



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 33 376 T2 2009.04.23

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 275 135 B1

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

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 33 376.4

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US01/40511

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 927 443.0

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2001/080291

(86) PCT-Anmeldetag: 12.04.2001

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 25.10.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 15.01.2003

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 26.03.2008

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 23.04.2009

(30) Unionspriorität:

550888 17.04.2000 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR

(73) Patentinhaber:

Mezey, James J. Sr., San Jose, Calif., US

(72) Erfinder:

Mezey, James J. Sr., San Jose, CA 95138, US

(74) Vertreter:

Riebling, P., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 88131
Lindau

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR THERMISCHEN VERARBEITUNG VON WAFERN

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 eingelebt, 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

Technisches Gebiet

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf eine verbesserte Vorrichtung zur thermischen Verarbeitung von Werkstücken, insbesondere auf die thermische Verarbeitung von Halbleiterwafern zur Herstellung von elektronischen Bauteilen.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Die Hochtemperaturverarbeitung von Halbleiterwafern ist grundlegend zur Herstellung von modernen Mikroelektronikbauteilen. Diese Prozesse schließen die chemische Gasphasenabscheidung (CVD), Silikon Epitaxy, Silikon Germanium, und Rapid Thermal Process (RTP) ein, beispielsweise zur Implantationsanlassung, Oxidation und Einbringen von Diffusion. Derlei wird bei Temperaturen im Bereich von 400 bis 1200°C in Multi-Wafer Batch Reactors, Mini-Wafer Batch Reactors oder in Single Wafer Rapid Thermal Reactors durchgeführt. Zahlreiche Standardliteratur und Referenzen existieren, welche das Bearbeiten von Halbleiterwafern mit erhöhter Temperatur beschreiben. Einige Beispiele sind gegeben in Peter Van Zant, "Microchip Fabrication" 3rd edition, McGraw-Hill, New York, 1987; John L. Vossen and Werner Kern. "Thin Film Processes," Academic Press, Orlando, 1978; S. M. Sze, "VLSI Technology," McGraw-Hill, New York, 1988.

[0003] US-A-6 111 225 offenbart eine thermische Verarbeitungsvorrichtung, welche die Merkmale des kennzeichnenden Teils von Anspruch 1 der vorliegenden Anmeldung aufweist.

[0004] Alle diese zurzeit praktizierenden Systeme weisen ernsthafte Probleme auf. Beispielsweise erhitzt ein typischer Batch oder Mini Ofen 25 bis 200 Wafer durch Strahlung von heißen Wänden. Die Wärmequelle bildet gewöhnlich ein elektrisches Element aus Nickelchromdraht, welche den Bereichen Vorheizen, dem Einwirken und dem Nachheizen zugeordnet sind. Jede Zone weist dabei ein individuelles Profil auf, und weist eine Steuereinheit auf, um das gewünschte Temperaturprofil über die gesamte Länge des Bereiches vorzusehen. Jedoch weisen diese Öfen Nachteile auf, wie beispielsweise die außerordentlich lange Zeit der Temperatureinwirkung und die lange Aufheizungs- und Abkühlphase in Verbindung mit dem Laden und Entladen der Wafer.

[0005] Ein zusätzliches Problem im Zusammenhang mit Ofensystemen tritt auf, weil die Ränder der Wafer heißer werden als Mitte der jeweiligen Wafer, denn die Ränder der Wafer sind näher an den Strahlungsquellen angeordnet. Diese Situation führt zu thermischen Spannungen in den Waferkristallgittern und führt zu Ortsverschiebungen, welche sich in Ver-

zerrungen oder anderen Effekten sich äußern. Derartige Defektarten sind bekannt, sie führen zu Problemen in modernen Vorrichtungen, wenn diese Defekte in Schaltungen auftreten. Weitere Probleme können auftreten, wenn die Wafer gebogen oder gefalzt werden, was eine Weiterverarbeitung ausschließt. Typischerweise werden Wafer in Quarz oder SiC Booten mit Schlitten zum Halten der Wafer angeordnet. Die die Ritzen umgebenden Flächen werfen Einheitlichkeitsprobleme während der Verarbeitung auf. Ferner können die Wafer verkanten und derartige nachhaltig eingefügte Spannungen ebenso zu Verschiebungen führen.

[0006] Ein weiteres Problem der Wafer besteht darin, dass diese jeweils zu unterschiedlichen Zeitpunkten den erhöhten Temperaturen ausgesetzt sind; der erste Wafer befindet sich am längsten im Ofen und der letzte, hinterste Wafer befindet sich die geringste Zeit dort. CVD Prozesse sind höchst empfindlich gegenüber Temperaturen und die Einwirkzeit erhöhter Temperaturen kann zu wafereigenen Uniformitätsproblemen führen.

[0007] Heutige Bauteile erfordern eine Liniendicke von weniger als einem Mikron und eine Verbindungsstiefe von weniger als 25 Ångström (10 Ångström gleich 1 nm). Zudem weisen 300 mm Wafer eine verringerte thermische Arbeitzykluszeit auf, bisher muss der Temperaturprozesszeitraum reduziert sein, um zeitliche und nach unten gerichtete Dopantdiffusion zu verhindern und die Erfordernisse des thermischen Bearbeitungszyklus eintragen.

[0008] Um diese Erfordernisse zu erfüllen, wurden unterschiedliche industrielle Ansätze entwickelt. Einer besteht darin, reduzierte Batchöfen mit erhöhtem Abstand zwischen den Wafern vorzusehen, um somit ein schnelleres Laden und Entladen zu einer verbesserten Einheitlichkeit der Bearbeitung der Wafer zu ermöglichen. Ein weiteres Verfahren ist der Einsatz von RTP Systemen, welche jeweils unter Einsatz von typischerweise hoch intensiven Quarzhalogenlampen als Wärmequelle einen einzelnen Wafer produzieren. Sie können sehr schnell auf eine Temperatur von 150°C pro Sekunde in einem Temperaturbereich zwischen 400 und 1100° erhitzt werden. RTP verkürzt damit die Zykluszeit um eine Größenordnung oder mehr und reduziert die Temperaturzeit und reduziert die Dopantdiffusionsprobleme. Durch die Verbesserungen der Prozesseinheitlichkeit bei der RTP System-Produktion, konkurriert das RTP effektiv mit den Heizöfen.

[0009] Ein typisches RTP System weist Lampen auf, die in optischen Reflektoren mit einem Abstand außerhalb des Prozessraums angeordnet sind, der aus Sicherheitsquarzglas ausgestaltet ist. Das durchsichtige Sicherheitsquarzglas ermöglicht es, die meiste Energie der Lampen in die Prozesskammer

zur Erwärmung der Wafer und der Waferaufnahme zu führen. Jedoch absorbiert sowohl das Quarzglas des Prozessraums als auch die Wafer und die Waferaufnahme einiges der Strahlungsenergie der Lampen. Der Prozessraum muss kühl gehalten werden, um unerwünschte Ablagerungen von Überzügen an den Prozessraumwänden zu verhindern. Eine Ablagerung auf der Prozessraumwand verhindert den Transfer von Strahlungsenergie auf den Wafer; ebenso kann die Ablagerung ungewünschte Partikel erzeugen, welche dann auf den Wafer gelangen. Die Waferränder sind nähr an den kühlen Wänden angeordnet, woraus Verzerrungen und Uneinheitlichkeitsprobleme auftreten können. Aufgrund des Erfordernisses einer kühlen Wand, sind die Wachstumsraten von Silikongasen begrenzt, so dass lediglich eine minimale Ablagerung auf der Prozessraumwand entsteht. Bei Anwendungen, welche Silikone einsetzen, werden Wachstumsraten von nur 0,2 µm pro Minute zugelassen.

[0010] Ein weiteres Problem beim Einsatz der Lampen besteht darin, dass nur ein kleiner Anteil (ungefähr 30%) der gesamten Strahlungsenergie in die Region der Waferanordnung zugeführt wird. Der Strahlungsanteil der Lampen ist deswegen so gering, weil die Lampen in einiger Distanz von den Wafern angeordnet sind. Im Wesentlichen befinden sich die Lampen außerhalb des Raumes und sind zur Verabreitung von Energie auf eine einzelne Fläche der Wafer ausgerichtet. Folglich sind Temperatureinheitlichkeitsverbesserungen nur schwierig zu erzielen. Die Erwärmungscharakteristik der Wafer kann sich dramatisch verändern, aufgrund von kleineren Veränderungen, wie beispielsweise eine geringe Justierung der Lampenenergieleistung, um eine gewünschte Temperatur zu erzielen. Obwohl die Lampen in ausgerichteten Reflektoren zur Steuerung der Strahlungsenergie angeordnet sind, altern die Reflektoren und die Lampenglühwinkel während der Benutzung und verursachen damit ungewollte Temperaturänderungen auf den Wafern. Ferner bedarf ein Strahlungswärmesystem vieler Lampen (bis zu 300 Stück), um einen einzelnen Wafer zu erhitzen und eine große Energiemenge (bis zu 300 kW). Lampenerhitzte Reaktoren verlangen spezielle Temperatursteuerungssysteme; welche nur mühevoll einzurichten sind.

[0011] Bezuglich der Resultate der thermischen Verarbeitungsprozesse sind die Messung der Wafertemperatur und die Temperatursteuerung kritisch. Ebenso sind Temperaturmessungen für lampenerwärmte Systeme sehr schwierig zu handhaben, weil Temperatursensoren durch unerwünschte Strahlung von den Lampen und durch Variation der Waferoberfläche sich bezüglich der Temperatur und mit der Musterung der Wafer verändern. Typischerweise wird die Temperatur an nur wenigen Orten bestimmt, und die Temperaturgradienten sind im Allgemeinen

während der Verarbeitung nicht mess- und steuerbar. Der Einsatz von Vielfachpunkt-Thermoelement-Wafern wird zur Verschärfung der Charakteristik der Lampenenergieausstrahlung verwendet, jedoch setzt dieses den Reaktor einer metallischen Kontamination aus, weil die Wafer bei Einsatz dieser Technik rotieren, so dass die Temperaturgradienten aufgrund des Gasdurchflusses nicht abschätzbar sind.

[0012] Typischerweise werden Wafer auf einen Suszeptor, welcher Hebestiftmechanismen zum Anheben und Absenken der Wafer vorsieht, geladen. Diese Stifte können die Rückseiten der Wafer zerkratzen, Partikel erzeugen und lokale Temperaturveränderungen in der Umgebung der Stifte ergeben. Dieses kann zu Defekten in der Kristallstruktur der Silikonwafer führen und Einheitlichkeitsprobleme aufwerfen. Die Partikel auf der Rückseite der Wafer können andere Wafer während des Ladens oder Entladens der Waferaufnahme kontaminierten. Im Allgemeinen sind 300 mm Wafer bezogen auf die 200 mm Wafer dünner ausgeführt, und erfordern deshalb mehr Stiftstützpunkte, weil die 300 mm Rückseitenoberfläche eine Reduktion der Rückseiten-Andruckstellen erfordert. Ebenso weisen standardmäßig verwendete Systeme Probleme in Bezug auf die Steuerung der Temperatur des Prozessgases auf. Wenn Gase in das System eingeführt werden, werden die Wafer an den äußeren Rändern gekühlt, wobei es zu Verschiebungen und zu einer Entwertung der Filmüberzugqualität kommen kann. Diese Problematik ist der Industrie bekannt, im Gegenzug versucht die Industrie das Problem durch Vorheizen der Gase und durch Einsatz von Leitringen an der äußeren Fläche der Wafer zu lösen. Jedoch sind die bisher durchgeführten Änderungen weiterhin unzufriedenstellend und erfassen nicht die gesamte Tragweite des Problems der thermischen Verarbeitung von Wafern, insbesondere solcher Wafern mit großem Durchmesser.

[0013] Eindeutig gibt es eine Vielzahl von Anwendungen die zuverlässige und effiziente Verfahren von Vorrichtung zur thermischen Verarbeitung von Werkstücken, wie beispielsweise Halbleiterwafern erfordern. Unglücklicherweise weisen typische Verfahren und Vorrichtungen konventioneller thermischer Verarbeitungsverfahren Eigenschaften auf, die für einige gegenwärtige und zukünftige Applikationen ungeeignet sind. Deshalb besteht weiterhin die Notwendigkeit Halbleiterwaferthermoverarbeitungssysteme vorzusehen, welche eine verbesserte Temperatursteuerung für die Wafer und die Steuerung des Prozessgases vorsehen. Deshalb gibt es eine Notwendigkeit für ein System, welches einfach zu bedienen und einfach zu warten ist. Es gibt die Notwendigkeit für ein System, welches eine verbesserte Partikelverarbeitung, ein verbessertes Verarbeitungsergebnis und einen höheren Durchsatz erzielt.

Zusammenfassung

[0014] Diese Erfindung versucht eine Vorrichtung vorzusehen, welche die Nachteile bekannter Vorrichtungen der thermischen Verarbeitung von Werkstücken wie beispielsweise Halbleiterweltmann überwindet.

[0015] Dieser Erfindung liegt eine Vorrichtung vor, wie sie in Anspruch 1 erwähnt ist. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen aufgezeigt.

[0016] Die Erfindung wird durch Bereiche in dem Prozessraum gekennzeichnet, wobei die Temperatur unabhängig für jeden einzelnen Bereich gesteuert werden kann, so dass die Temperatur des Prozessgases geregelt werden kann bevor das Gas den Wafer erreicht und nachdem das Gas den Wafer passiert hat.

[0017] Es liegt auf der Hand, dass die Erfindung nicht nur auf die Anwendungen und Konstruktionen der Einzelfälle, wie sie in den beigefügten Erläuterungen und Zeichnungen dargestellt sind, beschränkt ist. Die Erfindung ist auch auf weitere Ausführungsformen anwendbar, und kann auf verschiedene Art und Weise ausgeführt werden. Es sei ebenso selbstverständlich, ganz die Phraseologie und Terminologie, wie sie hierin verwendet wird lediglich zum Zwecke der Darstellung und nicht zum Zwecke der Limitierung eingesetzt wird.

[0018] Daraus kann ein Fachmann ableiten, dass die Konstruktion, auf welche sich diese Offenbarung bezieht ebenso als Basis des Entwurfes von weiteren Konstruktionen, Verfahren und Systeme verwendet werden kann, welche die Aspekte der vorliegenden Erfindung aufgreifen, eingesetzt werden kann.

[0019] Die oben beschriebenen und weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung, werden nun anhand der folgenden detaillierten Beschreibungen, spezifische Ausführungsformen dargestellt werden, insbesondere wenn sie im Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen betrachtet werden.

Beschreibung der Zeichnungen

[0020] [Fig. 1](#) zeigt eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung

[0021] [Fig. 1a](#) zeigt eine weitere Ansicht der in [Fig. 1](#) dargestellten Vorrichtung

[0022] [Fig. 2](#) zeigt eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform einer Prozesskammer dargestellt in [Fig. 1](#).

[0023] [Fig. 3](#) zeigt ein hypothetisch repräsentatives

Temperaturprofil für ein elektrisches Energieheizelement.

[0024] [Fig. 3a](#) zeigt eine Beispielkonfiguration zum Einsatz eines elektrischen Heizelements.

[0025] [Fig. 4](#) zeigt eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der Prozesskammer.

[0026] [Fig. 5](#) zeigt ein Beispiel eines Gasinjektors in dem Prozessraum.

[0027] [Fig. 6](#) zeigt eine alternative Ausführungsform von Wärmeschilden.

[0028] [Fig. 7](#) zeigt eine Zeichnung eines Rotations- und Hebesystems.

[0029] Die Arbeitsweise der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird im Folgenden im Kontext der Aufbringung einer Epitaxialschicht auf einen Wafer dargestellt. Es liegt dabei auf der Hand, das jedoch die Ausführungsformen in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden, um im Wesentlichen jeglicher Halbleiterwaferverarbeitungsschritte durchzuführen, welcher erhöhte Temperaturen benötigen, insbesondere solche Schritte, welche eine Temperatureinheitlichkeit entlang des Wafers erfordern. Es sind in der Patentliteratur und in der wissenschaftlichen Standardliteratur hinreichend viele Halbleiterweiterverarbeitungsschritte bekannt, welche eine erhöhte Temperatur verwenden.

[0030] Nun wird Bezug genommen auf [Fig. 1](#), wobei dort eine Vorrichtung **20** zur thermischen Bearbeitung eines Werkstücks, wie beispielsweise eines Halbleiterwafers vorgesehen ist. Die Vorrichtung weist ein Gehäuse **30** auf, in einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Gehäuse **30** einen Hauptkörper **34** und mindestens ein abnehmbares Bauteil beispielsweise einen Deckel **38**. Der Hauptkörper **34** und der Deckel **38** sind so angeordnet, dass sie im Wesentlichen in gasdichtem Kontakt stehen. Der gasdichte Kontakt kann eine Bauart einer standardisierten, wieder verschließbaren Dichtung **42**, beispielsweise einer Dichtung bestehend aus O-Ringen und Dichtungen, welche Pressdichtungen einsetzen, sein. Das Gehäuse **30** umschließt einen Raum **46**. In einigen Ausführungsformen, sieht das Gehäuse Konstruktionsmaterialien wie beispielsweise Keramik, Aluminiumsverbindungen und Eisenverbindungen, wie beispielsweise rostfreien Stahl, vor. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Gehäuse **30** zur aktiven Kühlung ausgestaltet. In einer Ausführungsform weist das Gehäuse **30** Wände mit aktiven Kühlungsleitungen **50** zur Führung eines Kühlmittels auf. In einer alternativen Ausführungsform weist das Gehäuse **30** Kühlungswindungen (nicht dargestellt) auf. Die Kühlungswindungen berühren die Oberfläche des Gehäuses **30**, so dass sie zum Fortführen von

Wärme geeignet sind, wenn Kühlflüssigkeit durch die mit Windungen fließt. Ein Prozessraum **54** ist in dem Gehäuse **30** vorgesehen. Vorzugsweise ist der Prozessraum **54** aus einem thermisch feuerfesten Material konstruiert. Beispielsweise umfassen dafür geeignete Materialien Silikonkarbid, Silikonkarbid überzogenes Graphit, Graphit, Silikon, Keramik, Aluminiumnitrit, Aluminiumoxid, Silikonnitrit, Magnesiumoxid, Zirkoniumoxid und Keramik.

[0031] Der Prozessraum **54** umfasst einen Prozessbereich (in [Fig. 1](#) nicht dargestellt). In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Prozessbereich im Wesentlichen eine isothermische Prozesstemperatur aufweisen. Ein Waferaufnahme (in [Fig. 1](#) nicht dargestellt) trägt den Wafer in dem Prozessbereich, so dass der Wafer einer im Wesentlichen Isothermischen Prozesstemperatur während des Prozessschrittes ausgesetzt ist. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können unterschiedliche Konfigurationen für Waferaufnahmen vorsehen. Beispielsweise weist in einer Ausführungsform die Waferaufnahme eine untere innere Oberfläche in der dem Prozessbereich auf. In einer weiteren Ausführungsform weist die Waferaufnahme eine Platte (nicht dargestellt) angeordnet in dem Prozessbereich auf. Eine bevorzugte Ausführungsform schließt eine Vielzahl von elektrisch angetriebenen Heizelementen **66** angeordnet zwischen dem Gehäuse **30** und dem Prozessraum **54** zur Durchführung des Aufheizungsprozesses des Raumes **54** ein. [Fig. 1](#) weist einen Querschnitt von Heizelementen **66** zwischen der oberen Oberfläche und der unteren Oberfläche des Prozessraums **54** auf. Heizelemente **66** können ebenso entlang der Seitenoberflächen des Prozessraums **54** vorgesehen sein, zur Vereinfachung sind die Heizelemente **66** in [Fig. 1](#) entlang der Seitenoberfläche nicht dargestellt. Die Variation der Distanz zwischen den Heizelementen **66** und dem Prozessraum **54** ist in alternativer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen. In einer bevorzugten Ausführungsform ist eine Distanz zwischen den Heizelementen **66** für einen spezifischen Betriebsmodus zum Aufhalten des Prozessraums **54** vorgesehen. Bauarten der Heizelemente, welche für Heizelemente **66** geeignet sind, umfassen Widerstandsheizbänder, Infrarotlampen, HF Strahlungsenergieerwärmungsmittel und Bogenlampen.

[0032] In einer bevorzugten Ausführungsform sind elektrische Widerstandsheizbänder als Silikonkarbid überzogene Graphitheizbänder ausgeführt. Die Widerstandsheizbänder werden kommerziell vertrieben und werden in einer Vielzahl von Anwendungen verwendet. Beispiele für Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit Widerstandsheizbändern umfassen eine Ausführungsform der Widerstandsheizbänder, welche in einem direkten physikalischen Kontakt mit dem Prozessraum **54** stehen. In einer alternativen Ausführungsform in die Widerstandsheizbänder derartig angeordnet, dass sie im Wesentli-

chen dem direkten physikalischen Kontakt mit dem Prozessraum **54** vermeiden. In einer weiteren alternativen Ausführungsform sind die Widerstandsheizbänder und der Prozessraum zwischen einem Dritten Körper (in [Fig. 1](#) nicht dargestellt) angeordnet. Ein Temperatursteuerungssysteme (in [Fig. 1](#) nicht dargestellt) steuert die Energieversorgung der Heizelemente **66**, mindestens ein Temperatursensor leitet die Temperaturinformation von mindestens einem der folgenden Elementen ab,

- a) Heizelemente **66**,
- b) Prozessraum **54**,
- c) Wafer (in [Fig. 1](#) nicht dargestellt).

[0033] Eine bevorzugte Ausführungsform weist eine Vielzahl von Temperatursensoren auf, welche so angeordnet sind, dass sie eine Temperaturinformation an das Temperatursteuerungssystem ableiten. Bevorzugte Anordnungen für die Temperaturmessungen des Steuerungssystems weisen den Prozessraum **54**, die Heizelemente **66** und den Wafer (in [Fig. 1](#) nicht dargestellt) auf. Das Temperatursteuerungssystem ist abhängig von der Temperaturinformation, welche von mindestens einem Temperatursensor gegeben wird, vorzugsweise ist das Temperatursteuerungssystem abhängig von der Temperaturinformation, welche von einer Vielzahl von Temperatursensoren gegeben wird. Standardtemperatursensoren können innerhalb der Halbleiterverarbeitung eingesetzt werden, wenn sie geeignet sind für die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Einige Beispiele von Temperatursensoren, welche für Halbleiter verwendet werden können umfassen Thermoelemente, Pyrometer und Thermometer.

[0034] Mindestens ein Wärmeschield **70** ist zwischen den Heizelementen **66** und dem Gehäuse **30** angeordnet. In alternativen Ausführungsformen können im Wesentlichen alle Heizelemente **66** mit dem Wärmeschield in Verbindung stehen. Aus Vereinfachungsgründen ist in [Fig. 1](#) lediglich ein Wärmeschield **70** entlang des Bodens des Prozessraumes **54** dargestellt. Der Wärmeschield **70** führt mindestens eine der folgenden Funktionen aus

- a) Verhinderung der Wärmeausbreitung zwischen dem Prozessraum **54** und dem Gehäuse **30**, um die zur Erwärmung des Prozessesraumes **54** erforderliche Energie zu verringern,
- b) Vorsehen einer Halterung für die Heizelemente **66**, und
- c) Vorsehen einer Halterung für den Prozessraum **54**.

[0035] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Wärmeschield aus einem thermisch feuerfesten Material hergestellt. Beispiele für Materialien, welche für den Einsatz bei einem die Wärmeschield **70** eingesetzt werden können sind Quarz, Silikonkarbid, Silikonkarbid beschichtetes Graphit und Keramik. In einer Ausführungsform ist der Wärmeschield **70** mit dem

Gehäuse **30** verbunden und ist der Wärmeschild **70** so angeordnet, dass der Wärmeschild **70** den Prozessraum **54** unterstützt. In einer weiteren Ausführungsform verbindet ein Trägerarm (in [Fig. 1](#) nicht dargestellt) den Wärmeschild **70** mit dem Gehäuse **30**, derartig, dass die Aufnahme den Wärmeschild **70** in dem Gehäuse **30** unterstützt. Vorzugsweise ist der Aufnahmearm aus thermisch feuerfestem Material hergestellt; Beispiele für geeignete Materialien sind Quarz und Keramik. In anderen Ausführungsformen sind eine Anzahl von Wärmeschilden zwischen den Heizelementen **66** und dem Gehäuse **30** angeordnet.

[0036] In einer weiteren Ausführungsform verbindet ein zur Durchleitung (in [Fig. 1](#) nicht dargestellt) einen Prozessraum **54** mit dem Gehäuse **30**, und unterstützt dem Prozessraum **54** in dem Gehäuse **30**. Vorzugsweise ist der Aufnahmearm aus thermisch feuerfestem Material hergestellt; Beispiele für geeignete Materialien sind Quarz und Keramik.

[0037] Eine Einspeisungsleitung **74** ist mit der Prozesskammer **54** zur Führung von Prozessgasen in den Prozessraum **54** vorgesehen. Einer Gasauslassleitung **78** ist mit dem Prozessraum **54** verbunden zum Auslassen von Gasen aus dem Prozessraum **54**. Vorzugsweise sind die Einlassleitung **74** und die Auslassleitung **78** aus thermisch feuerfeste Material wie beispielsweise Quarz, Silikonkarbid und Keramik hergestellt.

[0038] Das Gehäuse **30** ist mit einem Gaseinlassanschluss **83** zur Vorsehung eines Reinigungsgases in den Raum **46** des Gehäuses **30** vorgesehen. Das Gehäuse **30** weist einen Anschluss **86** zur Ausweitung des Reinigungsgases aus dem Raum **64** des Gehäuses **30** auf. In einer weiteren Ausführungsform ist der Auslassanschluss **78** zur Durchleitung durch das Gehäuse **30** über den Anschluss **86** vorgesehen.

[0039] Das Gehäuse **30** ist zur Vorsehung elektrischer Verbindungen zu den Heizelementen **66** vorgesehen. Elektrische Standarddurchführungen (in [Fig. 1](#) nicht dargestellt) sind für diesen Zweck kommerziell verfügbar. Zusätzlich ist das Gehäuse **30** zur Aufnahme des Temperatursensors vorgesehen. Wenn beispielsweise die Temperatursensoren Thermoelemente einschließen, weist das Gehäuse **30** Durchführungen für Thermoelemente auf. Ähnlich verhält es sich, wenn die Temperatursensoren Pyrometer aufweisen; dann weist das Gehäuse **30**, Bohrungen oder ähnliche Durchführungen zur Aufnahme des Pyrometers oder optischer Fasern, welche in Verbindung mit Temperatursensoren verwendet werden auf.

[0040] Als eine alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Auskleidung **88** zum Schutz der Flächen der inneren Oberfläche des Gehäuses **30** angeordnet. Wenn zum Beispiel in An-

wendungen für Ablagerungsprozesse einer Auskleidung **88** angeordnet ist, dient diese im Wesentlichen zum Schutz vor Ablagerung auf den inneren Oberflächen des Gehäuses **30**. Folglich weisen Prozessgase, welche aus dem Prozessraum **54** entweichen eine geringere Wahrscheinlichkeit von Ablagerung des Materials auf dem Gehäuse **30** auf.

[0041] Vorzugsweise weist die Auskleidung **88** Materialien auf, welche so stabil sind, dass die Auskleidung **88** durch Reinigungsprozesse bearbeitet werden kann, wie beispielsweise flüssige Reinigungsprozesse, Gasreinigungsprozesse und physikalische Reinigung zur Entfernung von Ablagerung auf den Oberflächen der Auskleidung **88**. Beispiele für Materialien die für eine Auskleidung **88** geeignet sind umfassen Quarz und Keramik. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Auskleidung **88** entfernbar, so dass die Auskleidung **88** entfernt werden kann, gereinigt werden kann und in dem Gehäuse **30** wieder installiert werden kann.

[0042] In einer bevorzugten Ausführungsform werden für Ablagerungsapplikationen Auskleidungen **88** derartig angeordnet, dass das Gehäuse **30** die Auskleidung **88** kontaktiert, derartig dass die Auskleidung **88** eine Betriebstemperatur aufweist, welche im Wesentlichen höher ist als die Temperatur des Gehäuses **30**. Ein Vorteil dieser Anordnung ist, dass die höhere Temperatur der Auskleidung **88** dabei hilft, die Ablagerungen auf der Auskleidung **88** von Prozessgasen, welcher aus dem Prozessraum **54** entweichen können zu verringern. Solch eine Anordnung kann durch den Entwurf von Kontakten erzielt werden, welche den konduktiven Wärmetransfer zwischen der Auskleidung **88** und dem Gehäuse **30** ermöglichen. In einer Ausführungsform werden die Kontakte, welche den konduktiven Wärmetransfer ermöglichen auf das Minimum beschränkt, welches für die stabile Halterung der Auskleidung **88** in dem Gehäuse **30** notwendig ist.

[0043] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 1a](#), worin eine weitere Ansicht einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt ist. Das Gehäuse **30** ist mit einem Anschluss **90** zum Laden und Entladen der Wafer in und von dem Gehäuse **30** dargestellt. In einer bevorzugten Ausführungsform ist eine Gehäusezugangsplatte **94** benachbart zu dem Anschluss **90** angeordnet und diese ist beweglich verbunden mit dem Gehäuse **30**, um so Zugang zu dem Inneren des Gehäuses **30** zu ermöglichen, während des Wafer-Ladens und Entladens, so dass das Innere von dem Gehäuse **30** während der Waferverarbeitung isoliert ist. Die Gehäusezugangsplatte **94** ist beweglich bezüglich einer ersten Position zum Laden und Entladen von Wafern; die Gehäusezugangsplatte **94** ist beweglich bezüglich einer zweiten Position zur Isolierung des Gehäuses **30** während der Waferverarbeitung.

[0044] Die Prozesskammer **54** weist in der Darstellung einen Anschluss **98** zum Laden und Entladen der Wafer von und in dem Prozessraum **54** auf. Anschluss **94** und Anschluss **98** sind derartig angeordnet, dass sie zur Bewegung von Wafern in und aus dem Prozessraum **54** ausgerichtet sind. Die Raumzugangsplatte **102** ist in der Nähe des Anschluss **98** angeordnet. Die Raumzugangsplatte **102** ist beweglich verbunden mit dem Prozessraum **54**, dem Gehäuse **30**, dem Wärmeschild (in [Fig. 1a](#) nicht dargestellt) oder einer Kombination davon. Die Zugangsplatte **102** ist beweglich bezüglich einer ersten Position und einer zweiten Position, so dass in der ersten Position der Zugang zum Anschluss **98** in dem Prozessraum **54** derartig ermöglicht ist, dass Wafer geladen und entladen werden können. Wenn die Raumzugangsplatte **102** in der zweiten Position ist, verhindert die Zugangsplatte **102** den Zugang zum Anschluss **98**, zu dem Prozessraum **54**, somit reduzierend den Strahlungswärmeverlust von dem Inneren des Prozessraumes während der Waferverarbeitung. In einer anderen Ausführungsform weist die Zugangsplatte **102** ein Heizelement **66** zur Heizung der Zugangsplatte **102** auf.

[0045] In einer Ausführungsform sieht eine zweite Position der Zugangsplatte **102** einen Raum zwischen der Zugangsplatte **102** und dem Prozessraum **54** vor, so dass dort im Wesentlichen kein Kontakt zwischen der Zugangsplatte **102** und dem Prozessraum **54** in der Region in der Umgebung des Zugangsanschluss **90** besteht. Der Raum, welcher zwischen dem Prozessraum **54** und der Zugangsplatte **102** vorgesehen ist, dient der Reduktion der Wahrscheinlichkeit der Generierung von Partikeln, welche aus dem physischen Kontakt zwischen der Zugangsplatte **102** und dem Prozessraum **54** herrühren.

[0046] Die Steuerung **106** ist mit der Zugangsplatte **102** und der Gehäusezugangsplatte **94** verbunden, zur Steuerung der Bewegung der Zugangsplatte **102** und der Zugangsplatte **94** zur Ermöglichung des Ladens oder Entladens des Wafers. In einer alternativen Ausführungsform weist die Steuerung **106** ebenso das Temperatursteuerungssystem auf. In einer weiteren Ausführungsform ist die Steuerung **106** zur Steuerung des Prozessgasflusses in den Prozessraum **54** vorgesehen.

[0047] Nun wird Bezug genommen auf die [Fig. 2](#), wobei darin eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform des Prozessraums **54** zu sehen ist. Der Prozessraum **54** umfasst drei Bereiche: einen Prozessbereich **58**, Aufbereitungsbereich **114**, und einen Nachbearbeitungsbereich **118**. Der Prozessbereich **58** trennt den Aufbereitungsbereich **114** und den Nachbearbeitungsbereich **118**.

[0048] Eine Waferaufnahme **122** ist derartig angeordnet, dass sie zur Aufnahme von Wafern in dem

Prozessbereich **58** geeignet ist. Die Waferaufnahme **122** ist verbunden mit dem Prozessraum **54**, so dass sie die Rotation der Waferaufnahme **122** ermöglicht, und dass sie die Rotation der Wafer, welche auf der Waferaufnahme **122** aufgenommen sind, ermöglicht. Die Waferaufnahme **122** schließt eine Scheibe **126** ein, welche eine im Wesentlichen Ebene Fläche zum Kontaktieren der Rückseite der Wafer aufweist. Vorgezogene Weise ist die Fläche der Waferaufnahme **122** zum Kontaktieren der Wafer, d. h. eine Scheibe **126** kleiner als die Fläche der Wafer derartig vorgesehen, dass das Laden und Entladen der Wafer erleichtert wird. Die Waferaufnahme **122** weist ferner einen Waferaufnahmestempel **130** auf, welcher im Wesentlichen in der Mitte der Scheibe **126** angeordnet ist, abgewinkelt in etwa einem 90° Winkel. In einer Ausführungsform weist der Prozessraum **54** ein Loch in der Oberfläche auf, und den Stempel **130** erstreckt sich von der Scheibe **126** durch das Loch in dem Boden des Prozessraums **54**. Der Stempel **130** ist drehbeweglich verbunden mit einem Motor (in [Fig. 2](#) nicht dargestellt), um die Rotation der Waferaufnahme **122** um die Achse des Stempels **130** zu erzielen.

[0049] Die Ausführungsform, wie sie in [Fig. 2](#) dargestellt ist, weist ferner, im Prozessbereich **58** eine Aussparungsebene **134** auf. Die Abmessungen der Aussparungsebene **134** sind derartig ausgewählt, dass sie es der Scheibe **126** ermöglichen, den Wafers derartig zu halten, dass die vordere Oberfläche des Wafers im Wesentlichen eben zu der umgebenden Bodenoberfläche des Prozessbereichs **58** ist, so dass die Rückseite des Wafers von der Rückseite gegen Ablagerungen geschützt ist, wenn diese in einem Ablagerungsbezogenen Prozess verwendet wird.

[0050] Im Betrieb ist der Wafer auf der Scheibe **126** angeordnet. Die Scheibe **126** wird im Wesentlichen bei der gleichen Temperatur, wie die des Prozessbereichs **58** gehalten, und im bevorzugten Ausführungsformen wird der Wafer durch eine Scheibe **126** derartig gehalten, dass Stifterhebungen unnötig sind. Weshalb die Rückseite des Wafers nicht von sich erhebenden Stiften zerkratzt wird; weniger Partikeln werden generiert; und weniger Kristalldruck in dem Wafer erzeugt.

[0051] Der Aufbereitungsbereich **114** ist derartig verbunden mit einem Prozessgaseinlass **71**, dass Prozessgas in den Prozessraum **54** durch den Aufbereitungsbereich **114** fließt. Der Nachbearbeitungsbereich **118** ist mit einem Gasauslass **78** (in [Fig. 2](#) nicht dargestellt) derartig verbunden, dass das Prozessgas aus der Prozesskammer **54** durch einen Nachbearbeitungsbereich **118** entweichen kann. Indessen fließt das Prozessgas durch den Aufbereitungsbereich **114** ein; fließt dann durch den Prozessbereich **58** in Richtung im Wesentlichen parallel zu der Oberfläche der Scheibe **126**; und fließt dann aus dem Prozessraum **54** durch in den Nachbearbeitungsbereich.

[0052] Eine Vielzahl von elektrischen Widerstandsheizbänder **110** ist auf der Oberfläche des Prozessraums **54** angeordnet. Für die Ausführungsform, wie sie in [Fig. 2](#) dargestellt ist, sind die Heizbänder **110** in Kontakt mit dem Prozessraum **54**. Die Ausführungsform, wie sie in [Fig. 2](#) dargestellt ist, ist nur eine der vielen Möglichkeiten der Anordnung der Heizbänder **110** im Bezug auf den Prozessraum **54** darstellen. Die Ausführungsform wie in [Fig. 2](#) dargestellt ist, sind die Heizbänder **110** entlang der oberen Oberfläche des Prozessraums **54** angeordnet; Heizbänder **110** sind entlang der oberen Oberfläche der Prozessraums **54** angeordnet, Heizbänder **110** sind entlang der Seitenoberfläche des Prozessraums **54** angeordnet.

[0053] Heizbänder **110** sind mit dem Temperatursteuerungssystem (in [Fig. 2](#) nicht dargestellt) derartig verbunden, dass der Aufbereitungsbereich **114**, der Prozessbereich **58** und der Nachbearbeitungsbereich **118** jeweils mit voneinander unabhängigen Temperaturen gesteuert werden können oder dass in einer alternativen Ausführungsform alle auf die gleiche Temperatur gesteuert werden kann, im Einzelnen kann der Aufbereitungsbereich **114** auf einer Aufbereitungstemperatur gesteuert werden, der Prozessbereich **58** kann eine Prozesstemperatur gesteuert werden, und der Nachbearbeitungsbereich **118** auf eine Nachbearbeitungstemperatur gesteuert werden. Die Möglichkeit die Temperaturen der drei Zonen unabhängig voneinander zu steuern, ist ein Vorteil der vorliegenden Erfindung. Dieser Vorteil wird die durch die Fähigkeit die der Temperaturmessung an unterschiedlichen Orten und die Fähigkeit der unabhängigen Steuerung der Energie, welche den einzelnen Teilen der Heizbänder **110** zugeordnet ist. Beispielsweise kann ein oder mehrere Temperatursensoren zur Verbesserung der Temperatur eines einzelnen Bandes angeordnet werden und die Temperatur des Heizbandes kann in Abhängigkeit von der Temperaturmessung gesteuert werden. Alternativ kann eine oder mehrere Temperatursensoren, zur Messung der Temperatur eines einzelnen Ortes des Prozessraums angeordnet werden und die Temperatur kann bezüglich einer Fläche eines Prozessraums gesteuert werden.

[0054] Ein Vorteil beim Vorsehen unabhängiger Temperaturensteuerung liegt darin, dass das Prozessgas, welches in den Aufbereitungsbereich **114** einfließt vorgeheizt werden kann, bevor das Prozessgas in den Prozessbereich **58**, welches den Wafer umfasst, einfließt. Das Vorheizen des Prozessgases ermöglicht eine verbesserte Steuerung während der Verarbeitung, in anderen Worten ausgedrückt, hilft die Vorheizung des Prozessgases dabei, die Abkühlung des Wafers durch das Prozessgas zu reduzieren. In Anwendungen wie beispielsweise Epitaxialfilmwachstum hilft das Vorsehen des Wafers auf einer einheitlichen Temperatur dabei, die Bildung von

Defekten in dem Epitaxialfilm zu verhindern. Anwendungen, welche chemische Gasabschaltung beinhalten, verringern durch Wahrung der einheitlichen Wafertemperatur Uneinheitlichkeitsprobleme in der Filmdicke und in vielen Eigenschaften, welche durch nicht einheitliche Wafertemperaturen bedingt werden. Ferner werden vorteilhafterweise einheitliche Wafertemperaturen bei weiteren Fabrikationsprozessen integrierter Schaltungen verwendet, welche erhöhte Temperatur der Weiterbearbeitung verwenden; ein weiterer Vorteil der unabhängigen Temperaturensteuerung für drei Zonen besteht darin, dass der Nachbearbeitungsbereich **118** eingesetzt werden kann, um sicherzustellen, dass das Auslassgas auf der Prozesstemperatur bleibt, bis das ausgelassene Gas der Prozessraum **54** verlassen hat, und aus dem Prozessbereich **58** entwichen ist. In Anwendungen, welche die Abscheidung einbeziehen, erlaubt die Steuerung der Auslassgas Temperaturen die Steuerung der Eigenschaften des Materials, welches sich in dem Nachbearbeitungsbereich **118** absetzt. Beispielsweise wird durch die Beibehaltung einer vorgegebenen Temperatur in dem Nachbearbeitungsbereich **118** das Auslassgas, welches in den Bearbeitungsbereich **118** eingeführt wird für Materialabscheidung bei einer vorgegebenen Temperatur vorgesehen. Vorzugsweise ist die vorgesehene Temperatur derartig ausgewählt, dass bei dieser Temperatur Filme von guter Qualität in dem Nachbearbeitungsbereich eher, als Filme von schlechter Qualität abgesetzt werden. Filme niedriger Qualität weisen auf, wie beispielsweise die Eigenschaft der schlechten Adhäsion in dem Prozessraum **54**. Nicht anhaftende Filmablagerungen sind als Quelle von Fremdstoffpartikeln bei der Halbleiter Waferverarbeitung bekannt. Ein weiteres Beispiel schlechter Filmqualität weist Filme auf, welche etwa Eigenschaften aufweisen, welche unbeständig oder inkompatibel als Eigenschaften von abgeschiedenem Filmen in dem Prozessbereich **58** sind. Die Unbeständigkeit oder Uneinheitlichkeit der Ätzcharakteristiken macht das Anlagern des Prozessraums **54** schwieriger; dieses führt im Einzelnen zu schwer wiegenden Problemen bei lokalen Reinigungsprozessen.

[0055] Ein weiterer Vorteil der unabhängigen Temperaturensteuerung in den Prozessbereichen besteht in der Möglichkeit, die Auslassungen **118** bei einer niedrigeren Temperatur als dem Prozessbereich **58** zu halten. Die niedrigere Temperatur des Auslassbereichs erlaubt es dem Auslassgas sich langsam abzukühlen, bevor der gekühlte Bereich des Auslassanschlusses erreicht wird. In einigen Anwendungen führt die fehlende Kühlung des Auslassgases zu einem thermischen Schockzustand; der thermische Schock kann zu schwer wiegenden Ablagerungen führen, welche sich in dem Auslassanschluss ablagern. Ablagerungen in dem Auslassanschluss sind potentiell gefährlich; die Ablagerung kann willkürliche Stoffe abscheiden, welche selbstentzündlich sein,

wenn ihnen Luft des Reinigungssystems zugeführt wird.

[0056] Ein weiterer Vorteil der Schaffung unabhängiger Temperaturensteuerung für drei Bereiche besteht darin, dass während des Waferverarbeitungsschrittes der Prozessbereich **58** auf Prozesstemperatur gehalten werden kann. Vorzugsweise wird der Prozessbereich **58** im Wesentlichen während des gesamten Verarbeitungsschrittes bei isothermischen Bedingungen gehalten. Diese isothermischen Bedingungen im Prozessbereich **58** sind durch die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung leicht zu erzielen, indem das Temperatursteuerungssystem eine Vielzahl von Temperatursensoren aufweist und eine unabhängige Steuerung der Energiezuführung zu einzelnen Widerstandsheizbändern durchgeführt wird. Ähnliche Vorteile sind bei anderen Heizsystemen wie beispielsweise Infrarotlampen, Bogenlampen und HF-Induktionszonenheizungen vorstellbar.

[0057] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 3](#), wobei ein Heizelement **66** dargestellt ist, elektrische Verbinder **67a** und elektrisches Verbinder **67b** bilden elektrische Kontakte am Heizelement, um so den Fluss elektrischen Stromes zwischen dem elektrischen Verbinder **67a** und dem elektrischen Verbinder **67b** durch das Heizelement **66** zu ermöglichen. Wie Zeichnungen **69** zeigt einen hypothetischen Beispiel eines Temperaturprofil im Betrieb des Heizelements **66**, die Temperaturen in der Nähe des elektrischen Verbinder **67a** und die Temperaturen in der Nähe der elektrischen Verbinder **67b** sind im Wesentlichen typischerweise niedriger als die Temperaturen in anderen Strom führenden Regionen des Heizelements. Typischerweise sind niedrigere Temperaturen in der Nähe der elektrischen Kontakte erforderlich, um anders elektrische Standards Verpackungsmaterial wie beispielsweise Kupfer angepasst zu sein. Um geeignete Temperaturen an den elektrischen Kontakten zu erzielen, werden Heizelemente beispielsweise Heizbänder derartig entworfen, lässt diese einen niedrigeren Widerstand in der Gegend der elektrischen Kontakte aufweisen, den niedrigere Widerstand wird zu einer geringeren Erhitzung des Heizbandes an der elektrischen Kontaktstelle führen. Jedoch weisen die Regionen des Heizelements **66** welche von den elektrischen Kontakten entfernt sind. Jedoch die Möglichkeit auf, im Wesentlichen isotherme Temperaturen aufzuweisen. Im Einzelnen sind elektrische Widerstandsheizbänder dazu entworfen, einen höheren elektrischen Widerstand in diesen im Wesentlichen isothermischen Bereich aufzuweisen, und einen niedrigeren elektrischen Widerstand in dem Bereich der Kontakte aufzuweisen. In einer Ausführungsform der Erfindung werden im Wesentlichen die isothermischen Bereiche des Heizelements dazu verwendet, um im Wesentlichen isothermische Prozessbereich **58** zu erzielen. Beispielsweise sind die nicht-isothermischen Bereiche des Heizelements **66**

fern von dem Prozessbereich **58** derartig angeordnet, dass die Temperaturensteuerung des Prozessbereichs **58** im Wesentlichen nicht durch die nicht isothermischen Bereiche des Heizelements **66** beeinflusst wird. Dadurch kann erreicht werden, durch Anordnung von im Wesentlichen isothermischen Bereich in der Heizelemente **66** in Teilen, welche näher an dem Prozessbereich **58** nicht, während die Anordnung von nicht isothermischen Bereichen entfernt sind von den Prozessbereich **58**. So kann das Heizelement **66** derartig größer ausgeführt sein als der Prozessbereich **58**, dass nicht isothermische Bereiche des Heizelements **66** sich außerhalb der Grenzen ist Prozessbereiches, wie er in [Fig. 3a](#) dargestellt ist, erstreckt. In anderen Worten ausgedrückt, können die elektrischen Kontakte fern ab des Prozessbereich **58** angeordnet sein. Eine weitere Anordnung umfasst die Orientierung, wie beispielsweise der Biegung oder Ausbildung der nicht-isothermischen Bereiche der Heizelemente **66** abseits des Prozessbereichs **58** derartig, dass die Wärme, welcher dem Prozessbereich **58** zu gewesen wird im Wesentlichen aus dem isothermischen Bereich des Heizelements **66** zugeführt wird. Zusätzliche Anordnungen werden dem Fachmann abseits davon in den Sinn kommen.

[0058] Anderer Ausführungsformen des Aufbereitungsbereichs **114** und des Nachbearbeitungsbereich **118** können isothermisch beibehalten werden, unter Einsatz unter Einsatz des gerade beschriebenen Prozessbereiches **58**, jedoch benötigen viele Anwendungen nur eine isothermische Eigenschaft im Bereich des Prozessbereichs.

[0059] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 4](#), worin eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform des Prozessraums **54** dargestellt ist. Der Prozessraum **54** weist einen Aufbereitungsbereich **114**, einen Prozessbereich **58** und eine Nachbearbeitungsbereich **118** auf. Der Gaseinlassanschluss **74** ist derartig mit dem Aufbereitungsbereich **114** verbunden, um ein Prozessgas in den Prozessraum **54** vorzusehen. In einer Ausführungsform weist der Prozessraum **54** eine Bohrung **136** auf, durch welches eine Gaseinlassleitung **74** in dem Prozessraum **54** führt. Eine Dichtung **138** bildet eine Dichtung um den Gaseinlassanschluss **74**, um so Gasverlust aus dem Prozessraum **54** zu unterbinden. In einer Ausführungsform bildet die Abdichtung **138** keine dichte Abdichtung, so dass die Abdichtung **138** einen Gasverlust zwischen dem Prozessraum **54** und dem Gehäuse **30** ermöglicht.

[0060] In einer Ausführungsform umfasst die Gaseinlassleitung **74** einen Gasverteilungskopf **142**, welcher Löcher zur Verteilung von Prozessgasen in dem Aufbereitungsbereich **114** des Prozessraums **54** vorsieht.

[0061] Ein Prozessgasvorheizer **164** ist zwischen

dem Gasverteilungskopf 142 und dem Prozessraum 58 derartig angeordnet das Prozessgase, welche in den Aufbereitungsbereich 114 hinein strömen durch dem Gasvorheizer 146 passieren, bevor sie in den Prozessraum 58 eintreten. Der Gasvorheizer 146 vereinfacht die Aufheizung des Prozessgases auf die Vorprozesstemperatur. Der Gasvorheizer 146 weist einen Körper aus thermisch feuerfestem Material beispielsweise Silikonkarbid, Silikonkarbid ummantelten Graphit, Quarz und Keramik auf. Der Gasvorheizer 146 als eine Vielzahl von Löchern auf, welche es erlauben, was Prozessgase durchzuführen. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Löcher in dem Gasvorheizer 146 derartig angeordnet, dass das Prozessgas bei Durchführung als laminarer Fluss aus dem Gasvorheizer 146 hinaus fließt.

[0062] Der Prozessbereich 58 weist eine Aussparungsfläche 134 an der Bodenoberfläche des Prozessraumes 54 auf. Die Waferaufnahme 122 weist eine Scheibe 126 zum Kontaktieren des Wafer auf. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Scheibe 126 derartig angeordnet, dass sie in die Aussparungsebene 134 derartig eingepasst ist, dass die obere Oberfläche des Wafers im Wesentlichen eben im Bezug auf die Flächen der benachbarten Bodenoberfläche des Prozessraums 58, welche die ausgesparte Ebene 134 umgibt, angeordnet ist. Die Waferaufnahme 122 ist derartig angeordnet, dass eine Rotation der Waferaufnahme ermöglicht ist. Einem Motor (in [Fig. 4](#) nicht dargestellt) ist drehbeweglich mit der Waferaufnahme 122 derartig verbunden, dass die Waferaufnahme 122 in Drehbewegung versetzt werden kann.

[0063] Eine bewegliche Neigungsplatte 150 steht in Verbindung mit den Prozessraum 54 zu zweites bewegliche Neigungsplatte 150 ist im Wesentlichen rau und ist im Wesentlichen inert bezüglich des Prozessgases. Die bewegliche Neigungsplatte 150 ist benachbart zu der Waferaufnahme derartig angeordnet, dass eine Seite des Kanals für den Prozessgasfluss für die Waferaufnahmoberfläche der Waferaufnahme 122 definiert ist, dass die Querschnittsoberfläche des Kanals sich in Richtung des Prozessgasflusses in Abhängigkeit zu der senkrechten Distanzveränderung zwischen der beweglichen Neigungsplatte 150 und der Waferaufnahmoberfläche der Waferaufnahme 122 verringert. Vorzugsweise weist die bewegliche Neigungsplatte 150 ein feuerfestes Material auf. Beispiele für Materialien, welche zur Ausformung der beweglichen Neigungsplatte 150 verwendet werden können, sind beispielsweise Quarz, Silikonkarbid, Silikonkarbid überzogenes Graphit und Keramik. In einer weiteren Ausführungsform ist die bewegliche Neigungsplatte 150 mit den Prozessraum 54 derartig beweglich verbunden, dass die Distanz zwischen der beweglichen Neigungsplatte 150 und der Waferaufnahme 122 entsprechend weiterer Prozessparameter angepasst werden kann. Vorzugsweise ist die Dis-

tanz zwischen der beweglichen Neigungsplatte 150 und der Waferaufnahme 122 derartig einstellbar, dass der Winkel zwischen der beweglichen Neigungsplatte 150 und der Waferaufnahme 122 eingestellt werden können. Beispielsweise erstreckt der Neigungsplattenverbinder 154 der beweglichen Neigungsplatte 150 sich von der Oberkante des Prozessraums 54 aus. Die Länge des Verbinder 154 kann derartig angepasst werden, dass die Position der beweglichen Neigungsplatte 150 im Bezug auf die Waferaufnahme 122 veränderlich ist.

[0064] Die bewegliche Neigungsplatte 150 bedingt, dass eine derartige Anordnung das Prozessgas einer verbesserten Massentransfercharakteristik über den Wafer aufweist, als ohne bewegliche Neigungsplatte. Für Anwendungen, welche Prozesse einschließen, wie beispielsweise Ablagerungen, epitaxiale Wachstumsprozesse und andere Anwendungen, welche Reaktionen mit dem Prozessgas bedingen, führt eine verbesserte Massentransfercharakteristik dazu, die Ablagerung von Reaktanzen in den Prozessgas zu reduzieren. Die Reduktion der Ablagerung führt zu einer verbesserten Einheitlichkeit der abgelagerten Schichteigenschaften, wie beispielsweise einer einheitlichen Dicke, einer einheitlichen Zusammensetzung, optischen Eigenschaften und elektrischen Eigenschaften.

[0065] Die Neigungsplatte 150 ist benachbart zu dem Gasvorerhitzer 146 derartig angeordnet, dass Gas, welches aus dem Gasvorerhitzer 146 austritt durch die Neigungsplatte 150 beim Passieren des Gases durch den Prozessbereich 58 beeinflusst wird.

[0066] In den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, welche Pyrometer zum Messen der Waffertemperatur einschließen, kann die Neigungsplatte 150 Bohrungen einschließen (in [Fig. 4](#) nicht dargestellt), um die Betrachtung des Wafers ohne Behinderung durch die Neigungsplatte 150 durch optische Fasern zu ermöglichen, vorzugsweise sind die Bohrungen derartig gestaltet, dass sie dem Gasfluss durch den Prozessbereich 58 im Wesentlichen unangetastet lassen.

[0067] In einer alternativen Ausführungsform weist die Neigungsplatte 150 die Form eines umgedrehten „U“ auf, um eine verbesserte Feinverteilung des Gasflusses über den Wafer zu ermöglichen. In dieser Ausführungsform sind die sich gegenüberliegenden Kanten der Neigungsplatte 150 derartig nach unten gerichtet, dass die Neigungsplatte 150 mit mindestens einem Teil der Seitenwände einen Kanal für den Gasfluss oberhalb des Wafers bildet. Ein Gasflussleitblech 158 trennt den Prozessbereich 58 von dem Nachbearbeitungsbereich 118. Das Leitblech 158 weist mindestens eine Öffnung auf, um von dem Prozessbereich 58 zu dem Nachbearbeitungsbereich 118 einen Gasfluss zu ermöglichen. Eine Funktion

des Leitblechs **158** ist darauf gerichtet, die Rückzirkulation des Gases von dem Nachbearbeitungsbereich **118** zurück in den Prozessbereich **58** zu unterbinden. In einer weiteren Ausführungsform umfasst der Aufbereitungsbereich **114** im Prozessraum einen Reinigungsgaseinlass **162** zum Vorsehen eines Reinigungsgases, wie beispielsweise Wasserstoff oder eines inerten Gases in den Prozessraum **54**. In einer Ausführungsform ist der Reinigungsgaseinlass **162** angeordnet, um Reinigungsgas in den Aufbereitungsbereich **114** durch den Raum **166** bis zum Prozessbereich **58** zu führen. Der Raum **166** füllt im Wesentlichen den Raum **170** aus, welcher zwischen der Neigungsplatte **150** und der Waferaufnahme **120** vorgesehen ist. Eine Funktion des Reinigungsgases ist es, den Prozessgasflusses in dem Raum **170** abzusgrenzen, so dass eine maximale Einwirkung des Prozessgases auf den Wafer gewährleistet wird. Das Prozessraumreinigungsgas ist im Wesentlichen wichtig für Ausführungsformen in denen die Neigungsplatte Bohrungen zur Temperaturmessung aufweist. Der Reinigungsgasfluss fließt aus dem Prozessraum **54** in die Nachbearbeitungszone **118**. Das Leitblech **158** weist mindestens ein Loch zum Durchleiten von Reinigungsgas durch den Prozessbereich **58** in den Nachbearbeitungsbereich **118** auf. Der Nachbearbeitungsbereich **118** weist ein Loch **174** auf, zur Ableitung von Gas und Reinigungsgas aus dem Prozessraum **54**, auf. Wie in der [Fig. 5](#) dargestellt ist, beispielsweise für einen Gaseinlass **178** für Prozessgas und Reinigungsgas, welche durch den Prozessraum **54** fließen, der Gaseinlass **178** weist drei Bereiche auf: die Prozessgasbereiche **182a** und **182b** zum Führen von Prozessgas und einen Reinigungsgasbereich **186** zur Führung von Reinigungsgas. Jeder Bereich weist eine Vielzahl von Bohrungen **189** auf. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Bohrungen im Wesentlichen parallel innerhalb eines Bereichs angeordnet. Die Bohrungen verteilen das Prozessgas derartig in die Gasflussrichtung, dass dieser Gasfluss im Wesentlichen parallel zu der Waferaufnahmeebene ist. In anderen Worten ausgedrückt, wird durch den brausenkopfgeführten Gasfluss der Gasfluss ungefähr parallel zu der Waferoberfläche geführt. Als eine weitere Ausführungsform, ist ein Gasauslass **178** derartig angeordnet, dass das Gas über den Wafer unabhängig davon oder in Abhängigkeit von dem Wafer derartig geführt werden kann, dass eine verbesserte Prozesseinheitlichkeitsteuerung erzielt wird. Eine verbesserte Einheitlichkeit wird durch die selektive Verteilung des Gases über den Wafer erzielt, weil Unterschiede in der Reaktionszahl durch den thermischen Gradienten und den Gasfluss ausgeglichen werden.

[0068] Zusätzlich ermöglichte die vertikale Brausekopfanordnung eine für Brausekopfanordnungen typische erhöhte Wachstumsrate, während Probleme welche für konventionelle Brausekopfanordnungen gemeinhin gelten, vermieden werden. Beispielsweise

weist der vertikale Brausekopf eine geringere Wahrscheinlichkeit auf, dass Partikel aus dem Brausekopf auf die Waferoberfläche fallen. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung für Abscheidungsanwendungen umfassen Brausekopfmaterialien, welche vorteilhafte Adhäsionseigenschaften für das aufzutragende Material aufweisen. Bezug nehmend nun auf [Fig. 6](#), worin eine beispielhafte Anordnung für Wärmeschilde **190** dargestellt ist. Wärmeschilde **190** weisen ein erstes Wärmeschilde **190a** und ein zweites Wärmeschilde **190b** auf. Der Wärmeschilde **190a** und der Wärmeschilde **190b** sind angeordnet, um einen Wärmeschilde für die gleiche Fläche des Prozessraumes **54** zu bilden. Um den konduktiven Wärmeübergang zwischen dem Wärmeschilde **190a** und dem Wärmeschilde **190b** zu verringern ist ein Raum zwischen diesen beiden Wärmeschilden vorgesehen. Vorzugsweise wird der physikalische Kontakt zwischen den Wärmeschilden auf ein Minimum reduziert. In einer Ausführungsform ist der Raum zwischen den Wärmeschilden durch einen oder mehrere Platzhalter **194** zwischen den Wärmeschilden bestimmt. Geeignete Materialien für Platzhalter umfassen thermisch feuerfestes Material auf die beispielsweise Quarz, Polysilikon, Silikonkarbid, Silikonkarbid überzogenes Graphit und Keramik. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Platzhalter **194** wie Kugeln geformt, welche einen Durchmesser aufweisen der ungefähr dem gewünschten Abstand, welcher zwischen den Wärmeschilden eingehalten werden soll, entspricht. In einer alternativen Ausführungsform können der Platzhalter **194** derartig eingerichtet sein, um den gewünschten Raum zwischen anderen Komponenten der Vorrichtung beispielsweise den Heizelementen **66** Heizbänder **110** und dem Prozessraum **54** zu erzielen. Wie in [Fig. 6](#) dargestellt ist, wird der Platzhalter **194** eingesetzt, um einen Raum zwischen dem Wärmeschilde **190b** und der äußeren Oberfläche des Prozessraums **54** zu wahren. Das Heizband **110** ist eingeschlossen zwischen dem Wärmeschilde **190b** und dem Prozessraum **54**. In einer alternativen Ausführungsform weisen die Wärmeschilde Oberflächenstrukturen auf, welche im Wesentlichen das gleiche Ziel verfolgen, welche durch die oben genannten Platzhalter erzielt werden soll. Beispielsweise weisen die Wärmeschilde Vorsprünge auf der Oberfläche des Wärmeschildes derartig auf, dass durch die Vorsprünge im Wesentlichen der gewünschte Abstand zwischen dem benachbarten Wärmeschilde anderen benachbarten Oberflächen eingehalten wird. Für zahlreiche Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann einen einzelnen Wärmeschilde oder viele Wärmeschilde verwendet werden zur Abschirmung der gleichen Fläche.

[0069] Bezug nehmend nun auf [Fig. 7](#), wobei dort eine Waferaufnahme **122** einschließlich einer Scheibe **126** und eines Waferaufnahmestempels **130** dargestellt ist. Der Waferaufnahmestempel **130** ist im Wesentlichen an der Mitte der Scheibe **126** derartig

angebracht, dass die Waferaufnahme **122** um die Achse der des Waferaufnahmestempels rotieren kann. Der Waferaufnahme Stempel **130** erstreckt sich durch den Prozessraum **54** (in [Fig. 7](#) nicht dargestellt); Waferaufnahme **122** ist mit dem Prozessraum **54** derartig verbunden, teils die Rotation der Waferaufnahme **122** möglich ist. Der Waferaufnahmestempel **130** ist drehbar mit einem Motor **198** für die Rotation der Waferaufnahme **122** angeordnet. Ein linearer Aktuator ist mit dem Motor **198** verbunden; der Aktuator **202** ist fähig den Motor **198** anzuheben und abzusenken. Der Motor **198** ist mit dem Waferaufnahmestempel **130** derartig verbunden, dass das Anheben und Absenken des Motors durch den linearen Aktuator **202** dazu führt, dass der Wafer in der Waferaufnahme **122** angehoben oder abgesenkt wird. Das Anheben und Absenken der Waferaufnahme **122** kann eingesetzt werden, um das Laden und Entladen der Wafer von der Waferaufnahme **122** zu erleichtern.

[0070] Standardmäßig kommerziell verfügbare Rotationssteuerelemente, durch welche der Motor **198** und der Waferaufnahmestempel **130** verbunden sind, dienen dazu, um Drehbewegung und die Auf- und Absenkbewegung zu übertragen. Ein Faltenbalg **210** ist mit der Unterseite des Gehäuses **30**, an einem Ende des Faltenbalgs **210** verbunden, angeordnet. Der Faltenbalg **210** umgibt den Waferaufnahmestempel **130**. Eine Montageplatte **214** ist an dem anderen Ende des Faltenbalgs **210** angeordnet. Vorzugsweise sind die Beifügungen an dem Faltenbalg im Wesentlichen Gasdicht. Das Rotationssteuerelement **206** ist an die Montageplatte **214** derartig angefügt, dass der Motor **198** die Waferaufnahme **122** zu drehen vermag. Der Faltenbalg **210** ist es so angeordnet, dass er die Aufwärts- und Abwärtsbewegung des Motors **198** zum Anheben und Absenken der Waferaufnahme **122** überträgt.

[0071] In einer weiteren Ausführungsform weist der Waferaufnahmestempel **130** eine Bohrung wie beispielsweise als eine axiale Bohrung **128** auf. Die Scheibe **126** weist ein zu der axialen Bohrung **218** korrespondierend angeordnetes Loch **222** auf. Der Waferaufnahmestempel **130** ist derartig ausgeführt, dass eine Vakuumsquelle ein Vakuum an der Bohrung **218** derartig einfügen kann, dass ein Unterdruck an dem Loch **222** eingeführt wird. Vorzugsweise ist der Unterdruck, welcher an dem Loch **222** erzeugt wird, dass er ausreicht, wie Scheibe **126** mit einem Unterdruck wie einen Vakuumsaugknopf zum Halten des Wafers auf der Waferaufnahme **222** zu halten.

[0072] Ein Vorteil der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung aufgrund der Prozessraummaterien und des Heißwandbetriebs liegt darin, dass die konventionellen Wachstumsratenbeschränkungen in Anwendungen für die Silikonepitaxy entfallen. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ermögli-

chen das epitaxiale Silikonwachstumsraten mit großen intrinischen Widerstandswerten und großen Wachstumsrate und hohen Temperaturen ohne Wandabscheidungsprobleme. Ferner ergeben sich Vorteile darin, dass keine Musterverschiebungen, keine Störungen und kein Auswaschen der gemusterten Wafers durch nicht-chlorhaltige Silikonquellen erzielt wird.

[0073] Es liegt auf der Hand das Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung für eine weitere Variation erhöhter Temperaturprozesse für die Halbleiterbautelefabrikation benutzt werden kann. Änderungen in den ausgewählt Prozessgasen ermöglichen, dass die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angepasst wird an die Halbleiterwaferprozessschritte, wie beispielsweise Anlassen, Dopant-Aktivierung, Abscheidung durch chemische Gasabschaltung, Abscheidung durch Epitaxial-Abscheidung, Doping, Bildung einer Silizidierung, Nitridierung, Oxidierung, Rückfluss von Ablagerungen und Rekristallisierung.

[0074] Während einige spezifische Ausführungsformen der Erfindung hierin beschrieben und illustriert wurden, liegt es auf der Hand, dass Variationen in den Details der Ausführungsformen spezifisch illustriert unterschieden werden können, ohne damit von den Kern der Erfindung wie er in den angeführten Ansprüchen dargelegt ist, abzuweichen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**20**) zur thermischen Bearbeitung eines Halbleiter-Wafers, wobei die Vorrichtung (**20**) Folgendes umfasst: ein Gehäuse (**30**), wobei das Gehäuse (**30**) eine Öffnung (**90**) zum Ein- und Ausführen des Wafers aufweist, das Gehäuse (**30**) weist einen Einlassanschluss (**82**) und einen Auslassanschluss (**86**) für Reinigungsgas auf, zur Durchströmung eines Reinigungsgases durch das Gehäuse (**30**); einen Prozessraum (**54**), angeordnet in dem Gehäuse (**30**), wobei der Prozessraum (**54**) einen Einlass (**98**) zum Ein- und Ausführen des Wafers aufweist, wobei der Prozessraum (**54**) eine Waferaufnahme (**122**) zum Halten des Wafers aufweist, und ferner der Prozessraum (**54**) eine Einspeiseleitung (**74**) und eine Auslassleitung (**78**) für ein Prozessgas aufweist, um einen Durchfluss des Prozessgases zwischen auszubilden, eine Vielzahl von Heizelementen (**66**), welche innerhalb des Gehäuses (**30**) angeordnet sind, wobei die Heizelemente (**66**) zum Aufbringen von Wärme auf die Außenseite des Prozessraumes (**54**) angeordnet sind; ein Temperaturregelsystem zur Regelung der Heizelemente (**66**), um den Wafer im Wesentlichen auf eine thermische Prozesstemperatur zu halten; **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung ferner mindestens ein Wärmeschild (**70**, **190**) aufweist, angeordnet zwischen mindestens einem Heizelement (**66**) und dem Ge-

häuser (30); und einen Prozessbereich (58), angeordnet, wo der Halbleiter-Wafer durch die Waferaufnahme für seine Bearbeitung aufgenommen ist, einen Aufbereitungsbereich (114), welcher stromaufwärts zum Prozessbereich mit Bezug auf den Prozessgasdurchfluss angeordnet ist, und einen Nachbearbeitungsbereich (118), welcher dem Prozessbereich mit Bezug auf den Prozessgasdurchfluss nachgeschaltet angeordnet ist, wobei das Temperaturregelsystem zur unabhängigen Regelung von vorgewählten Temperaturen des Aufbereitungsbereiches (114), des Prozessbereiches (58) und des Nachbearbeitungsbereiches (118) geeignet ist, so dass jeder Bereich auf eine unabhängige Temperatur gehalten werden kann.

2. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, worin das Heizelement (66) elektrische Widerstandsheizbänder (110) aufweist.

3. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, worin die Waferaufnahme (122) drehbar zu dem Prozessraum (54) gelagert ist, um eine Drehung des Wafers zu ermöglichen.

4. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, welche ferner eine Ummantelung (88) aufweist, welche angrenzend zur inneren Oberfläche des Gehäuses (30) angeordnet ist, um Ablagerungen auf der inneren Oberfläche des Gehäuses (30) zu vermeiden.

5. Vorrichtung (20) nach Anspruch 4, worin das Gehäuse (30) Kanäle (50) zur Aufnahme von Flüssigkeit zur Kühlung des Gehäuses (30) aufweist.

6. Vorrichtung (20) nach Anspruch 3, worin die Gaseinspeiseleitung (74) und die Gasauslassleitung (78) derart angeordnet sind, dass das Prozessgas, eingeführt in den Prozessraum (54), in Richtungen fließt, welche im Wesentlichen parallel zur Waferoberfläche sind.

7. Vorrichtung (20) nach Anspruch 6, welche ferner eine bewegliche Neigungsplatte (150) aufweist, wobei die bewegliche Neigungsplatte (150) im Wesentlichen starr ausgebildet ist, und wobei die bewegliche Neigungsplatte (150) mit dem Prozessraum (54) verbunden ist, und wobei die bewegliche Neigungsplatte angrenzend zur Waferaufnahme (122) angeordnet ist, um so eine Seite eines Kanals für einen Prozessgasdurchfluss über die Waferaufnahme (122) festzulegen, worin der Querschnittsbereich für den Kanal in Richtung des Prozessgasdurchflusses abfällt, in Erwiderung zur senkrechten Abstandsabweichung zwischen der beweglichen Neigungsplatte (150) und der Waferaufnahme (122).

8. Vorrichtung (20) nach Anspruch 7, worin die bewegliche Neigungsplatte (150) beweglich mit dem Prozessraum (54) verbunden ist, um eine Einstellbar-

keit der Distanz zwischen der beweglichen Neigungsplatte (150) und der Waferaufnahme (122) zu ermöglichen.

9. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, worin der Aufbereitungsbereich (114) einen Gasinjektor (142) für den Einlass von Prozessgas in den Prozessraum (54) aufweist und einen Gasvorwärmer (146), welcher zur Überleitung von Wärme in das Prozessgas geeignet ist, so dass das Prozessgas über eine vorgewählte Vorprozesstemperatur vorgewärmt ist, bevor dieses die Waferaufnahme (122) erreicht.

10. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, worin der Prozessbereich (58) die Waferaufnahme (122) beinhaltet.

11. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, welche eine Trennwand/ein Leitblech (158) aufweist, welche/welches den Prozessbereich (58) von dem Nachbearbeitungsbereich (118) trennt, wobei die Trennwand/das Leitblech geeignet ist, ein Fließen des Gases von dem Prozessbereich (58) zu dem Nachbearbeitungsbereich (118) zu ermöglichen und worin der Nachbearbeitungsbereich (118) geeignet ist, eine vorgewählte Nachbearbeitungsprozesstemperatur zu halten.

12. Vorrichtung (20) nach Anspruch 2, worin der Prozessraum (54) einen im Wesentlichen isothermischen Prozessbereich (58) aufweist und worin elektrische Kontakte für die Heizbänder (110), entfernt von dem isothermischen Prozessbereich (58) angeordnet sind, so dass lediglich im Wesentlichen isothermische Bereiche der Heizbänder (110) den isothermischen Prozessbereich (58) des Prozessraumes (54) erwärmen.

13. Vorrichtung (20) nach Anspruch 2, worin elektrische Kontakte für Heizbänder (110), entfernt von dem Prozessraum (54) angeordnet sind, so dass kühlere Bereiche der Heizbänder (110) in der Nähe der elektrischen Kontakte nicht im Wesentlichen den Prozessraum (24) kühlen.

14. Vorrichtung (20) nach Anspruch 10, worin die Heizelemente elektrische Widerstandsheizbänder (110) aufweisen und worin elektrische Kontakte für die Heizbänder (110), entfernt von dem Prozessraum (54) angeordnet sind, so dass lediglich im Wesentlichen isothermische Bereiche der Heizbänder (110) den Prozessbereich (58) des Prozessraumes (54) erwärmen.

15. Vorrichtung (20) nach Anspruch 10, worin elektrische Kontakte für die Heizbänder (110) entfernt von dem Prozessraum (54) angeordnet sind, so dass kühlere Bereiche der Heizbänder (110), nahe der elektrischen Kontakte nicht im Wesentlichen den Prozessbereich (58) des Prozessraumes (54) abküh-

len.

16. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, worin die Heizelemente (66) mindestens Nachfolgendes aufweisen:
 a) elektrische Widerstandsheizbänder (110), und
 b) Infrarotlampen.

17. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, worin die Heizelemente (66) mindestens Nachfolgendes aufweisen:
 a) elektrische Widerstandsheizbänder (110) und
 b) Infrarotlampen, und
 worin elektrische Kontakte (67a, 67b) für die Heizelemente (66), entfernt von dem Prozessraum (54) angeordnet sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 10, worin die Heizelemente elektrisch betriebene Heizelemente (66) sind, ausgewählt aus der Gruppe, welche aus elektrischen Widerstandheizbändern (110) bestehen, Infrarotlampen und Funkfrequenzinduktionsheizelemente, worin elektrische Kontakte (67a und 67b) für die Heizelemente (66), entfernt von dem Prozessbereich (58) des Prozessraumes (54) angeordnet sind, so dass kühtere Bereiche der Heizelemente (66) in der Nähe der elektrischen Kontakte (67a und 67b) im Wesentlichen nicht den Prozessbereich (58) des Prozessraumes (54) abkühlen.

19. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, worin der Prozessraum (54) ein wärmebeständiges Material aufweist.

20. Vorrichtung (20) nach Anspruch 19, worin das wärmebeständige Material aus der Gruppe ausgewählt ist, bestehend aus Silikonkarbid, silikonkarbidummanteltes Graphit, Graphit, Quarz, Silikonkeramik, Aluminiumnitrid, Aluminiumoxid, Silikonnitrid, Magnesiumoxid und Zirkoniumoxid.

21. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, worin das mindestens eine Wärmeschild (190) mindestens zwei der Wärmeschilder (190) aufweist und ferner einen Distanzring, welcher einen Kontakt zwischen den Wärmeschildern (190) vermeidet, wobei der Distanzring (194) ein wärmebeständiges Material aufweist.

22. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1, worin das Temperaturregelsystem eine Vielzahl von Temperatursensoren aufweist, zur Regelung der Temperatur der Heizelemente (66), der Temperatur des Prozessraumes (54) und der Temperatur des Wafers.

23. Vorrichtung (20) nach Anspruch 22, worin der Temperatursensor mindestens Nachfolgendes aufweist:
 a) einen Pyrometer und
 b) Thermoelemente.

24. Vorrichtung (20) nach Anspruch 1 zur epitaktischen Ablage eines Halbleiterwafers, worin die Waferaufnahme (122) drehbar mit dem Prozessraum (54) verbunden ist, um eine Drehung des Wafers zu ermöglichen; die Vielzahl von Heizelementen weisen eine Vielzahl von elektrischen Widerstandsheizbändern (110) auf, welche innerhalb des Gehäuses (30) angeordnet sind, wobei die Heizbänder (110) derart angeordnet sind, um auf die Außenseite des Prozessraumes (54) Wärme aufzubringen, die Vorrichtung weist ferner auf: ein Temperaturregelsystem, zur Regelung der Heizbänder (110), um im Wesentlichen die Wafer auf einer thermischen Prozesstemperatur zu halten, wobei das Temperaturregelsystem zur unabhängigen Regelung vorgewählter Temperaturen des Aufbereitungsbereiches (114), des Prozessbereiches (58) und des Nachbearbeitungsbereiches (118) geeignet ist, so dass jeder Bereich auf eine unabhängige Temperatur gehalten werden kann; eine bewegliche Neigungsplatte (150), wobei die bewegliche Neigungsplatte (150) im Wesentlichen starr ist, wobei die bewegliche Neigungsplatte (150) mit dem Prozessraum (54) verbunden ist, wobei die bewegliche Neigungsplatte (150) angrenzend an die Waferaufnahme (122) angeordnet ist, um so eine Seite des Kanals für den Prozessgasdurchfluss über die Waferaufnahme (122) festzulegen, worin der Querschnittsbereich für den Kanal in die Richtung des Prozessgasdurchflusses abfällt, in Erwiderung zur senkrechten Abstandsabweichung zwischen der beweglichen Neigungsplatte (150) und der Waferaufnahme (122).

25. Vorrichtung (20) nach Anspruch 24, welche ferner eine Ummantelung aufweist, welche angrenzend zur inneren Oberfläche des Gehäuses (30) angeordnet ist, zur Vermeidung von Ablagerungen auf der inneren Oberfläche des Gehäuses (30).

26. Vorrichtung (20) nach Anspruch 24, worin elektrische Kontakte für die Heizbänder (110), entfernt von dem Prozessbereich (58) des Prozessraumes (54) angeordnet sind.

27. Vorrichtung (20) nach Anspruch 24, worin das Temperaturregelsystem eine Vielzahl von Temperatursensoren zur Regelung der Temperatur der Heizelemente (66), der Temperatur des Prozessraumes (54) und der Temperatur des Wafers aufweist.

28. Vorrichtung (20) nach Anspruch 24, welche ferner eine Raumanschlussplatte (102) aufweist, wobei die Raumanschlussplatte (102) nahe zum Anschluss (98) in dem Prozessraum (54) angeordnet ist, wobei die Anschlussplatte (102) drehbar mit mindestens einem von:

- a) dem Prozessraum (54),
- b) dem Gehäuse (30), und
- c) dem Wärmeschild (190) verbunden ist; und die Anschlussplatte (102) beweglich zwischen einer ersten Position und einer zweiten Position ist, worin

die erste Position einen Anschluss zu dem Anschluss (98) in dem Prozessraum (54) ermöglicht, so dass der Wafer ein- und ausgeführt werden kann, und wobei die zweite Position den Anschluss zu dem Anschluss (98) in dem Prozessraum (54) blockiert, um so einen Strahlungswärmeverlust von dem Innenraum des Prozessraumes (54) während der Waferbearbeitung zu reduzieren.

29. Vorrichtung (20) nach Anspruch 25, worin der Aufbereitungsbereich (114) einen Gasvorwärmer (146) zur Erwärmung des Prozessgases aufweist, bevor das Prozessgas den Prozessbereich (58) erreicht.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

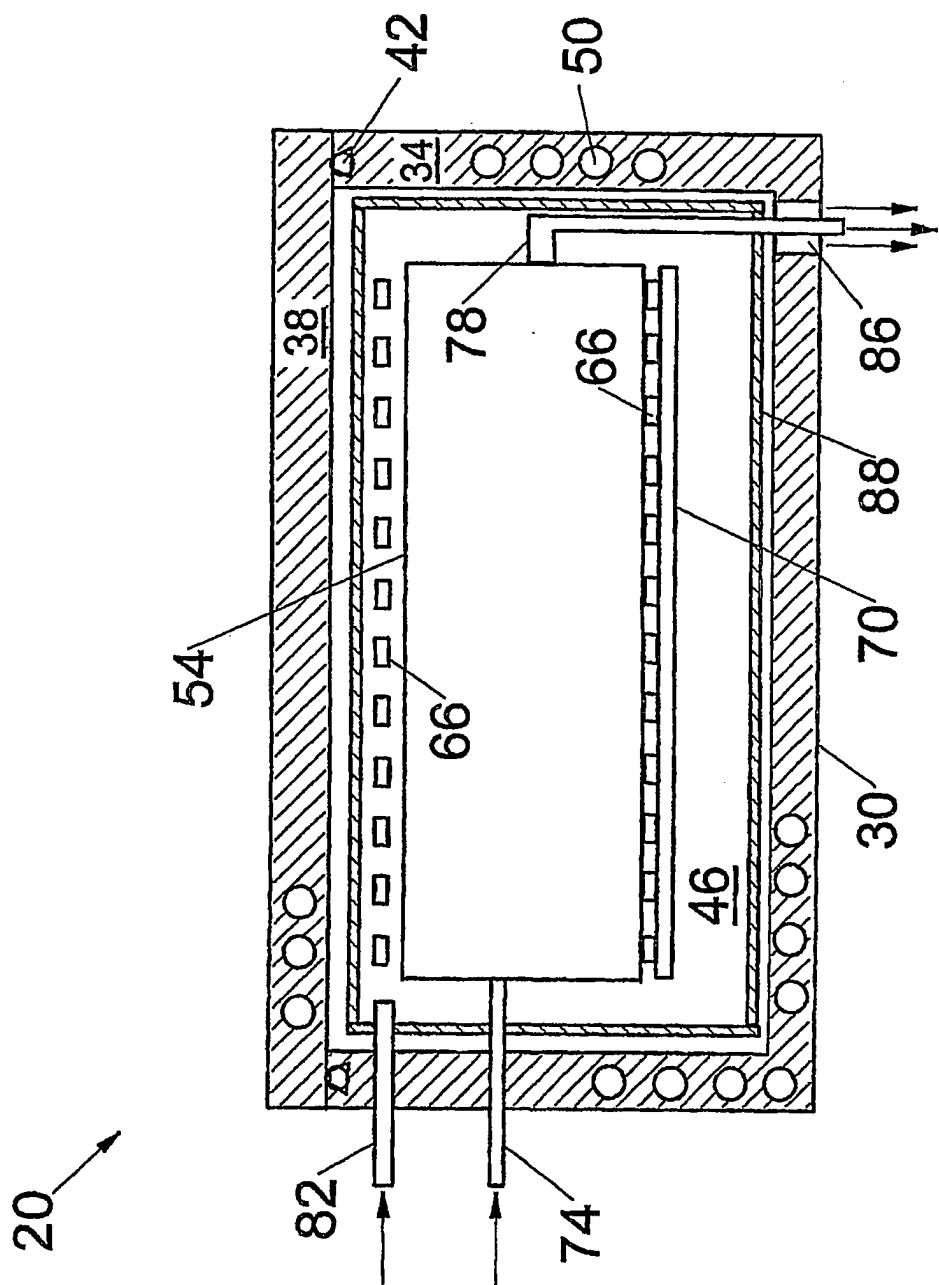


FIG. 1

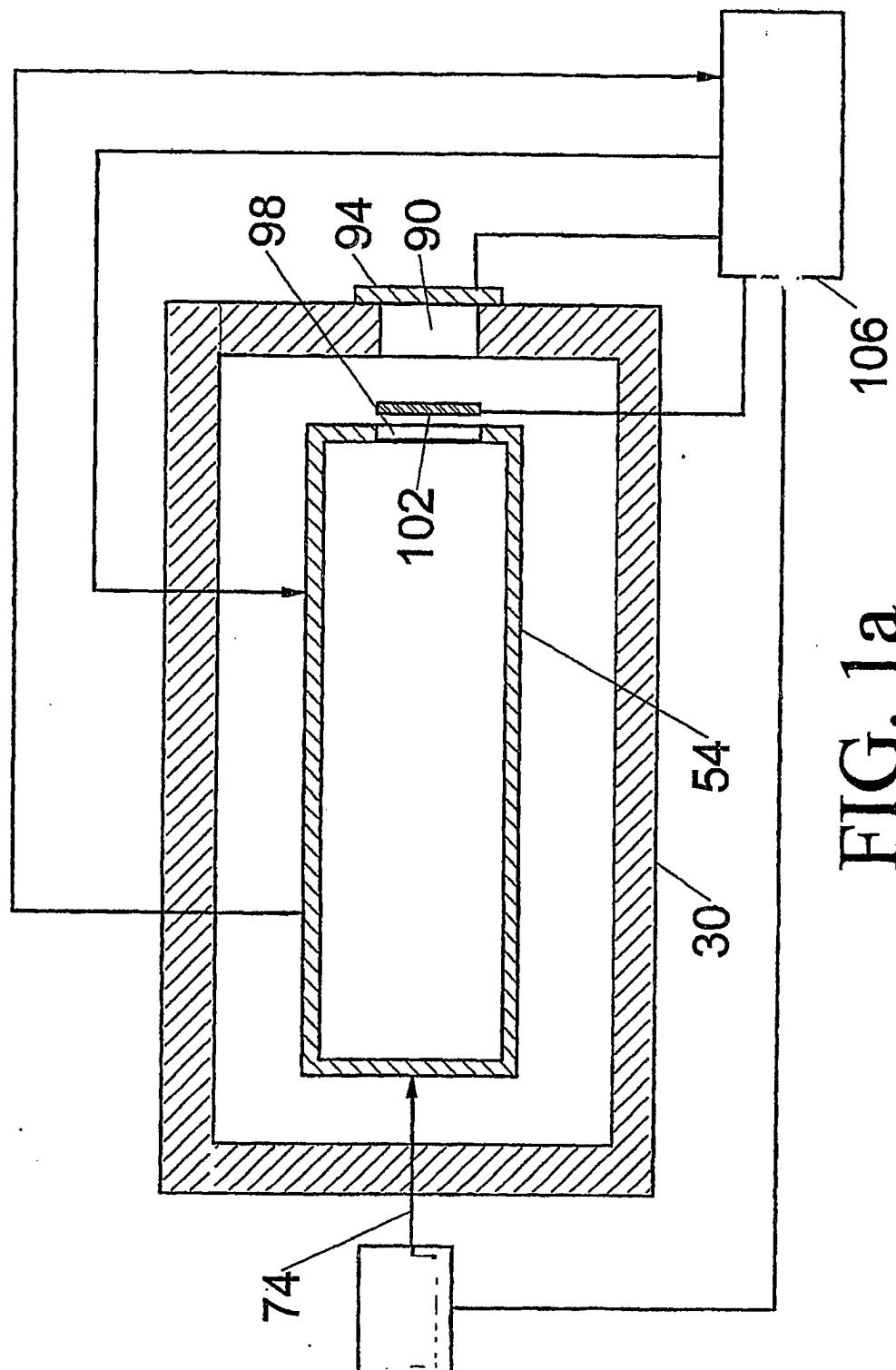


FIG. 1a

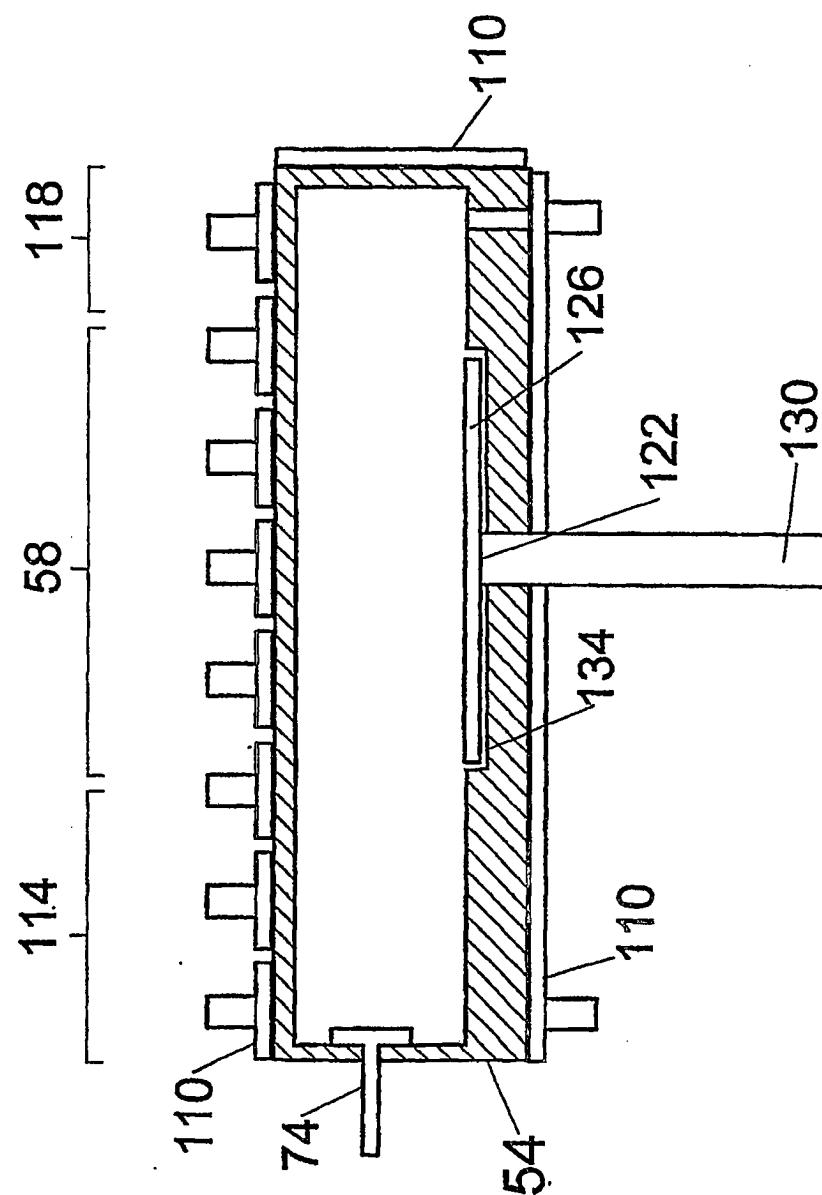


FIG. 2

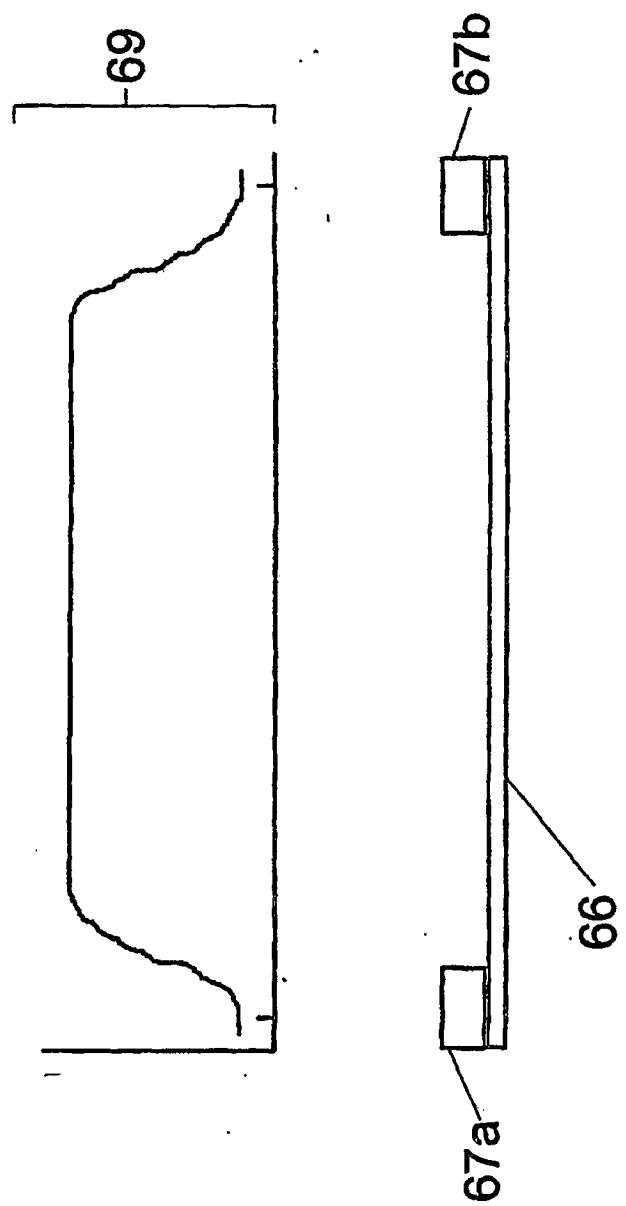


FIG. 3

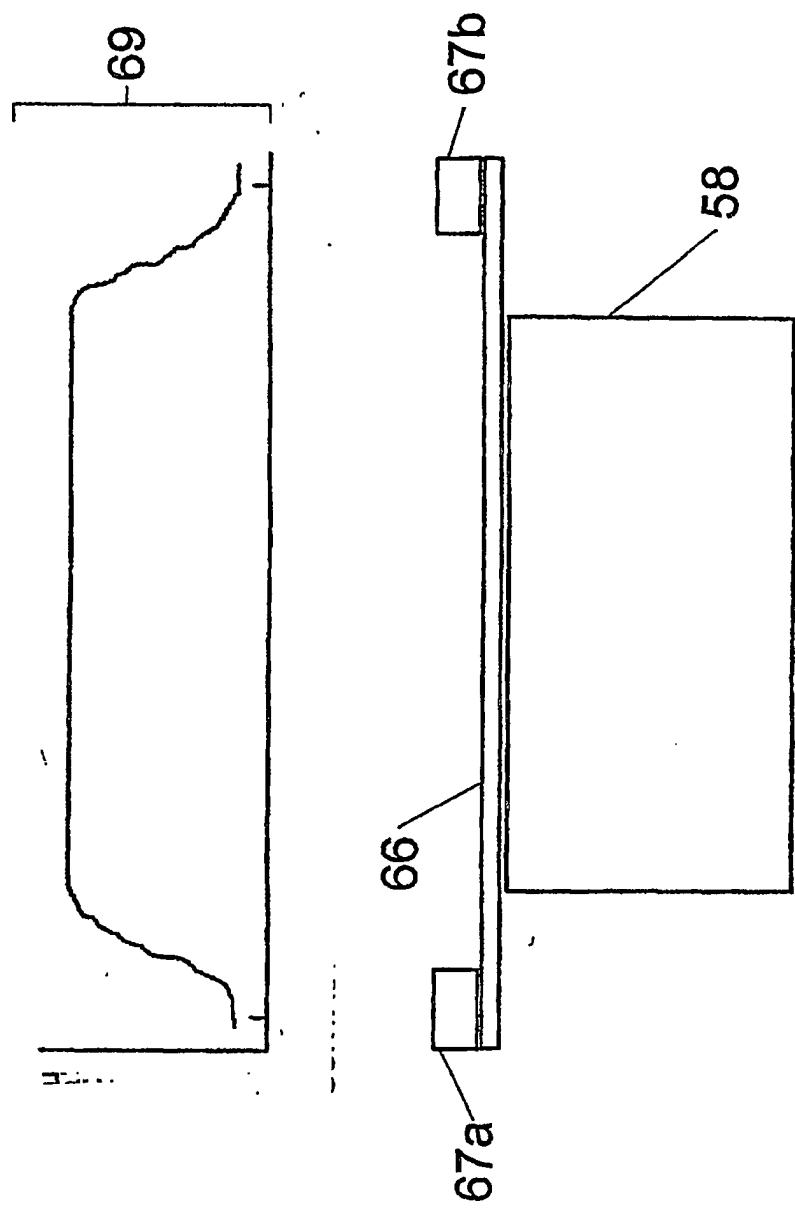


FIG. 3a

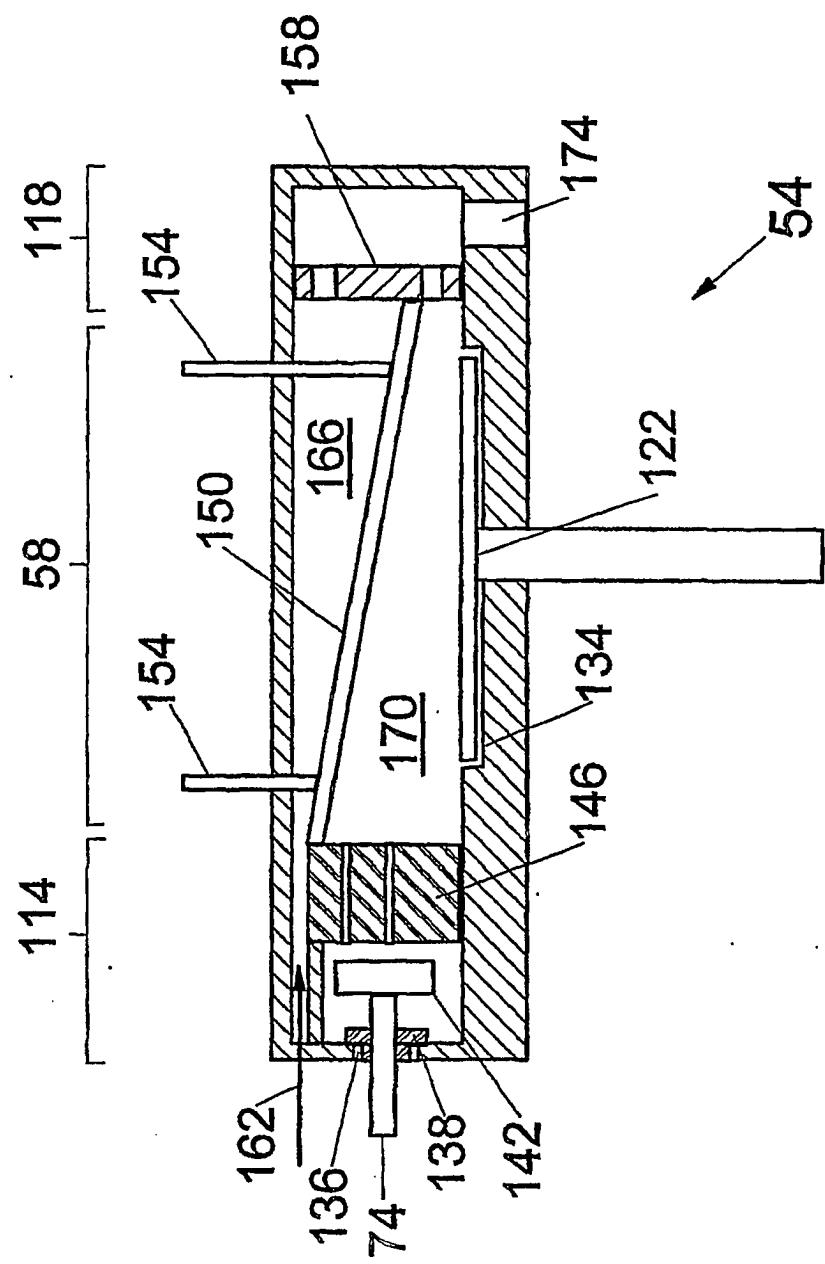


FIG. 4

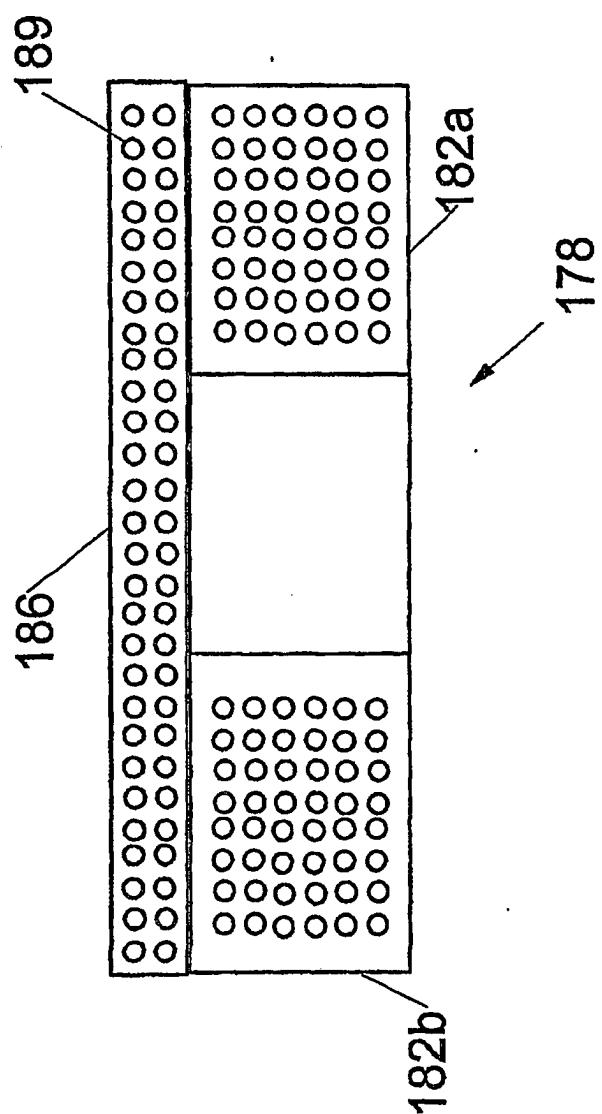


FIG. 5

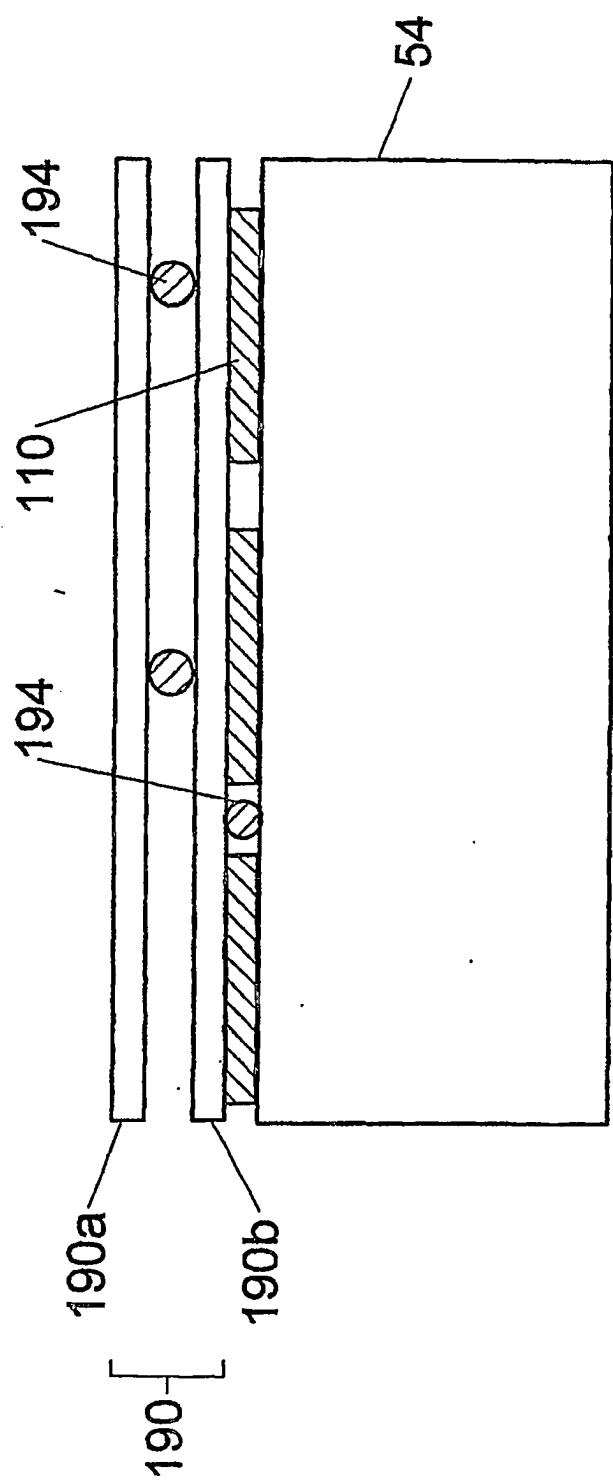


FIG. 6

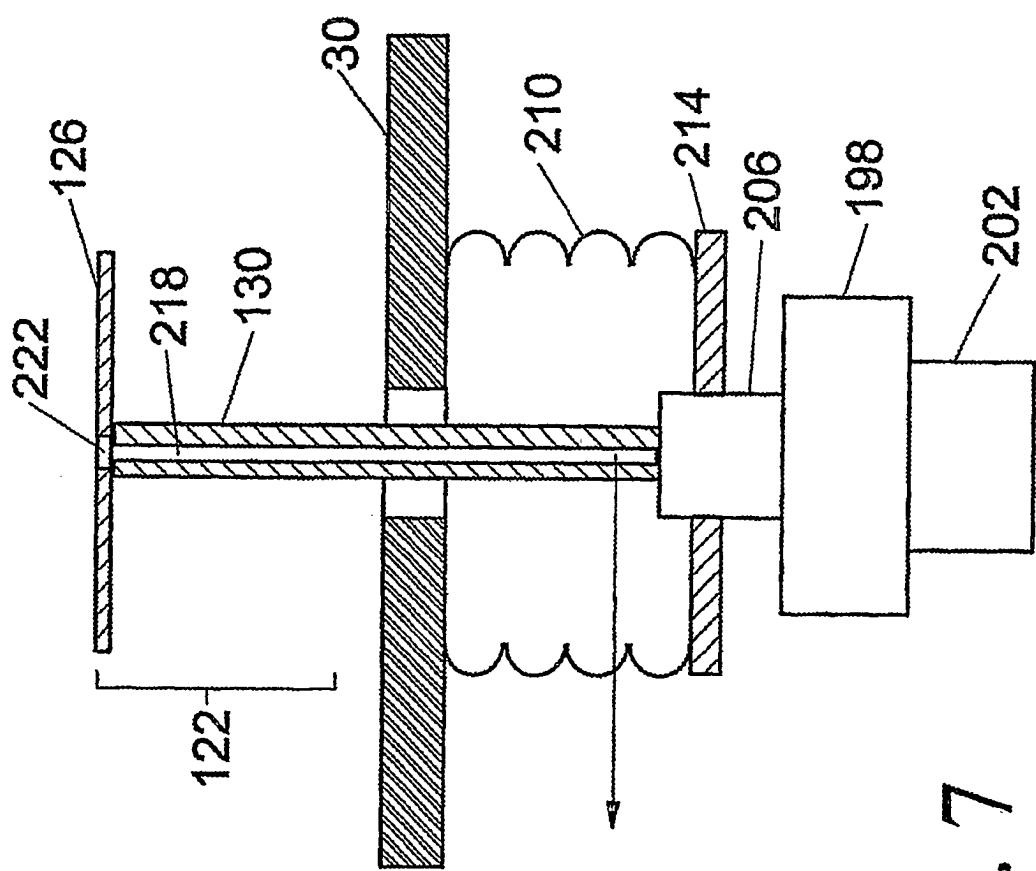


FIG. 7