



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 696 32 597 T2 2005.06.09

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 050 602 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 696 32 597.7

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 202 098.0

(96) Europäischer Anmeldetag: 01.08.1996

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 08.11.2000

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 26.05.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 09.06.2005

(51) Int Cl.⁷: C23C 16/44

C23C 16/46, C23C 16/48, B01J 3/00,

C23C 16/455

(30) Unionspriorität:

1863 P	03.08.1995	US
549461	27.10.1995	US
637616	25.04.1996	US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT, NL

(73) Patentinhaber:

ASM America Inc., Phoenix, Ariz., US

(72) Erfinder:

Wengert, John F., Jacksonville, Oregon 97530, US;
Jacobs, Loren R., Mesa, US; Halpin, Michael W.,
Phoenix, US; Foster, Derrick W., Scottsdale, US;
Van Der Jeugd, Cornelius A., Portland, Oregon
97229, US; Vyne, Robert M., Gilbert, Arizona
85296, US; Hawkins, Mark R., Gilbert, US

(74) Vertreter:

Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65183
Wiesbaden

(54) Bezeichnung: Prozesskammer mit innerer Tragstruktur

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 eingereicht, 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 Prozeß- bzw. Behandlungskammern für die chemischen Gasphasenabscheidung bzw. für das Chemical-Vapor-Depositions-Verfahren (CVD-Verfahren) oder zur anderen Behandlung von Halbleiterwafern und dergleichen. Die Erfindung betrifft insbesondere eine Behandlungskammer, die geeignet ist, mit hoher Temperatur verbundenen Belastungen und Niederdruckbehandlungen zu widerstehen, und welche verbesserte Wafer-temperaturgleichförmigkeit und Gasfließmerkmale hat.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Behandlungskammern zur thermischen Behandlung von Halbleiterwafern sind wünschenswert aus Quarz (Quarzglas) oder ähnlichem Material hergestellt, da Quarz im wesentlichen für Strahlungsenergie transparent ist. Somit können Heizstrahler neben der Außenseite der Kammer positioniert sein, und ein gerade in der Kammer behandelter Wafer kann auf erhöhte Temperaturen erwärmt werden, ohne daß die Kammerwände auf dasselbe Niveau erwärmt werden. Andererseits ist Quarz wünschenswert, da es sehr hohen Temperaturen widerstehen kann. Quarz ist auch wünschenswert, da es wegen seiner inerten Merkmale befähigt ist, Qualitätsverlust durch verschiedene Behandlungsgase zu widerstehen und wegen seiner hohen Reinheitsmerkmale.

[0003] Für Anwendungen, in welchen der Druck innerhalb einer Quarzkammer viel weiter reduziert werden soll als der Umgebungsdruck, werden zylindrische oder sphärische Kammern von Standpunkt des Widerstandes aus bevorzugt, da ihre gekrümmten Oberflächen am besten der nach innen gerichteten Kraft widerstehen können. Wenn jedoch ein flacher Wafer für die Zwecke des CVD-Verfahrens positioniert wird, wobei die Depositionsgase parallel zu dem Wafer fließen, ist es wünschenswert, daß sich die Kammerwand parallel zu der zugekehrten flachen Oberfläche des Wafers befindet, um gleichmäßige Deposition bzw. Niederschlag auf der Waferoberfläche zu erhalten. Gleichförmiger Niederschlag ist entscheidend für das Erhalten einer hohen Ausbeute von annehmbaren Produkten, die aus einem solchen Wafer hergestellt werden sollen. Jedoch wird eine flache Wand bei reduziertem inneren Druck früher nach innen einbrechen als eine nach außen konvexe Wand gleicher Größe und Dicke.

[0004] Um mit den nach innen gerichteten Kräften auf Kammern mit flacher Wand fertig zu werden, wurden Bolzen bzw. Keile auf der Außenwand der Wände vorgesehen, die sich im wesentlichen senkrecht zu den Wänden erstrecken, mit welchen sie verbun-

den sind, wie in dem US-Patent Nr. 4,920,918 gesehen werden kann. Dieses Patent zeigt auch Bolzen auf der Außenseite einer Kammer mit nach außen konvexen, elliptischen oberen und unteren Wänden, die einen großen Krümmungsradius haben, womit so ein etwas flacher, aber gekrümmter Aufbau geschaffen wird. Dieser Kompromiß schafft etwas zusätzlichen Widerstand der gekrümmten Wände, während die Gleichmäßigkeit des Niederschlags nicht nennenswert beeinflußt wird. Ein deutlicher Nachteil eines solchen Aufbaus besteht darin, daß die äußeren Bolzen das Positionieren von Heizstrahlerlampen außen erschweren und stören. Darüber hinaus erhöhen die Komplexität und die Masse der Quarzbolzen die Material- und Herstellungskosten.

[0005] Natürlich können flache Wände dicker hergestellt werden, um den Widerstand zu erhöhen, das aber schafft zusätzliche Kosten und beeinflußt die Erwärmungs- und Kühlungsmerkmale der Kammer nachteilig.

[0006] Das US-Patent Nr. 5,085,887 beschreibt eine Kammer, welche eine kreisrunde, leicht domartig gewölbte oder gekrümmte obere Kammerwand aufweist, um die Belastung verringerten Kammerdruckes aufzunehmen. Die kreisrunde Wand ist mit einem stark verdickten Umfangsflansch versehen, der radial die obere Wand begrenzt, um die gewölbte Wand zu veranlassen, sich aufgrund der Wärmeausdehnung nach außen zu biegen, wobei sie hilft, dem äußeren Umgebungsdruck bei Vakuumanwendungen zu widerstehen. Die Kammer erfordert einen komplexen Mechanismus zum Klemmen der verdickten äußeren Flansche der oberen und unteren Kammerwände.

[0007] Aufgrund der mit thermisch aktivierten CVD-Verfahren verbundenen hohen Temperaturen erhitzen sich die Wände der Behandlungskammer auf einen bestimmten Grad, und chemische Partikel werden darauf abgeschieden. Diese Partikel können ernsthafte Probleme bezüglich der Reinheit des sich ergebenden behandelten Wafers verursachen. Als Ergebnis wurden große Anstrengungen unternommen, um die Bildung von Partikelsubstanz auf Reaktionskammerwände zu verringern. Eine Lösung besteht darin, die Innenseiten der Behandlungskammern periodisch zu ätzen, um die Partikelsubstanz zu entfernen, bevor sie sich auf ein schädliches Niveau ansammelt. Unglücklicherweise benötigen Quarzbehandlungskammern aufgrund ihrer hohen Durchlässigkeit für Strahlungswärme eine lange Zeit zum Aufheizen. Diese periodischen, langsamen Ätzzyklen verringern somit den maximalen Durchsatz der Maschine.

[0008] Es wurden auch Versuche unternommen, das Gasfließprofil parallel über den zu behandelnden Wafer zu steuern, um einen gleichförmigeren Nieder-

schlag zu bilden. Zum Beispiel beschreibt das US-Patent Nr. 5,221,556 ein System, in welchem die Öffnungen durch einen Gaseinlaßverteiler in der Größe variiert sind, um zu erlauben, daß mehr Gas durch einen Abschnitt strömt, in typischer Weise den mittleren Abschnitt, im Gegensatz zu anderen. Das US-Patent Nr. 5,269,847 weist Ventile zum Einstellen von Paaren von Gasströmen auf, welche in eine Anzahl von unabhängigen Strömen münden, die seitlich aufstromig des zu behandelnden Wafers aufgeteilt sind. Dieses System betont die Wichtigkeit der getrennten Kanalbildung der verschiedenen Gasströme gerade bis vor die Vorderkante des Wafers, um vorzeitiges Mischen zu verhindern und größere Steuerung bzw. Kontrolle über die Fluß- und die Konzentrationsprofile des Reaktands bzw. Reaktionspartners und der Trägergase durch den Wafer zu ermöglichen.

[0009] Ein anderes Problem, welches nicht ausreichend in dem Stand der Technik angesprochen wurde, ist das der Rückführung des Behandlungsgases in parallelen Strömungsreaktoren. Genauer, nachdem das Gas parallel über den Wafer und den Suszeptor gelaufen ist, kann es Temperaturgradienten zwischen dem heißen Suszeptor und den kälteren Kammerwänden erfahren. Dies kann zu Rückführungen führen, da das Gas gegen die Wände steigt und anschließend gekühlt wird. Auch kann der Gasstrom in der Nähe einer Auslaßleitung eingeengt sein, was Turbulenz und Rückführungen hervorrufen kann. Rückführungen von jeder Quelle können aufstromig wandern, um die Gleichförmigkeit des Stromes in dem Bereich des Wafers zusammenzupressen bzw. zu verdichten, womit so die Gleichförmigkeit des Filmniederschlags verringert wird.

[0010] Zusätzlich ist der Temperaturgradient über den Wafer von der vorderen Kante zu der hinteren Kante nicht gleichmäßig. D. h., die Temperatur des Gases wird primär durch seine Nähe zu dem Wärme absorbierenden Suszeptor unterhalb des Wafers bestimmt. Wenn sich das Gas dem Suszeptor nähert und über diesen geht, heizt es sich ziemlich schnell auf eine maximale Temperatur gegen die abstromige Kante des Suszeptors auf und fällt dann ab, nachdem es über diesen Punkt gelaufen ist. Diese Temperaturungleichheit kann ferner die Gleichförmigkeit des Filmniederschlags negativ beeinflussen.

[0011] EP-A-0 605 725 beschreibt eine Quarzkammer mit einem ersten Suszeptor zum Halten eines Wafers und einem zweiten Suszeptor, der aus Quarz hergestellt ist und den ersten Suszeptor umgibt. Zweck des zweiten Suszeptors ist es, die Oberfläche des Wafers mit dem Kammerboden bündig zu machen, mit der Aufgabe zur Verbesserung des Gasflusses durch die Kammer.

[0012] Dieser Gegenstand wird auch in der US-A-5,336,327 angesprochen, welche eine Kam-

mer beschreibt mit einer drehbaren Plattform zum Halten eines Wafers auf dem Boden der Kammer. Eine Graphitplatte, „Suszeptor“ genannt, umgibt die Plattform und liegt über dem Kammerboden. Die Platte erwärmt das über sie strömende Gas und hat auch eine konkave Vorderkante, welche die Geschwindigkeit des Gasflusses durch die Kammer beeinflußt, um eine gleichmäßige Niederschlagsgeschwindigkeit auf dem Wafer zu geben.

[0013] US-A-4,836,138 betrifft die Schaffung eines Heizsystems für ein chemisches Gasabscheidungssystem (CVD-System), welches eine Kammer aufweist mit einem Suszeptor zum Halten eines Wafers, der von einem festen Ring umgeben wird. Dieser Ring enthält eine Anzahl von Temperatursensoren und wird zusammen mit dem Suszeptor von dem Heizsystem erwärmt. Die Sensoren fühlen deshalb die Temperatur um den Suszeptor herum ab, und diese Information wird zur Steuerung des Heizsystems verwendet.

[0014] In der EP-A-0 638 932 wird ein Verfahren der Ätzreinigung einer CVD-Kammer beschrieben. Die Kammer hat Quarzwände und Heizlampen und weist einen Suszeptor zum Anordnen eines Wafers in der Mitte der Kammer auf. Der Suszeptor ist von einem Graphit- oder Quarzvorheizring umgeben, dessen Zweck es ist, den Wärmeverlust von dem Suszeptor dadurch zu steuern, daß ein Spalt zwischen dem Suszeptor und den Quarzwänden abgedichtet wird.

[0015] Es besteht der Bedarf für eine verbesserte Kammer für die Zwecke von CVD-Verfahren und andere Verfahren mit hohen Temperaturen, welche aus Quarz oder ähnlichen Materialien hergestellt werden kann und dennoch den Belastungen widersteht, die mit Verfahren bei verringertem Druck verbundenen sind. Es besteht auch ein Bedarf für eine gleichmäßige Temperatur- und Fließumgebung, welche den Wafer umgibt, um auf diesem gleichförmigeren Niederschlag sicher zu stellen. Auch wird ein stärker reagierendes Flußsteuersystem benötigt. Schließlich besteht der Bedarf für ein energiewirksames CVD-System mit höherem Durchsatz.

Zusammenfassung der Erfindung

[0016] Ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung richtet sich auf eine Abscheidevorrichtung mit einer Prozeßkammer mit einer oberen Wand und einer Bodenwand, welche von der oberen Wand im Abstand angeordnet ist, wobei die Wände im wesentlichen transparent für Strahlungswärmeenergie aus Heizlampen sind, welche zu der Kammer gehören; einem Temperaturkompensationsring, der im Abstand zwischen der oberen und der Bodenwand in der Kammer angeordnet ist, eine Innenkante hat, die eine im allgemeinen kreisförmige Öffnung bestimmt, und aus einem Material hergestellt ist, welches ein besserer

Absorber für Strahlungswärmenergie ist als die Kammerwände; und einem Suszeptor, der in der kreisförmigen Öffnung angeordnet und geeignet ausgestaltet ist, um einen Halbleiterwafer für die Behandlung in der Kammer zu halten; dadurch gekennzeichnet, daß der Ring eine im allgemeinen rechteckige äußere Kante hat.

[0017] Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Erfindung richtet sich auf einen Temperaturkompensationsring für die Verwendung in einer Abscheidekammer mit äußeren Wänden, die im wesentlichen transparent für Strahlungswärmenergie von Heizlampen sind, welche zu der Kammer gehören, wobei der Ring eine Innenkante hat, welche eine im allgemeinen kreisförmige Öffnung bestimmt für die Aufnahme eines Suszeptors mit geeigneter Ausgestaltung, um einen Halbleiterwafer für die Behandlung in der Kammer zu halten, wobei der Ring eine im allgemeinen rechteckige äußere Kante hat, um sich in der Kammer neben eine Kammereinlaßoberfläche einzufügen, wobei der Ring aus einem Material hergestellt ist, welches ein besserer Absorber ist für Strahlungswärmenergie als die äußeren, die Kammer bildenden Wände, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring einen inneren und im allgemeinen hohlen Abschnitt hat mit geeigneter Ausgestaltung, um einen oder mehrere Temperatursensoren aufzunehmen.

[0018] Die Prozeß- bzw. Behandlungskammer hat dünne obere und untere gekrümmte Wände, welche einen abgeflachten Aufbau bilden. Die oberen und unteren gekrümmten Wände haben eine konvexe äußere Oberfläche und eine konkave innere Oberfläche. Diese Wände sind an ihren Seitenkanten mit Seitenschienen verbunden, womit so der Kammer ein im allgemeinen abgeflachter ellipsoidischer oder linsenförmige Querschnitt gegeben wird, wobei die innere Höhe der Kammer geringer ist als die Breite oder der Abstand zwischen den Seitenwänden. Ein innerer Träger, der sich quer über die Seitenschienen erstreckt und mit diesen verbunden ist, schafft den Widerstand, der nötig ist, das Zusammenbrechen der Kammer zu verhindern, wenn in einer Weise gearbeitet wird, in welcher sich das Innere der Kammer unter einem Druck befindet, der geringer ist als der außerhalb der Kammer.

[0019] Die oberen und unteren Wände der Kammer haben im allgemeinen rechtwinklige Gestalt, und die im Abstand gehaltenen Seitenschienen erstrecken sich längs der Wände. Dies erzeugt einen verlängerten Aufbau. Der innere Träger hat die Form einer Platte, welche einen Einlaßabschnitt aufweist, der sich zu einem Einlaßflansch erstreckt, und einen Auslaßabschnitt, der sich zu einem Auslaßflansch erstreckt, wobei sich zwischen den zwei Abschnitten eine große Öffnung befindet. Die Trägerplatte teilt im wesentlichen die Kammer in einen oberen und einen unteren Bereich. Ein Suszeptor ist in der Öffnung in

der Platte positioniert und auf einem Schaft getragen, der sich durch ein Rohr erstreckt, das von der unteren Wand der Kammer abgehängt ist. Ein Halbleiterwafer oder ein anderes zu behandelndes Element kann durch den Einlaßflansch eingeführt und auf dem Suszeptor getragen werden, der nahezu mit dem Einlaßabschnitt der Trägerplatte ausgerichtet ist, so daß Prozeß- bzw. Behandlungsgase glatt über den Einlaßträgerplattenabschnitt und quer über die Oberfläche des zu behandelnden Wafers fließen können. In dieser Hinsicht ist der obere Bereich der Kammer vorzugsweise ausschließlich für die Aufgabe der Waferbehandlung bestimmt.

[0020] Die oberen und unteren Wände der Kammer sind vorzugsweise aus Quarz hergestellt und durch Schneiden von Segmenten aus einem zylindrischen Rohr mit großem Durchmesser aufgebaut oder anderweitig zu krummlinigen Platten geformt. Diese Segmente sind zu Seitenwänden geschweißt, die zu Gestaltungen geformt oder geschnitten sein können, um das Schweißen an die Kanten der oberen und unteren Wände zu erleichtern. Es ist auch möglich, aber nicht bevorzugt, diesen Aufbau mit Elementen zu bilden, welche elliptische, parabolische oder abgesackte Plattenquerschnitte haben, die nicht genau durch einfache kreisrunde, elliptische oder parabolische Geometrien bestimmt sind.

[0021] Die Trägerplatte ist auch vorzugsweise aus Quarz hergestellt und mittig zwischen den oberen und unteren Wänden angeordnet, so daß die Belastung auf diese Wände gleichmäßig ist.

[0022] Die beschriebene Kammer hat somit die Vorteile, der Behandlung mit verringertem Druck widerstehen zu können, als eine einstückige Einheit hergestellt zu sein und keine äußeren Trägerelemente zu benötigen, welche das Positionieren von Heizstrahlern zur Übertragung von Strahlungsenergie durch die dünnen oberen und unteren Quarzwände stören. Auch die innere Trägerplatte stört nicht den Strom des Behandlungsgases durch die Kammer; und tatsächlich trägt sie dazu bei, den gewünschten Gasstrom durch Leiten eines größeren Gasstromes in der Mitte des Fließweges als an den Kanten zu schaffen. Ferner stört der innere Träger nicht das Einführen oder Entnehmen von Wafern, Suszeptoren oder Suszeptorringen in bzw. aus der Kammer.

[0023] Die Vorrichtung kann eine Opferquarzplatte haben mit einem horizontalen Abschnitt und einer vertikalen Lippe, welche sich in die Öffnung dicht neben die aufstromige Kante der Öffnung erstreckt, um die Dampfabscheidung auf der Halterung und die Entglasung der Halterung minimal zu machen. Der horizontale Abschnitt der Quarzplatte kann auf der Halterung sitzen. Die aufstromige Kante der Öffnung kann gekrümmt sein, und die vertikale Lippe kann gekrümmt sein, um zu dem gekrümmten Abschnitt der

Öffnung zu passen, und hat eine Größe, um eine Hälfte der Kante der Halterung zu schützen. Eine zweite Opferplatte kann vorgesehen sein mit einer vertikalen Lippe, die gekrümmmt ist, um zu einer gekrümmten Kante des Suszeptors zu passen, oder einem Temperaturkompensationsring, der um den Suszeptor herum angeordnet ist, um eine zweite Hälfte der Kante zu schützen.

[0024] Die Opferplatte kann unter der Halterung gehalten werden, und ihre vertikale Lippe erstreckt sich nach oben neben die aufstromige Kante der Öffnung. Die Opferplatte kann die Form einer Schale haben, welche sich unter den Suszeptor erstreckt und ein Mittenloch hat für die Aufnahme der Welle, welche den Suszeptor drehbar hält.

[0025] Die Kammer kann auch eine horizontale Quarzauslaßwand mit einer aufstromigen Kante aufweisen, die in Kombination mit der abstromigen Kante der Einlaßwand und der Kammer die Öffnung bestimmt, in welcher der Suszeptor positioniert ist. Der Ring ist kreisförmig, und die Opferquarzplatte hat einen inneren Durchmesser, der sich dicht an den äußeren Durchmesser des Ringes anpaßt. Die Quarzplatte hat eine äußere Form, die sich an die Öffnung anpaßt und gewünscht gegen diese anschlägt, welche vorzugsweise eine gerundete rechteckige Form hat. Auf diese Weise sind die Kanten der Öffnung vor Entglasung wegen wiederholten Erhitzens der Reaktionskammer geschützt. Die Opferquarzplatte ist wünschenswert so geformt, daß sie dicht innerhalb der Öffnung mit einem Minimum an Spielraum dazwischen paßt, und sie kann durch abgeänderte bzw. modifizierte Finger oder Stützelemente gestützt sein, die an den Einlaß- und Auslaßwänden befestigt sind.

[0026] Vorzugsweise hat der Ring gerundete äußere Ecken, eine vordere Kante, eine hintere Kante und ein Paar von äußeren Seitenkanten. Der kürzeste Abstand zwischen der vorderen Außenkante und der inneren Kante ist wünschenswert kleiner als der kürzeste Abstand zwischen der hinteren Kante und der inneren Kante. Der Ring ist vorzugsweise aus Graphit hergestellt. Der Ring kann einen im allgemeinen flachen, nicht rohrförmigen vorderen Kantenteil aufweisen, der sich nach vorn von dem hohlen Teil erstreckt, und einen im allgemeinen flachen, nicht rohrförmigen hinteren Kantenteil, der sich von dem hohlen Teil nach hinten erstreckt.

[0027] Die Kammer kann einen Gasinjektor für eine Behandlungskammer mit mehreren abgestimmten Öffnungen aufweisen, die seitlich über die Breite des Injektors verteilt sind, um das Geschwindigkeitsprofil des Behandlungsgases über dem zu behandelnden Wafer zu steuern. Der Injektor ist aus zwei direkt angrenzenden Platten mit einer Vielzahl von Fließsteuerventilen gebildet, die in einem montiert sind. Ein einziger Gaseingang liefert ein gemeinsames Ple-

num für die Fließsteuerventile, so daß aufstromig von den Ventilmechanismen jedes der Ventile ein gleicher Gasdruck geschaffen ist. Schmale Kanäle führen von jedem der Ventile zu getrennten Ausdehnungskammern, die in dem Injektor gebildet sind, bevor die unabhängig gemessenen Ströme gemischt werden, während sie durch eine schlitzähnliche Öffnung hindurchgehen, welche einen Auslaß des Injektors bildet. Somit wird ein glattes Band an Behandlungsgas mit einem vorbestimmten Gasgeschwindigkeitsprofil in die Kammer und über den Wafer geleitet. Dieses Gasflußband wird in einem deutlichen Abstand aufstromig von der vorderen Kante des Wafers gebildet, um genügend Abstand und Zeit zu schaffen, damit sich die getrennten Fließströme durch Diffusion miteinander mischen, wodurch das Gasdichtigkeitsprofil seitlich über den Wafer geglättet wird.

[0028] Obere und untere Reihen von Wärmelampen sind außerhalb der Kammer positioniert, um den Suszeptor und den Ring zu erwärmen. Die Lampen sind wünschenswert von derselben Größe wie die äußere Abmessung des Ringes, um die Strahlungsenergie, wo sie benötigt wird, zu fokussieren und von dem System gebrauchte Energie zu konservieren.

[0029] Ein dritter Aspekt der vorliegenden Erfindung ist auf ein Verfahren zum Verbessern der Heizleistung einer Gasphasenabscheidekammer gerichtet, die obere und Bodenwände hat, welche im wesentlichen transparent für Strahlungswärmeenergie aus Lampen sind, welche zu der Kammer gehören, wobei die Kammer einen Gaseinlaß und einen Gasauslaß hat und so bemessen ist, daß sie einen Suszeptor einschließt, auf welchem ein Wafer zwischen dem Einlaß und dem Auslaß angeordnet werden kann, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: Umgeben des Suszeptors mit einem Ring im Abstand von den Wänden, wobei der Ring aus einem Material hergestellt ist, welches ein besserer Absorber für Strahlungswärmeenergie ist als die Kammerwände; und

Einstrahlen von Wärmeenergie von einer Vielzahl von Lampen in einer Gruppe, die über der oberen Wand angeordnet und so bemessen ist, daß sie sich der Projektionsform des Umfanges nähert und in Übereinstimmung mit dieser kommt, so daß die direkt in die Kammer gestrahlte Energie auf denjenigen Bereich auftrifft, welcher von dem Umfang bestimmt ist, und von dem Wafer, dem Suszeptor und dem Ring absorbiert wird;

dadurch gekennzeichnet, daß der Ring einen äußeren, im allgemeinen rechteckigen Umfang hat.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0030] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform einer Behandlungskammer der Erfindung.

[0031] [Fig. 2](#) ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie 2-2 von [Fig. 1](#).

[0032] [Fig. 3](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Hälfte der Behandlungskammer von einer vertikal-longitudinalen Ebene entlang der Linie 3-3 der [Fig. 1](#).

[0033] [Fig. 4](#) ist eine Draufsicht der Kammer.

[0034] [Fig. 5](#) ist eine Ansicht des Einlaßendes der Kammer.

[0035] [Fig. 6](#) ist eine Ansicht des Auslaßendes der Kammer.

[0036] [Fig. 7](#) ist eine Seitenansicht der Kammer.

[0037] [Fig. 8](#) ist eine Querschnittsansicht, welche die Kammer, verbunden mit einem Teil eines Wafer-behandlungssystems, darstellt.

[0038] [Fig. 9](#) ist eine Draufsicht eines alternativen Ringes, welcher einen Suszeptor umgibt und sich innerhalb einer Öffnung einer inneren Kammerstützplatte befindet.

[0039] [Fig. 10](#) ist eine Draufsicht einer Opferplatte, die innerhalb einer Öffnung in einer Kammerstützplatte positioniert ist.

[0040] [Fig. 11](#) ist eine Querschnittsansicht, welche die Umgebung eines Behandlungssystems darstellt, welches in Verbindung mit einer zweiten Ausführungsform der Behandlungskammer der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0041] [Fig. 11a](#) ist eine Querschnittsansicht der Behandlungskammer der [Fig. 11](#).

[0042] [Fig. 12](#) ist eine perspektivische Explosionsansicht der zweiten Ausführungsform der Behandlungskammer, welche einen vergrößerten Temperaturausgleichsring und eine Opferquarzplatte enthält.

[0043] [Fig. 12a](#) ist eine Querschnittsansicht der Temperaturausgleichsringe.

[0044] [Fig. 13](#) ist eine Draufsicht der in [Fig. 12](#) gezeigten Opferquarzplatte.

[0045] [Fig. 14](#) ist eine Querschnittsansicht durch die Opferquarzplatte der [Fig. 13](#).

[0046] [Fig. 15](#) ist eine perspektivische Ansicht einer alternativen Opferquarzplatte für die Verwendung in der Kammer der vorliegenden Erfindung.

[0047] [Fig. 16](#) ist eine Draufsicht der Opferquarzplatte der [Fig. 15](#).

[0048] [Fig. 17](#) ist eine Querschnittsansicht durch die Opferquarzplatte der [Fig. 16](#).

[0049] [Fig. 18a](#) ist eine Draufsicht entlang der Linie 18-18 der [Fig. 11](#) unter Veranschaulichung der Opferquarzplatte der [Fig. 13](#), welche in der Kammer der vorliegenden Erfindung angeordnet ist.

[0050] [Fig. 18b](#) ist eine Draufsicht unter Veranschaulichung der eingebauten Opferquarzplatte der [Fig. 15](#).

[0051] [Fig. 18c](#) ist eine Draufsicht unter Veranschaulichung eines Paars diskreter Opferquarzplatten an aufstromigen Ecken der Kammerstützplattenöffnung.

[0052] [Fig. 19](#) ist eine Seitenansicht einer der in [Fig. 18c](#) gezeigten diskreten Opferquarzplatten.

[0053] [Fig. 20](#) ist eine Bodenansicht der diskreten Opferquarzplatte der [Fig. 19](#).

[0054] [Fig. 21](#) ist eine vertikale Querschnittsansicht eines Gasinjektors mit mehreren abgestimmten Öffnungen für die Verwendung in der Kammer der vorliegenden Erfindung.

[0055] [Fig. 21a](#) ist ein detaillierter Querschnitt eines Teils des Gasinjektors unter Veranschaulichung der Behandlungskammern des Gasflusses.

[0056] [Fig. 22](#) ist eine rückwärtige Seitenansicht des Gasinjektors der [Fig. 21](#), der von der Behandlungskammer abmontiert gezeigt ist, und unter Veranschaulichung der inneren Gasflußkanäle.

[0057] [Fig. 23](#) ist eine vordere Seitenansicht einer rückwärtigen Flanschhälfte des Gasinjektors entlang der Linie 23-23 der [Fig. 21](#).

[0058] [Fig. 24](#) ist ein horizontaler Querschnitt des Gasinjektors entlang der Linie 24-24 der [Fig. 21](#) unter Veranschaulichung eines Bereiches, in welchem behandeltes Gas expandiert wird.

[0059] [Fig. 25](#) ist eine vertikale Querschnittsansicht durch die rückwärtige Flanschhälfte entlang der Linie 25-25 der [Fig. 21](#) unter Veranschaulichung innerer Fließmittelkühlkanäle.

[0060] [Fig. 26](#) ist eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Nadelventils, welches in dem Gasinjektor der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0061] [Fig. 27](#) ist eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform einer Behandlungskammer mit einem modifizierten Temperaturausgleichsring, welcher einen Suszeptor umgibt und sich abstromig von dem Suszeptor und dem zu behandel-

den Wafer erstreckt.

[0062] [Fig. 28a](#) ist ein schematischer vertikaler Querschnitt durch eine Behandlungskammer ähnlich der in [Fig. 27](#) gezeigten, unter Veranschaulichung eines abstromigen Aufbaus bezüglich des Suszeptors und des Wafers.

[0063] [Fig. 28b](#) ist eine Draufsicht der [Fig. 28a](#).

[0064] [Fig. 29a](#) ist ein schematischer, vertikaler Querschnitt einer Behandlungskammer ohne den abstromigen Aufbau unter Veranschaulichung eines Strahlungswärmeflusses von äußerem Lampen.

[0065] [Fig. 29b](#) ist ähnlich der [Fig. 29a](#), wobei der abstromige Aufbau hinzugefügt ist, unter Veranschaulichung der Veränderung des Strahlungswärmeflusses innerhalb der Kammer.

[0066] [Fig. 30a](#) ist ein schematischer, horizontaler Querschnitt einer Behandlungskammer ohne den abstromigen Aufbau, wobei Pfeile eine typische Temperaturverteilung über einen zu behandelnden Wafer zeigen.

[0067] [Fig. 30b](#) ist ähnlich der [Fig. 30a](#), wobei der abstromige Aufbau zugefügt ist, unter Veranschaulichung der Veränderung der Temperaturverteilung über den zu behandelnden Wafer.

[0068] [Fig. 31a](#) ist ein schematischer, horizontaler Querschnitt einer Behandlungskammer ohne den abstromigen Aufbau unter Veranschaulichung typischer Depositionsbereiche innerhalb der Kammer.

[0069] [Fig. 31b](#) ist ähnlich der [Fig. 31a](#), wobei der abstromige Aufbau zugefügt ist, unter Veranschaulichung der Veränderung der Depositionsbereiche.

[0070] Die [Fig. 32a](#) und [Fig. 32b](#) sind horizontale bzw. vertikale schematische Ansichten einer Behandlungskammer ohne den abstromigen Aufbau unter Veranschaulichung potentieller Gasrückführungen in dieser.

[0071] Die [Fig. 33a](#) und [Fig. 33b](#) sind horizontale bzw. vertikale schematische Ansichten ähnlich denen der [Fig. 32a](#), [Fig. 32b](#), wobei der abstromige Aufbau zugefügt ist, unter Veranschaulichung der Veränderung des dort hindurchgehenden Gasflusses.

[0072] [Fig. 34](#) ist eine Querschnittsansicht einer alternativen Behandlungskammer mit einem Aufbau abstromig von einem Temperaturausgleichsring.

[0073] [Fig. 35](#) ist eine Querschnittsansicht der Behandlungskammer der [Fig. 34](#) mit einem Temperaturausgleichsring, der sich abstromig erstreckt.

[0074] [Fig. 36](#) ist eine Querschnittsansicht unter Veranschaulichung eines aufstromigen Teils einer Behandlungskammer mit einem Fließsteuerkanal.

[0075] [Fig. 37](#) ist eine Querschnittsansicht durch den Fließsteuerkanal der [Fig. 36](#), gegen einen Einlaßflansch der Kammer gesehen.

[0076] [Fig. 38a](#) ist eine Draufsicht der Kammer und des Fließsteuerkanals der [Fig. 36](#).

[0077] Die [Fig. 38b](#)–[Fig. 38d](#) sind Draufsichten der Kammer der [Fig. 36](#) unter Veranschaulichung verschiedener Fließsteuerkanäle.

Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

Linsenförmige Behandlungskammer

[0078] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 11](#) ist eine Ausführungsform eines Reaktorbehälters oder -kammer **10** für chemische Dampfbehandlung und dergleichen dargestellt. Wie man sehen kann, hat die Kammer **10** einen verlängerten, im allgemeinen flach gemachten Aufbau, der im Querschnitt eine im allgemeinen linsenförmige Gestalt hat. Eine linsenförmige Gestalt hat entgegengesetzte bikonvexe Oberflächen, die kreisrunde Krümmungen haben können. Die Kammer hat eine obere Wand **12** mit einer äußeren konkaven Oberfläche und einer inneren konkaven Oberfläche und eine untere Wand **14** mit einer äußeren konvexen Oberfläche und einer inneren konkaven Oberfläche. Die Wände **12** und **14** sind durch vertikale, kurze Seitenschienen **16** und **18** verbunden. Diese Wände und Seitenschienen sind ferner durch einen aufstromigen Einlaßendflansch **20** und einen abstromigen Auslaßendflansch **22** verbunden. Aufstromig und abstromig bezieht sich auf die Richtung des Behandlungsgasflusses, wie beschrieben werden wird, und sie sind gleichbedeutend mit vorn und hinten in der vorliegenden Beschreibung.

[0079] Die Kammerhöhe ist kleiner als die Kammerbreite. Diesbezüglich erstreckt sich eine Längsrichtung für die Kammer **10** von dem Einlaßendflansch **20** zu dem Auslaßendflansch **22** oder entlang der strichpunktuierten Linie 3-3. Eine seitliche Richtung erstreckt sich zwischen den kurzen Seitenschienen **16** und **18** oder entlang der strichpunktuierten Linie 2-2. Die Höhenrichtung ist senkrecht sowohl zu den Längs- als auch den Querachsen. Mit Blick auf die Endansicht der [Fig. 2](#) hat die linsenförmige Kammer **10** eine größere Abmessung, welche sich zwischen den Seitenschienen **16** und **18** erstreckt, und eine geringere Abmessung, welche sich zwischen den Scheiteln der oberen und unteren Wände **12**, **14** erstreckt.

[0080] Unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) sind sowohl

die obere Wand **12** als auch die untere Wand **14** dünne, gekrümmte, plattenähnliche Elemente mit einem rechteckigen, flachen, vertikalen Vorsprung. Die Wände **12** und **14** haben wünschenswert einen kreisrunden Krümmungsradius und können aus Segmente gebildet sein, die aus einem zylindrischen, aus Quarz oder ähnlichem Material hergestellten Rohr geschnitten sind. In größeren Kammern können die Wände **12** und **14** durch Erhitzen und Formen flacher Quarzplatten aufgebaut sein. Ungewünschte Belastungen sind in gekrümmten Wänden mit varierenden Radien berücksichtigt, und somit ist eine kreisrunde Wand mit einer konstanten Krümmung das optimale Modell. In einer Ausführungsform haben die obere Wand **12** und die untere Wand **14** einen Krümmungsradius von nahezu 24 Inch und eine Dicke von zwischen 4 und 6 Millimetern, wobei die Wanddicke vorzugsweise nahezu 5 Millimeter hat. Obwohl Quarz bevorzugt wird, können andere Materialien mit ähnlichen wünschenswerten Merkmalen als Ersatz verwendet werden. Einige dieser wünschenswerten Merkmale beinhalten einen hohen Schmelzpunkt, die Fähigkeit, großen und schnellen Temperaturveränderungen zu widerstehen, chemische Inertheit und hohe Transparenz für Licht.

[0081] Die dicken Seitenschienen **16**, **18** können aus einer Quarzstange mit rechteckigem Querschnitt maschinell bearbeitet oder anderweitig in die in [Fig. 2](#) dargestellte Querschnittsgestalt gebildet sein. Genauer weist jede Seitenschiene **16**, **18** einen verstärkten Hauptkörper mit einer oberen Oberfläche **24**, welche eine Fortsetzung der gekrümmten äußeren Oberfläche der oberen Wand **12** bildet, und eine untere Oberfläche **26** auf, die so gekrümmmt ist, daß eine Fortsetzung der äußeren Oberfläche der unteren Wand **14** gebildet wird. Die seitliche, äußere Oberfläche **28** jeder Seitenschiene **16**, **18** ist flach und erstreckt sich vertikal. Die innere Oberfläche jeder Seitenschiene **16**, **18** ist mit sich längs erstreckenden oberen und unteren Ausnehmungen **30a**, **30b** gebildet, die obere, mittlere bzw. untere Stumpfwandsegmente **32a**, **32b**, **32c** bilden. Die oberen und unteren Stumpfwandsegmente **32a**, **32c** passen mit den Seitenkanten der oberen und unteren Wände **12** und **14** an länglichen Schweißpunkten **39** zusammen. In einer Ausführungsform hat der Hauptkörper der Seitenschienen **16**, **18** eine Dicken- oder Breitenabmessung von ungefähr 20 mm und eine Höhe von ungefähr 21 mm.

Innerer Kammerträger

[0082] Nach der Erfindung ist ein Träger oder Halter vorzugsweise in der Form einer flachen, rechteckigen Platte **40** vorgesehen, die sich zwischen den Seitenschienen **16** und **18** erstreckt. Wie man in [Fig. 3](#) sieht, weist die Trägerplatte **40** eine Öffnung **42** auf, welche einen Hohlraum oder Öffnung **44** begrenzt, der sich quer durch die Breite der Kammer **10** er-

streckt und die Stützplatte in einen Einlaßabschnitt **46a** und einen Auslaßabschnitt **46b** teilt. Der Einlaßabschnitt **46a** erstreckt sich von dem Einlaßflansch **20** zu einer aufstromigen Kante der Öffnung **44**, und der Auslaßabschnitt **46b** erstreckt sich von einer abstromigen Kante der Öffnung **44** zu dem Auslaßflansch **22**. Wie man aus [Fig. 4](#) sehen kann, ist der Einlaßabschnitt **46a** der Trägerplatte in der Längsrichtung kürzer als der Auslaßabschnitt **46b**. Genauer hat in einer bevorzugten Anordnung der Einlaßabschnitt ungefähr 70% der Länge des Auslaßabschnittes. Diese proportionale Anordnung betrifft eher den Behandlungsgasfluß durch die Kammer als die Widerstandsmerkmale der Kammerwände.

[0083] Wie man am besten in [Fig. 2](#) sieht, weist jede der Seitenschienen **16** und **18** die sich nach innen erstreckende zentrale Stumpfwand **32a** auf, die tatsächlich eine Ausdehnung der Trägerplatte **40** bildet. Diesbezüglich endet in der Praxis die Trägerplatte **40** an dem Hauptkörper der Seitenschienen **16**, **18** oder mit anderen Worten an der seitlichen äußeren Ausdehnung der Ausnehmungen **30a**, **30b**. Längsverbindungen **48** zeigen die Schweißverbindung zwischen den Seitenkanten der Trägerplatte **40** und den zentralen Stumpfwänden **32b** jeder der Seitenschienen **16** und **18** an.

[0084] Nach einem wichtigen Aspekt der Kammer **10** halbieren die zentralen Stumpfwände **32b** genau die oberen und unteren Wände **12** und **14**, und die Trägerplatte **40** liegt somit auf der exakten Mittellinie oder Mittelebene dazwischen. Diese wünschenswerte Lage erzeugt Belastungen nur innerhalb der Ebene der Platte **40**, welche durch seitliche Verschiebung der Seitenschienen **16**, **18** auferlegt werden. Eine solche Verschiebung findet bei Behandlung mit verringertem Druck statt, da die Wände **12**, **14** versuchen, sich auszuplatten und nach außen Kräfte auszuüben. Durch den Aufbau dieser Symmetrie unterliegt die Stützplatte **40** keinen bedeutenden Biege- oder Scherbeanspruchungen und kann somit größeren, normalen Gesamtbelastungen widerstehen.

Endflansche

[0085] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) weist jeder der Endflansche **20**, **22** äußere, im allgemeinen rechteckige Platten **50** bzw. **51** mit abgeschrägten Ecken **52** und inneren linsenförmigen Ausdehnungen **54** auf. Wie man in [Fig. 3](#) sieht, sind die inneren Ausdehnungen **54** mit der Gestalt der oberen und unteren Wände **12**, **14** und der zentralen Trägerplatte **40** konform. Genauer gesagt, erstrecken sich kurze Längsteile von den Platten **50**, um sich mit jedem dieser plattenähnlichen Teile zu verbinden. An jedem Ende der Kammer **10** sind krummlinige Schweißverbindungen **56** zwischen den gekrümmten oberen und unteren Wänden **12**, **14** und den oberen und unteren Teilen der Ausdehnung **54** gebildet, wäh-

rend lineare Verbindungslien 58 zwischen zentralen Teilen der Ausdehnung 54 und den Längsenden der Trägerplatte 40 bestimmt sind. Die Platte 50 des Einlaßflansches 20 weist eine sich seitlich erstreckende Öffnung 60 in einem oberen Teil auf, welche in einen Bereich 66 innerhalb der Kammer 10 oberhalb der Trägerplatte 40 und unterhalb der oberen Wand 12 führt. Die Platte 51 des Auslaßflansches 22 weist dagegen ein Paar von sich seitlich erstreckenden Öffnungen 62 und 64 auf. Die obere Öffnung 62 steht mit dem oberen Bereich 66 der Kammer 10, wie vorher beschrieben ist, in Verbindung, während die untere Öffnung 64 mit einem unteren Bereich 68 der Kammer 10 unterhalb der Trägerplatte 40 und oberhalb der unteren Wand 14 in Verbindung steht. Die gerundeten Ausdehnungen 30a, b in den Seitenschienen 16, 18 bestimmen seitliche Abgrenzungen der oberen und unteren Bereiche 66, 68. Wie weiter unten beschrieben werden wird, vollzieht sich die Waferbehandlung nur in dem oberen Bereich 66, wobei die Trägerplatte 40 die untere Abgrenzung der Behandlungszone bestimmt.

Trägerplattenöffnung

[0086] Die Öffnung 44 ist so bemessen, daß sie einen Suszeptor 70, wie in [Fig. 8](#) dargestellt ist, und einen Temperaturausgleichsring 72, welcher den Suszeptor umgibt, aufnimmt. Der Suszeptor 70 kann in dem stationären Ring 72 drehen und ist von diesem vorzugsweise über einen kleinen, ringförmigen Spalt von ungefähr 0,5 bis 1,0 Millimeter im Abstand gehalten. Die Mittellinie des Ringes 72 ist schematisch in [Fig. 4](#) durch den darin gezeigten Kreis 74 in unterbrochener Linie dargestellt. Die Form der Öffnung 42 in der den Ring 72 umgebenden Trägerplatte 40 kann auch kreisrund sein, so daß die Kanten der Öffnung 44 sich in dichter Nähe zu dem Ring befinden. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß eine ein wenig rechteckige Öffnung 42 mit abgerundeten Ecken, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist, bevorzugt wird. Die Trägerplattenabschnitte 46a, b können so geschnitten sein, daß sie diese exakten Formen schaffen; oder es können zur Erleichterung der Herstellung kurze, ein wenig dreieckige Füllabschnitte 76, in [Fig. 4](#) gezeigt, an die Plattenabschnitte und die Kammerseitenschienen 16, 18 geschweißt werden, um den gewünschten Aufbau zu schaffen.

[0087] Während des Gebrauchs erzeugen Druckdifferenziale zwischen dem Inneren der Kammer 10 und dem äußeren Umgebungsdruck Belastungen sowohl in den oberen und unteren Wänden 12, 14 als auch den Seitenschienen 16, 18. Die seitlich nach innen und außen gerichtete Bewegung der Seitenschienen 16, 18 wird durch ihre feste Anbringung an die zentrale Trägerplatte 40 begrenzt. Bei Vakuumbehandlung versuchen, wie oben erwähnt, die Wände 12, 14 auszuplatten, was im allgemeinen nach außen gerichtete Kräfte auf die Seitenschienen 16, 18 vermit-

telt. Die Trägerplatte 40 ist unter Spannung angebracht und begrenzt nach außen gerichtetes Verschieben der Seitenschienen 16, 18. Zwischen den Einlaß- und Auslaßabschnitten 46a, b befindet sich jedoch kein Träger für die Seitenschienen 16, 18, und entlang dieses Bereiches ist etwas Verschiebung möglich, was Belastungen in den Schienen bewirkt. Finite Elementanalysen haben gezeigt, daß eine gerundete, rechteckige Öffnung 42 einer vollkommen kreisrunden Öffnung gegenüber bevorzugt wird, da die maximale Belastung in der dargestellten Platte über eine Länge der Öffnung gestreut wird, während bei einer kreisrunden Öffnung sich der größte Belastungspunkt an den Punkten auf der Platte entlang ihrer Mittellinie befinden würde. Anders gesagt, begrenzt die rechteckige Öffnung 42 zwei gegenüberliegende Längen, die sich seitlich zwischen den Seitenschienen 12, 14 erstrecken, über welche die maximalen Belastungen verteilt werden, im Gegensatz zu der Belastung an zwei gegenüberliegenden Punkten auf einer kreisrunden Öffnung.

[0088] Es sei bemerkt, daß der in [Fig. 4](#) gezeigte Kreis 74 bezüglich den aufstromigen und abstromigen Enden der Kammer oder bezüglich der Öffnung 44 nicht zentral positioniert ist. Hingegen befindet sich die aufstromige oder vordere Kante des Kreises 74 dichter an der abstromigen Kante des Einlaßplattenabschnittes 46a als die abstromige oder hintere Kante des Kreises an der aufstromigen Kante des Auslaßplattenabschnittes 46b. Diese Anordnung trägt dazu bei, den Widerstand der Kammer durch Verringerung der Entglasungsrate der aufstromigen Kante des Auslaßplattenabschnittes 46b aufrecht zu erhalten. D. h., daß sich der Gasfluß aufheizt, wenn er über den Suszeptor hinweg geht, so daß die Temperatur in den Kammerwänden die Neigung hat, gerade abstromig von dem Suszeptor am größten zu sein. Die aufstromige Kante kann daher bedeutend, thermischem Durchlaufen und Entglasung ausgesetzt sein, wenn sie sich zu dicht an dem Suszeptor befindet, und somit ist der Suszeptor nach vorn innerhalb der Öffnung 44 versetzt, um den Abstand dazwischen zu vergrößern. In einigen Aufbauten beeinflußt auch diese Versetzungsanordnung den Fluß des Behandlungsgases durch die Kammer. Genauer ist der Wafer, welcher auf dem Suszeptor angeordnet ist, der von dem Ring umgeben wird, dicht an der abstromigen Kante des Einlaßplattenabschnittes 46a positioniert, um die Menge an Reaktionsgasen zu minimieren, die durch die Öffnung 44 aufstromig zu dem Wafer hindurchgehen. Dies minimiert die Menge an Reaktionsgas, welches sich unterhalb des Suszeptors in dem unteren Teil 68 der Kammer 10 niederschlagen kann.

Suszeptor und verwandter Aufbau

[0089] Wie man aus [Fig. 8](#) sieht, wird der Temperaturausgleichsring 72 durch drei Trägerelemente in

Ellbogenform gestützt, welche sich vertikal erstreckende Teile haben, die an die Trägerplattenabschnitte geschweißt sind. Genauer ist ein vorderes Trägerelement oder Finger **80** an die Rückseite des vorderen Plattenabschnitts in der Mitte zwischen den Schienen **16, 18** der Kammer geschweißt, und der horizontale Teil des Elements erstreckt sich nach rückwärts in die Öffnung **44**, um unter die vordere Kante des Temperaturausgleichsringes **72** positioniert zu werden. Ein Paar von im Abstand gehaltenen Elementen oder Fingern **82** haben verlängerte, horizontale Teile, die sich nach vorne unter die rückwärtige Kante des Ausgleichsringes **72** erstrecken, wie man in [Fig. 8](#) sowie in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 7](#) sieht. Der Ausgleichsring **72** wird so in einer horizontalen Ebene an drei Punkten durch hochstehende Stifte (nicht gezeigt) in den Fingern **80** und **82** getragen. Die Stifte können gegebenenfalls durch wiederholtes thermisches Durchlaufen und dem Ausgesetztsein gegenüber Behandlungs- und Ätzgasen zerstört werden, aber sie können ziemlich leicht ersetzt werden.

[0090] Ein Suszeptor **84** wird gezeigt, der auf Armen **86** eines geeigneten Trägers **88** gestützt ist, welcher mit dem oberen Ende eines drehbaren Schaftes **90** verbunden ist, der sich durch ein Rohr **92** erstreckt, das von der Bodenwand der Kammer abhängt. Der Suszeptor **84** ist fast auf der Höhe der oberen Kante des Ringes **72** und der oberen Oberfläche der Trägerplatte **40** gezeigt. Dies ermöglicht es, einen Wafer über dem Suszeptor **84** und in dem oberen Teil **66** der Behandlungskammer **10** zu positionieren.

[0091] Bezieht man sich weiter auf [Fig. 8](#), so ist der Einlaßflansch **20** geeignet, mit einem Einlaßbestandteil **94** verbunden zu werden, der einen horizontal verlängerten Schlitz **96** hat, durch welchen ein Wafer eingeführt werden kann, und einen verlängerten Einlaß **98** zum Einführen von Behandlungsgas in den oberen Teil **66** der Kammer, nachdem ein Isolationsventil, das von dem Schlitz **96** zu einer Waferbehandlungskammer (nicht gezeigt) führt, geschlossen wurde. Entsprechend ist der Auslaßflansch **22** geeignet, mit einem Auslaßbestandteil **100** zum Auslassen von Behandlungsgas aus der Kammer **10** zusammenzupassen, als auch ein Vakuum in der Kammer aufzubringen. Wie man aus [Fig. 8](#) sehen kann, ist der Auslaßflansch **22** zu dem unteren Teil **68** der Kammer unterhalb der Trägerplatte ebenso wie der Teil **66** über der Trägerplatte offen.

[0092] Eine Vielzahl von Thermoelementen **102** erstreckt sich durch den Auslaßbestandteil **100** und in den unteren Teil **68** der Behandlungskammer **10**. Die Thermoelemente **102** erstrecken sich in die Nähe des Suszeptors **84**, um die örtliche Temperatur zu fühlen, welche den Suszeptor **84** und den auf diesem positionierten Wafer umgibt. Wie zuvor in dem US-Patent Nr. 4,821,674 beschrieben wurde, erlaubt das vorteilhafte Positionieren der Abführenden der Thermoele-

mente **102**, welche den Suszeptor **84** umgeben, ein umfassendes Feedback bzw. Reaktion bezüglich der Temperatur des Wafers und ermöglicht die Einstellung von Strahlerheizlampen, welche die Kammer **10** umgeben, um Temperaturunregelmäßigkeiten zu kompensieren. Genauer endet ein Vorderkanten-Thermoelement **104** in der Nähe des vorderen Endes des Suszeptors **84**, ein Hinterkanten-Thermoelement **106** endet in der Nähe einer rückwärtigen Kante des Suszeptors, und ein seitliches Thermoelement (nicht gezeigt) endet in der Nähe einer Seitenkante des Suszeptors. Jedes der Thermoelemente **102** tritt in den Temperaturausgleichsring **72** ein, der aus zwei Teilen gebildet ist, um in sich ein hohles Inneres zu schaffen. Dieser Ring wurde abermals zuvor in dem US-Patent Nr. 4,821,674 beschrieben. Der Temperaturausgleichsring **72** weist im allgemeinen L-förmige Innen- und Außenkörper auf, die gemeinsam einen ringförmigen Durchgang durch den Ring zur Aufnahme der Thermoelemente **102** bestimmen.

[0093] Vorzugsweise ist der Temperaturausgleichsring **72** aus Graphit oder einem anderen Material mit solch hohem Wärmeabsorptionsvermögen aufgebaut. Der Ring **72** schafft mehrere Vorteile in der Behandlungsumgebung, in erster Linie die Verringerung der Kantenwärmeverluste aus dem Suszeptor **84**. Genauer umschließt der Ring **72** dicht die Kante des Suszeptors **84** und wird während der Behandlung bei einer ähnlichen Temperatur aufrecht gehalten, da die Materialien ähnlich sind. Der Suszeptor und der Ring strahlen somit Wärme gegeneinander, um wirkungsvoll jegliche Strahlungsverluste zwischen sich auszuschalten. Ein anderer Vorteil des Temperaturausgleichsringes **72** besteht im Vorerwärmen und Nach erwärmen des Behandlungsgases in dem Bereich des Wafers. Speziell tritt das Behandlungsgas bzw. reagierende Gas in die Kammer bei einer nicht reagierenden Umgebungstemperatur ein und wird auf eine für die Deposition geeignete Temperatur erhitzt, wenn es über den Suszeptor und den Wafer hinweggeht. Der umgebende Temperaturausgleichsring **72** heizt somit den reagierenden Gasstrom vor, bevor er die vordere Kante des Suszeptors und anschließend die vordere Kante des Wafers erreicht. Das Behandlungsgas erreicht somit eine annähernd beständige Zustandstemperatur, bevor es über die Kante des Wafers läuft. Zusätzlich fällt die Temperatur des Gases nicht deutlich ab, nachdem es die Kante des Wafers passiert hat, da sich der Temperaturausgleichsring **72** zu dem abstromigen Wärmebereich erstreckt. Weitere Vorteile des Temperaturausgleichsringes **72** werden weiter unten in Bezugnahme auf modifizierte Ringe beschrieben.

[0094] Der Gasstrom durch die Kammer wird in [Fig. 8](#) gezeigt. Reagierendes Gas tritt durch den Einlaßbestandteil **94** mit einem vorbestimmten seitlichen Geschwindigkeitsprofil ein, so wie das in dem US-Patent Nr. 5,221,556 beschriebene Profil. Das vorbe-

stimmte Geschwindigkeitsprofil schafft einen größeren Gasstrom zu dem zentralen Teil der Reaktionskammer **10** hin als zu den seitlichen Außenkanten zum Ausgleich für den längeren Depositions-Laufweg über die Mitte des kreisrunden Wafers, der auf dem Suszeptor **84** getragen wird. Mit anderen Worten wird ein größerer Betrag an Reaktionsgas über den zentralen Teil des Wafers aufgrund der Reaktionsverarmung bzw. Reaktionserschöpfung entlang dem Fließweg über den Wafer benötigt. Ferner nimmt die Querschnittsform der Kammer **10**, wie man am besten in [Fig. 2](#) sieht, in der Mitte der Kammer einen größeren Gasstrom auf, wo ein größerer Reaktionsgasstrom benötigt wird als an den Seitenkanten, wo ein geringerer Reaktionsgasstrom benötigt wird.

[0095] Das Reaktionsgas läuft längs nach rückwärts weiter, wie durch den Pfeil **112** gezeigt ist, und tritt durch den Auslaßbestandteil **100** und nach unten durch Auslaßleitungen **114** aus, wie durch den Pfeil **116** gezeigt ist. In typischer Weise wird Entleerungsgas bzw. Reinigungsgas nach oben durch das hohle Rohr **92**, welches den Schaft **90** umgibt, zugeführt, wobei das Rohr so bemessen ist, daß es einen den Schaft umgebenden Gasdurchgang schafft. Das Entleerungsgas tritt in den unteren Teil **68** der Kammer **10** ein, wie durch die Pfeile **118** gezeigt ist. Das Entleerungsgas verhindert unerwünschte Deposition von Partikeln unterhalb des Suszeptors **84** und tritt durch die untere Längsöffnung **64** in den Auslaßflansch **22** aus, wie durch den Pfeil **120** gezeigt ist. Das Entleerungsgas mischt sich dann mit dem verbrauchten Reaktionsgas und läuft weiter nach unten entlang dem Weg des Pfeils **116** durch die Auslaßleitungen **114**.

[0096] Die Endflansche **20**, **22** sind vorzugsweise durchsichtig und aus Quarz hergestellt, in welchem Stickstoffblasen dispergiert sind. Die zentralen dünnen Wände **12**, **14** und die Trägerplatte **40** andererseits sind für Strahlungsenergie transparent, wobei Erhitzen durch Strahlung des Suszeptors und des Wafers in der Kammer **10** erlaubt wird, ohne hohe Temperaturen in diesen Aufbauten zu erzeugen. Die durchsichtigen Flansche **20**, **22** streuen bzw. zerstreuen Strahlungsenergie, um „Licht-Leitung“ dort hindurch zu verringern. Dies schützt O-Ringe **122** außerhalb der Flansche **20**, **22** davor, extremen Temperaturen ausgesetzt zu werden, die innerhalb der Kammer **10** erzeugt werden. Vorzugsweise ist ein Abschnitt des Rohres **92** unterhalb der unteren Wand **14** ähnlich durchsichtig durch darin dispergierte Stickstoffblasen.

[0097] Wie erwähnt, besteht ein Vorteil der beschriebenen Kammer darin, daß sie mit relativ dünnen Quarzkammerwänden verringertem innerem Druck widerstehen kann. Zum Beispiel können für eine Kammer, die für die Aufnahme eines Wafers von 8-Inch Durchmesser (nahezu 200 Millimeter) gestal-

tet ist, die oberen und unteren Wände **12**, **14** eine Wanddicke von nur ungefähr 5 Millimetern erfordern, wobei die Trägerplattendicke ungefähr 10 Millimeter beträgt. Die Kammlänge zwischen den Endflanschen beträgt ungefähr 600 Millimeter, wobei die Kammbreite ungefähr 325 Millimeter und die Höhe der Endflansche ungefähr 115 Millimeter beträgt. Die Abmessungen der Kammer werden natürlich für größer bemessene Wafer verändert. Zum Beispiel ist die Kammer der vorliegenden Erfindung für Behandlungswafer mit einem Durchmesser von 200 Millimetern, 300 Millimetern oder sogar größer geeignet. Vorzugsweise bleibt die relative Querschnittsabmessung dieselbe, und somit hat eine breitere Kammer, die Wafer von 300 Millimeter aufnimmt, eine größere Höhe. Die größere Höhe in der Kammer für Wafer von 300 Millimetern erfordert bestimmte Veränderungen für andere Untersysteme, wie zum Beispiel die Heizstrahlerlampen, die um die Kammer zum Erhitzen des Suszeptors und des Wafers angeordnet sind. Kurz gesagt, obwohl die Umgebung zum Behandeln von Wafers mit 200 und 300 Millimeter Durchmesser notwendigerweise in bestimmter Hinsicht verschieden ist, fallen diese Unterschiede in die Praxis des Fachmannes für den Aufbau und den Betrieb von Behandlungskammern bzw. der Behandlungskammer.

[0098] Die besonderen Abmessungen sind selbstverständlich nur als Beispiel dafür gegeben, daß Kamern verschiedener Formen und Abmessungen mit einer Trägerplatte verwendet werden können, die sich zwischen Seitenwänden oder entlang der längeren Abmessung des vertikal-seitlichen Querschnittes der Kammer erstreckt. Eine Verallgemeinerung, die getroffen werden kann, besteht darin, daß die gesamte Kammbreite vorzugsweise nahezu das Dreifache der Kammerhöhe beträgt. Das bedeutet, daß der obere Bereich **66** ein Verhältnis von Breite zu Höhe an der seitlichen Mittellinie von nahezu sechs hat. In der vorliegenden Ausführungsform können, wie oben erwähnt, die Wände **12** und **14** eine konstante Krümmung mit einem Radius von ungefähr 60,96 cm (24 Inch) haben. Es sei bemerkt, daß wenn das Verhältnis von Breite zu Höhe wesentlich anwächst, sich die oberen und unteren Wände **12** und **14** ausplatten und Biegungsbeanspruchung weniger ohne Schaden überstehen können, wenn sie einem inneren Vakuum unterworfen werden. Wenn andererseits dieses Verhältnis wesentlich abnimmt, wird die Krümmung der Wände **12** und **14** ausgeprägter, und die Heizlampen müssen weiter von dem Wafer und dem Suszeptor **84** im Abstand gehalten werden, wodurch die Steuerung der Wärmeverteilung um den Wafer verringert wird. Die durch die Trägerplatte **40** erfahrene Zugbeanspruchung erhöht sich, wenn sich das Verhältnis von Breite zu Höhe erhöht und sich die Kammer ausplattet. Bei einem konstanten Kammervakuum erhöht sich die durch die Trägerplatte **40** erfahrene Zugbeanspruchung um einen größeren Be-

trag als das Anwachsen bzw. Größerwerden in dem Verhältnis von Breite zu Höhe der Kammer. D. h., wenn man zum Beispiel von einer zylindrischen Kammerform mit einem Verhältnis von Breite zu Höhe an der seitlichen Mittellinie von 2 : 1 im oberen Bereich **66** ausgeht, ergibt sich eine Verdopplung dieses Verhältnisses auf 4 : 1 in einem mehr als doppelten Anwachsen in der auf die Trägerplatte **40** aufgebrachten Beanspruchung. Jegliche durch die Trägerplatte **40** absorbierte Zugbeanspruchungen entlasten notwendigerweise Biegebelastungen nach innen, die ansonsten auf die gekrümmten Kammerwände **12** und **14** aufgebracht würden. Somit kann ein optimales Verhältnis von Breite zu Höhe der Kammer bestimmt werden, was niedrige Druckbehandlung mit einem Kammerquerschnitt von verhältnismäßig geringem Profil ermöglicht.

[0099] Die Kammer **10** kann auch wünschenswert in bestehende Systeme unter Verwendung von Kammern mit rechteckigem Querschnitt umgerüstet werden, wobei ferner die Notwendigkeit einer niedrigen, weiteren Form wächst. Die Kammerform ermöglicht es vorteilhaft, den Wafer von einem Ende einzuführen, und ermöglicht das Einführen von Ersatzsuszeptoren und -ringen von dem anderen Ende der Kammer. Eine solche Anordnung ermöglicht es auch, den Gasstrom bequem von einem Ende zum anderen durch die Kammer einzuführen, wobei das Gas über die innere Trägerplatte fließt, die nahezu mit dem in der Kammer zu behandelnden Wafer ausgerichtet ist.

[0100] In einer alternativen in [Fig. 9](#) gezeigten Ausführungsform ist ein modifizierter Temperaturausgleichsring **72'** nach außen gebildet, um dicht mit der gerundeten, rechteckigen Öffnung **42** in der Trägerplatte **40** zusammenzupassen. Der Ring **72'** dichtet somit im wesentlichen den oberen Teil **66** und den unteren Teil **68** der Reaktionskammer **10** voneinander ab. Auf diese Weise kann Reaktionsgas in dem oberen Teil **66** nicht durch zwischen dem Ring **72'** und der Öffnung **42** gebildete Spalte hindurchgehen, was möglicherweise den gleichförmigen Strom über den Wafer unterbrechen würde.

[0101] In einer weiteren in [Fig. 10](#) gezeigten Ausführungsform ist eine Opferquarzplatte **124** vorgesehen, welche den kreisförmigen Ring **72** umgibt. Die Opferplatte **124** hat einen Innendurchmesser, der dicht zu dem Außendurchmesser des Ringes **72** paßt, und eine äußere Form, die zu der gerundeten, rechteckigen Öffnung **42** paßt und wünschenswert gegen diese anstößt. Auf diese Weise werden die Kanten der Öffnung **42** vor Entglasung aufgrund wiederholten Erhitzens der Reaktionskammer **10** geschützt. Somit kann die Opferplatte **124** ersetzt werden, wenn sie durch wiederholte Erwärmungszyklen entglast ist, während die kostspieligere und dauerhaft befestigte Trägerplatte **40** erhalten bleibt. In der Praxis ist die Platte **124** dicht in die Öffnung **42** passend

mit einem Minimum an Spiel dazwischen gestaltet, aber aufgrund Herstellungstoleranzen, welche es ermöglichen, die Platte innerhalb der Öffnung einzupassen, ist ein Kontaktsitz nicht möglich. Die Platte **124** wird vorzugsweise durch modifizierte Finger **80**, **82** oder durch getrennte Stützelemente (nicht gezeigt) getragen, die an der Trägerplatte **40** befestigt sind.

Aufbauverfahren der Behandlungskammer

[0102] Vor der Beschreibung weiterer Veränderungen der vorliegenden Behandlungskammer wird der Aufbau der Quarzkammer erklärt. Die Reaktionskammer **10** ist in einer bevorzugten Folge hergestellt, um genaue Abmessungen sicherzustellen und die inneren Belastungen innerhalb der Komponententeile zu minimieren. Genauer wird die Reaktionskammer **10** zuerst durch Schweißen der zwei Seitenschienen **16** und **18** an die Endflansche **20** und **30** hergestellt. Wie zuvor bezüglich der [Fig. 3](#) beschrieben wurde, haben die Flansche **20** und **22** jeder nach innen gerichtete Ausdehnungen **54**, die zu der Form der Seitenschienen **16** und **18** passen. Anschließend an die Verbindung der Seitenschienen und Endflansche wird der Aufbau bei einer erhöhten Temperatur geglüht, um innere Belastungen zu verringern. Die mittlere Trägerplatte **40** wird dann innerhalb der rechteckigen Form durch die zentrale Stumpfplatte **32b** der Seitenschienen **16**, **18** und die zentralen, nach innen gerichteten Ausdehnungen der Endflansche **20** und **22** gebildet. Nach dem Schweißen der Trägerplatte **40** wird der gesamte Aufbau noch einmal geglüht, um innere Spannungen zu verringern. Die Stützelemente **80** und **82** werden dann an die Unterseite der Trägerplatte **40** in geeigneten Positionen geschweißt. Die Eckenfüller **76** werden an der Verwendungsstelle geschweißt, um die gerundete, rechteckige Öffnung **42** zu bestimmen. Alles Scharfe der Kanten innerhalb der Kammer **10** wird dann abgeschliffen, um gerundete Kanten zu glätten. An diesem Punkt werden die oberen und unteren Wände **12** und **14** sowohl an die Seitenschienen **16** und **18** als auch an die Endflansche **20** und **22** geschweißt. Der Aufbau wird erneut geglüht, um innere Spannungen zu verringern. Das Rohr **92** wird dann an der Verwendungsstelle koaxial mit einer runden, in der unteren Wand **14** gebildeten Öffnung geschweißt.

[0103] Der Aufbau wird dann bei einer erhöhten Temperatur feuerpoliert, um die Quarzoberfläche zu veranlassen, leicht zu schmelzen und die durch Schleif- und Schweißtätigkeiten gebildete Oberfläche zu glätten. Das Feuerpolieren ist ein wesentlicher Schritt bei der Bildung der Kammer **10**, um die Kammer für folgende Herstellungsschritte und für den Gebrauch zu festigen. Schließlich wird der gesamte Aufbau geglüht, um jegliche verbleibende innere Spannungen zu verringern. Fachleute wissen, daß die Herstellung der Quarzkammer eine komplexe und

heikle Tätigkeit ist und als kunstvoll betrachtet wird. Somit soll das oben beschriebene Verfahren eine spezielle Konstruktionsart darlegen, und andere könnten folgen.

[0104] Es können ernsthafte innere Spannungen durch lokales Schweißen erzeugt werden. Um die Spannungen zu minimieren, ist die gesamte Kammer vorzugsweise in einen Ofen mit hoher Temperatur eingeführt und darin befestigt. Die Sequenz der Schritte ist wie folgt. Die Elemente der Behandlungskammer sind innerhalb eines großen Ofens mit einer großen Türöffnung positioniert, durch welche ein Arbeiter die Kammerkomponenten erreichen und handhaben kann. Der Ofen wird zuerst abgedichtet und auf eine erhöhte Temperatur von vorzugsweise nahezu 900°C erhitzt. Ist die spezielle Temperatur erreicht und befinden sich alle Quarzkomponenten darin bei dieser Temperatur, wird die große Türöffnung geöffnet, um dem Schweißer den Zugang zu erlauben. Eine Anzahl von Wärmeschirmen oder Ablenkblechen sind rund um die Kammer zwischen den heißen Quarzstücken und der Türöffnung positioniert, um die Strahlungshitze durch die Türöffnung zu verringern. Die Schirme sind somit angeordnet, um dem Schweißer den Zugang zu einem örtlich festgelegten Teil der Kammer, der geschweißt werden soll, zu erlauben und um Hitze, die von den diesen Bereich umgebenden heißen Quarzkomponenten ausgestrahlt wird, zu minimieren. Der Schweißer ist angemessen mit schweren Schweißhandschuhen, einem reflektierenden Anzug und Helm bzw. Maske bekleidet. Nachdem die Türöffnung des Ofens offen ist, verringert sich die Temperatur darin auf ungefähr 500–700°C. Es kann gegebenenfalls zusätzliches, lokalisiertes Erwärmen notwendig sein, um den Wärmeverlust durch die offene Tür zu ergänzen. Die zusätzliche Wärme kann zum Beispiel mit einer Lötlampe, entweder fokussiert oder gestreut, geschaffen werden. Die zuvor erwähnte Schweißfolge wird dann innerhalb des Ofens durchgeführt, wobei die Tür des Ofens geschlossen wird und die Kammerteile periodisch wieder erwärmt werden, wenn zuviel Wärme verloren ging. Dieses Verfahren verringert erheblich die inneren Spannungen innerhalb der Quarzstücke, indem große Temperaturgradienten in ihnen bzw. darin vermieden werden.

Behandlungssystem

[0105] [Fig. 11](#) zeigt eine besonders erfolgreiche Anordnung von Komponenten, die eine modifizierte Reaktionskammer **130** umgeben, um höchst gleichförmiges CVD-Verfahren zu erzeugen. Vor der Beschreibung der Einzelheiten der modifizierten Kammer **130** wird die Behandlungsumgebung beschrieben. Die Kammer **130** weist eine innere Trägerplatte **132** auf, die ähnlich der zuvor beschriebenen inneren Trägerplatte **40** ist, und weist somit eine Öffnung **133** auf, die darin so abgemessen geformt ist, daß sie ei-

nen Suszeptor zum Tragen eines Halbleiterwafers aufnimmt. Die Trägerplatte **132** ist in einen vorderen Abschnitt **135a** aufstromig von der Öffnung **133** und in einen rückwärtigen Abschnitt **135b** abstromig von der Öffnung **133** geteilt. Ein Suszeptor **134** ist auf einer Vielzahl von sich radial erstreckenden Armen **136** einer zentralen Nabe **138** positioniert, die auf einem hohlen Schaft **140** befestigt ist. Der Schaft **140** wird seinerseits durch einen Motor **142** gedreht, der unterhalb der Kammer **130** angeordnet ist. Die Rotationskupplung zwischen dem Motor **142** und dem Schaft **140** wird genau in dem US-Patent Nr. 4,821,674 beschrieben. Der Motor **142** ist vorzugsweise auf einem festen Rahmen befestigt und weist Einstellmechanismen zum Positionieren des Suszeptors **134** innerhalb der Kammer **130** auf.

[0106] Ein Wafer **144** ist auf dem Suszeptor ruhend in [Fig. 11a](#) gezeigt. Eine Vielzahl von Heizstrahlerlampen ist um die Reaktionskammer **130** herum angeordnet, um den Suszeptor **134** und den darauf befindlichen Wafer **144** zu erwärmen. Eine erste Reihe von oberen Lampen **146** erstreckt sich längs bezüglich der Kammer **130**. Eine zweite untere Reihe von Lampen **148** erstreckt sich seitlich bezüglich der Kammer **130**. Die Verteilung der oberen Reihe der Lampen **146** ist ungehindert, so daß eine regelmäßige Folge von Lampen über die seitliche Ausdehnung der Kammer **130** vorgesehen ist. Die untere Reihe von Lampen **114** ist andererseits auf beiden Seiten des Schaftes **140** vorgesehen, sie ist aber in dem den Schaft umgebenden Bereich unterbrochen. Ein oder mehrere Spotlights bzw. Scheinwerfer oder gerichtete Lampen **150** sind unter der Kammer **130** positioniert und umgeben ein nach unten hängendes Quarzrohr **152**, das einstückig mit der Kammer **130** gebildet ist. Das Rohr **152** nimmt konzentrisch den Schaft **140** auf. Das Rohr **152** und der Schaft **140** bilden einen ringförmigen Raum zwischen sich, der dazu verwendet wird, ein Entleerungs- bzw. Reinigungsgas in einen Bereich unterhalb des Suszeptors **134** einzuspritzen. Der Reinigungsgasstrom wird durch die Pfeile **154** in [Fig. 11a](#) gezeigt. Die gerichteten Lampen **150** strahlen Energie zu der Unterseite des Suszeptors **143**, der durch den Schaft **152** und den Trägeraufbau beschattet sein kann. Die spezielle Heizanordnung ist ähnlich der in dem US-Patent Nr. 4,836,138 beschriebenen und dargestellten.

[0107] Die oberen und unteren Reihen von Lampen **146, 148** sind in einer im allgemeinen rechteckigen Konfiguration oberhalb bzw. unterhalb des Suszeptorbereiches **134** verteilt. Diese Anordnung fokussiert in Kombination mit den gerichteten Lampen **150** die Strahlungsenergie auf dem Suszeptor **134** und dem zugeordneten Wafer **144**. Zusätzlich verbessert die senkrechte Ausrichtung der oberen und unteren Reihen **146, 148** ferner die Erwärmungsgleichförmigkeit des Suszeptors **134**. In den [Fig. 11](#) und [Fig. 11a](#) ist ein vergrößerter Temperaturausgleichsring **155** ge-

zeigt, und sein spezieller Aufbau wird weiter unten in größerer Einzelheit beschrieben. Es sei jedoch bemerkt, daß die Umfangsgestalt des modifizierten Temperaturausgleichsrings **155** im allgemeinen rechteckig ist und zu den hervorspringenden Strahlungshitzesäulen der oberen und unteren Reihen von Lampen **146**, **148** paßt. Diese Anordnung ist äußerst wirksam und resultiert in einer gleichförmigeren Temperatur über den Suszeptor **134**.

[0108] Ein Gasinjektor **156** ist aufstromig von der Behandlungskammer **130** positioniert und weist eine Vielzahl von Reaktionsgasstrom-Nadelventilen **158** zum Messen des Reaktionsgases in der Kammer durch mehrere Öffnungen auf. Reaktionsgas wird durch den Injektor **156** gemessen und läuft danach durch eine Einlaßöffnung **160**, welche in einen oberen Bereich **162** der Behandlungskammer **130** führt. Der Reaktionsgasstrom wird durch den Pfeil **164** in [Fig. 11a](#) gezeigt. Das Gas strömt über den Suszeptor **134** und den Wafer **144**, über die innere Trägerplatte **132** und tritt durch eine Auslaßöffnung **166** in der Behandlungskammer **130** aus. Der Auslaßweg ist mit dem Pfeil **168** gezeigt. Zusammen mit dem zuvor beschriebenen nach oben gerichteten Reinigungsstrom **154** ist ein Längsreinigungsstrom **170** durch den Gasinjektor **156** vorgesehen. Genauer und wie weiter unten in größerer Einzelheit beschrieben wird, weist der Gasinjektor innere Kanäle auf, die sich in einen unteren Bereich **172** der Behandlungskammer **130** durch eine Reinigungseinlaßöffnung **174** öffnen. Der Reinigungsgasstrom **170** tritt in den unteren Bereich **172** ein und läuft unterhalb des Suszeptors **134** und des umgebenden Aufbaus vorbei und tritt aus dem unteren Bereich durch eine Reinigungsauslaßöffnung **176** aus, wie durch den Pfeil **178** gezeigt ist.

[0109] [Fig. 11](#) zeigt einen modifizierten Auslaßapparat **180**, welcher sowohl den verbrauchten Reaktionsgasstrom **168** als auch den Auslaß-Entleerungsgasstrom **178** aufnimmt. Genauer nimmt eine gemeinsame Plenumkammer **182** die zuvor erwähnten Gasströme auf und leitet sie zu einer gewinkelten Auslaßleitung **184** in Verbindung mit einer Auslaßrohrverzweigung **186**. Die Auslaßrohrverzweigung **186** ist an einer geeigneten Vakuumquelle befestigt. Die Plenumkammer **182** ist durch ein im allgemeinen rechteckiges Flanschteil **188** bestimmt, das vorzugsweise mit Wasser gekühlt wird, wobei innere Durchgänge durch Rohre **190** mit Kühlfluid versorgt werden. Das innere Kühlen des Flanschteils **188** hilft, Beschädigung der elastomeren Dichtung zwischen dem Flanschteil und der Behandlungskammer **130** zu verhindern.

Modifizierter Temperaturausgleichsring

[0110] Die [Fig. 11](#), [Fig. 11a](#) und [Fig. 12](#) zeigen den oben erwähnten modifizierten Temperaturausgleichsring **155**, welcher den Suszeptor **134** umgibt.

Dieser Ring **155** ist in vielen Gesichtspunkten ähnlich dem zuvor erwähnten Ring **72'** bezüglich der [Fig. 9](#). D. h., der Ring **155** ist nach außen aufgebaut, um dicht zu der gerundeten, rechteckigen Öffnung **194** zu passen, die in der Trägerplatte **132** der Kammer **130** gebildet ist, er ist aber von dieser im Abstand gehalten, um Qualitätsverlust der Quarzträgerplatte **132** zu verhindern. Bei einer besonderen Ausführungsform weist, wie in [Fig. 11a](#) gezeigt ist, der modifizierte Temperaturausgleichsring **155** ein unteres, ringförmiges U-förmiges Kanalteil **196** und ein oberes ebenes Teil **198** auf. Das obere Teil **198** weist eine Öffnung auf, die über dem Kanalteil **196** durch die Verwendung von einem oder mehreren integral gebildeten, nach unten hängenden Zentrierringen **199** zentriert ist, die auch kleine Vorsprünge sein können, die in einem Kreis mit rundem Muster im Abstand angeordnet sein können. Das untere Teil **196** trägt eine Vielzahl von verlängerten Thermoelementen, die sich, wie zuvor beschrieben, von einem abstromigen Ende der Kammer **130** durch die Entleerungsauslaßöffnung **176** und in den unteren Bereich **172** und den Ring **155** erstrecken. Der Ring **155** weist in seinem abstromigen Ende Öffnungen zur Aufnahme der Thermoelemente auf.

[0111] Vorzugsweise sind drei Thermoelemente durch den Temperaturkompensationsring **155** getragen, die alle in die Kammer aus dem abstromigen Ende durch die Entleerungsauslaßöffnung **176** eintreten. Die drei Thermoelemente erstrecken sich parallel nach vorn in die Kammer unterhalb der Trägerplatte **132** und sind in seitlicher Richtung im Abstand angeordnet. Das mittlere, in [Fig. 11a](#) gezeigte Thermoelement **199** erstreckt sich genau unterhalb der Trägerplatte **132** und endet abstromig von dem Suszeptor **134**. Ein zweites Thermoelement **200** tritt in den Ring **155** ein und rollt sich um einen kreisrunden Weg, der durch das Kanalteil **196** bestimmt ist, um an der vorderen Kantenposition zu enden, wie in [Fig. 11a](#) gezeigt ist, an der vorderen Kante des Ringes. Ein drittes Thermoelement (nicht gezeigt) tritt auch in den Ring **155** und rollt sich halb um das Kanalteil **196** in der entgegengesetzten Richtung von dem zweiten Thermoelement **200**, um bei einer Position in der Mitte zwischen den vorderen und den hinteren Kanten des Suszeptors **134** zu enden. Die Kombination der drei Thermoelemente fühlt somit die Temperatur an der vorderen Kante, der hinteren Kante und an der Seitenkante des Suszeptors **134** ab.

[0112] Damit die Thermoelemente in das Kanalteil **196** eintreten können, ist sein rückwärtiges Ende durch einen verlängerten L-förmigen Teil **202** gebildet. Diesem Teil fehlt eine äußere Wand, um es dem Thermoelement zu erlauben, in das Innere des Kanals einzutreten. Obwohl nicht gezeigt, kann sich der L-förmige Teil um einen Bogen herum erstrecken, der ausreichende Länge hat, um die drei eintretenden Thermoelemente aufzunehmen, oder er kann diskre-

te Teile an den Stellen aufweisen, durch welche jedes Thermoelement in das Kanalteil **196** geht.

[0113] Der obere ebene Teil **198** hat eine innere Kante, die nahezu denselben Durchmesser hat wie die innere Wand des Kanalteils **196**, und paßt dicht zu der äußeren Umfangskante des Suszeptors **134**, ist aber von diesem im Abstand angeordnet. Eine äußere Kante des ebenen Teils **198** erstreckt sich nach außen von der äußeren Wand des Kanalteils **196** und paßt dicht zu der gerundeten, rechteckigen Öffnung **133**. Der Ring **155** ist wiederum vorzugsweise aus Graphit mit einer großen thermisch wirksamen Masse hergestellt, um dazu zu verhelfen, die Temperaturgleichförmigkeit über den Suszeptor **134** und den Wafer **144** sicherzustellen. In alternativen Ausführungsformen kann jedoch der Ring **155** aus geringerer thermischer Masse oder sogar aus Quarz hergestellt sein, so daß direkte Strahlungswärme von den Reihen der Lampen **146**, **148** und **150** auf die Kante des Suszeptors **134** auftreffen kann.

[0114] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 11a](#) ist ein aufstromiger Spalt **204** zwischen dem Ring **155** und dem aufstromigen Abschnitt **135a** der Trägerplatte **132** bestimmt. Ähnlich ist ein abstromiger Spalt **206** zwischen der abstromigen Kante des Ringes **155** und dem abstromigen Abschnitt **135b** der Trägerplatte **132** gebildet. Der aufstromige Spalt **204** ist leicht kleiner bemessen als der abstromige Spalt **206**. Das Behandlungsgas, welches über den Suszeptor **134** und den Wafer **144** geht, ist zu dem Einlaßende der Kammer **130** hin verhältnismäßig kalt. Da das Behandlungsgas über den heißen Ring **155** und den Suszeptor **134** geht, wärmt es sich an der hinteren Kante des Wafers auf eine maximale Temperatur auf. Der Ring **155** wird somit in der Umgebung der Behandlungskammer an seiner abstromigen Kante einer höheren Temperatur unterworfen als seine entgegengesetzte, aufstromige Kante unterworfen wird. Da das Quarz verhältnismäßig zerbrechlich ist und bei wiederholtem thermischem Zyklieren bricht, ist der Spalt **206** an der abstromigen Kante des Ringes **155** leicht größer hergestellt, um übermäßiges Erhitzen des Quarzes durch den Ring **155** an dieser Stelle zu verhindern. In einer Ausführungsform hat der aufstromige Spalt **204** ungefähr 4 Millimeter, während der abstromige Spalt ungefähr 5 Millimeter hat.

Opferquarzplatte

[0115] Die Behandlungskammer **130** der [Fig. 11](#) beinhaltet ferner eine Opferquarzplatte **210**, um die aufstromige Kante der Öffnung **133** zu schützen. Wie man in den [Fig. 12](#) bis [Fig. 14](#) sieht, weist die Opferquarzplatte **210** einen horizontalen, ebenen Teil **212** und eine vertikale, krummlinige Lippe **214** auf. Der horizontale Teil **212** weist ferner eine große zentrale Öffnung **216** auf, die so bemessen ist, daß sie den Antriebsschaft **140** und die Nabe **138** aufnimmt. Der

horizontale Teil **212** erstreckt sich unterhalb des Suszeptors **134** und wird durch drei Finger **218** getragen, die von unterhalb der zentralen Trägerplatte **132** abhängen. Die Finger **218** sind sehr ähnlich den Trägerfingern **80** und **82**, die zuvor bezüglich der ersten Kammerausführungsform beschrieben wurden. Genauer ist ein vorderer Finger **218a** zentral über die seitliche Breite des aufstromigen Abschnittes **135a** der zentralen Trägerplatte **132** angeordnet. Ein Paar von abstromigen Fingern **218b** ist seitlich von dem Zentrum der Trägerplatte in ihrem abstromigen Abschnitt **135b** im Abstand angeordnet. Die nahe Anordnung dieser Finger sieht man am besten in der Explosionsansicht der [Fig. 12](#).

[0116] Der horizontale Teil **212** der Opferquarzplatte **210** weist zwei rückwärtige Ausdehnungen **220** mit rechtwinkligen Bereichen **221** von verringelter Dicke und darin befindlichen Öffnungen **222** auf. Die dünnen Bereiche **221** der Ausdehnungen **220** sind so bemessen, daß sie auf die abstromigen Finger **218b** passen, wie man am besten in [Fig. 11a](#) sieht. Die Öffnungen **222** sind so bemessen, daß sie Trägerstifte **224** aufnehmen, die auch auf den Fingern **218b** getragen werden. Die Stifte **224** erstrecken sich durch die Öffnungen **222** und werden für das Stützen des Temperaturausgleichsrings **155** verwendet. Auch sind ein dünner gemachter Bereich **230** und eine vordere Öffnung **226** in dem horizontalen Teil **212** zur Aufnahme eines Trägerstiftes **227** vorgesehen. Der vordere Finger **218a** paßt in den dünner gemachten Bereich **230** und trägt das vordere Ende der Opferquarzplatte **210** sowie das vordere Ende des Ringes **155** über den Stift **227**. Die dünner gemachten Bereiche **221** und **230** und genauer die dadurch gebildeten Seitenwände halten in Kombination mit den Öffnungen **222** und **226** und den Stiften **224** und **227** die Platte **210** in Position bezüglich der Finger **218a, b**.

[0117] Die Quarzplatte **210** hat eine im allgemeinen konstante, seitliche Querschnittsbreite, welche an einem vorderen Ende zu einem breiteren Bereich **228** divergiert. Der breite Bereich **228** weist gerundete vordere Ecken auf, die zu der Gestalt der Öffnung **133** passen. Die vertikale Lippe **214** erstreckt sich von den gerundeten Kanten des vorderen Teils **228** nach oben in die Nähe der gerundeten rechteckigen Kanten der Öffnung **133**. Dies sieht man am besten in [Fig. 11a](#). Die vertikale Lippe **214** paßt somit dicht zu der inneren Kante der Trägerplatte **132** an der Öffnung **133** und schützt das Quarz an dieser Stelle vor Entglasung. Vorzugsweise hat die vertikale Lippe **214** Kontakt mit dem Quarz der Öffnung **133**.

[0118] Die Form der Opferquarzplatte **210** sieht man in Draufsicht und im Querschnitt in den [Fig. 13](#) bzw. [Fig. 14](#). Es sei bemerkt, daß die Dicke der Platte **210** in dem Mittelteil größer und an den Bereichen **221** und **230** dünner ist, welche, wie erwähnt, die Finger **218a, b** aufnehmen und halten. Ferner ist die ver-

tkale Lippe **214** bemerkenswert dünner als der horizontale Teil der Platte **210**. In einer speziellen Ausführungsform hat, zur Verwendung in einer Reaktionskammer zur Behandlung von Wafers von Durchmessern von 200 Millimetern, die Opferquarzplatte **210** eine Gesamtlängenabmessung von nahezu 28,45 cm (11.2 Inch). Die Breite der Platte **210** beträgt nahezu 18,92 cm (7.45 Inch), und die nach außen divergierenden Kanten in dem Bereich **228** bilden mit den Seitenkanten einen Winkel von 30°. Die Breite des vorderen Bereiches **228** beträgt nahezu 25,81 cm (10.16 Inch). Die Krümmung der vorderen Kanten, die dicht zu der inneren Kante der Öffnung **133** paßt, beträgt im Radius nahezu 5,72 cm (2.25 Inch). Die Platte hat eine Dicke von nahezu 0,51 cm (0.2 Inch) über einen Hauptteil ihres Querschnittes, wobei aber die Bereiche, welche die Finger **218** aufnehmen, eine Dicke von nahezu 0,152 cm (0.06 Inch) haben. Die vertikale Lippe hat eine Höhe von nahezu 2,51 cm (0.99 Inch), während ihre Dicke nahezu 1 mm (0.04 Inch) beträgt.

[0119] Die [Fig. 15](#)–[Fig. 17](#) zeigen eine modifizierte Opferquarzplatte **240**, die in den meisten Beziehungen der zuvor beschriebenen Quarzplatte **210** identisch ist. Im Gegensatz dazu weist die Quarzplatte **240** jedoch eine horizontale Ausdehnung **242** auf, die an einer oberen Kante der vertikalen Lippe **214** gebildet ist. Die horizontale Ausdehnung **242** erstreckt sich nach vorne von der Lippe **214** und soll auf der oberen Oberfläche der zentralen Trägerplatte **132** ruhen. D. h., daß sich die vertikale Lippe **214** nach oben, wie man in [Fig. 11a](#) sieht, in dichte Nähe zu der Öffnung **133** erstreckt und sich die horizontale Ausdehnung **242** über die obere Ecke der Öffnung erstreckt. Diese Anordnung schützt ferner das Quarz der zentralen Trägerplatte **132** vor Entglasung. In den anderen Beziehungen ist die modifizierte Quarzplatte **240** mit der zuvor beschriebenen Quarzplatte **210** identisch und wird durch die Finger **218a, b** unterhalb des Suszeptors **134** und parallel zu diesem getragen.

[0120] Die [Fig. 18a](#) und [Fig. 18b](#) zeigen die den Suszeptor **134** umgebend angeordneten Opferquarzplatten. Wie man in [Fig. 18a](#) genauer sieht, sieht man die Opferquarzplatte **210** in gestrichelter Linie unterhalb des Suszeptors **134**, wobei die vertikale Lippe **214** an der abstromigen Kante des vorderen Abschnittes **135a** des zentralen Trägers **132** sichtbar ist. Man sieht, daß sich die vertikale Lippe **214** seitlich um die Seiten der Öffnung **133** erstreckt, um an den Seitenschienen **18** der Kammer **130** zu enden, wie zuvor beschrieben wurde. [Fig. 18b](#) zeigt andererseits die horizontale Ausdehnung **242**, die sich nach vorn von der Kante der Öffnung **133** erstreckt. Wieder ist die Opferquarzplatte **240** unterhalb des Suszeptors **134** und parallel zu diesem positioniert.

[0121] In einer weiteren Ausführungsform kann, wie in den [Fig. 18c](#), [Fig. 19](#) und [Fig. 20](#) zu sehen ist, ein

Paar von diskreten Opferquarzplatten **250a** und **250b** auf der zentralen Trägerplatte **132** positioniert sein. Die diskreten Platten **250** werden in Draufsicht in [Fig. 19](#) gezeigt und haben eine im allgemeinen rechteckige Form mit einem Paar von abgeschrägten Kanten **252** auf einem aufstromigen Ende und einer krummlinigen, abstromigen Kante **254**. Wie man in [Fig. 20](#) sieht, springt eine vertikale Lippe **256** nach unten von der krummlinigen Kante **254** hervor. Die krummlinige Kante **254** ist so bemessen, daß sie dicht zu den gekrümmten Ecken der gerundeten, rechteckigen Öffnung **133** paßt. Diesbezüglich und wie man in [Fig. 18c](#) sieht, sind die diskreten Opferquarzplatten **250a, b** an den gerundeten Ecken der Öffnung **133** positioniert. Die nach unten abhängende Lippe **256** schützt somit die Ecken der Öffnung **133** vor Entglasung. Die Ecken der Öffnung **133** werden während der Vakuumbehandlung den größten Belastungen unterworfen und leiden daher am meisten durch wiederholtes, thermisches Zyklieren. Somit schützt die Schaffung der diskreten Platten **250a, b** diese Ecken, und sie können verhältnismäßig leicht ersetzt werden. Die Platten **250a, b**, sind einfach auf der zentralen Trägerplatte **132** ohne andere Befestigungsmittel angebracht. Selbstverständlich ist eine einzige Opferquarzplatte, welche die diskreten Platten **250a, b** kombiniert, ins Auge gefaßt, die auch direkt oben auf der zentralen Trägerplatte **132** angebracht werden kann.

Gasinjektor

[0122] [Fig. 21](#) stellt den zuvor bezüglich [Fig. 11](#) erwähnten Gasinjektor **156** dar. Der Gasinjektor **156** weist ein im allgemeinen vertikales, zweiteiliges Flanschteil auf, welches an das aufstromige Ende der Quarzkammer **130** anstößt. Genauer ist der Gasinjektor **156** zwischen einer Waferhandhabungskammer **260** (gestrichelt dargestellt) und der Behandlungskammer **130** in Sandwichbauart angeordnet. Geeigneter pneumatischer Druck wird auf eine von vielen, dem Fachmann bekannten Arten vorgesehen, um den sehr guten Kontakt zwischen dem Gasinjektor **156** und der Kammer **130** sicherzustellen.

[0123] Die Waferhandhabungskammer **260** weist eine kegelförmige Waferbelieferungsöffnung **262** auf, welche zu einem horizontalen Wafer/Gas-Eintrittsschlitz **264** führt, der durch den Gasinjektor **256** bestimmt wird. Eine Waferhandhabungsvorrichtung (nicht gezeigt) liefert Wafer durch die Belieferungsöffnung **262** und den Eingangsschlitz **264** zu der Handhabungskammer **260** und der Behandlungskammer **130** und von diesen weg. In einer Ausführungsform weist die Waferhandhabungsvorrichtung eine Aufnahmewand mit geringem Querschnitt vom Bernoulli-Typ auf, welche durch den Eintrittsschlitz **264** paßt, der auf einer Unterseite den Wafer trägt. Selbstverständlich können andere Aufnahmewände mit geringem Querschnitt verwendet werden. Diesbezüglich

hat der Eintrittsschlitz **264** eine Höhe von nahezu 1,91 cm (0.75 Inch) und eine Länge durch den Gasinjektor **156** von etwa 3,96 cm (1.56 Inch). Bezuglich der Rückansicht der [Fig. 22](#) erstreckt sich der Eintrittsschlitz **264** seitlich entlang einem Hauptteil der Breite des Gasinjektors **156** und hat vorzugsweise eine Breite von ungefähr 22,86 cm (9 Inch), um den Durchgang von Wafern mit 200 mm zu ermöglichen. Fachleute werden bemerken, daß die hier bezeichneten Abmessungen verändert werden, um Wafer größerer Abmessung, wie zum Beispiel solche von 300 mm Durchmesser, unterzubringen.

[0124] Wie in dem US-Patent Nr. 4,828,224 beschrieben, ist ein Absperrschieber vorzugsweise in der Handhabungskammer für reziproke Bewegung abwechselnd zum Schließen und Öffnen der Belieferungsöffnung **262** befestigt. In einer besonders vorteilhaften Form weist der Absperrschieber einen Schwenkkörper auf, der durch sich hindurch auch einen Waferdurchgang hat, wobei sich der Durchgang in Linie mit der Belieferungsöffnung **262** befindet, wenn der Schieber geöffnet ist. Eine feste Oberfläche des Absperrschiebers weist einen O-Ring auf, der geeignet ist, gegen die Vorderfläche des Gasinjektors **156** abzudichten, um die Umgebung der Handhabungskammer **260** von der Behandlungskammer **130** zu isolieren.

[0125] Der Gasinjektor **156** ist aus einer vorderen Flanschhälfte **266** und aus einer rückwärtigen Flanschhälfte **268** gebildet. Die vorderen und rückwärtigen Flanschhälften **266**, **268** sind im allgemeinen vertikal angeordnete, plattenähnliche Teile, die so angeordnet sind, daß sie gegeneinander passen. Genauer ist die Vorderfläche der vorderen Flanschhälfte **266** geeignet, gegen die Waferhandhabungskammer **260** zu passen, und ihre Rückseite stößt gegen die Vorderfläche der rückwärtigen Flanschhälfte **268**. Ferner paßt die rückwärtige Fläche der rückwärtigen Flanschhälfte **268** gegen die Behandlungskammer **130**. O-Ringdichtungen sind zwischen diesen Elementen vorgesehen, um Gasleckage von den Waferhandhabungsbereichen oder deren Verunreinigung zu verhindern. Ein im allgemeinen ovalförmiger Kammer-O-Ring **270**, am besten in [Fig. 22](#) gesehen, ist zwischen dem Gasinjektor **156** und der Kammer **130** vorgesehen. Genauer weist die rückwärtige Flanschhälfte **268** eine fortlaufende Nut **272** ([Fig. 25](#)) in ihrer rückwärtigen Fläche auf, welche den Eintrittsschlitz **264** umgibt, der den Kammer-O-Ring **270** aufnimmt. Der Kammer-O-Ring **270** stößt gegen die flache Vorderfläche der Behandlungskammer **130** und umgibt die Einlaßöffnungen **160**, **174**, welche zu dem oberen bzw. unteren Bereich **162** bzw. **172** führen. Ein mittlerer O-Ring **274** ist in einer Nut in der rückwärtigen Fläche der vorderen Flanschhälfte **266** vorgesehen und dichtet den Eintrittsschlitz **264** an der Verbindung zwischen den vorderen und rückwärtigen Flanschhälften **266**, **268** ab. Schließlich ist ein

O-Ring **276** der Handhabungskammer in einer Nut in der Vorderfläche der vorderen Flanschhälfte **266** vorgesehen, welcher den Eintrittsschlitz **264** an der Grenzfläche zwischen dem Gasinjektor **156** und der Waferhandhabungskammer **260** abdichtet.

[0126] Wie man in den [Fig. 22](#) und [Fig. 23](#) sieht, ist eine Vielzahl von Nadelventilen **158** über die obere Kante der rückwärtigen Flanschhälfte **268** verteilt. Vorzugsweise sind fünf solcher Nadelventile **158** gleichmäßig und zentriert in der rückwärtigen Flanschhälfte **268** verteilt. Jedes der Nadelventile **158** weist eine rohrförmige Kartusche **280**, die in einen sich nach oben öffnenden, abgestuften Hohlraum **282** ([Fig. 26](#)) befestigt ist, und Klemmschrauben **284** für die Einstellung des Gasstromes durch den Gasinjektor **156** auf. Diesbezüglich tritt das Behandlungsgas durch eine Einlaßleitung **286** in eine seitliche Kante der rückwärtigen Flanschhälfte **268** und wird durch den Gasinjektor **156** verteilt, wenn es schließlich in die Behandlungskammer **130** durch den Eintrittsschlitz **264** eintritt.

[0127] Das Behandlungsgas tritt an der Einlaßleitung **286** ein und strömt durch ein horizontales Plenum **288**, das sich seitlich über die rückwärtige Flanschhälfte **268** unterhalb der fünf Einstellklemmschrauben **284** erstreckt. Wie man am besten in [Fig. 26](#) sieht, ist jede Kartusche **280** innerhalb einer oberen Gewindebohrung **290** des Hohlraumes **282** befestigt, wobei der Hohlraum auch eine Ventilbohrung **292** mit verringertem Durchmesser bestimmt. Jede der Gewindebohrungen **292** befindet sich in Fluidverbindung mit dem horizontalen Plenum **288**. Jede Kartusche **280** weist einen äußeren Gewindestiel **294**, der zu der Gewindebohrung **290** paßt, und einen unteren Teil **296** mit verringertem Durchmesser zur Aufnahme und Kanalisieren des Behandlungsgases auf. Genauer weist der Teil **296** mit verringertem Durchmesser einen horizontalen Schlitz **298** an der Höhe des Plenums **288** auf, welcher es dem Behandlungsgas erlaubt, frei entlang dem Plenum zu jedem Hohlraum **288** zu strömen. Gas, welches durch die Einlaßleitung **286** eintritt, füllt somit das Plenum **288** auf einen gleichmäßigen Druck über seine Breite.

[0128] Ein von der Kartusche **280** getrennter Ventilsitz **300** ist auf dem Bodenende der Ventilbohrungen **292** positioniert und auf seiner Außenseite gegen die Gewindebohrung mit einem O-Ring **302** abgedichtet. Jede Klemmschraube **284** ist axial mit einer Nadel **304** ausgerichtet und stößt an diese an, welche sich nach unten durch die hohle Kartusche **280** und in Eingriff mit einer inneren Dichtungsoberfläche auf dem Ventilsitz **300** erstreckt. In der Mitte entlang der Nadel **304** schafft ein ringförmiger Nadelrand **306** eine Reaktionsoberfläche, gegen welche eine Feder **308** arbeitet. Die Feder **308** ist innerhalb einer oberen zylindrischen Bohrung **310** der Kartusche positioniert und stößt gegen eine Stufe **312** mit verringertem Durch-

messer. Die Nadel **304** ist somit nach oben in Eingriff mit der Klemmschraube **284** vorgespannt. Die Feder **308** ermöglicht es, das Positionieren der Nadel **304** bezüglich der Kartusche **280** zu präzisieren. D. h., die Nadel **304** hat innerhalb der Bohrung der Kartusche **280** einen Gleitsitz und ist durch die Feder **308** gegen die Klemmschraube **284** vorgespannt, welche einen einstellbaren Anschlag schafft. Zusätzlich ist die Federkonstante der Feder **308** ausreichend, um nach unten gerichteter Bewegung der Nadel **304** während der Vakuumbehandlung zu widerstehen.

[0129] Die Kartusche **280** ist mit Abstufungen um ihren Umfang herum versehen und arbeitet mit der drehbaren Klemmschraube **284** ähnlich wie ein Mikrometer. Axialer Lauf der Klemmschraube **284** und der Nadel **304** innerhalb der Kartusche **280** bringt abwechselnd die Ventiloberflächen zwischen dem unteren Ende der Nadel und dem Ventilsitz **300** in Eingriff und trennt sie abwechselnd voneinander.

[0130] Ein zweiter kleinerer O-Ring **314** ist rund um die Nadel **204** vorgesehen und arbeitet gegen eine Bohrung **316** mit verringertem Durchmesser unterhalb der oberen Bohrung **310** in der Kartusche **280**. Dies hindert Behandlungsgas daran, nach oben um die Nadel **304** herumzulaufen. Ein dritter O-Ring **318** ist in einer in der Außenseite der Kartusche **280** gebildeten Nut positioniert und arbeitet gegen die Ventilbohrung **292**, um Behandlungsgas daran zu hindern, nach oben rund um die Kartusche zu entweichen.

[0131] Bezuglich [Fig. 22](#) erstreckt sich eine enge Leitung **320** nach unten unterhalb der Ventilbohrung **292** in Verbindung mit einer Expansionskammer **322**, wie am besten in [Fig. 24](#) zu sehen ist. Wie man auch an der vorderen Seite der rückwärtigen Flanschhälfte **268** in [Fig. 23](#) sieht, ist jede Expansionskammer **322** als ein horizontaler Schlitz gebildet und divergiert nach außen an einem rückwärtigen Ende unterhalb der Leitung **320** zu einem vorderen Ende, welches der rückwärtigen Flanschhälfte **266** zugewandt ist. Die Expansionskammern **322** sind durch zwei Verteilervorrichtungen **324** getrennt. Es sind fünf solcher Expansionskammern **322** vorhanden, die mit dazwischen vorgesehenen Flussverteilervorrichtungen **324** gebildet sind.

[0132] Das vordere untere Ende jeder Expansionskammer **322** endet in einer abgerundeten Lippe **326**, im Profil in [Fig. 21](#) gezeigt. Die Lippe **326** springt nach vorn hervor und endet gerade kurz vor der Ebene, welche durch die Vorderseite der rückwärtigen Flanschhälfte **268** bestimmt wird; diese bestimmt auch eine Grenzfläche zwischen den Flanschhälften. Die Verteilervorrichtungen bzw. Trennvorrichtungen **324** ragen nach vorn zu der Grenzfläche heraus und enden an dem vordersten Punkt der abgerundeten Lippe **326**, wie man in [Fig. 23](#) sieht. Die Lippe **326**

setzt sich nach rückwärts von den Flussverteilervorrichtungen **324** fort, wobei sie unter die Expansionskammern **322** in einer gemeinsamen ebenen, gewinkelten Oberfläche **32** rollt. Die gewinkelte Oberfläche **328** setzt sich nach unten und nach rückwärts, bis sie den Eintrittsschlitz **264** schneidet, fort, wie man in [Fig. 21](#) sieht.

[0133] Betrachtet man [Fig. 21](#), so weist die vordere Flanschhälfte **266** eine Reihe von Ausnehmungen **330** auf, die in ihrer Rückseite gegenüber den Expansionskammern **322** gebildet sind. Die Ausnehmungen **330** haben schmale Wände **332**, die voneinander getrennt sind, was gestrichelt in [Fig. 22](#) dargestellt und im Querschnitt in [Fig. 24](#) zu sehen ist. Jede Ausnehmung **330** hat eine längliche, im allgemeinen halbzyklindrische Gestalt, und eine untere Wand **334**, die nach unten und nach rückwärts gewinkelt ist und sich als eine Lippe **336** fortsetzt, die unterhalb der gewinkelten Oberfläche **328** der rückwärtigen Flanschhälfte **268** hervorragt. Die schmalen Wände **332** enden an der Grenzfläche, während sich die Lippe **336** nach rückwärts von dieser erstreckt. Die winkelige Oberfläche **328** oberhalb und die Lippe **336** unterhalb bestimmen zusammen einen schmalen Schlitz **338** für den Gasfluss mit einer Breite, die in der Breite nahezu gleich der Breite der fünf kombinierten Expansionskammern **322** ist.

[0134] Behandlungsgas wird an den Nadelventilen **158** gemessen und läuft nach unten durch die Leitung **320** in die Expansionskammern **322**, wo der Gasstrom nach außen diffundiert, um seine Geschwindigkeit zu verlangsamen. Die fünf langsameren, sich bewegenden Ströme des Behandlungsgases fließen dann im allgemeinen nach vorn über die Grenzfläche und werden beinahe um 180° durch die gekrümmten Wände der Ausnehmungen **330** gedreht, um durch den schmalen Schlitz **338** gelenkt zu werden, der den Strom zu einem blattähnlichen Band formt. Der durch jedes der fünf Nadelventile **158** gemessene Strom wird durch die Flussverteilervorrichtungen **324** innerhalb jeder der Expansionskammern **322** und innerhalb jeder der Ausnehmungen **330** durch die Wände **332** getrennt gehalten. Den fünf getrennten Strömen wird gestattet, sich durch den Schlitz **338** zu mischen, um in einem einzigen, ebenen Band zu resultieren. Diese Gasflussbahn setzt sich nach unten und nach rückwärts in den Eintrittsschlitz **264** und danach im allgemeinen horizontal durch die Behandlungskammer **130** fort, in erster Linie aufgrund des abnehmenden Druckgradienten entlang der Kammer in der Richtung der Vakuumquelle abstromig von der Auslaßvorrichtung **180**. Während des Behandlungsgasflusses wird das vordere Ende des Eintrittsschlitzes **264** durch die Schaffung des zuvor erwähnten Absperrschiebers geschlossen, um Fließen in die entgegengesetzte Richtung zu verhindern. Das Mischen des Stromes beginnt in einem bedeutenden Abstand aufstromig von

der vorderen Kante des Wafers, um so für die getrennten Fließströme angemessenen Abstand und Zeit zu schaffen, sich durch Diffusion zu mischen, wodurch das Gasdichteprofil seitlich über den Wafer geglättet wird.

[0135] Wie man in [Fig. 22](#) sieht, ist der Gasinjektor **156** ferner mit Reinigungsgas- bzw. Entleerungsgaskanälen versehen, und drei Entleerungsgasöffnungen **340** öffnen sich in den unteren Bereich **172** der Behandlungskammer **130**. Diesbezüglich fließt Behandlungsgas durch den Eintrittsschlitz **264** und die Einlaßöffnung **160** in den oberen Bereich **162** der Kammer **130**, während Entleerungsgas durch die drei Öffnungen **340** und die Entleerungseinlaßöffnung **174** in den unteren Bereich **172** der Kammer fließt. Ein Entleerungsgaseinlaß **342** ist auf der Seitenkante der rückwärtigen Flanschhälfte **268** gegenüber der Einlaßleitung **286** für Behandlungsgas vorgesehen. Der Einlaß **342** führt zu einem kurzen, horizontalen Durchgang **344**, der mit einem vertikalen Durchgang **346** Verbindung schafft. Ein horizontales Entleerungsgasplenum **348** verteilt das Entleerungsgas in gleichen Drücken zu den Öffnungen **340**. Entleerungsgas wird somit durch den Gasinjektor **156** kanalisiert und tritt durch die drei gleichmäßig im Abstand angeordneten Öffnungen **340** aus, die unterhalb des Eintrittsschlitzes **264** und unterhalb der zentralen Stützplatte **130** positioniert sind, wenn der Gasinjektor an die Behandlungskammer **130** stößt.

[0136] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 21](#), [Fig. 24](#) und [Fig. 25](#) weist der Gasinjektor **156** auch in sich Wasserkühlkanäle zum Schutz des O-Ringes **270** der Kammer auf. Genauer schafft ein Paar von unteren Leitungen **350a**, **350b** einen Kühlwasserfluß in den Gasinjektor **156** und aus diesem heraus. Die inneren Kühlkanäle innerhalb des Gasinjektors **156** sieht man am besten im Querschnitt der [Fig. 25](#). Kühlwasser tritt durch die Leitung **350a** ein und läuft nach oben durch einen kurzen Abschnitt oder Durchgang **352** in einen länglichen, horizontalen unteren Durchgang **354**. Dieser Durchgang **354** schafft Verbindung mit einem vertikalen Seitendurchgang **356** und danach mit einem länglichen, horizontalen oberen Durchlaß **358**. Schließlich erstreckt sich ein zweiter Seitendurchgang **360** von dem oberen Durchgang **358** nach unten zu dem Kühlaußlaß **350b**. Man sieht, daß jeder dieser Durchgänge in die feste, rückwärtige Flanschhälfte **258** gebohrt ist, und Stopfen **362** sind an jedem ihrer äußeren Enden vorgesehen. Das Muster der Durchgänge paßt dicht zu der Gestalt des O-Ringes **270** der Kammer. Ferner sind die Durchgänge in der rückwärtigen Flanschhälfte **268** an einer Stelle nahe dem O-Ring **270** mit einem Minimum an festem Material dazwischen vorgesehen, wie man am besten in den [Fig. 21](#) und [Fig. 24](#) sieht. Der Kühlfluß durch die Durchgänge soll die Temperatur des Materials des Gasinjektors **156** nahe dem O-Ring **270** der Kammer bei ungefähr 60°F oder kälter hal-

ten. Das verwendete Kühlfluid ist vorzugsweise ein pH ausgeglichen eingestelltes mineralfreies Wasser, das bei Raumtemperatur oder weniger eingeführt wird. Die Gasinjektorelemente sind vorzugsweise aus nicht rostendem Stahl hergestellt, und das mineralfreie Wasser verhindert die Bildung von Niederschlägen, welche den Durchgang des Kühlwassers hindern können.

[0137] Der vorliegende einstellbare Gasinjektor **156** verbessert erheblich den Wirkungsgrad des Gasstromes durch die Behandlungskammer **130**. Speziell erzeugten viele frühere Gasinjektoren ein festes Fließmuster oder waren zur Einstellung ungeeignet. Wenn der Gasstrom geringer als das Optimum war, zum Beispiel wenn Rückführungen wegen Deposition bzw. Ablagerung auf den Kammerwänden ersichtlich wurde, mußte daher der gesamte Gasinjektor auseinandergenommen werden, um den Gasstrom durch diesen hindurch einzustellen. In dem vorliegenden Gasinjektor **156** schaffen die Klemmschrauben **284** Einstellbarkeit über die seitliche Breite der Kammer. Wenn Rückführungen durch Bildung von Partikeln auf der einen oder anderen Wand der Kammer beobachtet werden, wird der Gasstrom an dieser Seite höher eingestellt. Häufig verhindern Herstellungstoleranzen im Aufbau des Gasinjektors genaue Korrelation zwischen den Einstellungen der Klemmschrauben **284** und dem Gasstrom an den fünf Nadelventilen vorbei. Waren die Toleranzen perfekt, könnten die Klemmschrauben auf spezifische Werte bezüglich den Mikrometerabstufungen auf der Kartsche **280** eingestellt werden, und die Fließrate wäre aus solchen Werten voraussagbar. Die Toleranzen sind jedoch weniger als genau, und die Einstellbarkeit der Nadelventile beschleunigt erheblich die Behandlung.

[0138] Obwohl die verschiedenen, seitlich verteilten Gasströme unabhängig in dem Gasinjektor **156** gemessen werden, ist der Aggregatausstoß aus dem Injektor ein einziges Stromband, in welchem die Längsgrenzen der Ströme sich gut aufstromig von der vorderen Kante des Wafers mischen dürfen. So mit wird die Depositionsgleichförmigkeit durch Vermeidung bestimmter Grenzen zwischen den Flüssen verbessert.

[0139] In einer speziellen Ausführungsform werden die Mikrometer in spezifischen Abständen geöffnet, um den Gasstrom zwischen den Nadeln **304** und dem Ventilsitz **300** zu erlauben. Die äußeren zwei Nadelventile **158** werden um 1,5 mm, die zweiten Nadelventile um 1,7 mm und das mittlere Nadelventil um 2 mm geöffnet. Dieses symmetrische Muster wird für einen symmetrischen Gasstrom durch die Behandlungskammer **130** bevorzugt. Wenn später eine Beobachtung zeigt, daß Rückführungen innerhalb der Kammer auftreten, zeigt dies an, daß der Gasstrom trotz der Anzeige der Klemmschrauben nicht symme-

trisch ist. In dieser Situation werden eine oder mehrere der Klemmschrauben eingestellt, um den Strom auf einer seitlichen Seite der Kammer zu erhöhen.

[0140] Ein typischer gesamter Behandlungsgasstrom ist 16 sNm. Dieser Gasstrom wird um ungefähr 20% über den Gasstrom in rechteckigen Behandlungskammern derselben Höhe verringert. Dies erfolgt aufgrund der linsenförmigen Gestalt der Kammer. Der typische Gasdruck beträgt 137.895 kPa (20 psi) vor dem Durchlaufen durch die Nadelventile.

[0141] Der Kammerdruck kann sich auf einem Vakuum von ungefähr 10.665 kPa (80 torr) befinden. Herkömmliche Behandlungsgase sind zum Beispiel Dichlorsilan und Trichlorsilan. Selbstverständlich werden die Behandlungs- oder Dotiergase mit einem Träger in typischer Weise Wasserstoff mit einem Verhältnis von ungefähr 9 : 1 Träger zu Behandlungsgas gemischt. Zusätzlich werden Reinigungsgase bzw. Entleerungsgase, wie zum Beispiel Stickstoff, häufig durch den Gasinjektor eingespritzt, um die verschiedenen Kanäle zu reinigen. Ferner werden Ätzgase, wie zum Beispiel Chlorwasserstoff, verwendet, um die Kanäle zu reinigen. Der typische Reinigungsgasfluß durch den Gasinjektor in den unteren Bereich der Kammer ist Wasserstoff bei einer Fließrate von zwischen 5 und 15 sNm. Selbstverständlich können Stickstoff oder andere solche inerte Gase ersetzt werden.

[0142] Der vorliegende Gasinjektor **156** schafft einen Minimalbetrag an Totraumvolumen in sich, um schnellere und schärfere Übergänge zwischen verschiedenen Gasen zu ermöglichen. D. h., daß in einigen Behandlungssequenzen ein erstes Dotiergas durch den Gasinjektor in die Kammer, gefolgt von einem zweiten Dotiergas, eingeführt wird. An dem Übergang zwischen der Einführung der Gase verweilt das erste Gas manchmal innerhalb des Gasinjektors. Der vorliegende Injektor **156** hat andererseits sehr kleine innere Kanäle mit minimalem Totraum, so daß, nach Einführung eines inerten Zwischengases oder direkt des zweiten Dotergases, das erste Dotiergas sofort ausgespült wird.

Sich abstromig erstreckender Temperaturausgleichsring

[0143] [Fig. 27](#) zeigt eine Parallelfluß-CVD-Behandlungskammer **370**, ähnlich der in [Fig. 11](#) gezeigten Behandlungskammer **130**, mit einem Suszeptor **372** zum Stützen bzw. Tragen von Wafern in einem Behandlungsgasstrom. Wie zuvor treten Behandlungsgase durch einen Einlaß **374** in die Kammer ein und durch einen Auslaß **376** in der Kammer heraus, wobei sie in einer Richtung parallel zu der Ebene des Suszeptors strömen. Obere und untere Reihen von Strahlungsheizlampen **378a**, **378b** sind neben der Kammer positioniert. Man bemerkt, daß sich die Lampenreihen **378a**, **b** weiter nach unten erstrecken

als die für die Ausführungsform der [Fig. 11](#) beschriebenen Lampenreihen. Es können andere Anordnungen von Heizlampen verwendet werden.

[0144] Die in [Fig. 27](#) gezeigte vorliegende Erfindung führt einen abstromigen Aufbau in die Kammer mit dem Ziel ein, die Temperatur, Geschwindigkeit, Richtung und Zusammensetzung des Gasstromes zu ändern. Außerdem wird die Temperatur der Behandlungskammerwand abstromig von dem Wafer und dem Suszeptor durch diesen abstromigen Aufbau erhöht, was die Ätzwirkung der Kammer verbessert.

[0145] In einer speziellen Ausführungsform ist ein Temperaturausgleichsring **380** geschaffen, welcher den Suszeptor **372** umgibt, der beinahe in jeder Hinsicht dem Ring **155** der [Fig. 11](#) identisch ist. Im Gegensatz zu dem vorherigen Ring **155**, der sich abstromig von der Kante der gerundeten, rechteckigen Öffnung **133** der Trägerplatte **132** erstreckte, erstreckt sich eine obere Platte **382** des Ringes **380** wesentlich weiter. Zur Aufnahme dieser Ausdehnung, weist eine Trägerplatte **384** in der Kammer **370** eine Suszeptoröffnung mit einer abstromigen Kante **386** auf, die an einer Mittellinie der Kammer beinahe eine Hälfte des Weges zwischen dem Suszeptor **372** und dem Auslaß **376** beträgt.

[0146] Wünschenswert paßt die abstromige Kante der oberen Platte **382** des Ringes **380** zu der Gestalt der Öffnung und endet in dichter Nähe der Öffnung, wie man in [Fig. 27](#) sieht. Wie weiter unten beschrieben wird, müssen die Vorteile des verlängerten Ringes **380** gegen die Sorge um die Verringerung in der Festigkeit der Kammer **370** aufgrund einer verringerten Größe der inneren Trägerplatte **384** abgewogen werden. D. h., daß zum Beispiel ein Vorteil aus der Masse des abstromigen Aufbaus besteht, welche Strahlungshitze absorbiert und diese Hitze zurück zu den Kammerwänden reflektiert. Diesbezüglich gilt, je mehr abstromiges Material um so besser. Andererseits kann ein zu großer Ring **380** den Widerstand der gesamten Kammer **370** in Vakuumbehandlung gefährden, wenn das Material der Trägerplatte **384** verringert ist. In einer Ausführungsform kann die obere Platte **382** eine gerundete, rechteckige, abstromige Kante ähnlich der des modifizierten Temperaturausgleichsrings **72'** haben, wie in [Fig. 9](#) gezeigt ist, obwohl die obere Platte in runden oder in anderen Gestalten geformt sein kann.

[0147] Es sei auch bemerkt, daß die durch den abstromigen Aufbau gebotenen Vorteile nicht einzig und allein durch die vorliegend beschriebene Behandlungskammer mit innerem Träger realisiert werden. Herkömmliche Kammer ohne eine mittlere Trägerplatte können auch den abstromigen Aufbau zu einem gewissen Vorteil integrieren. Diese Vorteile werden dem Fachmann für verschiedenen Kammeraufbau aus der folgenden Beschreibung unter

Bezugnahme auf schematische Darstellungen von Behandlungskammern klar.

[0148] Eine allgemeine Ausführungsform des abstromigen Aufbaus innerhalb einer Quarzkammer **388** ist schematisch in den [Fig. 28a](#) und [Fig. 28b](#) dargestellt und weist eine flache Platte **390** mit einer krummlinigen Vorderkante **392** neben und passend zu dem Umfang eines Suszeptors **394** auf. Wie sich zeigen wird, kann diese Platte **390** den Teil der oberen Platte **382** des Ringes **380** abstromig von dem Suszeptor **394** darstellen, oder sie kann ein separater Aufbau sein. Wenn die Platte **390** einen Teil der oberen Platte **382** aufweist, wird sie durch die Finger gestützt, welche von der inneren Stützplatte der Kammer herabhängen, wie zuvor beschrieben wurde. Wenn die Platte **390** von dem Ring **380** getrennt ist, kann sie auch von Fingern gehalten werden, die an der inneren Stützplatte der Kammer befestigt sind, oder sie kann alternativ durch einen Ständer, vorzugsweise aus Quarz, gestützt sein, der an der Kammer **388** befestigt oder innerhalb dieser positioniert ist. Die Platte **390** ist vorzugsweise aus Graphit aufgebaut, der die von den äußeren Heizlampen **396** abgestrahlte Energie schneller als die Quarzkammer **388** absorbiert.

[0149] Dies sind einige Vorteile des abstromigen Aufbaus der vorliegenden Erfindung. [Fig. 29a](#) zeigt die Behandlungskammer **388** ohne die abstromige Platte **390**, und sie zeigt schematisch den Strahlungswärmefluß **398** von den äußeren Lampen **396**. Die Quarzwände der Kammer **388** sind für diesen Energiefluß verhältnismäßig transparent und halten somit nicht einen wesentlichen Wärmebetrag zurück. Bei Ätzprozessen jedoch ist es wünschenswert, die Kammerwände zu erwärmen, während der Ätzgasfluß in die Kammer eingeführt wird, um die Wände von unerwünschtem Partikelaufbau zu reinigen. Ohne den abstromigen Aufbau heizen sich daher die Wände der Reaktionskammern langsam und auf eine verhältnismäßig niedrige Temperatur auf. Wie in [Fig. 29b](#) gezeigt ist, wird mit der abstromigen Platte **390** in der Kammer **388** die von der Graphitplatte abgestrahlte Energie (mit den Pfeilen **400** gezeigt) in einem Frequenzbereich durch die Quarzreaktorwände leicht absorbiert. Die Kammerwände können somit schnell auf eine hohe Temperatur erhitzt werden, was den Ätzzyklus beschleunigt und den Gesamtdurchsatz verbessert.

[0150] Die Pfeile **402** in [Fig. 30a](#) zeigen eine übertrieben ungleichmäßige Chemical Vapor Deposition auf einem Wafer. Eine solche Ungleichförmigkeit kann von steilen Temperatur- und Fließgradienten an der Kante des Wafers/Suszeptors herrühren. Wie durch Pfeile **404** in [Fig. 30b](#) dargestellt ist, hilft die Anwesenheit der Platte **390** dazu, die Temperatur- und Fließgradienten an der rückwärtigen Kante des Wafers auszugleichen, was in einer gleichförmigeren

Chemical Vapor Deposition resultiert.

[0151] In [Fig. 31a](#) sammeln die Wände der Quarzbehandlungskammer **388** ohne den abstromigen Aufbau infolge ihrer erhöhten Temperatur einen erheblichen Betrag von unerwünschtem Niederschlag aus wiederholter Behandlung an. Eine typische Verteilung dieses Niederschlags wird schematisch durch die Pfeile **406** gezeigt. Im Gegensatz wird, wie in [Fig. 31b](#) gezeigt ist, die Graphitplatte **390** der heißeste Aufbau innerhalb der Kammer **388** in dem abstromigen Bereich, und Niederschlag tritt darauf eher auf als auf den Kammerwänden, wie mit den Pfeilen **408** gezeigt ist.

[0152] Ein anderer Vorteil der abstromigen Platte **390** besteht in der Neigung, Rückführungen innerhalb der Behandlungskammer **388** zu verringern, die in ungewünschtem Niederschlag um oder sogar aufstromig von der Wafer/Suszeptor-Kombination resultieren kann. Solche Rückführungen **410** in einer Kammer ohne den abstromigen Aufbau werden in den [Fig. 32a](#) und [Fig. 32b](#) gezeigt. Die [Fig. 33a](#) und [Fig. 33b](#) mit der abstromigen Platte **390** zeigen Fließlinien **412** in einer im allgemeinen fortlaufenden Richtung von links nach rechts, womit so im wesentlichen Rückführungen ausgeschaltet werden.

[0153] Der oben gezeigte und beschriebene abstromige Aufbau kann auch in Behandlungskammern, die anders als eine linsenförmige Kammer mit innerem Träger sind, nützlich sein. Zum Beispiel zeigt [Fig. 34](#) eine Behandlungskammer **400** mit einem Eintrittsbereich **402** und einem Austrittsbereich **404**, wobei beide Bereiche im Querschnitt rechteckig sind. Der Eintrittsbereich **402** wird durch eine horizontale obere Wand **406** und eine horizontale untere Wand **408** bestimmt, die an einer vertikalen Stufe **410** endet. Die Stufe **410** bildet den Anfang einer zweiten unteren Wand **412** des Ausgangsbereiches **404**, welcher die obere Wand **406** mit dem Eintrittsbereich **402** teilt. Die Kammer **400** hat somit einen Querschnittsbereich, der sich an der Stufe **410** nahezu verdoppelt. Ein Suszeptor **414** ist durch einen Rotationsschaft **416** gerade abstromig von der Stufe **410** und in einer Ebene nahezu auf derselben Höhe wie die erste untere Wand **408** gestützt. Ein Temperaturausgleichsring **418** wird durch einen ringähnlichen Ständer **420** oberhalb der zweiten unteren Wand **412** gestützt und umgibt dicht den Suszeptor, wie zuvor beschrieben wurde. Der Ständer **420** kann so sein, wie in dem US-Patent Nr. 4,821,674 gezeigt und beschrieben ist.

[0154] Eine Platte **422** ist abstromig von dem Ring **418** positioniert und kann auf einem Ständer auf der zweiten unteren Wand **412** oder durch Stifte oder Dübel **424** getragen sein, welche durch die Seitenwände der Kammer **400** gestützt werden. Wie man sieht, befindet sich die Platte **422** nahezu in der Ebene des

Ringes **418**, des Suszeptors **414** und des darauf getragenen Wafers, und sie erstreckt sich von dem Ring bis dicht zu dem Kammerauslaß. Obere und untere Lampenreihen **426a**, **426b** richten Strahlungsenergie in die Kammer und sind im wesentlichen oberhalb und unterhalb des Bereiches angeordnet, der sich von der vorderen Kante des Ringes **418** zu der hinteren Kante der Platte **422** erstreckt. Der Gasstrom durch die Kammer wird mit dem Pfeil **428** gezeigt. Die abstromige Platte **422** ist vorzugsweise aus Graphit aufgebaut, um die zuvor erwähnten Vorteile des wirkungsvolleren Kammerätzens und besserer Temperaturgleichförmigkeit über den Wafer zu realisieren. Die Platte **422** kann auch Quarz sein, was die Temperaturverteilung in der Kammer nicht wesentlich beeinflußt, aber Fließmerkmale verbessert und Rückführungen verringert.

[0155] [Fig. 35](#) zeigt dieselbe Kammer **400** mit einem modifizierten Temperaturausgleichsring **432**, welcher den Suszeptor **414** umgibt. Der Ring **432** weist ein unteres, ringförmiges, U-förmiges Teil **434** auf, das durch ein ebenes Teil **436** bedeckt wird, welches in dem Suszeptor eine Breite nahezu gleich dem U-förmigen Teil hat, das sich im wesentlichen abstromig in den Ausgangsbereich **404** erstreckt. Der Ring **432** ist in vieler Hinsicht ähnlich dem in [Fig. 27](#) gezeigten Ring **380**. Im Gegensatz zu dem vorangegangenen Ring **380**, der durch an der inneren Trägerplatte **384** angebrachte Finger getragen wird, wird der Ring **432** zum Teil durch den Ständer **420** und zum Teil durch eine abstromige Strebe **438** getragen. Selbstverständlich gibt es viele Arten, den Ring **432** in der Kammer zu positionieren, wobei bevorzugte Mittel einen gewissen Typ von Quarzaufbau aufweisen, der leicht ersetzt werden kann, nachdem er wegen wiederholter Behandlungszyklen Schaden genommen hat. Wieder ist der Ring **432** wünschenswert aus einem Material mit einer hohen Wärmemasse aufgebaut, um dazu beizutragen, die Temperaturgleichförmigkeit über den Wafer aufrecht zu erhalten und um den Wirkungsgrad des Ätzyklus zu verbessern.

[0156] Die [Fig. 36](#) bis [Fig. 38](#) zeigen eine Kammer **440**, ähnlich der in [Fig. 11](#) gezeigten, zusammen mit den zugeordneten Behandlungskomponenten, wie zum Beispiel dem Suszeptor **442** zum Tragen eines Wafers, dem Gasinjektor **444** und den Strahlungslampen **446**. Die Kammer **440** weist eine zentrale Trägerplatte **448** auf, welche obere bzw. untere Kammerbereiche **452**, **454** bestimmt. Ein Einlaßendflansch **450** hat einen oberen Schlitz **456**, der von einem Einlaßschlitz **458** für Reaktionsgas in dem Gasinjektor **444** in den oberen Kammerbereich **452** führt, und einen unteren Schlitz **460**, der von den Reinigungsgasöffnungen **462** in dem Gasinjektor in den unteren Kammerbereich **454** führt. Diese Merkmale sind ähnlich jenen zuvor beschriebenen.

[0157] Eine den Gasstrom formende Leitung **464** ist in der Kammer **440** zum Kanalisieren von Gas aus dem Injektor **444** gegen den Suszeptor **442** hin geschaffen. In der gezeigten Ausführungsform hat die Leitung **464** die Gestalt eines umgekehrten U mit einer rechteckigen oberen Wand **466**, die auf zwei rechteckigen Seitenwänden **468** gestützt wird. Die Leitung **464** bestimmt einen Kanal, innerhalb dessen das Gas von dem Injektor **444** zu dem Suszeptor **442** und dem darauf befindlichen Wafer hinfließt. Die Leitung **464** ist oberhalb der Stützplatte **450** aufstromig von einer Kante **470** der dem Suszeptor **442** zugewandten Platte positioniert.

[0158] Die Höhe und Breite der Leitung **464** ist derart, daß sie innerhalb des oberen Schlitzes **456** in die Nähe aber vorzugsweise nicht in Kontakt mit dem Injektor **444** paßt. Die Leitung **464** erstreckt sich ungefähr $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ des Weges von dem Flansch **450** zu der Kante **470** und beträgt wünschenswert zwischen ungefähr 7,62 bis 12,7 cm (3 bis 5 Inch) in der Länge, wobei ein Bereich von zwischen 9,40 und 11,43 cm (3.7 und 4.5 Inch) bevorzugt wird. Die Leitung **464** ist wünschenswert aus Quarz hergestellt und hat eine Dicke von ungefähr 0,152 cm (0.06 Inch). Die seitliche Breite ist größer als die Breite des Injektorschlitzes **458** und beträgt vorzugsweise ungefähr 22,86 cm (9 Inch) (obwohl größere Abmessungen für Kammer notwendig sind, die geeignet sind, größere Wafer, wie zum Beispiel Wafer von 300 mm, zu behandeln). Die Höhe der Leitung **464** beträgt ungefähr 2,29 cm (0.9 Inch) oder zwischen der Höhe des Schlitzes **458** und der des Flanschs **456**. Die Leitung **464** wird vorzugsweise innerhalb der Kammer durch den Flanschs **456** eingebaut und aus dieser entfernt, was das Entfernen des Injektors **444** notwendig macht.

[0159] Das Vorhandensein der Leitung **464** begrenzt den Gasfluß aus dem Injektor **444**, sich innerhalb der Kammer **440** um einen bestimmten Abstand in den oberen Bereich **452** auszubreiten, um die Steuerung des Gasprofils zu verbessern und die Gesamtgasgeschwindigkeit über den Wafer zu erhöhen. Genauer erzeugt der Gasinjektor **444** ein spezielles Gasgeschwindigkeitsprofil durch Einstellung der Flußkontrollventile **472**, wie vorher beschrieben wurde, wobei das Profil aus der Expansion und der Rückführung innerhalb der Kammer **440** ausgebreit werden kann. Dies trifft speziell für atmosphärische Behandlungen im Gegensatz zu Vakuumbehandlungen zu. Während die Gasgeschwindigkeit geeignet von dem Injektor **444** zu dem Suszeptor **442** in Niederdruckbehandlungen aufrechterhalten werden kann, neigt diese zusätzlich dazu, in atmosphärischen Behandlungen langsamer zu werden. Folglich hält die Leitung **464** die Unversehrtheit des abstromigen Geschwindigkeitsprofils aufrecht, was für alle Behandlungen wünschenswert ist, und verzögert Ausdehnung und Verlangsamung des Gasstromes, was in

erster Linie für Behandlungen bei höherem Druck vorteilhaft ist.

[0160] Die obere Wand **466** der in den [Fig. 36](#) bis [Fig. 38](#) gezeigten Leitung **464** hat eine gerade abstromige Kante **474** und parallele Seitenwände **468**. Diese Konfiguration kanalisiert den durch den Injektor **444** erzeugten Gasstrom ohne bedeutende Störung, bis er aus der Leitung **464** in einer Ebene gerade aufstromig von dem Suszeptor **442** herauskommt. Das Gas entspannt sich dann leicht gegen die Kammerwände, wenn es nicht durch die Wände der Leitung **464** beeinflusst wird. Veränderungen in der Gestalt der Leitung **464** und in der Gestalt der Auslaßkante können verwendet werden, um den Gasstrom ferner zu lenken und zu formen. Solche Veränderungen werden in den [Fig. 38b](#) bis [Fig. 38f](#) gezeigt.

[0161] [Fig. 38b](#) zeigt eine Leitung mit Seitenwänden **476**, die sich nach innen in der Richtung des Gasstromes verjüngen. Die obere Wand hat somit eine abstromige Kante **478**, die kleiner ist als eine aufstromige Kante **480**. Dieser konvergierende Kanalaufbau fokussiert den Gasstrom nach innen so, daß die darauf folgende Ausdehnung gegen die Kammerwände nach dem Verlassen der Grenzen der Leitung verzögert wird.

[0162] [Fig. 38c](#) zeigt eine abstromige Kante **482**, die konkav ist, wie man aus dem Suszeptor **442** sieht. Wenn der Gasstrom die abstromige Kante passiert, kann er zuerst in dem mittleren Teil expandieren und somit eine gewisse Diffusion des Flusses nach innen erlauben und den Fluß in der Mitte erhöhen.

[0163] [Fig. 38d](#) zeigt eine abstromige Kante **484**, die von dem Suszeptor **442** aus gesehen konvex ist. Der Gasfluß kann, wenn er an der abstromigen Kante vorbeigeht, zuerst in den äußeren Teilen expandieren und somit eine gewisse Diffusion des Flusses nach außen erlauben und den Fluß in der Mitte erhöhen.

[0164] [Fig. 38e](#) zeigt eine abstromige Kante mit gewinkelten Teilen **486**, welche in einer Ecke **488** enden. Die Seitenkanten der Leitung erstrecken sich weiter als die Mitte der oberen Wand, womit so eine ähnliche Gasflußwirkung wie bei der konkaven Version der [Fig. 38c](#) mit einem erhöhten Fluß durch die Mitte der Kammer herbeigeführt wird.

[0165] [Fig. 38f](#) zeigt schließlich eine abstromige Kante mit gewinkelten Teilen **490**, die in einem Scheitel **492** enden. Die Seitenkanten der Leitung enden vor der Mitte der oberen Wand, womit so ein ähnlicher Gasflußeffekt wie bei der konkaven Version der [Fig. 38d](#) mit einem verminderter Fluß durch die Mitte der Kammer herbeigeführt wird.

[0166] Obwohl die vorliegende Kammer speziell für Chemical Vapor Deposition geeignet ist, können an-

dere Behandlungen, welche saubere Öfen benötigen, von der verbesserten Kammer Vorteile haben. Zum Beispiel können Glühen, Ätzen, plasmagestützte Deposition und andere solche Verfahren alle die vorliegende Kammer in ihrer wesentlichen Form mit geeigneten Modifikationen verwenden.

[0167] Obwohl die Erfindung für bestimmte bevorzugte Ausführungsformen beschrieben wurde, befinden sich andere Ausführungsformen, welche dem Fachmann offensichtlich sind, auch innerhalb des Rahmens dieser Erfindung. Entsprechend soll der Rahmen der Erfindung durch die folgenden Ansprüche bestimmt werden.

Patentansprüche

1. Abscheidevorrichtung mit einer Prozeßkammer (**10**) mit einer oberen Wand (**12**) und einer Bodenwand (**14**), welche von der oberen Wand im Abstand angeordnet ist, wobei die Wände im wesentlichen transparent für Strahlungswärmeenergie aus Heizlampen sind, welche zu der Kammer gehören; einem Temperaturkompensationsring (**72**), der im Abstand zwischen der oberen und der Bodenwand in der Kammer angeordnet ist, eine Innenkante hat, die eine im allgemeinen kreisförmige Öffnung bestimmt, und aus einem Material hergestellt ist, welches ein besserer Absorber für Strahlungswärmeenergie ist als die Kammerwände; und einem Suszeptor (**70**), der in der kreisförmigen Öffnung angeordnet und geeignet ausgestaltet ist, um einen Halbleiterwafer für die Behandlung in der Kammer zu halten; **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ring eine im allgemeinen rechteckige äußere Kante hat.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, mit einer Gruppe von Heizlampen (**146**), die über der oberen Kammerwand angeordnet sind, und einer Gruppe von Heizlampen (**148**), die unter der Kammerbodenwand angeordnet sind, wobei jede Gruppe ein im allgemeinen rechteckige Gestalt hat, die im allgemeinen mit dem Ring in Flucht ausgerichtet ist.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ring eine vordere Außenkante und eine hintere Außenkante und ein Paar von Außenseitenkanten hat, wobei der kürzeste Abstand zwischen der vorderen Außenkante und der inneren Kante kleiner ist als der kürzeste Abstand zwischen der hinteren Außenkante und der inneren Kante.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ring einen inneren und im allgemeinen hohlen Abschnitt mit geeigneter Ausgestaltung derart hat, daß er einen oder mehrere Temperatursensoren (**199**, **200**) aufnimmt.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kammer einen Gaseinlaß (**98**)

an einem aufstromigen Ende und einen Gasauslaß (114) an einem abstromigen Ende hat und der Ring einen hohlen Abschnitt und einen nicht-hohlen, im allgemeinen flachen Vorderkantenabschnitt hat, der sich von dem hohlen Abschnitt aufstromig erstreckt, und einen nicht-hohlen, im allgemeinen flachen Hinterkantenabschnitt hat, der sich von dem hohlen Abschnitt abstromig erstreckt.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Vielzahl von Haltefingern (80, 82), die an der Kammer angebracht sind und sich unter dem Ring erstrecken und ihn halten.

7. Temperaturkompensationsring (72) für die Verwendung in einer Abscheidekammer (10) mit äußeren Wänden (12, 14), die im wesentlichen transparent für Strahlungswärmeenergie von Heizlampen sind, welche zu der Kammer gehören, wobei der Ring eine Innenkante hat, welche eine im allgemeinen kreisförmige Öffnung bestimmt für die Aufnahme eines Suszeptors (70) mit geeigneter Ausgestaltung, um einen Halbleiterwafer für die Behandlung in der Kammer zu halten, wobei der Ring eine im allgemeinen rechteckige äußere Kante hat, um sich in der Kammer neben einer Kammereinlaßoberfläche (46a) einzufügen, wobei der Ring aus einem Material hergestellt ist, welches ein besserer Absorber ist für Strahlungswärmeenergie als die äußeren, die Kammer bildenden Wände; dadurch gekennzeichnet, daß der Ring einen inneren und im allgemeinen hohlen Abschnitt hat mit geeigneter Ausgestaltung, um einen oder mehrere Temperatursensoren (199, 200) aufzunehmen.

8. Temperaturkompensationsring nach Anspruch 7, der einen im allgemeinen flachen Vorderkantenabschnitt hat, welcher sich von dem hohlen Abschnitt erstreckt, und einen nicht-hohlen, im allgemeinen flachen Hinterkantenabschnitt hat.

9. Verfahren zum Verbessern der Heizleistung einer Gasphasenabscheidekammer (10), die obere und Bodenwände (12, 14) hat, welche im wesentlichen transparent für Strahlungswärmeenergie aus Lampen sind, welche zu der Kammer gehören, wobei die Kammer einen Gaseinlaß (98) und einen Gasauslaß (114) hat und so bemessen ist, daß sie einen Suszeptor (70) einschließt, auf welchem ein Wafer zwischen dem Einlaß und dem Auslaß angeordnet werden kann, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Umgeben des Suszeptors mit einem Ring (72) im Abstand von den Wänden, wobei der Ring aus einem Material hergestellt ist, welches ein besserer Absorber für Strahlungswärmeenergie ist als die Kammerwände; und

Einstrahlen von Wärmeenergie von einer Vielzahl von Lampen (146) in einer Gruppe, die über der oberen Wand angeordnet und so bemessen ist, daß sie

sich der Projektionsform des Umfanges nähert und in Übereinstimmung mit dieser kommt, so daß die direkt in die Kammer gestrahlte Energie auf denjenigen Bereich auftrifft, welcher von dem Umfang bestimmt ist, und von dem Wafer, dem Suszeptor und dem Ring absorbiert wird; dadurch gekennzeichnet, daß der Ring einen äußeren, im allgemeinen rechteckigen Umfang hat.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Ring so aufgebaut ist, daß der Suszeptor außermittig innerhalb des Umfanges zu dem Gaseinlaß hin angeordnet ist.

11. Verfahren nach Anspruch 9 mit dem Anordnen eines oder mehrerer Temperatursensoren (199, 200) in einen hohlen Abschnitt hinein, der auf dem Ring und neben dem Suszeptor gebildet ist, um die Temperatur neben der Kante des Suszeptors abzufühlen.

Es folgen 26 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

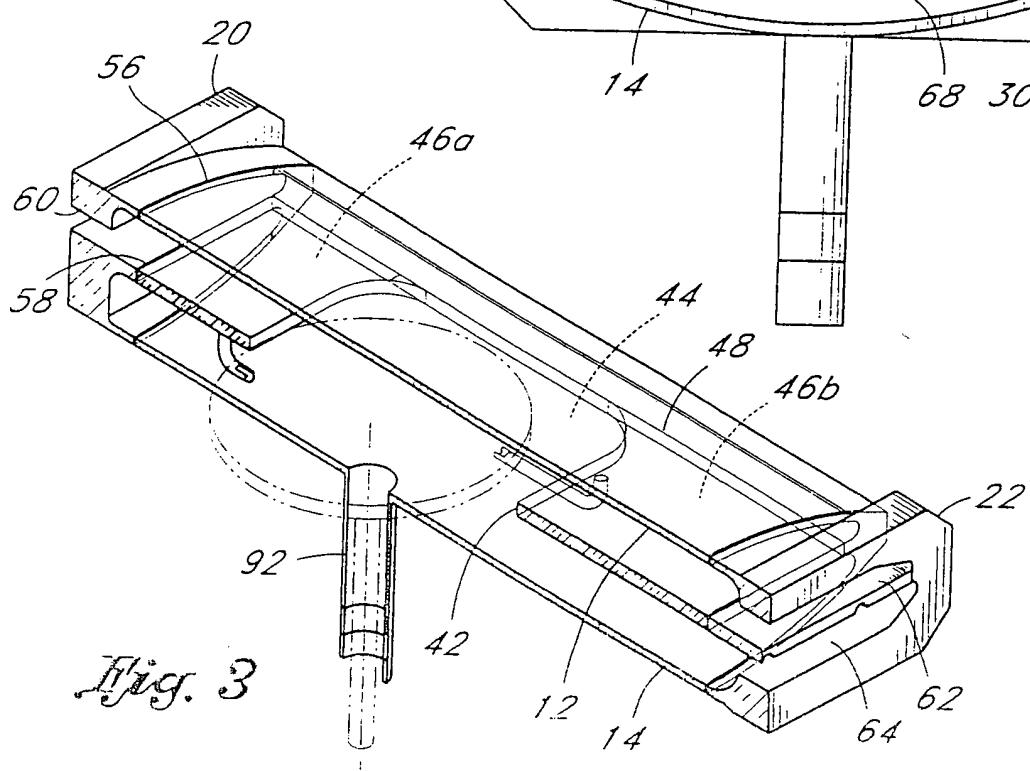
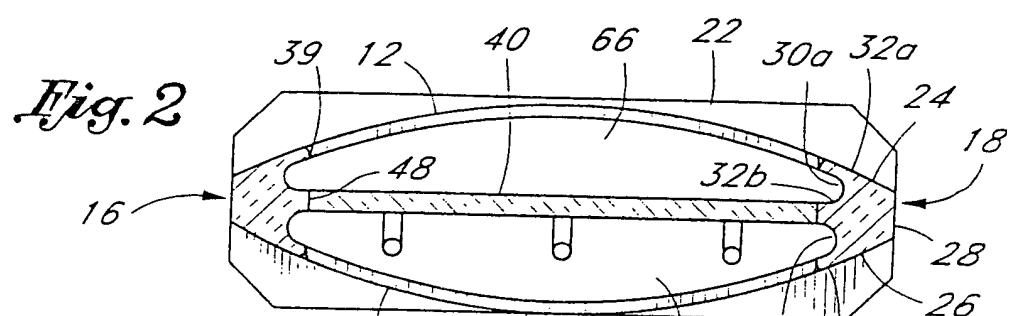
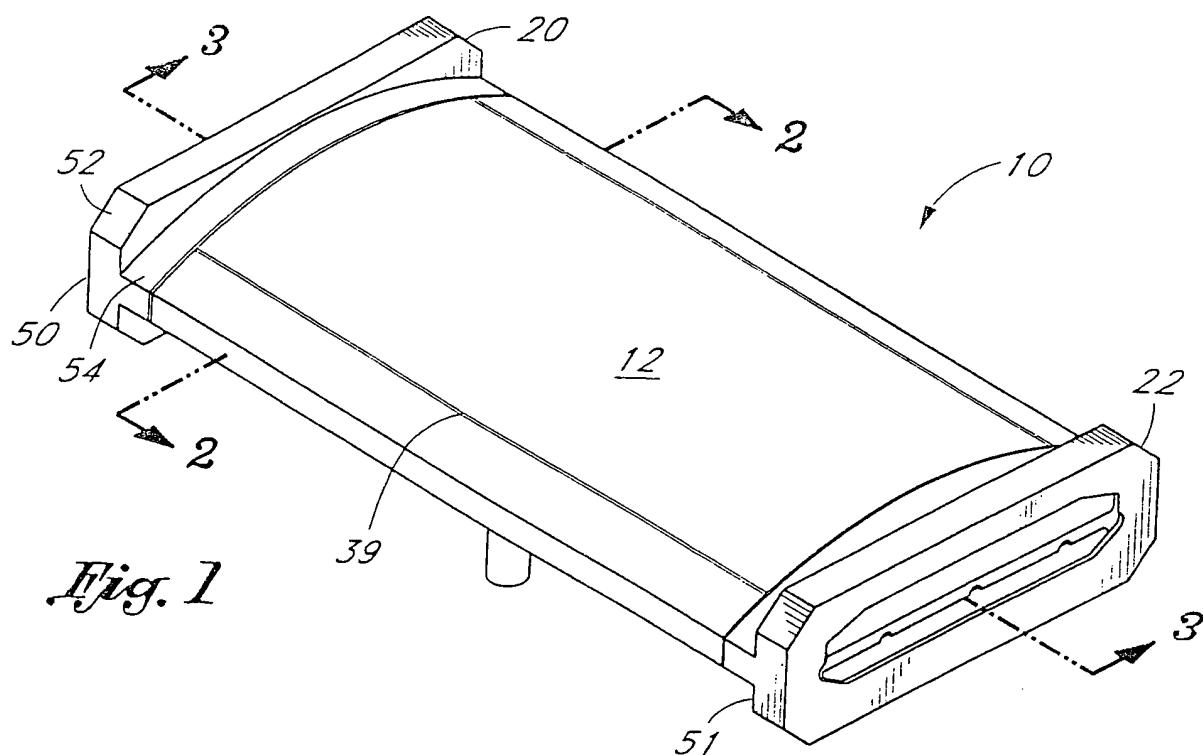
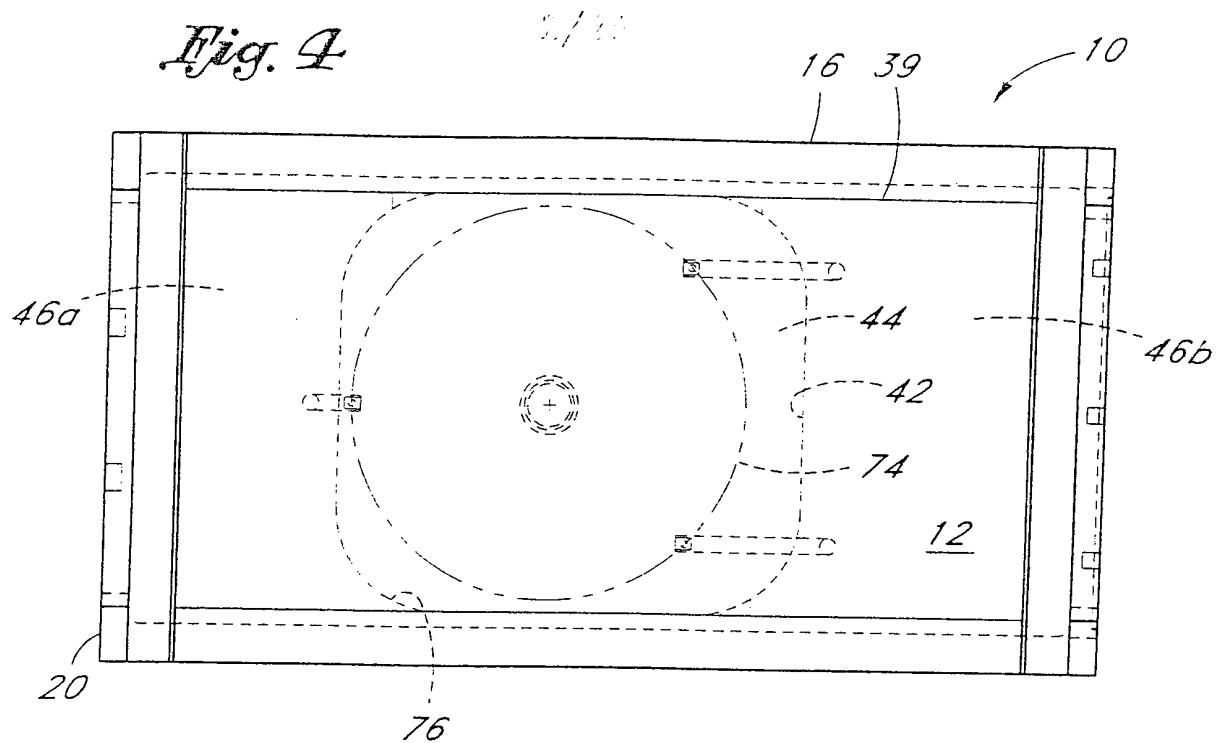
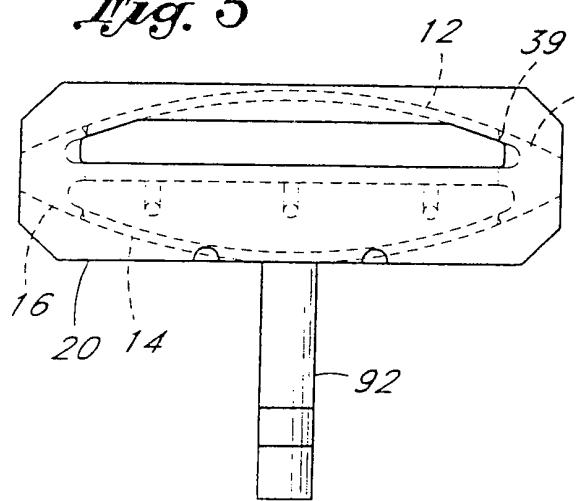
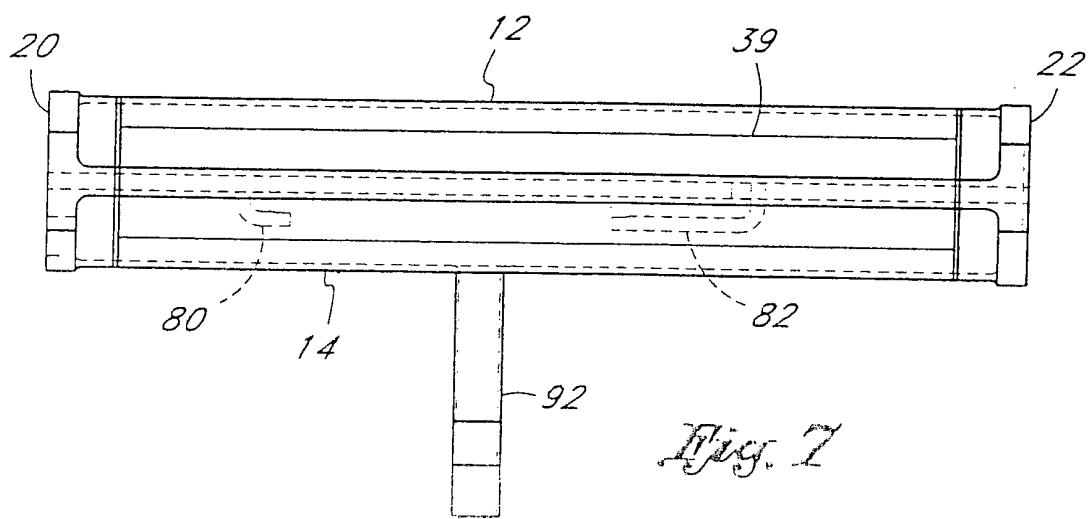
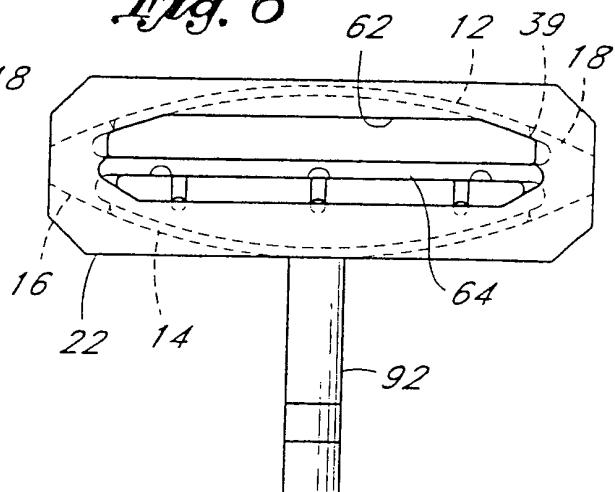


Fig. 4*Fig. 5**Fig. 6**Fig. 7*

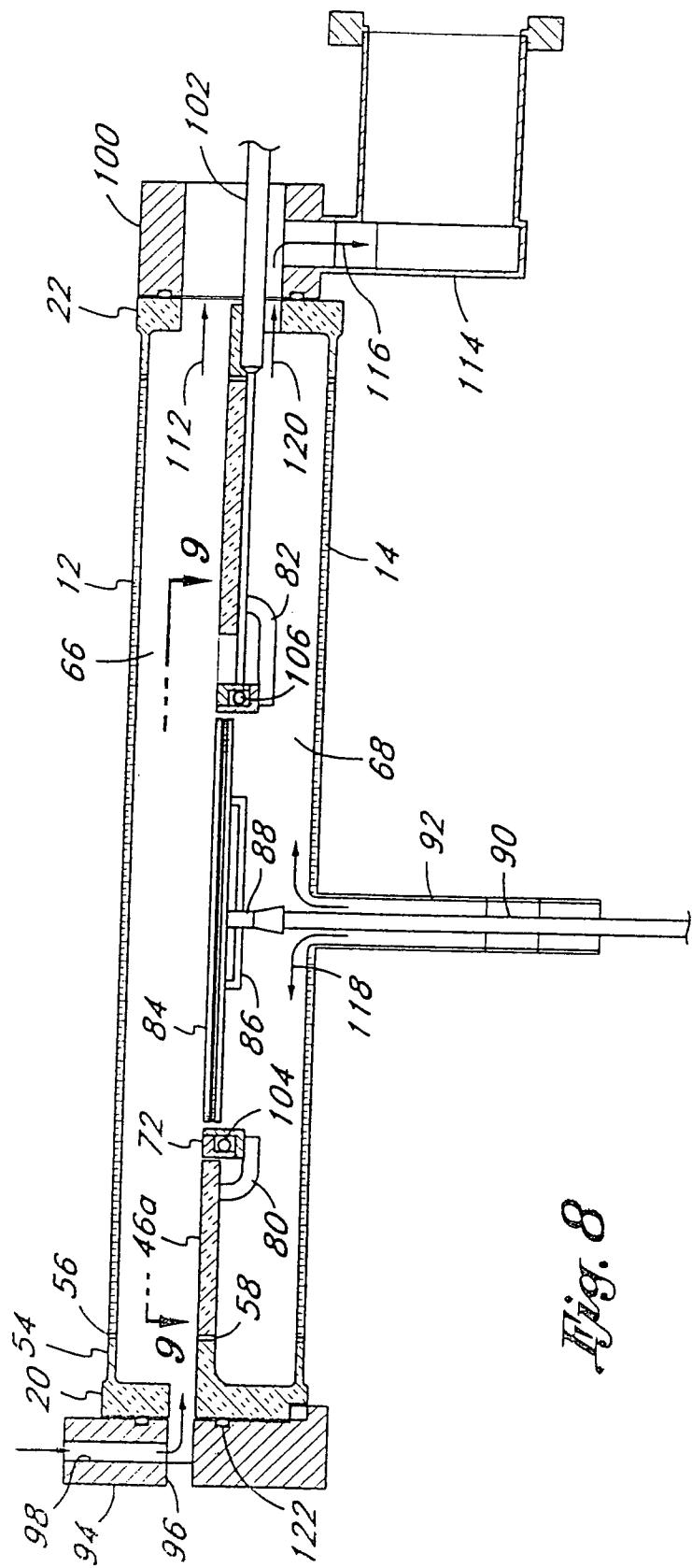


Fig. 8

Fig. 9

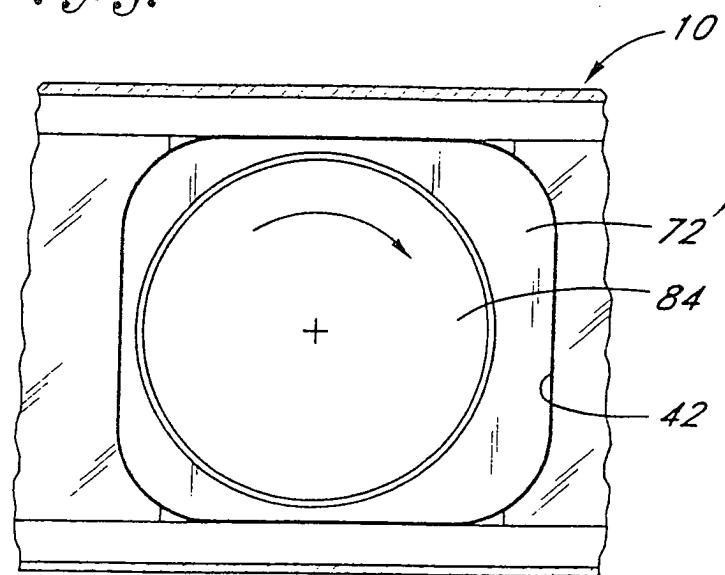
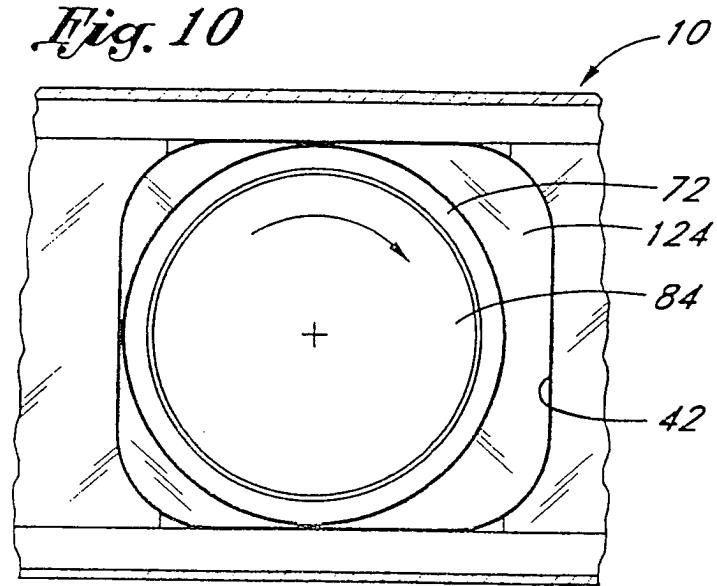


Fig. 10



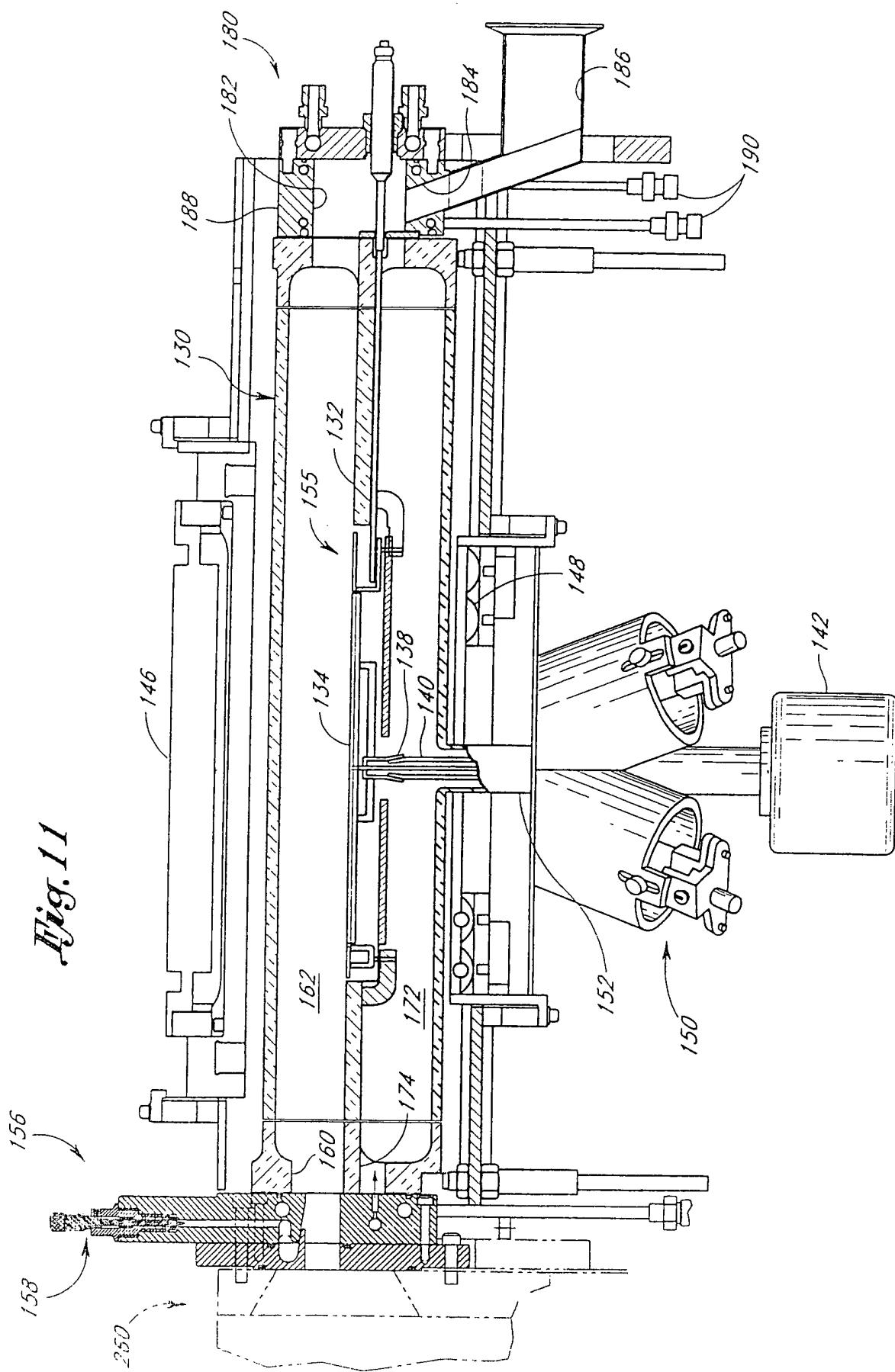


Fig. 11a

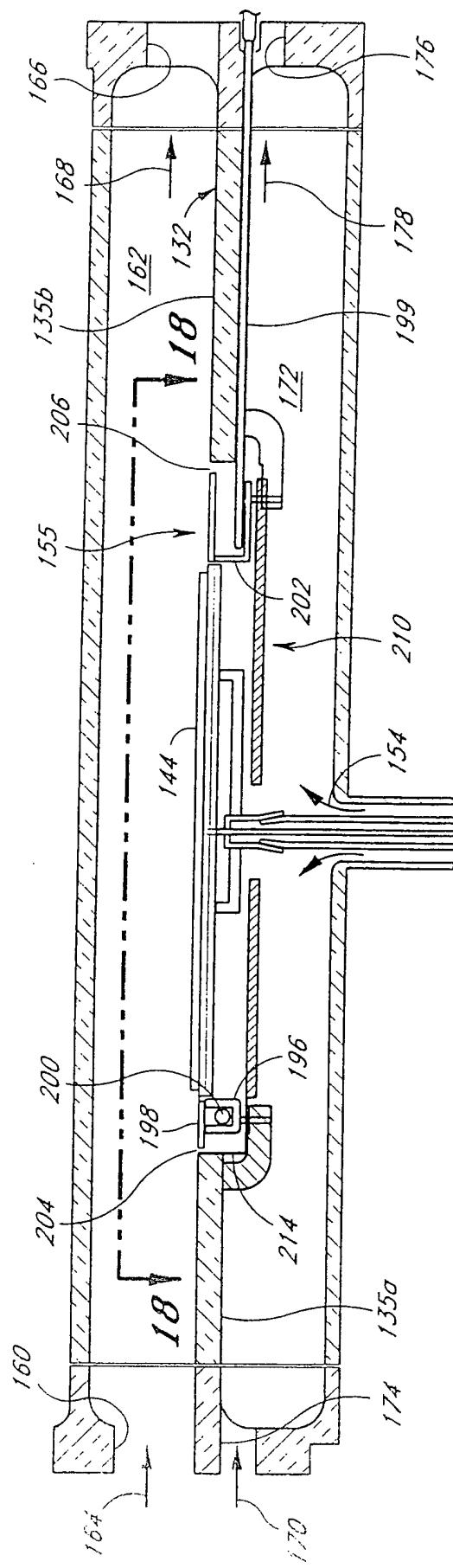


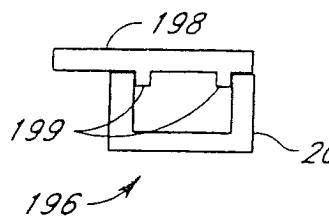
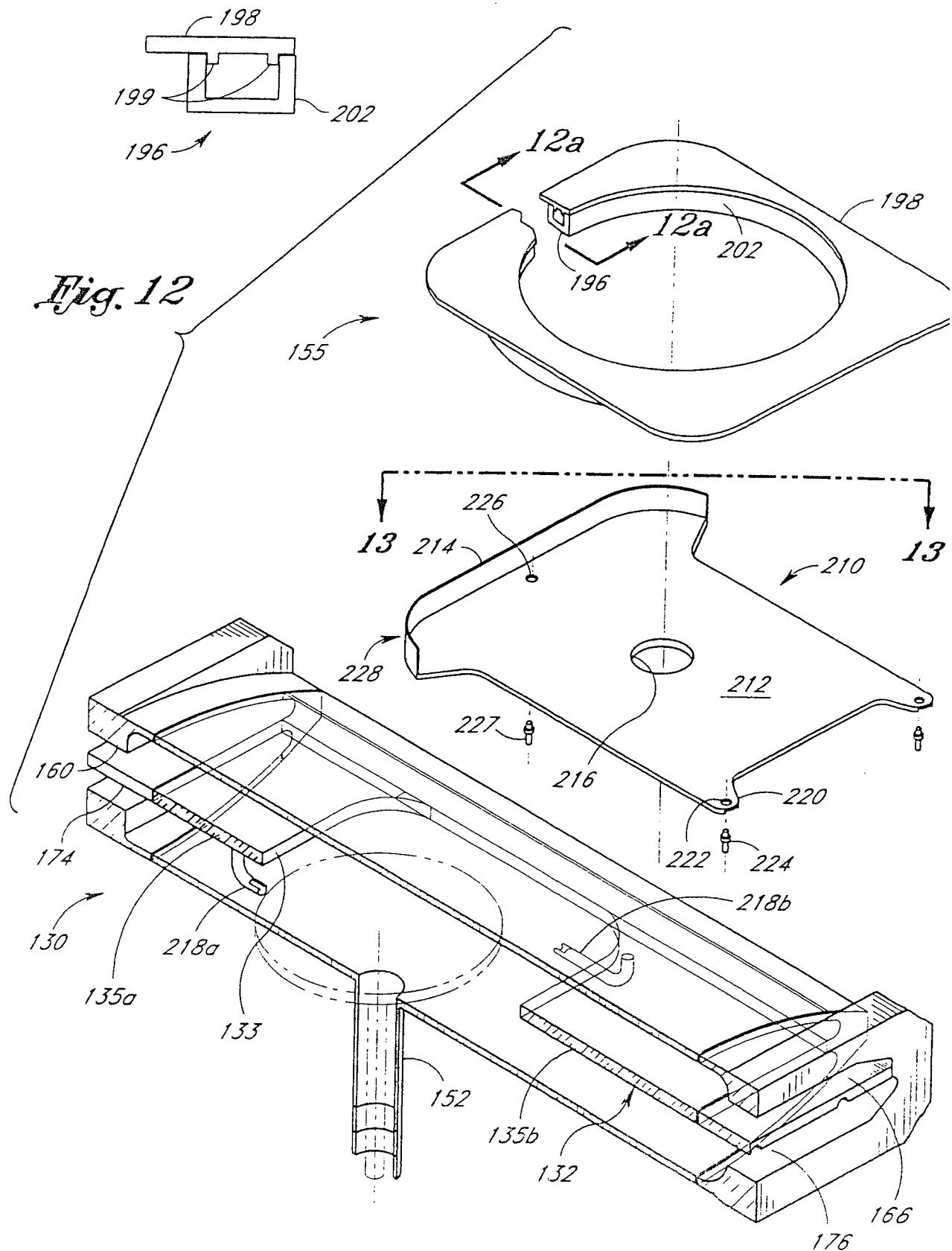
Fig. 12a*Fig. 12*

Fig. 13

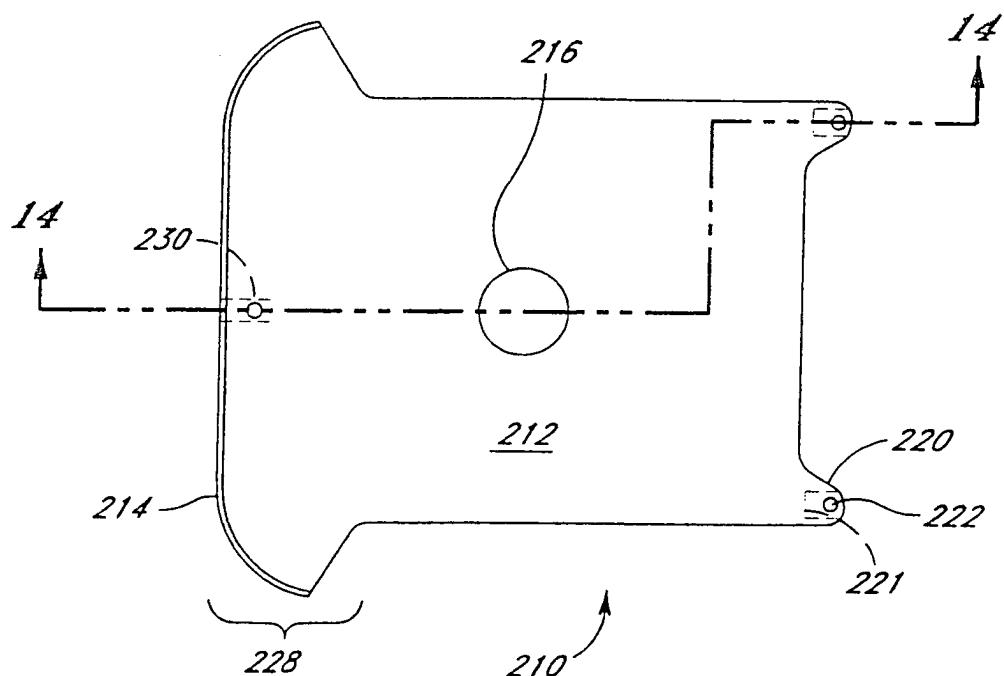
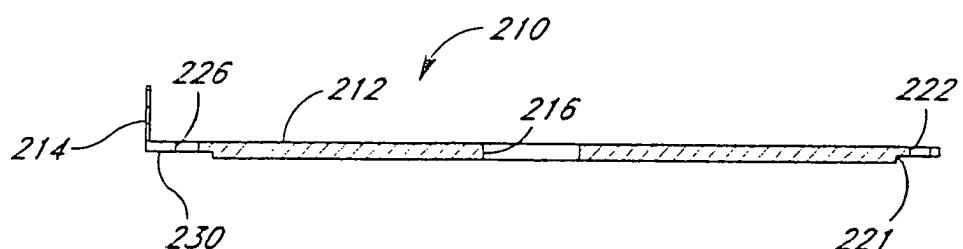


Fig. 14



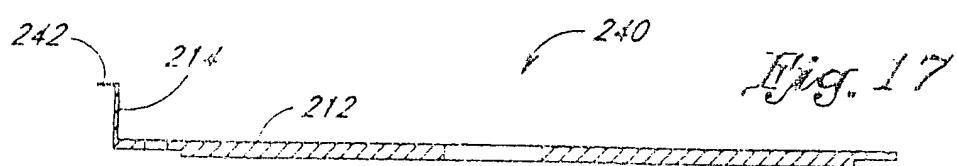
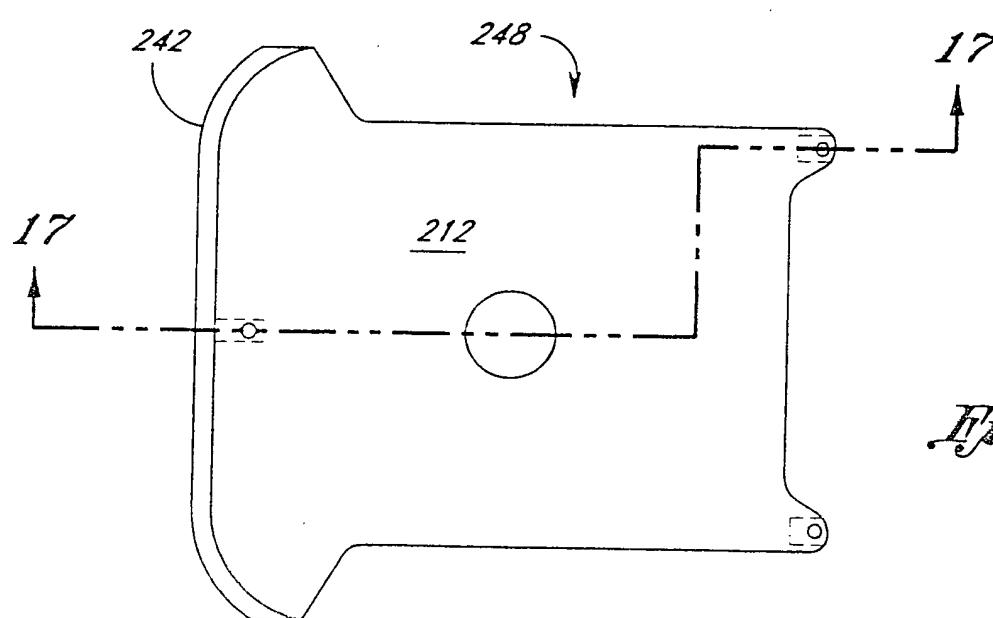
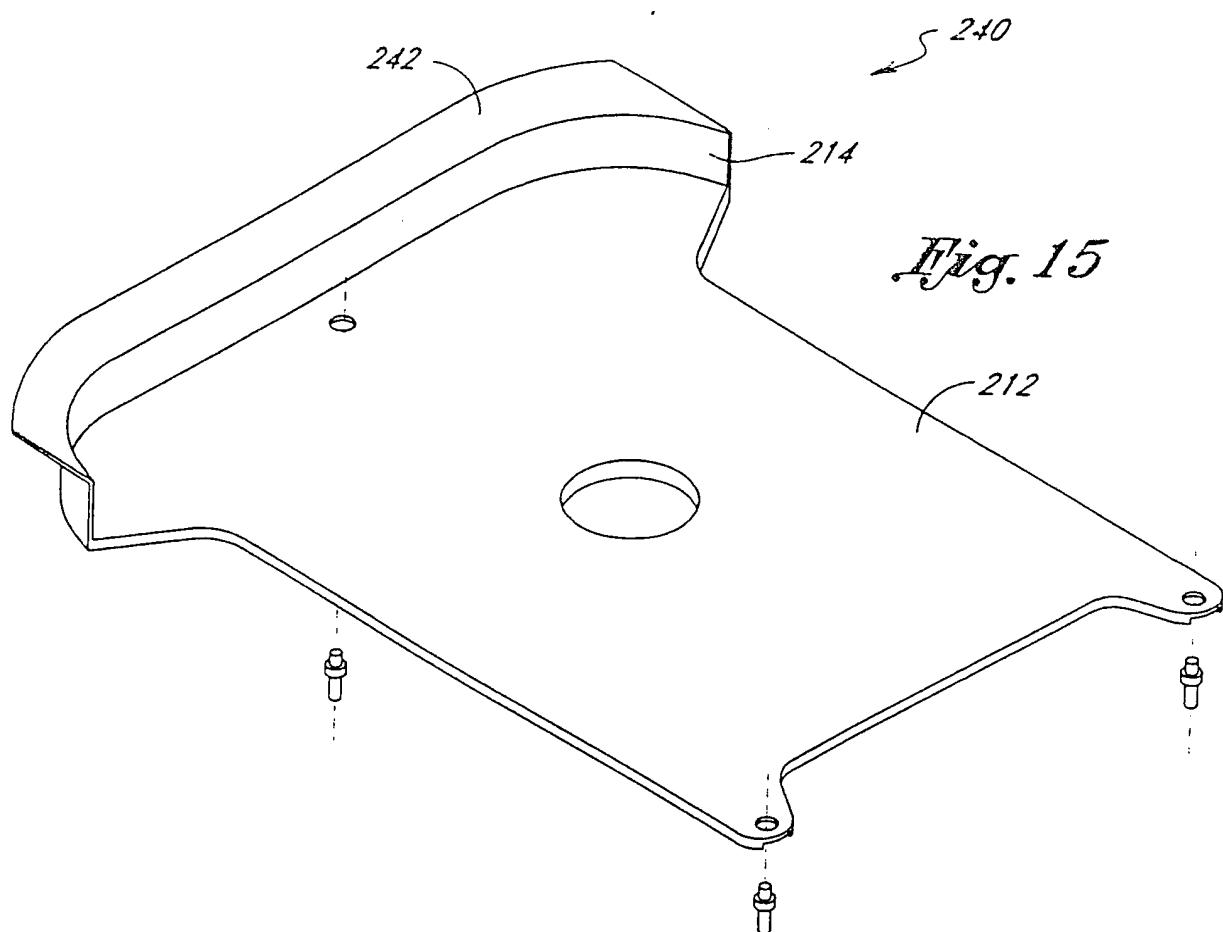


Fig. 18a

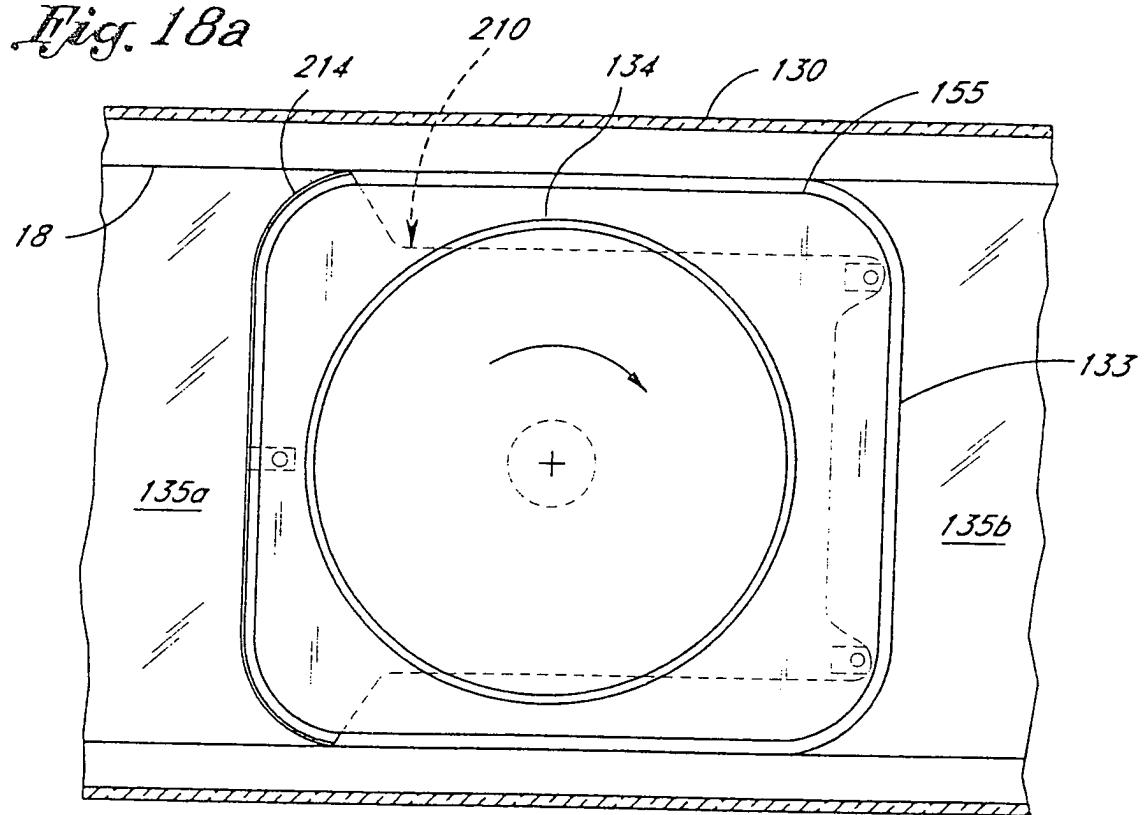


Fig. 18b

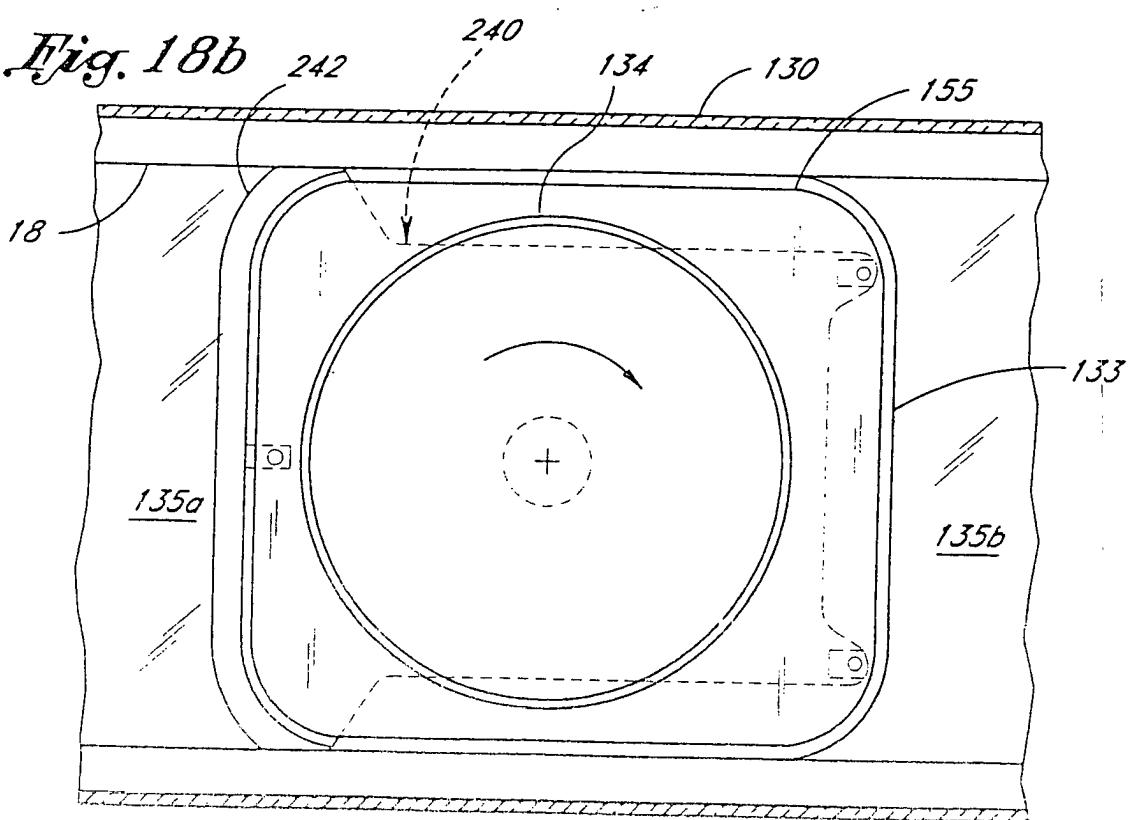


Fig. 18c

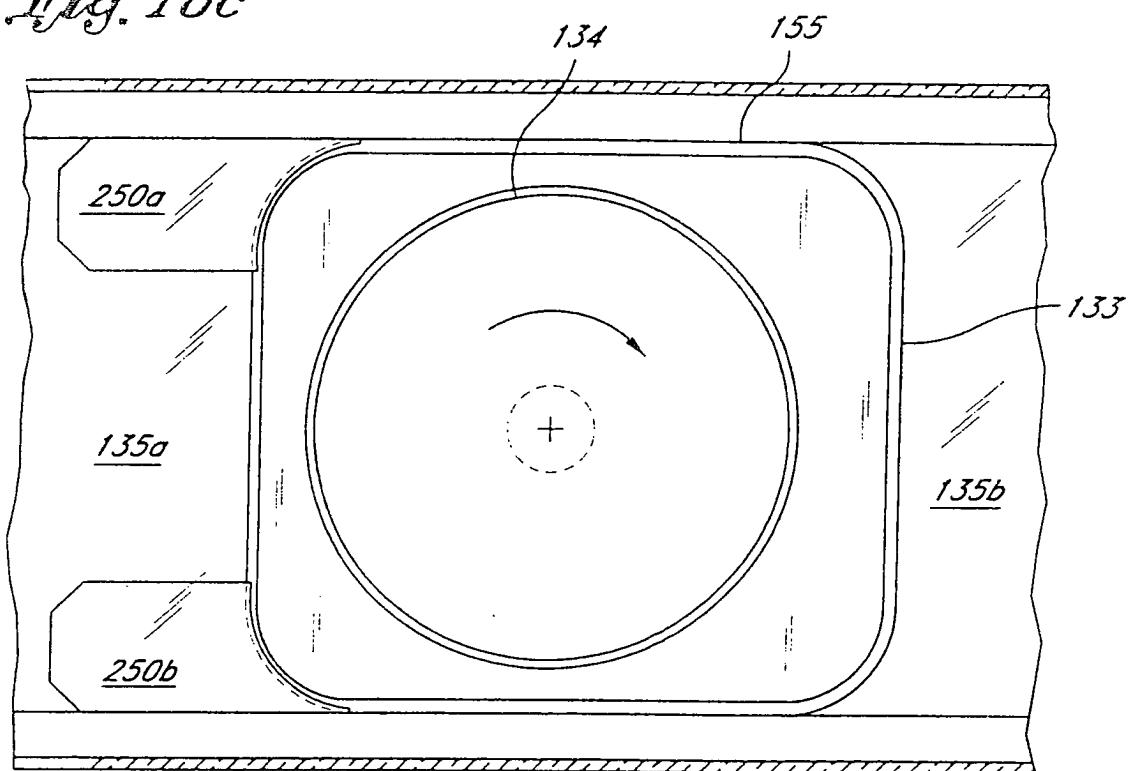


Fig. 19

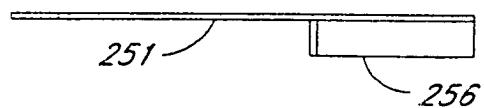
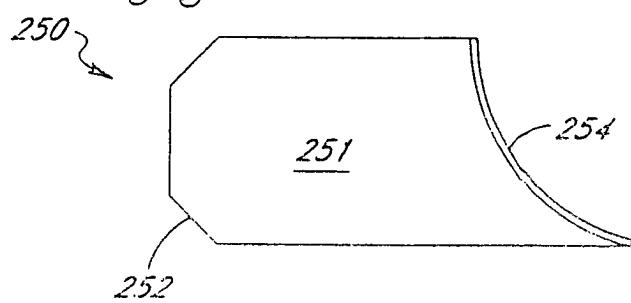


Fig. 20



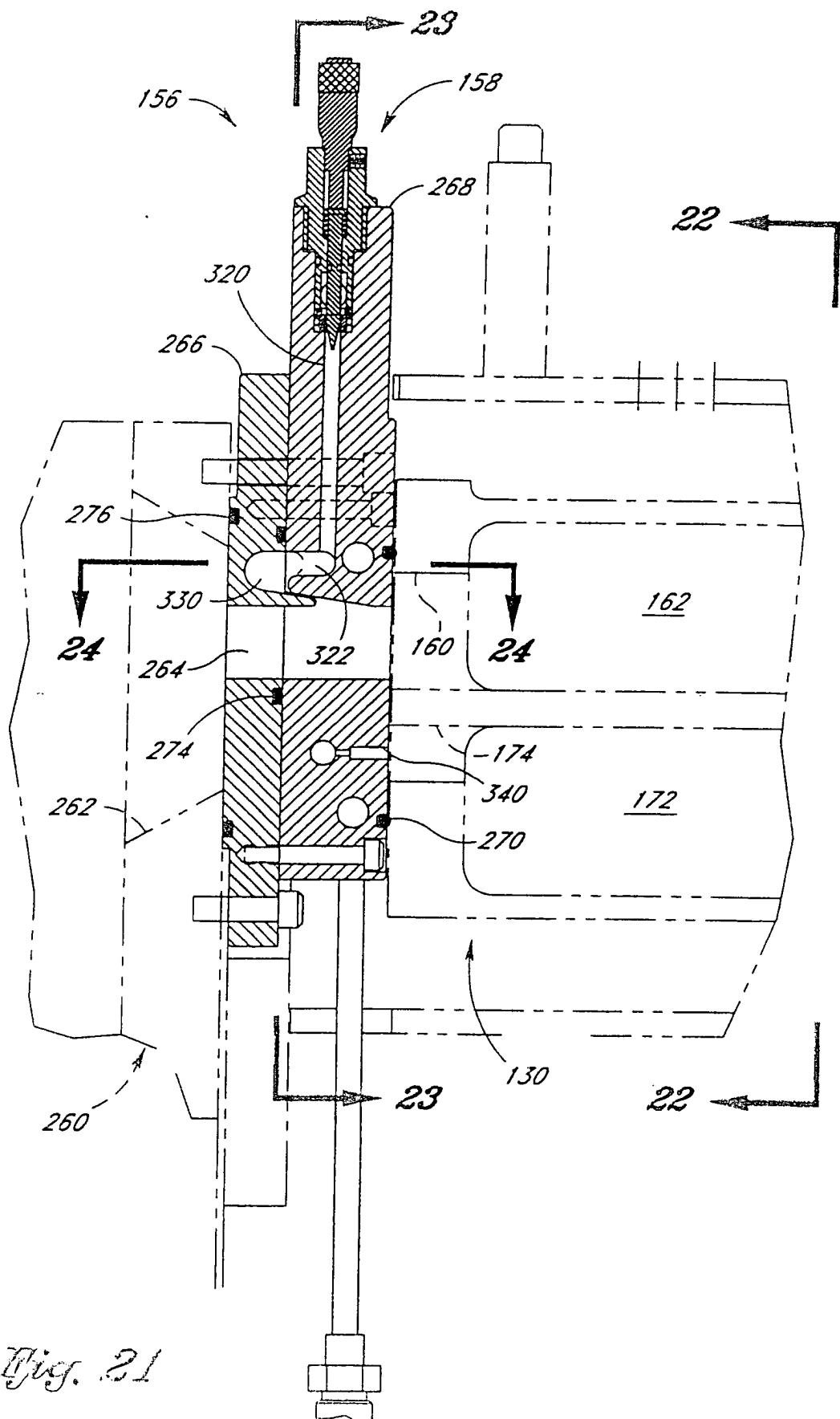
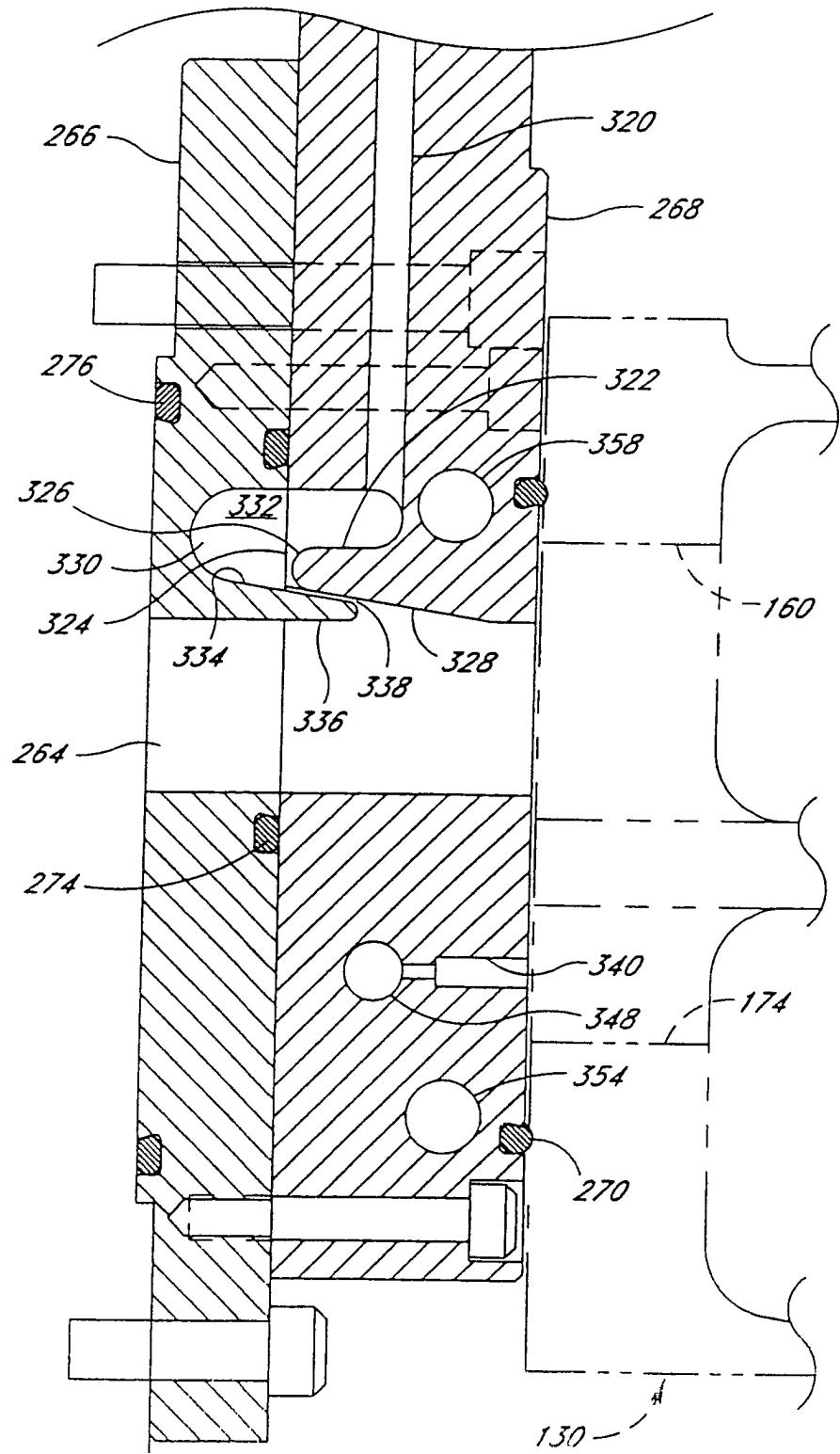
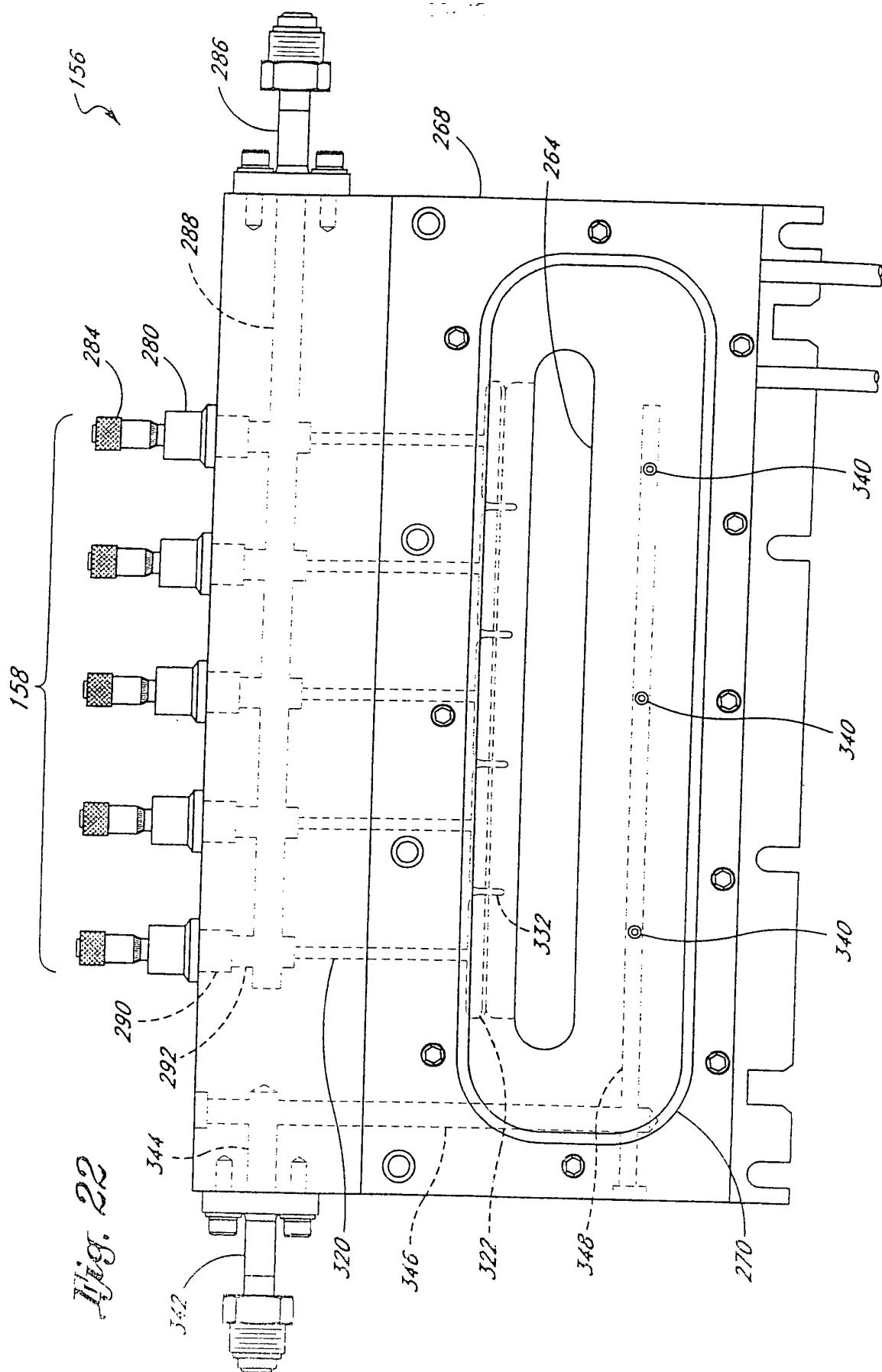


Fig. 21

Fig. 21a





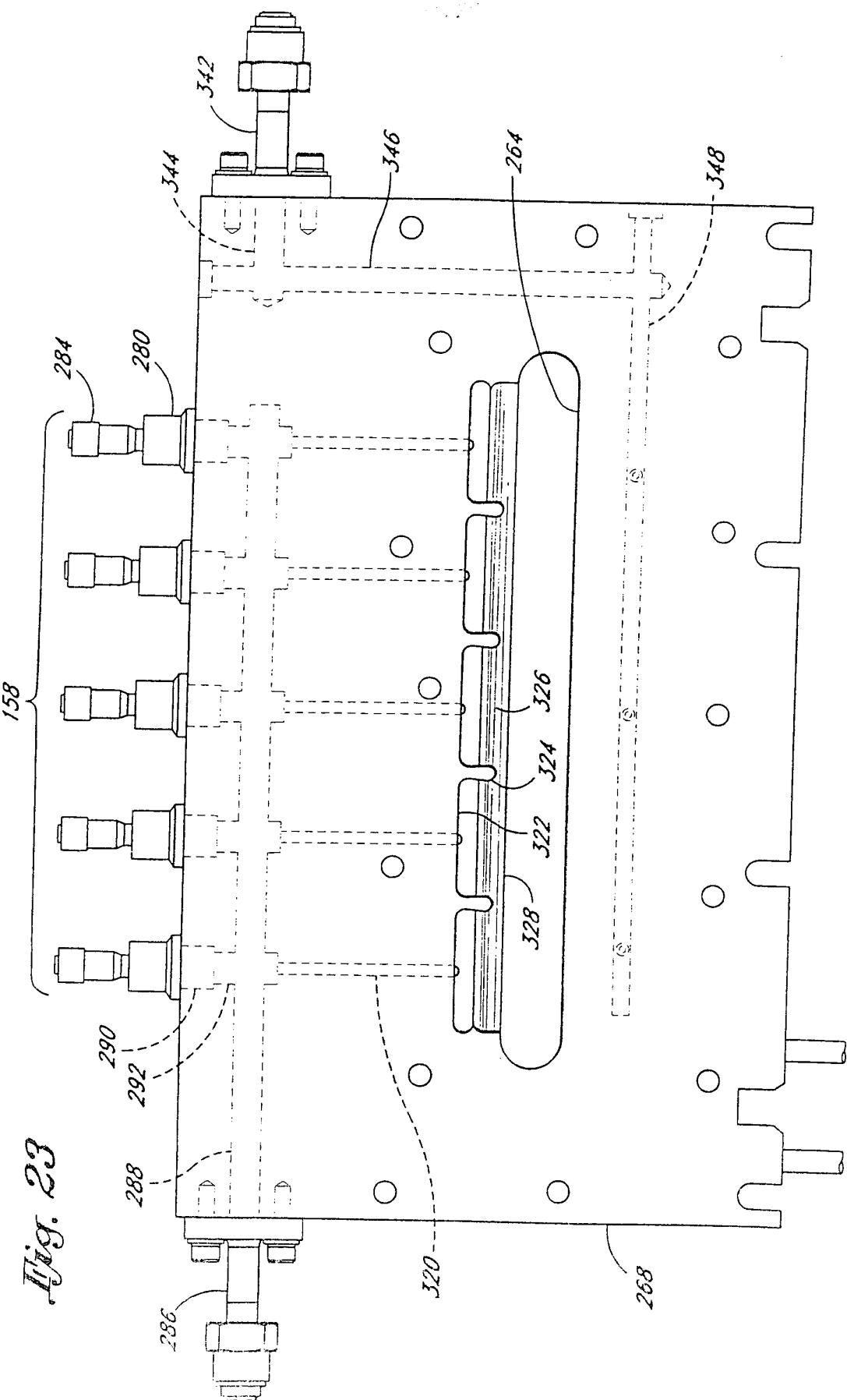


Fig. 24

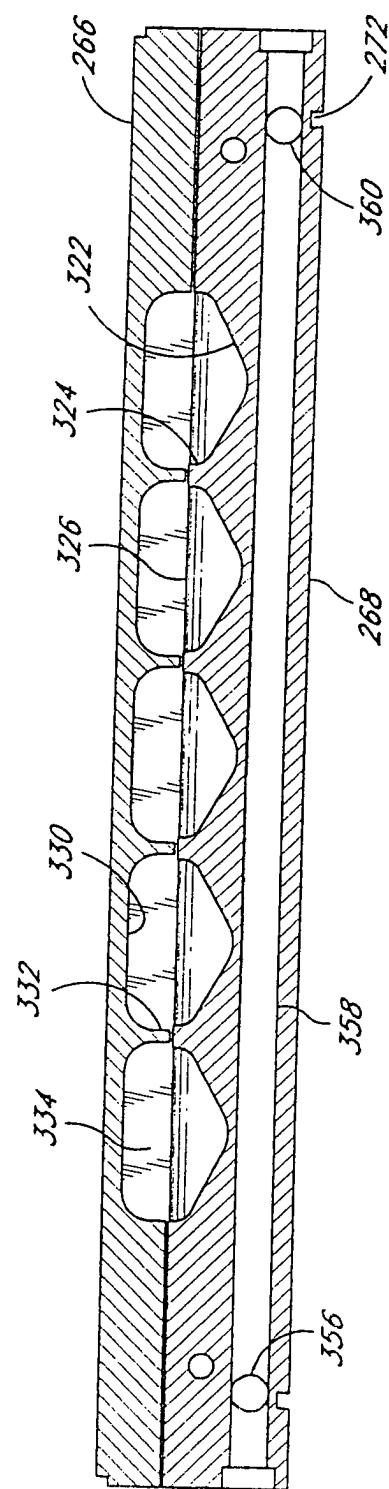


Fig. 25

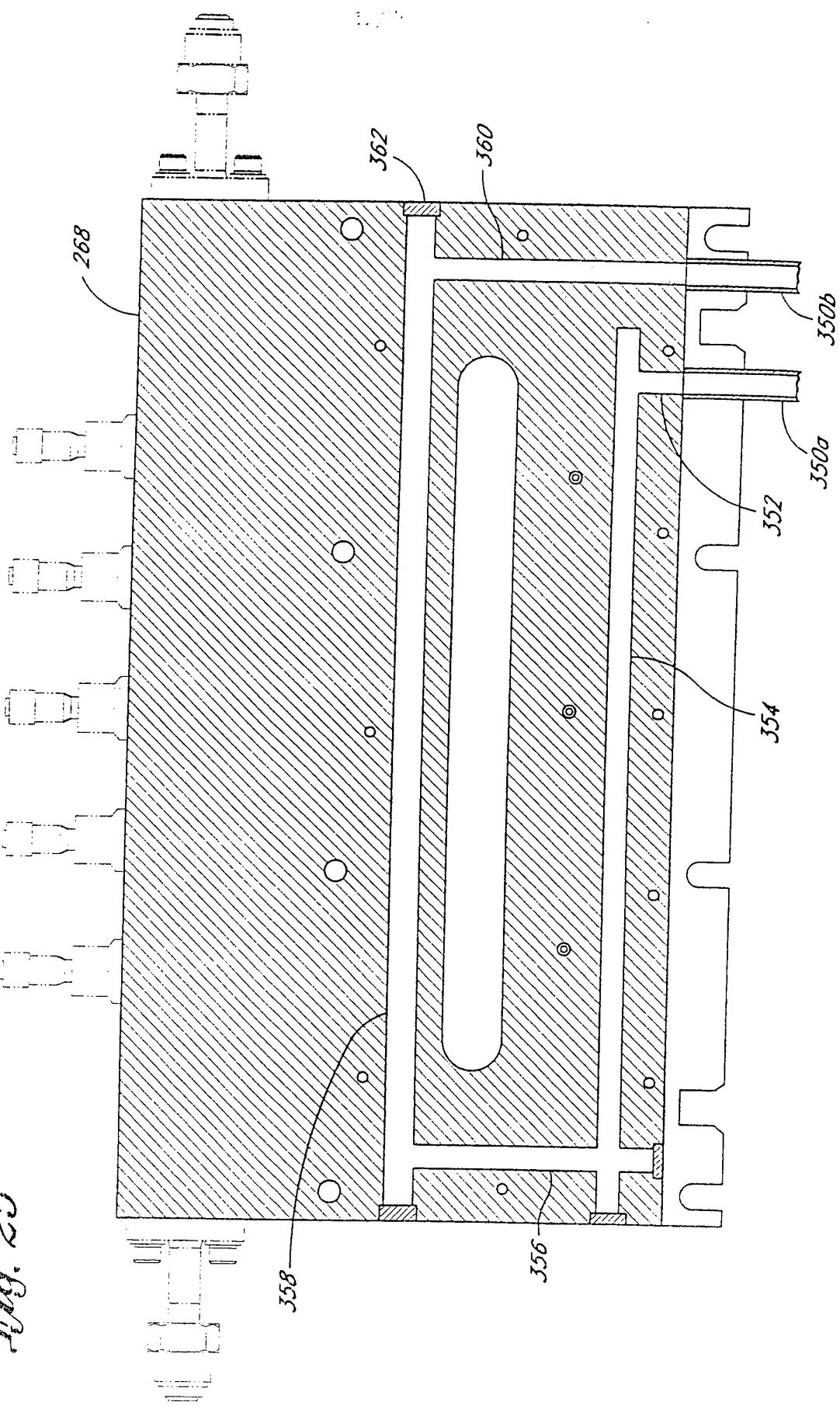
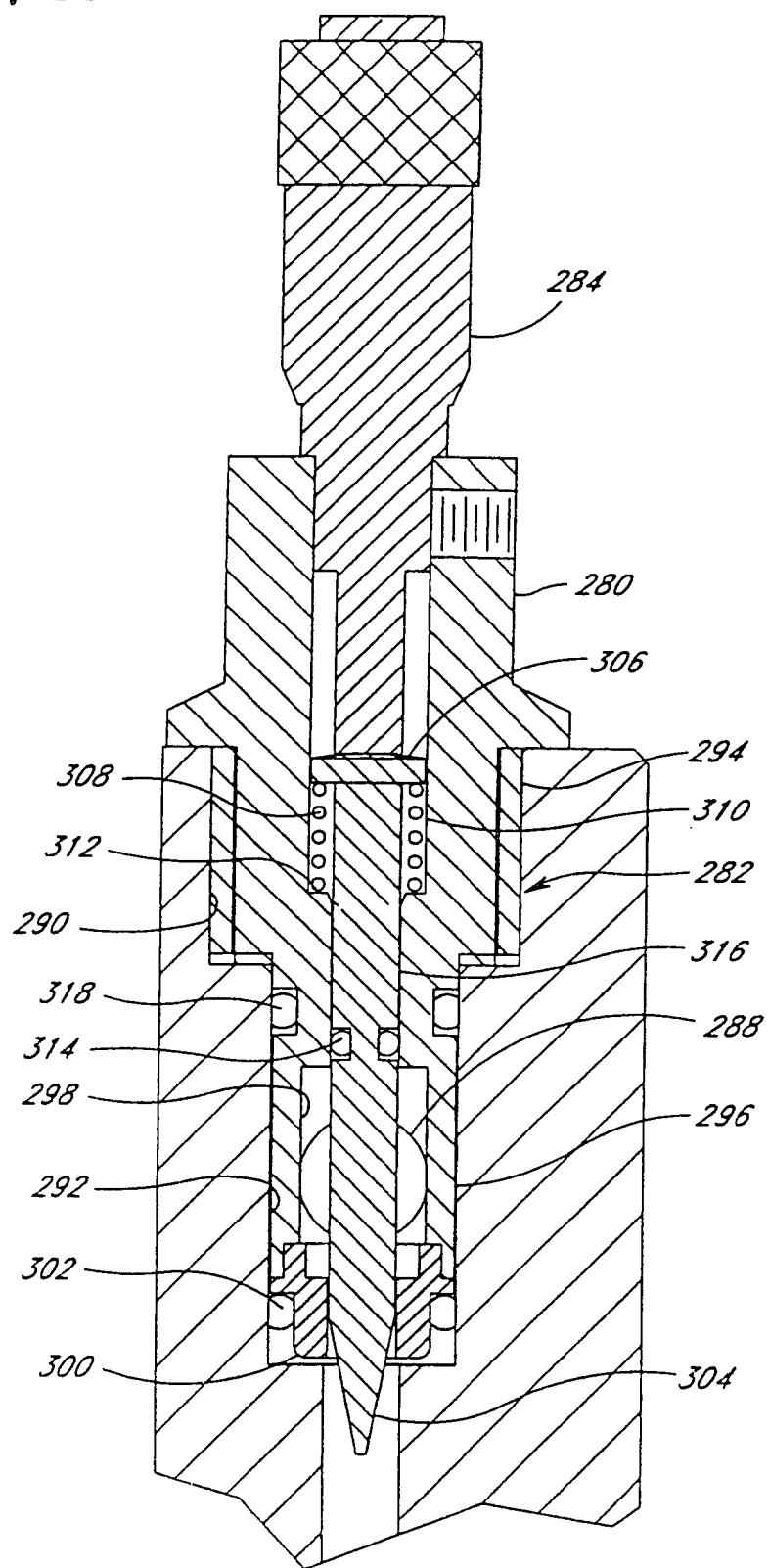


Fig. 26



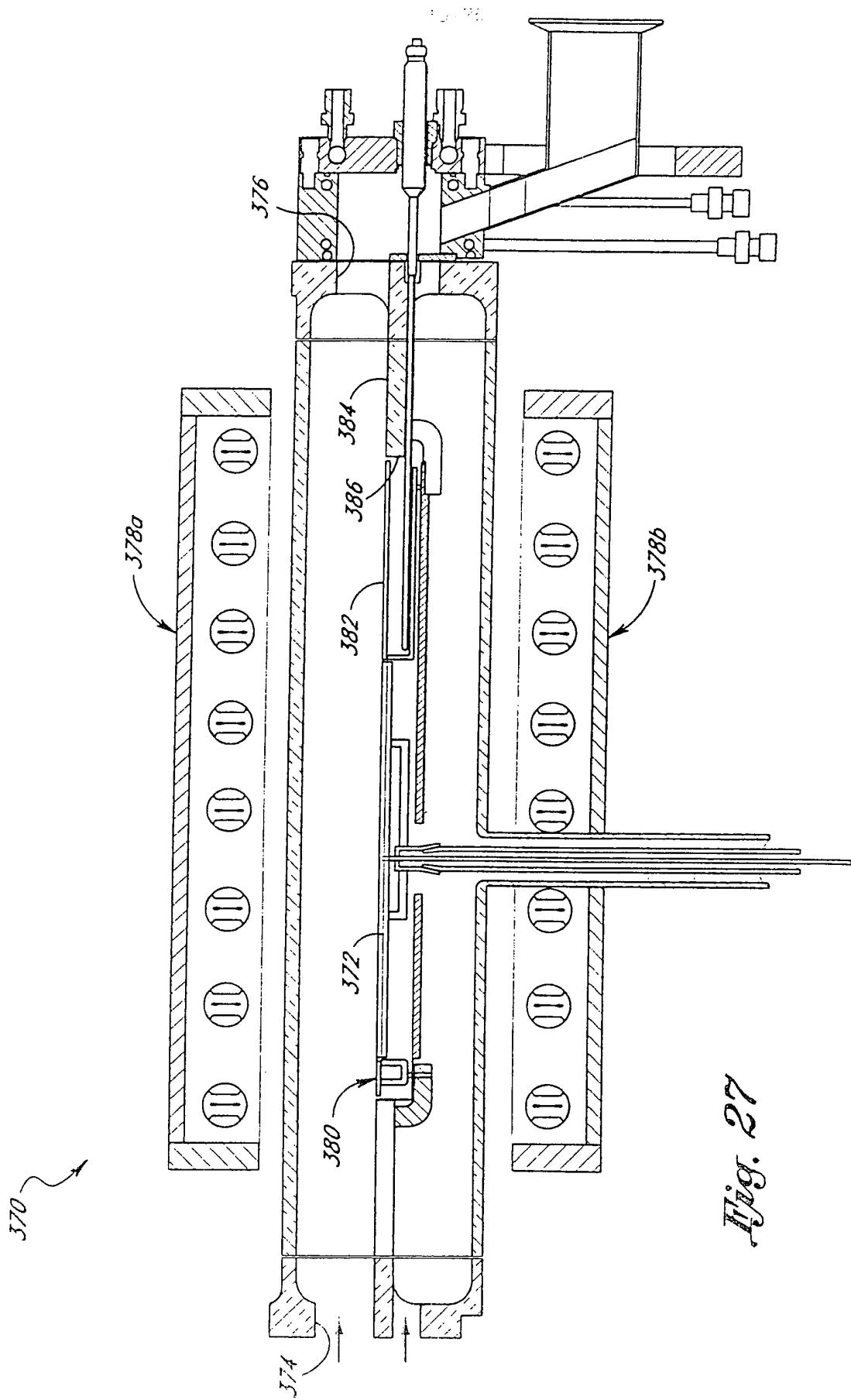


Fig. 27

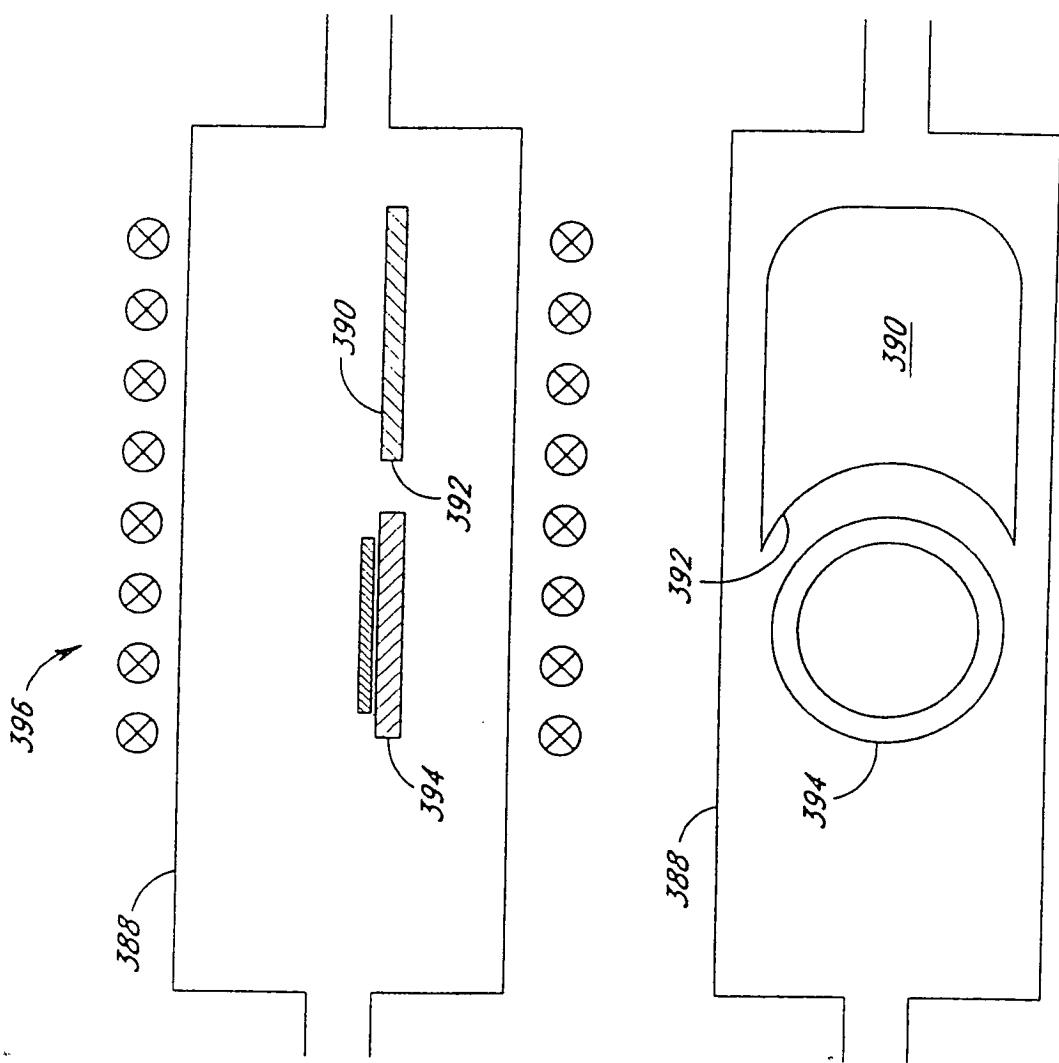


Fig. 28a

Fig. 28b

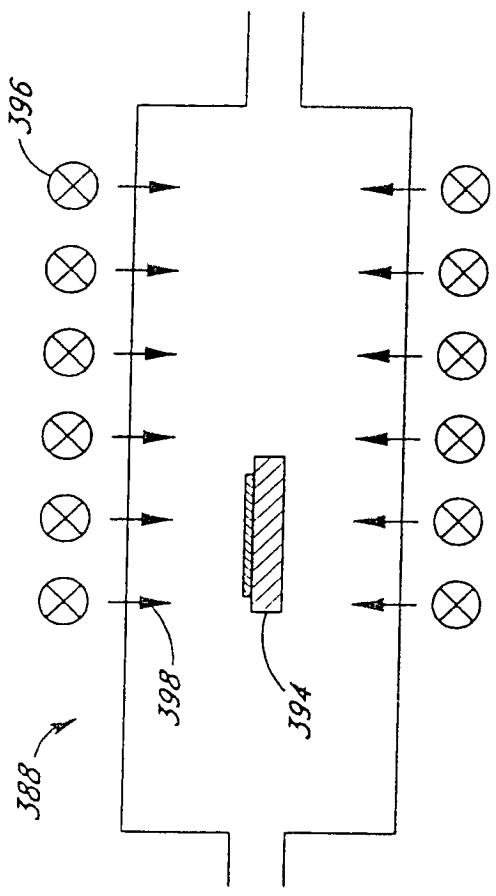


Fig. 29a

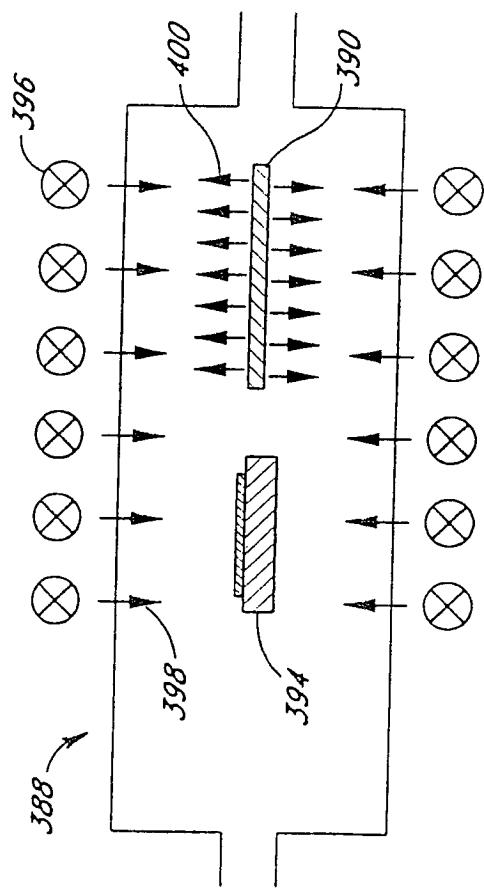


Fig. 29b

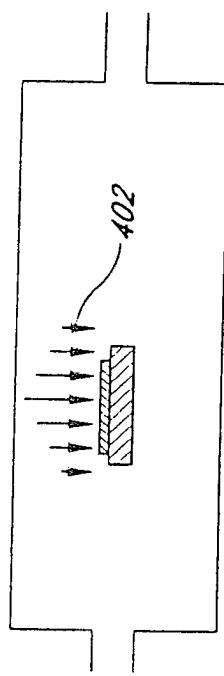


Fig. 30a

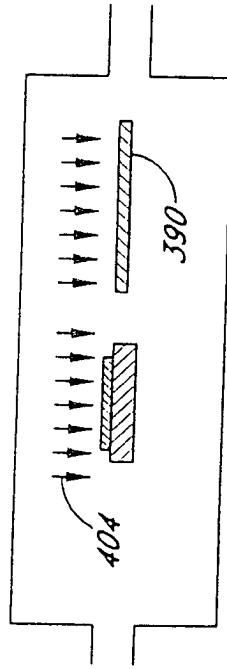


Fig. 30b

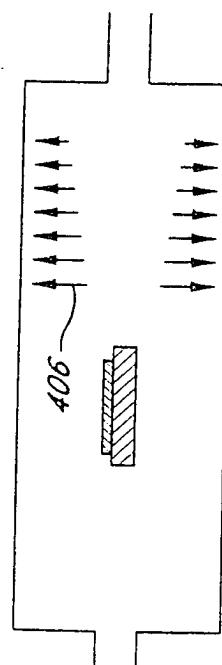


Fig. 31a

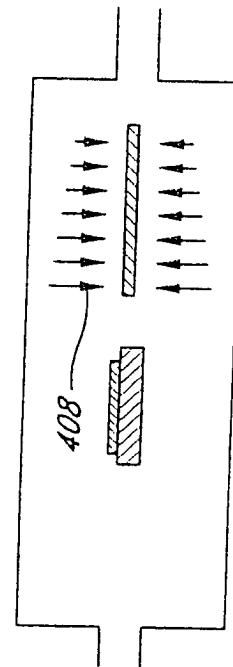


Fig. 31b

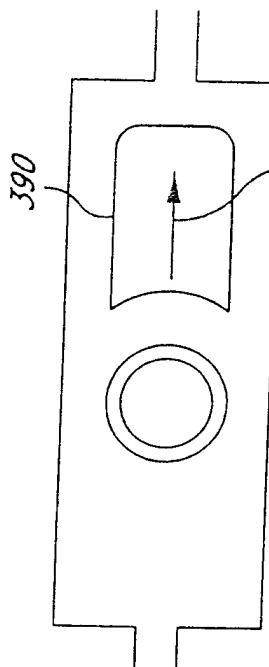


Fig. 33a

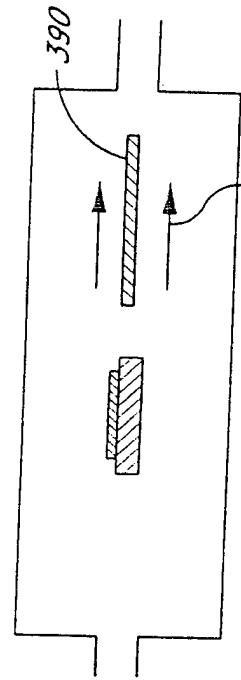


Fig. 33b

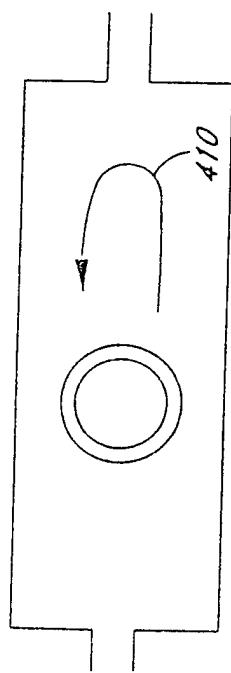


Fig. 32a

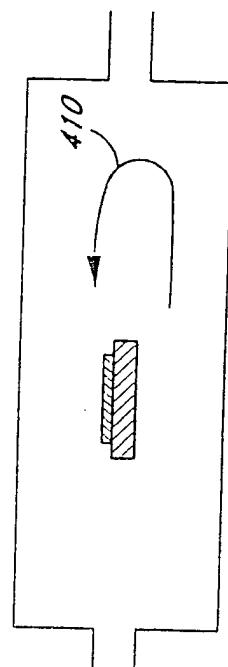


Fig. 32b

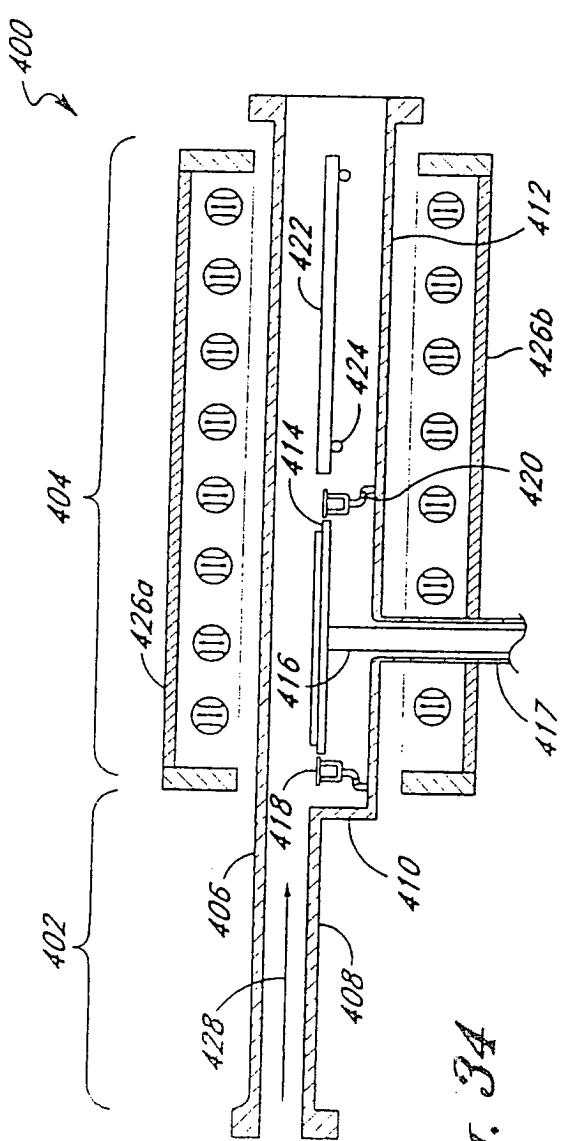


Fig. 34

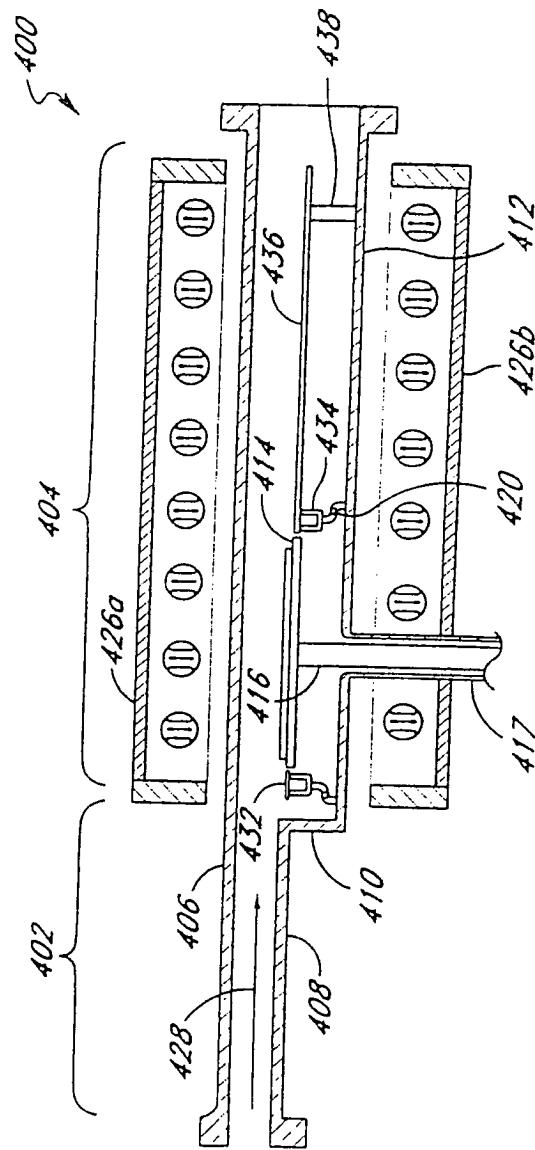


Fig. 35

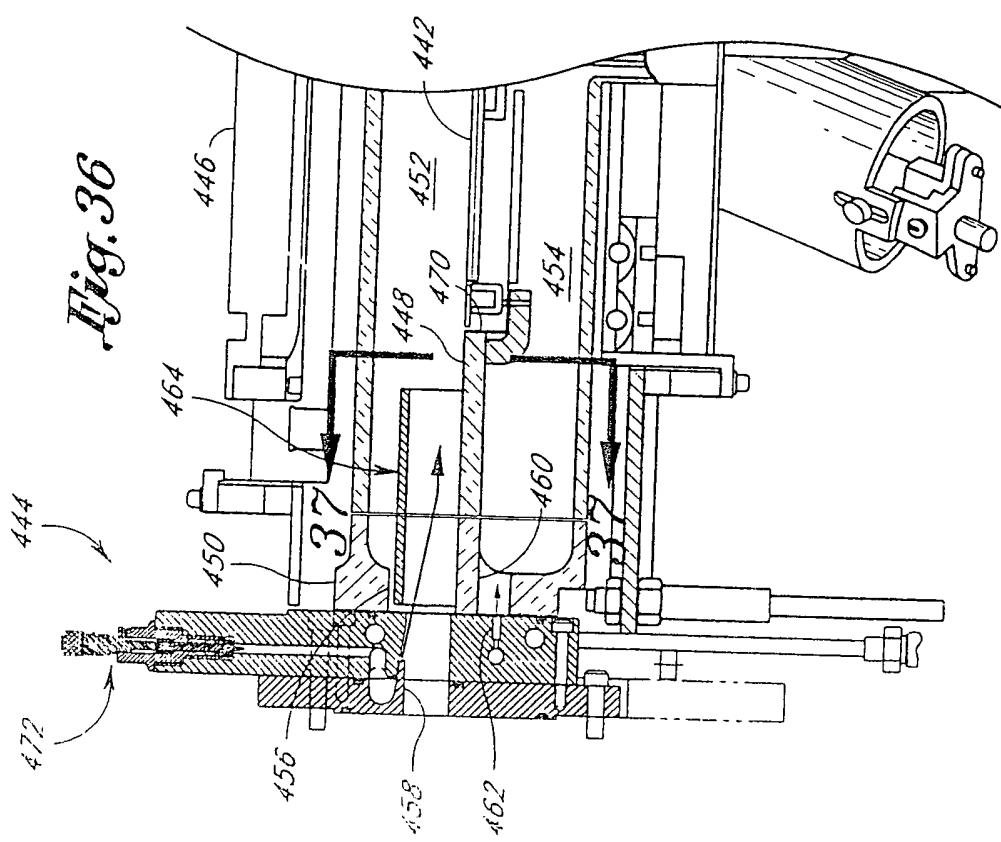
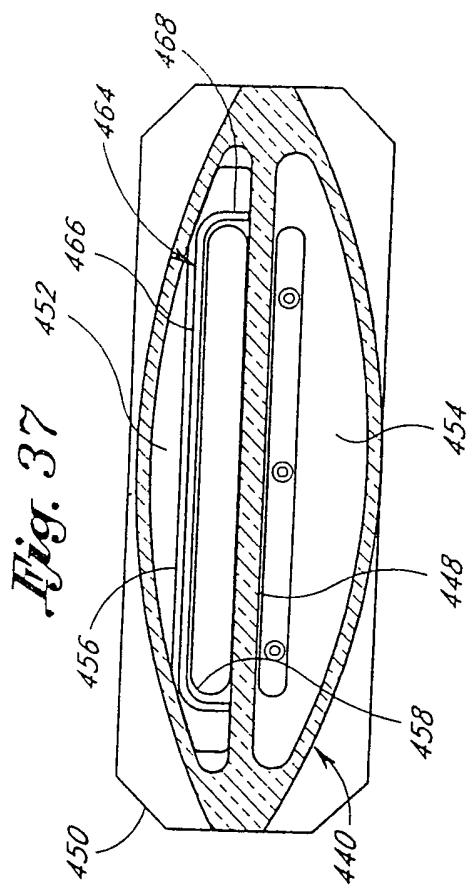


Fig. 38a

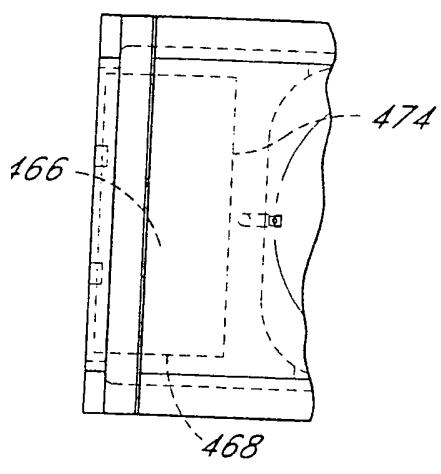


Fig. 38b

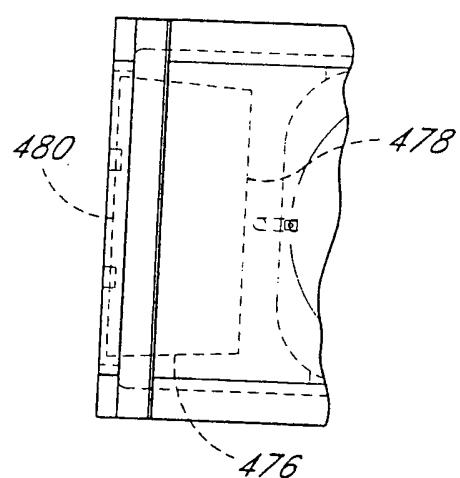


Fig. 38c

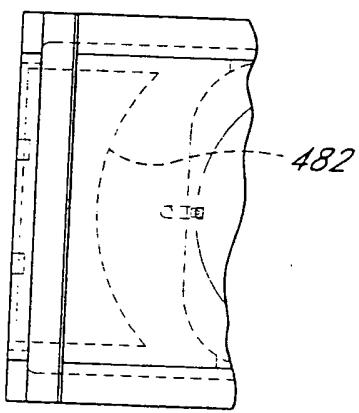


Fig. 38d

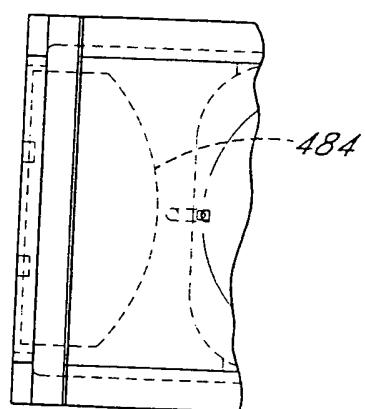


Fig. 38e

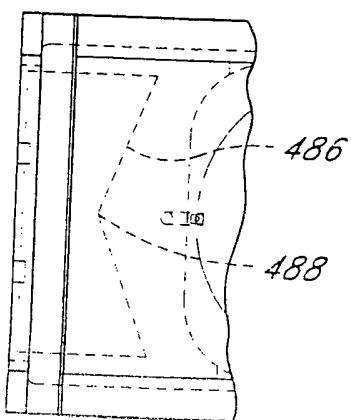


Fig. 38f

