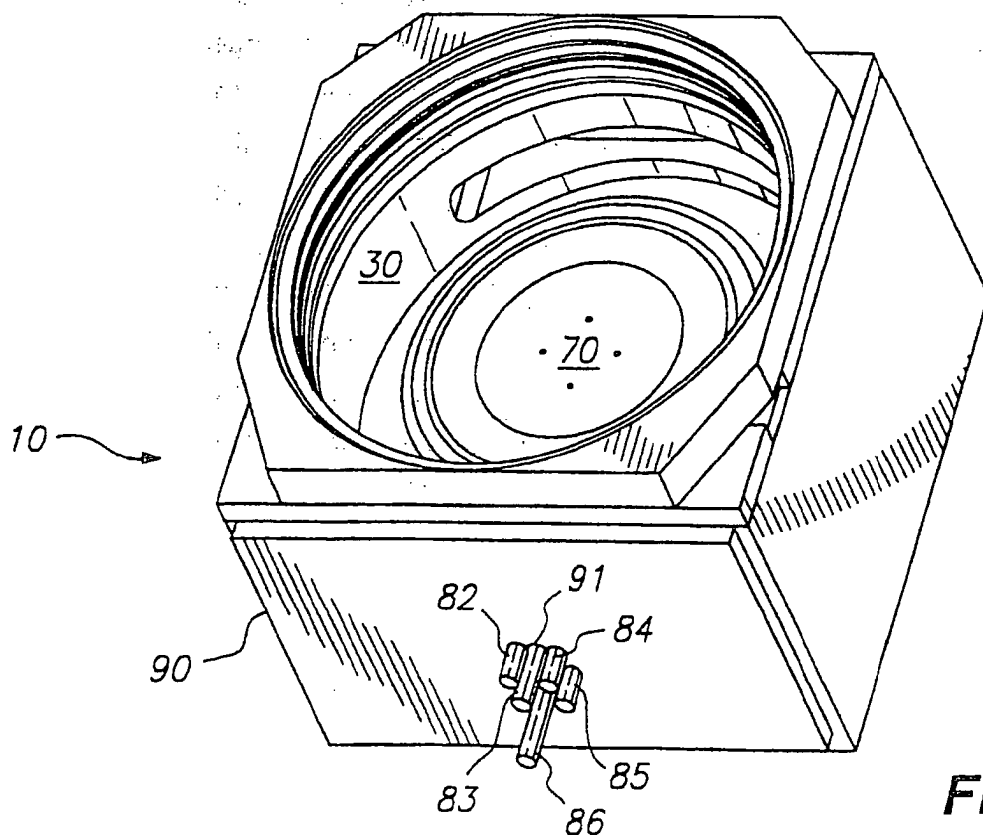
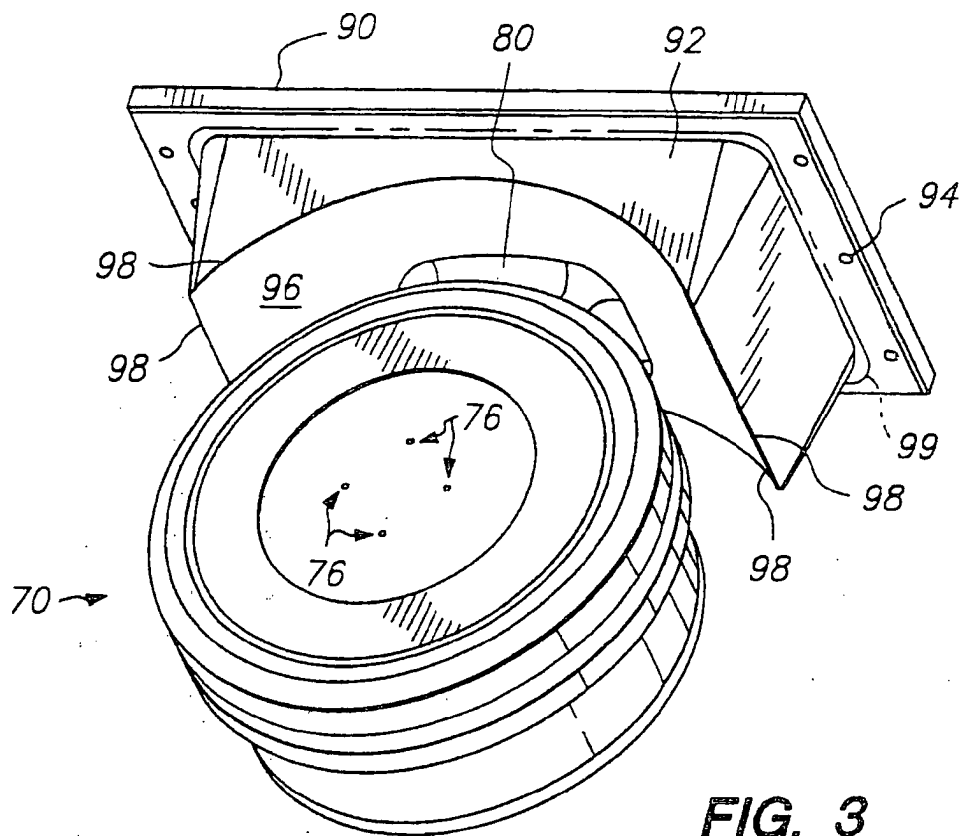


FIG. 2



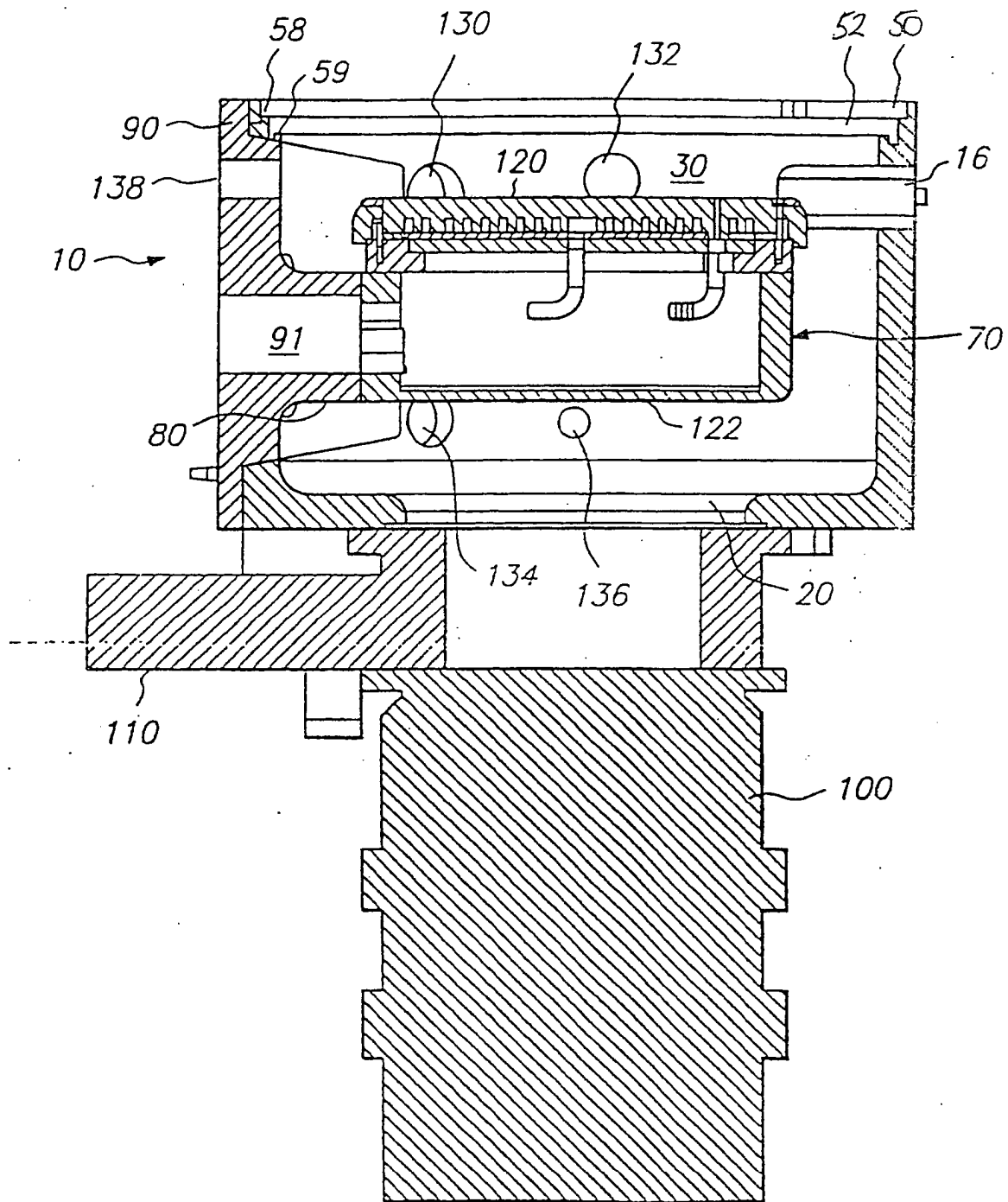


FIG. 5

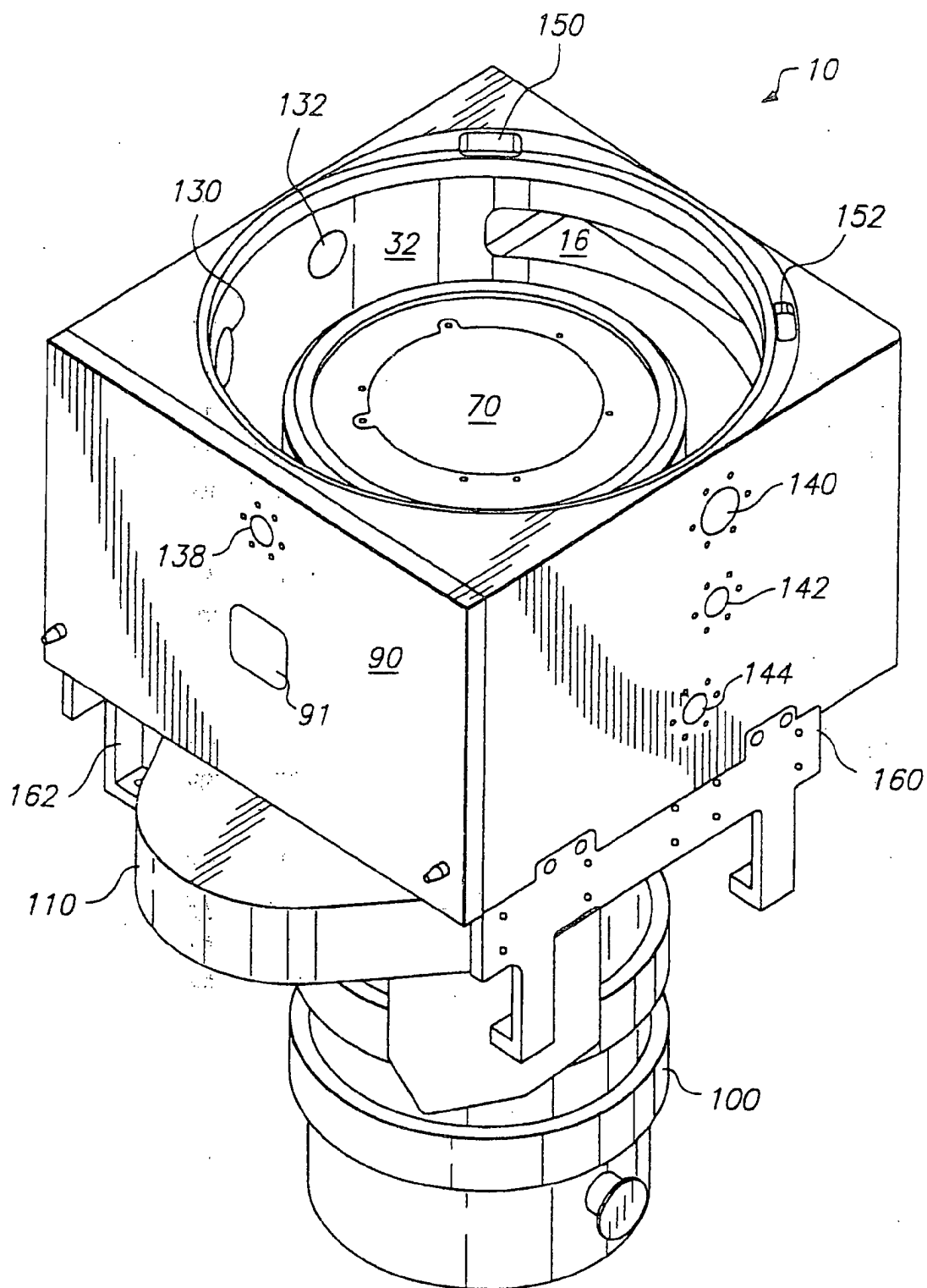


FIG. 6

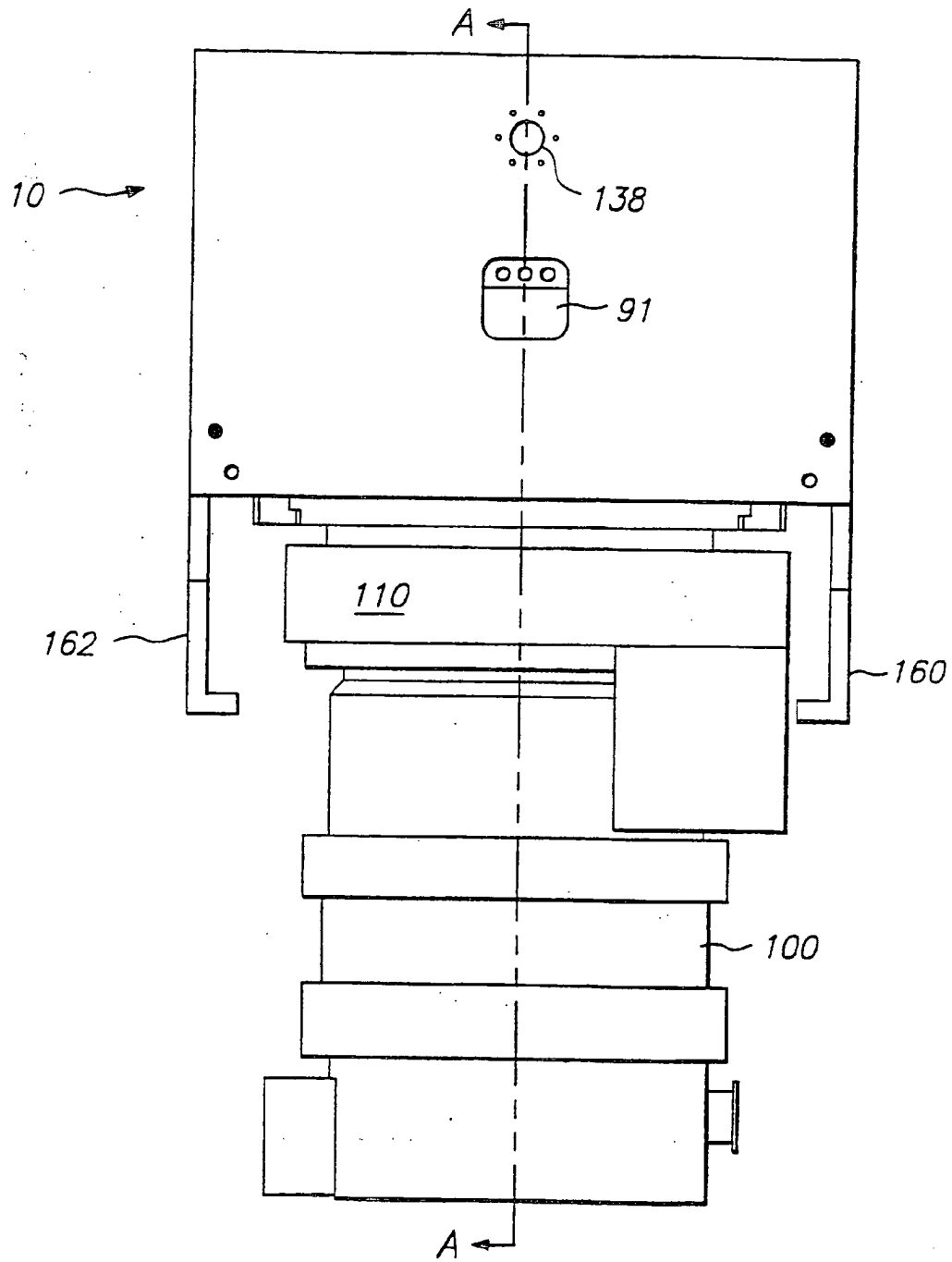


FIG. 7

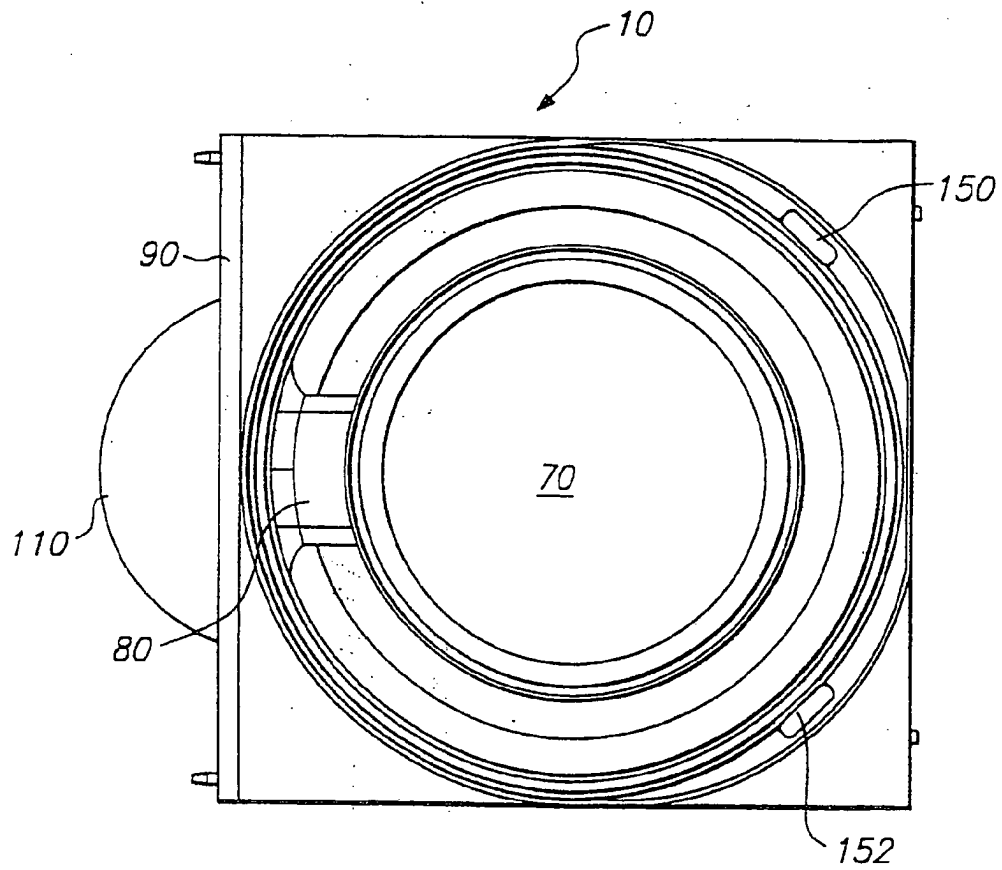


FIG. 8

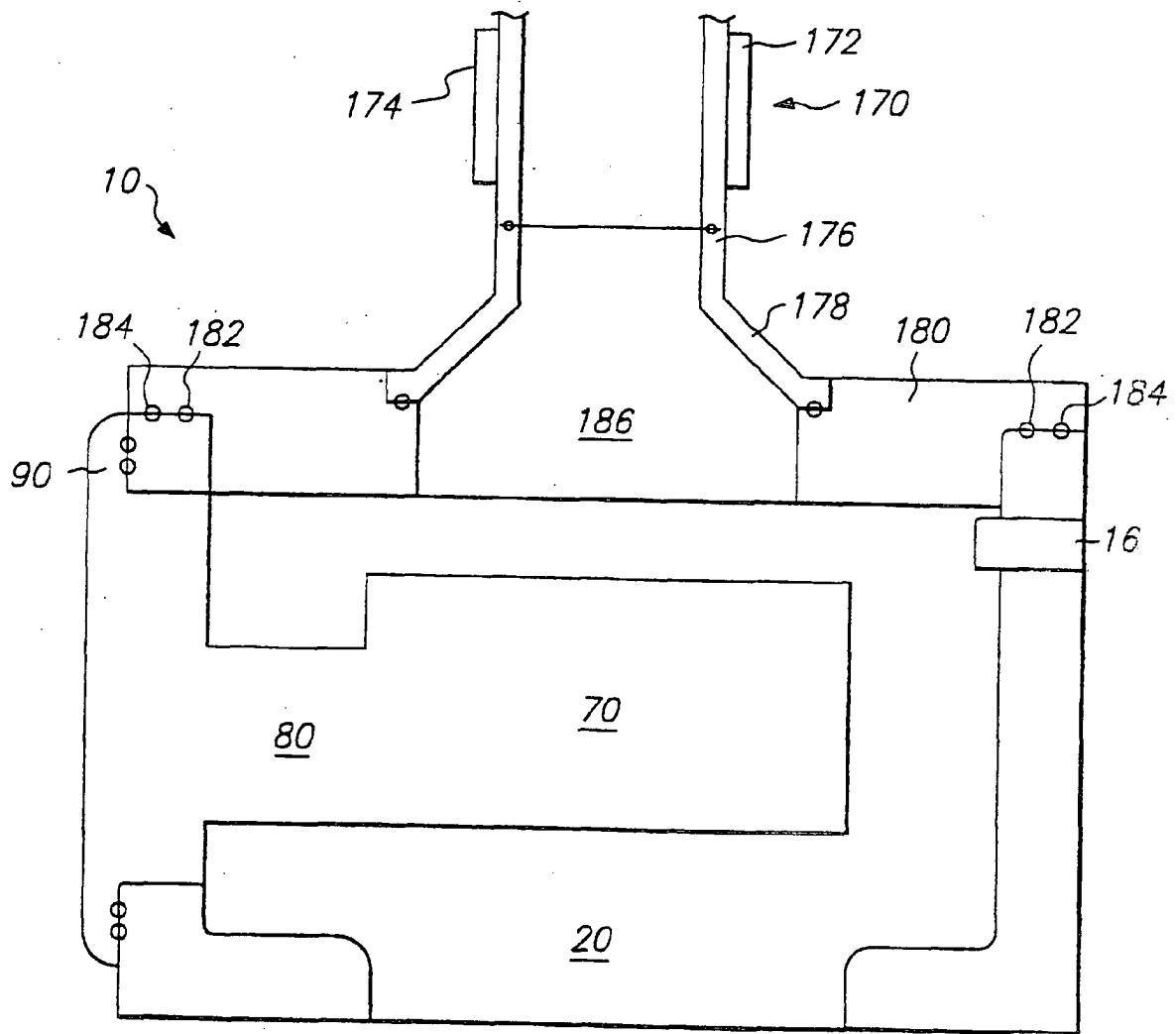


FIG. 9

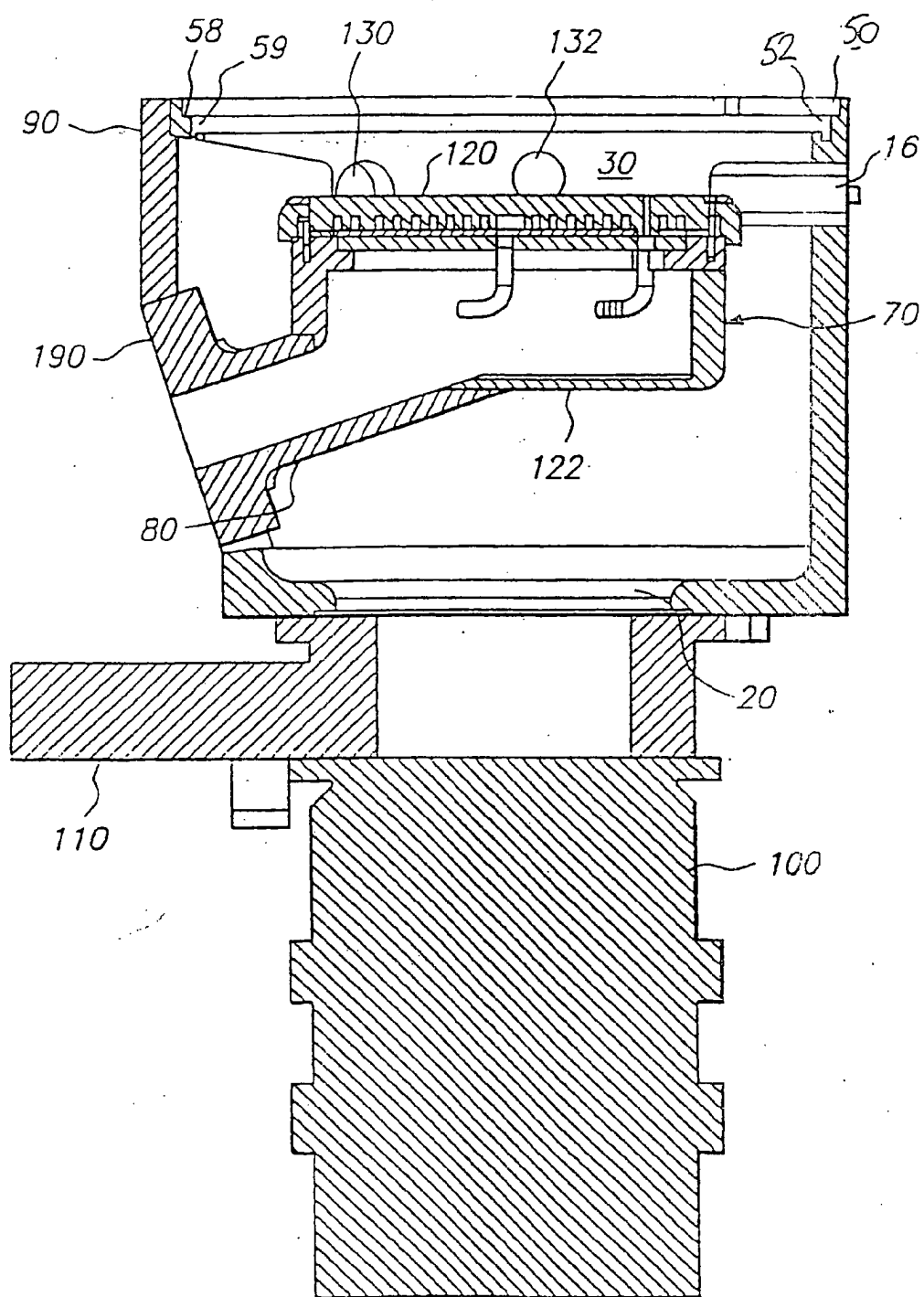


FIG. 10