



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 695 30 801 T2** 2004.03.11

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 871 843 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **695 30 801.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US95/13158**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **95 936 873.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 96/013058**

(86) PCT-Anmeldetag: **17.10.1995**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **02.05.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.10.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **14.05.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.03.2004**

(51) Int Cl.⁷: **F28F 7/00**

H01L 21/00

(30) Unionspriorität:

323764 17.10.1994 US

(74) Vertreter:

Patentanwälte Dr. Solf & Zapf, 81543 München

(73) Patentinhaber:

**Varian Semiconductor Equipment Associates Inc.,
Gloucester, Mass., US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB, NL

(72) Erfinder:

WHITE, R., Nicholas, Wenham, US

(54) Bezeichnung: **MONTAGEELEMENT UND METHODE ZUM KLEMMEN EINES FLACHEN, DÜNNEN UND LEITFÄHIGEN WERKSTÜCKES**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Befestigungsglied zum Festklemmen eines flachen dünnen Werkstücks und außerdem ein Verfahren zum elektrostatischen Festklemmen.

[0002] Während der Dotierung von Silizium-Wafern durch Ionenimplantation bei der Herstellung von mikroelektronischen Schaltungen wird Energie bis hin zu mehreren hundert Joule pro Quadratzentimeter in einem dünnen Silizium-Wafer abgeschieden. Aus kommerziellen Gründen muss diese Energie in einem kurzen Zeitintervall abgeschieden werden, so dass die Prozesse es erfordern, dass die Wafertemperatur in einem Bereich abhängig von dem Prozess gesteuert wird, die typischerweise weniger als 100° Celsius beträgt. Deshalb ist ein bestimmtes Mittel zur Wärmeableitung üblicherweise erforderlich. Historisch gesehen ist Hochstromionenimplantation in Chargen bis hin zu 25 Wafern durchgeführt worden, wobei jeder Wafer vor dem Strahl während einer Abfolge kurzer Teilintervalle des Behandlungszyklus getragen bzw. gedreht wird. Diese Anordnung mindert die mittlere Heizrate und erlaubt durch Strahlung und leitenden Kontakt mit dem Träger zur Aufrechterhaltung akzeptabler niedriger Wafertemperaturen mäßige Wärmeabfuhraten. In einigen Implantationseinrichtungen und für zahlreiche weitere Prozesse werden die Wafer jedoch mechanisch an eine gekühlte Auflageplatte geklemmt verarbeitet. Mitunter wird Gas hinter dem Wafer eingeleitet, um die Wärmeabfuhr von dem Wafer zu verbessern, wie im US Patent 4261762, erteilt auf King, erläutert, und in einigen Prozessen kann der Wafer sogar durch ähnliche Mittel aktiv gehalten sein. Zum Gaskühlen presst ein massiver Ring oder eine Mehrpunktklemmeinrichtung den Wafer an den Dichtring, der aus Elastomer gebildet ist. In einem Prozess dieser Art, der im US Patent Nr. 4457359, erteilt auf Holden, erläutert ist, führt der Druck des Kühlgases dazu, dass der Wafer ausbaucht. Ein derartiges Ausbauchen ist unerwünscht, weil der Abstand des Wafers von der Auflageplatte nur schwer steuerbar ist und das Gaskühlen stark von diesem Abstand abhängt. Ferner führt Ausbauchen zu Spannung im Wafer, was eine Beschädigung hervorrufen kann, und es ruft eine Veränderung des Einfallswinkels der Ionen auf der Waferoberfläche auf Grund der Krümmung des Wafers hervor, was wiederum andere unerwünschte Prozessabweichungen hervorrufen kann. Es ist deshalb bevorzugt, den Wafer flach zu befestigen oder anderweitig zu halten.

[0003] Es ist jedoch auch erwünscht, eine Berührung der Vorderseite des Wafers mit einer Klemmeinrichtung zu verhindern, weil die Klemmeinrichtung einen Teil des Wafers bei der Verarbeitung maskiert, wodurch ein Teil des Wafermaterials verschwendet wird. Das Festklemmen führt außerdem zu lokalen Spannungen, die zu einer Beschädigung und zu einem Bruch führen können, wobei Partikel erzeugt werden können, die mit der korrekten Verarbeitung interferieren, wobei Partikel oder Abrieb in dem Wafer eingebettet werden kann. Vorderseitenklemmeinrichtungen können auch durch den Ionenstrahl getroffen oder anderen Prozessen ausgesetzt sein und sie sind deshalb eine Quelle für Zerstäubungskontamination.

[0004] Am stärksten wird die Rückseite des Wafers gekühlt, ohne irgendeine signifikante Verformung des Wafers hervorzurufen, unter Anlegung eines ausreichend gleichmäßigen Drucks über die gesamte Oberfläche des Wafers und unter Vermeidung eines Festklemmens mit konzentrierter Kraft am Rand. Es ist jedoch wesentlich, die Gasleckagewarte von der Rückseite des Wafers auf einem Niveau zu halten, das gut unterhalb demjenigen anderer Gasquellen liegt, die bereits die Qualität des Unterdrucks beeinträchtigen und für die Pumpsysteme eine Last darstellen, und es ist ferner erwünscht, falls Leckage auftritt, die Gasleckage eng toleriert zu steuern. Es ist deshalb üblicherweise zwischen dem Prozesswirkungsgrad einerseits und der Verwendung von Klemmen oder Gaskühlung andererseits ein Kompromiss zu schließen, der die Anwendung von Gaskühlung auf Prozesse mit relativ hohem Druck, wie etwa RF-Zerstäuben, beschränkt.

[0005] Die US-A-5179498 offenbart eine elektrische Feststellvorrichtung mit starker Festspannkraft. Von der Festspannvorrichtung wird gesagt, dass sie dazu geeignet ist, ein es zu spannendes Objekt problemlos zu laden/entladen und für einen Halbleiterwafer eine sichere Masseverbindung bereit zu stellen. Drei Phasen-Wechselspannungen von einem Hertz oder weniger mit unterschiedlichen Phasen werden angelegt und Kontaktstifte mit spitz zulaufenden Spitzen bzw. Vorderenden sind vorgesehen. Außerdem offenbart die US-A-5184398 die Merkmale des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUFGABEN DER ERFINDUNG

[0006] In Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung wird elektrostatisches Festklemmen (für Werkstücke mit elektrischem Widerstand) eingesetzt, um eine gleichmäßige Kraftverteilung über die gesamte Oberfläche eines Werkstücks zu erzielen, ohne irgendeinen Teil der Fläche abzudecken. Die elektrostatische Klemmeinrichtung umfasst mehrere lange dünne Elektrodenbereiche, die in einer von ihrer räumlichen Anordnung unterschiedlichen Abfolge aktiviert werden, um durch ein dynamisches Muster von Klemmkraften eine nichtmotorische Klemmkraft bereit zu stellen.

[0007] Die vorliegende Erfindung ist in den unabhängigen Ansprüchen festgelegt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

- [0008] **Fig. 1** zeigt einen Kühlmechanismus gemäß dem Stand der Technik;
- [0009] **Fig. 2** zeigt einen weiteren Kühlmechanismus gemäß dem Stand der Technik;
- [0010] **Fig. 3** zeigt einen weiteren Kühlmechanismus gemäß dem Stand der Technik;
- [0011] **Fig. 4** und **4a** zeigen eine grundsätzliche Ausführungsform und die Druckverteilung in dieser;
- [0012] **Fig. 4b** zeigt eine weitere Ausführungsform;
- [0013] **Fig. 5** zeigt den Gasdruck als Funktion des Molekulargewichts der verwendeten Gassorten;
- [0014] **Fig. 6** zeigt die mittlere freie Weglänge eines Gasmoleküls als Funktion des Molekulargewichts des Gases;
- [0015] **Fig. 7** zeigt eine Ausführungsform mit Differenz- bzw. Differenzialpumpen;
- [0016] **Fig. 8a** zeigt eine Draufsicht einer elektrostatischen Klemmausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;
- [0017] **Fig. 8b** und **8c** zeigen Einzelheiten des Aufbaus der elektrostatischen Klemmeinrichtung von **Fig. 8a**;
- [0018] **Fig. 9** zeigt elektrische Wellenformen, die in einer bevorzugten Ausführungsform der elektrostatischen Klemmeinrichtung zum Einsatz kommen und die sich entwickelnde resultierende Kraft; und
- [0019] **Fig. 10** zeigt eine Ausführungsform, in der Zentrifugalkraft das Werkstück an ein fluidgeheiztes oder -gekühltes Befestigungselement bzw. Halterungselement klemmt.
- [0020] Die in den **Fig. 1** bis **4**, **4a**, **4b**, **5** bis **7** und **10** gezeigten Ausführungsformen, die in dem dazugehörigen Beschreibungsabschnitt erläutert sind, fallen nicht in den Umfang der Ansprüche.
- [0021] Die vorstehend genannten Patente von King und Holden erläutern Vorrichtungen und Verfahren zum gasunterstützten Heizen und Kühlen von Werkstücken, die einer Unterdruckbehandlung unterliegen, unter Verwendung mechanischer Klemmeinrichtungen, die mit der Vorderseite (der Verarbeitungsseite) des Werkstücks in Kontakt stehen, und die Randdichtungen zum Anschließen eines Kühlgases verwenden. Andere (Autoren) haben vorgeschlagen, dass Fluidkühlen mit einer bestimmten Leckage effektiver ist als Metall-Metall-Kontakt, und zwar für einige Anwendungen, sie haben jedoch nicht den komplexen Kompromiss zwischen solchen Faktoren, wie Klemmdruck, Gassorte, Leckage und Kühlraten berücksichtigt.
- [0022] In einer in **Fig. 1** gezeigten Konstruktion gemäß dem Stand der Technik wird der Halbleiterwafer **2** mit einer Ringklemmeinrichtung **30** an ein gekühltes flaches Tragelement **23** geklemmt. Ein O-Ring **20** ist in der Oberfläche des Trägers **23** in direkter Gegenüberlage zu der Ringklemmeinrichtung angeordnet und stellt eine Dichtung zum Einschließen von Gas bereit, das unter Druck durch eine Öffnung **22** in den Raum zwischen dem Wafer und dem Tragelement zugeführt wird. Diese Technik ist bei der Ionenimplantation eingesetzt worden, hat jedoch Nachteile, einschließlich dem Anlegen von Spannung an dem Wafer unter Erzeugung von Partikeln auf der Vorderseite des Wafers, dem Verlust an nutzbarer Fläche des Halbleiterwafermaterials auf Grund von Maskierung durch den Klemmring, das Sprühabscheiden von Kontaminationsstoffen von dem Klemmring auf den Wafer und einen weniger als optimalen Kühlwirkungsgrad, weil der Kühlvorgang, der erzielbar ist, auf Grund einer Verbiegung des Wafers in dem Einfluss des lokalisierten Einklemmens auf der Vorderseite und des gleichmäßigen Gasdrucks auf den Rückseiten verringert ist.
- [0023] In einer weiteren Konstruktion gemäß dem Stand der Technik und wie in **Fig. 2** gezeigt, ist die Neigung des Kühlgases, den Wafer zu veranlassen zu verbiegen, erkannt und berücksichtigt worden. In dieser Konstruktion ist eine Auflageplatte **36** geringfügig ausgebaucht, so dass die Wirkung durch das Klemmen des Wafers **2** an seinem Rand mit dem Ring **42** gegen die Plattenauflage **36** den Wafer veranlasst, über die Auflageplatte geringfügig zu verbiegen und an der Platte mit in etwa gleichmäßigem Kontaktgrad vor Zuführung von Gas unter Druck durch den Kanal **37** anzuliegen. Die Domform bzw. ausgebauchte Form der Auflageplatte verhindert die Abtrennung des Wafers von der Auflageplatte bei mäßigen Gasdrücken. Wie in den genannten Patenten diskutiert, ist es bekannt, dass eine zu starke Trennung das erzielbare Wärmeübertragungsausmaß verringert, so dass die Konstruktion bessere Kühleigenschaften erzielt. Nachteile dieses Ansatzes umfassen jedoch die Veränderung des Einfallswinkels des Ionenstrahls über die Waferoberfläche auf Grund der Waferkrümmung, was, wie vorstehend angeführt, zu unerwünschten Prozessveränderungen führt. Diese umfassen planares Kanalbilden und Brechen des Wafers auf Grund vorab existierender Defekte sowie die vorstehend genannten allgemeinen Nachteile des Festklemmens der Vorderseite.
- [0024] **Fig. 3** zeigt eine Abwandlung des Ansatzes gemäß dem Stand der Technik, der in **Fig. 1** gezeigt ist, wobei die Objekt-, Festklemm- und Kühlmechanismen in einem Waferhalteaufbau integriert sind. In dieser Ausführungsform ruht der Wafer **2** vertikal am Wärmeableitelement **119**, das durch eine Fluidströmung durch Einlass- und Auslassröhren **128**, **129** aktiv gekühlt wird. Die Vorderseite des Elements **119** weist einen zentralen flachen eingetieften Boden **125** und mehrere kleine Festklemmaufbauten **103** auf, die jeweils durch einen maschinenbetätigten Mechanismus **104** bewegt werden und den Wafer **2** an eine Randlippe des Wärmeableitelements derart niederhalten, dass der Wafer nahe an der Fläche **125** zu liegen kommt, ohne diese jedoch zu berühren. Ein zentraler Gaseinlass führt Argon mit einem Druck von 100–1000 Mikron in den Raum zwischen dem Wafer und der Wärmeableiteinrichtung zu, um den Druck zu erhöhen und die Wärmeübertragungsrate zu

vergrößern. Bei einem Einsatz zum Heizen des Wafers kann das Gas geheizt werden. Bei einem Einsatz zum Kühlen ist der Gasdruck zehnmal oder um ein Mehrfaches größer als der Restgasdruck in der Kammer und eine bestimmte Menge des Wärmeübertragungsgases leckt aus den Rändern des Wafers aus, um den normalen zehn Mikron Kammerdruck einer Sprühabscheidungskammer aufrecht zu erhalten. Die Wärmeableitrichtung ist auf einer Unterstützungsplatte **120** angebracht, die die Vakuumkammerwand **102** über eine O-Ringdichtung **121** abdichtet, und wenn sie sich nicht in ihrer aktiven Position bzw. Betriebsposition befindet, wird die Öffnung in der Wand **102** durch eine Druckplatte **105** und einen Dichtring **101** abgedeckt. Sowohl der Gaszufuhrdurchlass **126** wie die Fluidwärmetauschdurchlässe **128**, **129** für die Wärmetauschplatte durchsetzen die Unterstützungsplatte **120**. Während die Randklemmeinrichtungen **103** die verschwendete Waferfläche in geringem Ausmaß reduzieren, die auf dem Klemmring der Konstruktion von **Fig. 1** basiert, bleiben die dieser Konstruktion innewohnenden Probleme erhalten.

[0025] Eine von diesen Ansätzen gemäß dem Stand der Technik abweichende Ausführungsform bei der Bereitstellung von Gas unter Druck als Wärmeübertragungsmedium in einen Raum mit willkürlichen Veränderungen, gebildet zwischen zwei flachen und miteinander in Kontakt stehenden Oberflächen, während das Werkstück mit einer Kraft vorgespannt ist, die über die gesamte Oberfläche gegen eine Auflageplatte über einen breiten Kontaktbereich verteilt ist. Das Gas wird entlang einer randseitigen Linienkontur eingeleitet, um im Wesentlichen eine gleichmäßige Wärmeleitung bereit zu stellen. Typischerweise handelt es sich bei dem Werkstück um einen dünnen flachen Wafer und die Werkstücke werden geheizt bzw. gekühlt durch Anbringen jedes Werkstücks auf einer sehr flachen Auflageplatte mit im Wesentlichen gleichmäßigem Druck und durch Zuführen des Gases zwischen dem Wafer und der Auflageplatte. Die Platte ist so flach wie in der Praxis möglich hergestellt, bevorzugt besser als $\pm 0,0127$ mm (0,0005"), mit der Ausnahme von Löchern und Nuten für das Übertragungsmedium, wie nachfolgend erläutert, und sie ist glatt poliert.

[0026] Vorteilhafterweise wird kein Versuch unternommen, eine hermetische Dichtung in irgendeinem lokalisierten Bereich zwischen dem Wafer und der Auflageplatte zu erzeugen, die lokale Drücke von einigen Größenordnungen größer als der mittlere Druck erfordern würde. Sowohl die Auflageplatte wie das Werkstück sind statt dessen ausreichend flach ausgebildet, um in gleichmäßigen Kontakt zu gelangen bzw. in im Wesentlichen gleichmäßiger Kontaktnachbarschaft, und sie sind glatt ausgeführt mit einer mikroskopischen Rauigkeit, bevorzugt nicht größer als $0,813\ \mu\text{m}$ (32 Mikroinch). Das Gas nimmt die mikroskopischen Talräume in den Oberflächen der Auflageplatte und des Werkstücks ein. Eine geringe Gasleckagerate aus den Rändern der Auflageplatte wird durch eine konstante Gasströmung abgestimmt, die durch eine Nut oder einen Ring von Löchern in der Auflageplattenoberfläche zugeführt wird, entlang einer Kontur verlaufend, die ausreichend nahe am Rand des Wafers liegt, in den Bereich zwischen dem Werkstück und der Auflageplatte. Der Gaszufuhrbereich bildet eine isobarische Grenze um das Zentrum des Waferraums, der im Übrigen keinen Gasauslass besitzt. Hierdurch wird sichergestellt, dass trotz der unregelmäßigen Form und sehr geringen Größe des Raums, der durch das Übertragungsmedium eingenommen wird, das Gas gleichmäßig unter dem Werkstück in einem Wafer-Auflageplatten-Spalt verteilt bleibt, der kleiner ist als die mittlere freie Weglänge des Gases. Wärmeleitungsübertragung ist deshalb maximal gemacht.

[0027] Anstatt die Klemmkraft am Rand bzw. Umfang zu lokalisieren, wie beim Stand der Technik, ist in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung der Druck, der zwischen dem Werkstück und der Auflageplatte angelegt ist, gering und im Wesentlichen gleichmäßig über die gesamte Oberfläche der Auflageplatte. Klemmkraften werden durch elektrostatisches Klemmen für mäßig leitende Werkstücke, wie etwa Silizium-Wafer, angelegt.

[0028] In **Fig. 4** ist ein flaches dünnes Werkstück **2** in einem hohen Unterdruck auf einer flachen Auflageplatte **201** angeordnet, durch die eine Flüssigkeit, wie etwa Wasser, in Kanäle **204** geleitet wird. Die Flüssigkeit kann erwärmt, gekühlt oder auf einer Referenztemperatur gehalten werden, je nachdem, wie es für den Prozess und die einbezogenen Substanzen erforderlich ist. Ein Gas wird mit einem Durchsatz zugeführt, der durch eine Durchsatzsteuereinrichtung **205** gesteuert wird, mit einer Rate von ungefähr 0,25 sccm, und zwar in eine Leitung oder einen Kanal, die bzw. der über einen Ring oder eine kreisförmige Nut **203** in die Grenzfläche zwischen dem Werkstück und die Auflageplatte zuführt. Diese Nut bzw. dieser Ring als Löchern **203** ist nachfolgend als Gaszuführherring bezeichnet. Während in der Konstruktion gemäß dem Stand der Technik der Druck des Kühlgases gesteuert wird, wird in Übereinstimmung mit dieser Ausführungsform der Massendurchsatz gesteuert. Dieser wesentliche Unterschied erzeugt Effekte in unterschiedlicher Weise, wie nachfolgend näher erläutert, in Verbindung mit der entfallenden Randsdichtung bzw. Umfangsdichtung und die Verwendung hochgradig flacher Oberflächen stellt sicher, dass sowohl der Druck wie der nominale Wärmeübertragungsspaltabstand ziemlich niedrig gehalten werden unter Erzielung hoher Wärmeübertragungsraten.

[0029] Wenn ein Wafer teilweise mit einer Ionenimplantation unterliegenden Fotolackmaske abgedeckt ist, kann der Fotolack allein eine Quelle mehrerer Standardkubikzentimeter pro Minute (sccm) von Wasserstoffgas sein, das durch die Einwirkung des Ionenstrahls auf den organischen Fotolack freigesetzt wird. Die Leckage durch ein Waferkühlsystem einer kleinen Fraktion von einem sccm von Gas, gegebenenfalls Wasserstoff, vermag deshalb den Implantationsprozess insbesondere dann nicht signifikant zu beeinflussen, wenn die

Verringerung der Temperatur des Wafers, erzielt durch einen derartigen Kühlvorgang, eine kompensierende negative Auswirkung auf das Volumen des Wasserstoffs hat, der durch den Lack freigesetzt wird. Das Gas- kühlssystem kann deshalb eine bestimmte Gasmenge sicher zuführen, insbesondere dann, wie vorstehend erläutert, wenn die Menge des Kühlgases geringer ist als die Menge, durch die die Temperaturänderung Ausgasen reduziert. Auf Grundlage dieser Erkenntnis hat die Anmelderin eine Struktur für eine Wärmetauschaufnahmeplatte ermittelt, die mit einem derartigen definierten Gasleckagestrom arbeitet.

[0030] Wenn die Oberflächen perfekt flach waren, würde ein derartiger geregelter Gasstrom theoretisch das Werkstück veranlassen, von der Aufnahmeplatte um eine Distanz abzuheben, die gerade hinreicht, dass der Gasstrom an den Rändern der Aufnahmeplatte austritt. In Übereinstimmung mit der Praxis der Anmelderin weist die Oberfläche des Halbleiterwafers jedoch eine Rauigkeit innerhalb konventionell erzielter Fertigungsstandards auf von beispielsweise $0,385\text{ }\mu\text{m}$ (12 Mikroyards) r. m. s und Abweichungen von der Flachheit bis hin zu mehreren $2,45\text{ }\mu\text{m}$ (Zehntausenden von einem Inch) dürfen auftreten. Die Anmelderin nutzt diese Oberflächenschwankungen bzw. – abweichungen in vorteilhafter Weise zur Aufrechterhaltung eines festen Kontakts zwischen dem Werkstück und der Auflageplatte bei zusätzlicher Wärmeleitungsübertragung, bewirkt durch ein Gas unter niedrigem Gasdruck und Durchsätzen, die an den unregelmäßigen Wärmeübertragungszwischenraum angepasst sind, der durch die vorstehend genannten Oberflächenfertigungsmerkmale definiert ist, wie nachfolgend näher erläutert.

[0031] **Fig. 4a** zeigt den Kurvenverlauf des Gasdrucks in einem Wafer/Auflageplattenzwischenraum als Funktion der Position ausgehend von einer Seite des Wafers zur anderen. Innerhalb des Gaszuführkonturings **203** erreicht der Gasdruck einen stabilen Zustand kurz nachdem der Gasstrom beginnt. In der Praxis hat sich ergeben, dass dieses Hochpumpintervall eine Sekunde oder weniger beträgt.

[0032] Wenn das Gas einfach durch ein Loch im Zentrum des Wafer/Auflageplattenaufbaus zugeführt werden würde, wie dies der Fall ist bei einigen existierenden kommerziellen Anlagen (beispielsweise über die Elemente, die in dem vorstehend erläuterten Stand der Technik gezeigt sind, wie etwa das Element **22** in **Fig. 1** oder **126** in **Fig. 3**), würde das Druckprofil unter dem Wafer bei Abwesenheit des mechanischen Randklemmens und der Elastomerabdichtung, die gezeigt sind, im Zentrum relativ zu den Rändern hoch sein. Dies würde eine ungleichmäßige Wärmeübertragung einführen und die Gasleckagerate müsste ebenfalls viel höher sein, um am Rand einen geeigneten Druck aufrecht zu erhalten. Die Einleitung des Gases in eine Kontur nahe am Rand der Auflageplatte erlaubt es, dass der Druck in ein statisches Gleichgewicht über einen Ionenbereich gelangt, der den größeren Teil des Raums zwischen dem Wafer und dem Werkstück abdeckt, wie durch das Druckprofil in **Fig. 4a** gezeigt, ohne dass ein derartig hoher Druck erforderlich ist, um wirksame Wärmeleitung zu erzielen. Die Anmelderin erreicht dies ohne Verwendung von Klemmringen oder -dichtungen und sie ist deshalb in der Lage, eine Druckverzerrung bzw. – verformung des Wafers zu vermeiden.

[0033] In einer in **Fig. 4b** gezeigten alternativen Ausführungsform kann die Auflageplatte mit einem Gaszuführloch **203a** in ihrem Zentrum so wie in **Fig. 1** versehen sein, wobei dieses Loch jedoch in Verbindung mit einer oder mehreren Nuten **203b**, **203c** steht, die sich zu einer äußeren Nut **203** erstrecken, die eine Umfangskontur in der Nähe des Rands der Auflageplatte einnimmt. Die Verbindungsnut bzw. die Verbindungsnuten **203b**, **203c** können unter der Fläche der Auflageplatte zu liegen kommen, wie gezeigt, oder aus schmalen Kanälen in der Fläche selbst bestehen. In jedem Fall dienen sie als Drucknebenschluss zur Vergleichmäßigung der Druckverteilung unter dem Werkstück wiederum unter Erzeugung einer im Wesentlichen konstanten Druckverteilung, wie in **Fig. 4a** gezeigt, und unter Ermöglichung eines Betriebsablaufs bei minimalem Wärmeübertragungsfluiddruck mit gleichzeitig minimaler Verzerrung bzw. Verformung des dünnen Werkstücks und eine effektive Wärmeregulierung wird erzielt ohne übermäßige Fluidleckage in die Prozesskammer hinein.

[0034] Die Arbeitsweise der Ausführungsform ergibt sich aus der nachfolgenden kurzen Diskussion.

[0035] Der Bereich außerhalb des Gaszuführkings **203**, begrenzt durch den flachen Wafer und die flache Aufnahmeplatte, besitzt ein geringes Leitvermögen von

$$C = 2\pi r g^2 c / 3l \quad (1)$$

wobei g^2 der mittlere quadratische Spalt zwischen dem Wafer und der Aufnahmeplatte ist, wobei l die Distanz ausgehend vom Gaszuführkings **203** zur Außengrenze des gasgekühlten Bereichs ist, und wobei r der Radius des Gaszuführkings ist. Unter der Voraussetzung, dass die Oberflächen ausreichend flach und parallel sind, ist die Leckage ausreichend gering, um Dichtungen überflüssig zu machen.

[0036] Die Kühlrate in diesem Bereich kann dargestellt werden durch

$$Q/A = 0,33 a \gamma k n c (T_w - T_p) \quad (2)$$

in MKSA-Einheiten, wobei a der Übertragungskoeffizient des Gases auf den Oberflächen ist, wobei γk die Wärmekapazität pro Molekül pro Grad ist, wobei k die Boltzmann Konstante ist, wobei n die Gasdichte ist, wobei c die mittlere Gasgeschwindigkeit ist, wobei T_w die Wafertemperatur ist, und wobei T_p die Aufnahmeplattentem-

peratur ist. Die Rate, mit der die Gasmoleküle die Einheitsfläche senkrecht zur Aufnahmeoberfläche queren, die die Energie transportiert, die mit 0,33 nc gegeben ist und in der Gleichung (1) auftaucht, kann evaluiert werden, indem die Rate der Gaszuführung F gleich der Rate des Gasverlustes zwischen dem Werkstück und der Auflageplatte durch den Ringraum außerhalb des Gaszuführings gemacht wird. Da $F = PC$, wobei P der Gasdruck ist und wobei $P = nkT$, kann nc wie folgt evaluiert werden:

$$nc = 3FI/(2\pi r g^2 kt) \quad (3)$$

wobei T die mittlere Temperatur ist.

[0037] Die Kühlrate ist proportional zum Gasdurchsatz, proportional zur Distanz vom Gaszuführing **3** zum Aufnahmeplattenrand und umgekehrt proportional zum mittleren quadratischen Spalt. Der mittlere quadratische Spalt ist festgelegt durch die Oberflächenfertigbearbeitung und Flachheit des Werkstücks und der Aufnahmeplatte. Interessanterweise geht in diesen Gleichungen die Wahl des Gases ausschließlich durch den Effekt von γ ein.

[0038] In dieser Diskussion sind zwei implizite Annahmen gemacht worden: Dass der mittlere freie Gaspfad größer ist als der r. m. s.-Spalt zwischen dem Wafer und der Aufnahmeplatte, um die Wärmeübertragungsrate maximal zu gestalten, und dass der Gasdruck geringer ist als der zeitlich gemittelte Klemmdruck zwischen dem Werkstück und der Aufnahmeplatte, so dass der Spalt sich mit dem Druck nicht ändert. Der Gasdruck, der aus einem gegebenen Durchsatz resultiert, hängt von n ab, das umgekehrt proportional zu c ist, wobei gilt

$$c^2 = 2kT/M \quad (4)$$

wobei M das Molekulargewicht des Gases ist. Für einen gegebenen Durchsatz entwickelt deshalb leichteres Gas einen geringeren Druck hinter dem Wafer. Die Abhängigkeit des Drucks von der Atomzahl A ist in **Fig. 5** aufgetragen. Um den benötigten Druck minimal zu halten, ist Wasserstoff das von der Anmelderin bevorzugte Wärmeübertragungs-gas.

[0039] Der mittlere freie Pfad hängt auch von der Atom-/Molekülzahl A des gewählten Gases ab, wie in **Fig. 6** gezeigt. Sowohl der Druck wie der mittlere freie Pfad können ebenfalls beeinflusst sein durch chemische Eigenschaften des Gases, welcher Einfluss vorstehend nicht näher erläutert ist. Die Wichtigkeit des mittleren freien Pfades besteht darin, dass dann, wenn er kleiner ist als der Spalt, so dass eine signifikante Anzahl an Gas-Gaskollisionen zwischen dem Werkstück und der Auflageplatte auftreten, die Kühlrate beträchtlich verringert ist. Eine Diskussion der Beziehung zwischen dem Spalt und dem mittleren freien Pfad bezüglich ihrer Auswirkung auf die Wärmeübertragungsrate findet sich in den beiden vorstehend genannten Patenten.

[0040] Es wird bemerkt, dass das gasförmige Wärmeübertragungsmedium, das am Rand bzw. Umfang des Wafers zugeführt wird, nicht über eine geschlossene kreisförmige Öffnung zugeführt werden muss. Statt dessen können mehrere diskrete Einlassöffnungen **203a**, **203b**, ... entlang einer geschlossenen Kontur in einem Umfangsbereich der Aufnahmeplatte verteilt sein. In diesem Fall wirkt die diffusive Strömung des Gases dahingehend, das gesamte Verteilungsprofil zu glätten. In jedem Fall ist das Ergebnis ein im Wesentlichen konstantes und stationäres Gasprofil im zentralen Bereich und ein kleiner ausgeglichener Gasdurchsatz bzw. -strom mit abnehmendem Druckprofil über die dünnen Umfangsbandbereiche bzw. -randbereiche außerhalb der Gaszuführkontur.

[0041] Es wird bemerkt, dass der Druck in dem Gaszuführing gleichmäßig ist und bei Abwesenheit lokalisierter Klemmkraft existieren keine Auslenkungen, hervorgerufen durch Differenzial- bzw. Differenzdrücke oder punktförmig festgelegte Ränder und das Werkstück bleibt deshalb flach. Die Kühlrate erstreckt sich nicht gleichmäßig zum Rand des Wafers über den Gaszuführing hinaus, weil der Druck ausgehend vom Gaszuführing zum Aufnahmeplattenrand gleichmäßig fällt, wie in **Fig. 4a** gezeigt. Die Konsequenzen dieser Druckabfallwirkung können jedoch minimal gemacht werden, indem die Forderung erfüllt wird, dass die Länge 1 zwischen dem Gaszuführing und dem Aufnahmeplattenrand klein gemacht wird. In Übereinstimmung mit der Gleichung (1) führt eine Verringerung der Distanz in dieser Weise zu einer Erhöhung des Gasdurchsatzes, der erforderlich ist, um eine gegebene Kühlrate zu erzielen, wodurch der Druck in der Unterdruckkammer in unerwünschter Weise steigt.

[0042] Trotz des größeren Durchsatzes bei kleinem 1, hat die Anmelderin jedoch festgestellt, dass es nicht erforderlich ist, eine lokalisierte Dichtung am Rand des Wafers zu verwenden unter der Voraussetzung, dass sämtliche Oberflächen auf geeignete Grenzen flach gemacht und poliert sind, um die Gasleckagerate gering zu machen. Beispielsweise für eine effektive r. m. s.-Rauigkeit eines Silizium-Wafers von 20 Mikrometer mit einem Durchmesser von 200 mm und bei einer Gaszuführrate von 0,25 sccm und $1 = 33$ mm; beträgt die Kühlrate für ein Gas mit $\gamma = 1,5$ 1,895 Watt pro Quadratzentimeter für eine Temperaturdifferenz von 80 Grad Celsius zwischen dem Wafer und der Auflageplatte.

[0043] In einer in **Fig. 7** gezeigten Ausführungsform ist die Gasleckage in die Kammer mit hohem Unterdruck zusätzlich verringert auf einen kleinen Bruchteil der Rate, mit der das Gas durch die Durchsatzsteuereinrich-

tung **205** zugeführt wird, indem entlang dem Diffusionspfad zwischen der Einlassöffnung und der Unterdruckkammer ein Gasspülaufbau bereit gestellt wird. Wie in **Fig. 7** gezeigt, kommt die Auflageplatte **201** in einer (nicht gezeigten) Kammer mit hohem Unterdruck zu liegen und ein Werkstück (aus Gründen der Klarheit nicht gezeigt) wird auf der flachen Oberfläche **209** der Auflageplatte angeordnet. Durch die erste Ringnut **203** und eine zweite Ringnut **207** (oder einen Ring aus Löchern) zugeführtes Gas, die radial außerhalb der Nut **203** angeordnet sind, umgibt den Einlass. Bevorzugt ist die zweite Nut ungefähr eineinhalb Millimeter einwärts vom Außenrand der Aufnahmeplatte **201** angeordnet. Die zweite Nut **207** stellt eine Verbindung über einen Durchlass mit einer mechanischen Unterdruckpumpe **206** bereit, die Differenzpumpen bereit stellt, d. h., Pumpen auf Unterdruckniveau, das höher ist als der Verteilerdruck des Einlasses **203** und nahe am Unterdruckniveau bzw. sogar noch höher als dieses in der umgebenden Kammer. Wenn das Kühl- oder Heizgas radial aus dem Zwischenraum ausleckt, gelangt es in diese Nut und der größte Teil von ihm wird aus dem System durch die Pumpe **206** entfernt, ohne sich weiter auswärts zu bewegen oder in die Kammer hohen Unterdrucks auszulecken. Das Kühlgas beeinträchtigt deshalb nicht die Umgebung hohen Unterdrucks, in der der Wafer verarbeitet wird. Eine oder mehrere große Leitungen **207a** führen von der Spülnut **207** zur Pumpe **206** und führen dazu, dass das Leistungsvermögen des Pfads von der Nut **207** zur Pumpe **206** deutlich größer ist als das Leistungsvermögen von der Nut **207** in die Unterdruckkammer, wodurch Gasspülen entlang der Ausdiffusionsstrecke begünstigt ist.

[0044] Die bevorzugte Ausführungsform **250** gemäß der Erfindung ist in **Fig. 8a, 8b und 8c** gezeigt. Die Aufnahmeplatte gemäß diesem System umfasst eine elektrostatische Klemmeinrichtung zum Anlegen von Druck, der das Waferwerkstück an der Auflageplatte hält. Dieses Verfahren arbeitet für leitende Werkstücke gut. Die Technik ist ähnlich zu derjenigen, die beschrieben ist durch J. Ballou, K. Carson, W. Frutiger, J. Greco und R. Kaim in Proceedings of the Ion Implantation Technology Conference IIT '94, Catania, Italien.

[0045] Wie am besten aus der Draufsicht von **Fig. 8a** hervorgeht, umfasst die Werkstück kontaktierende (vordere) Oberfläche der Aufnahmeplatte **250** eine flache gelappte und polierte Schicht bzw. Lage aus einem dielektrischen Material **52**, beispielsweise bestehend aus Aluminiumoxid mit einer Dicke bevorzugt zwischen etwa 0,15–0,2 mm unter Bildung von mehreren betriebsmäßigen Ladebereichen bzw. Aufnahmebereichen, definiert durch ein metallisiertes Elektrodenmuster, das auf der Rückseite abgeschieden ist. Das metallisierte Rückseitenmuster stellt einen Satz von mehreren Elektroden **51** mit etwa gleicher Fläche bereit, bevorzugt mit einem Unterschied von weniger als einem viertel Prozent. In der dargestellten Ausführungsform legen vier Elektroden **51a, 51b, 51c, 51d** in Spiralform, jede mit einer Breite von ungefähr zehn Millimetern und einer Dicke von weniger als einem viertel Millimeter sowie jeweils elektrisch getrennt voneinander durch einen kleinen in einer Ebene liegenden Spalt bis hin zu mehreren Millimetern oder mehr einen Satz eng beabstandeter Ladebereich fest, die gemeinsam die Vorderseite der Aufnahmeplatte abdecken. Vorteilhafterweise sind die Elektroden lang und dünn und jede deckt einen Pfad entlang einem verteilten Bereich bzw. Verteilungsbereich des kreisförmigen Wafers ab, der mit den anderen Elektrodenbereichen Interdigitation (Parallelschaltung) zeigt. Die Spiralform ist jedoch selbst nicht kritisch, sondern stellt lediglich eine Option zur Bildung eines derartigen regelmäßigen Elektrodenmusters dar und Abweichungen von der regelmäßigen ebenen Spiralform können ebenfalls vorgenommen werden, um Elektrodenverbindungen aufzunehmen, oder wenn dies aus anderen Gründen genehm ist. Das regelmäßige Elektrodenmuster ist jedoch üblicherweise bevorzugt aus Bereichen gebildet, die keine großen isolierten Blöcke darstellen und keinen Knotenbereichen von Waferresonanzen niedriger Ordnung entsprechen, so dass die erforderlichen Schwankungen der Kraft, hervorgerufen durch Klemmeinrichtungstreiber signale, keine größeren mechanischen Vibrationen induzieren können. In **Fig. 8a** ist das flache leitfähige Werkstück **2** der polierten dielektrischen Schicht **52** der Klarheit wegen weggelassen und die Elektroden **51** sind durch die dielektrische Schicht **52** sichtbar dargestellt, die typischerweise transparent oder transluzent ist.

[0046] **Fig. 8b** zeigt einen Vertikalschnitt durch die Aufnahmeplatte **250**, wobei ein Wafer **2** mit dem Radius R flach auf der Aufnahmeplattenoberfläche zu liegen kommt, so dass er den Gaszuführeinlass **203** abdeckt, der unter einer radialen Distanz $(R-1)$ vom Zentrum angeordnet ist und er deckt außerdem die Gasspülnut **207** ab, die unter einer Distanz δ einwärts vom Waferrand zu liegen kommt. Die Ansicht von **Fig. 8c** ist eine Vergrößerung eines Teils des Querschnitts zur deutlicheren Darstellung der Schichtkonstruktion. Gezeigt ist das Werkstück **2**. Seine aufnahmeplattenkontaktierende Oberfläche **2a** weist Mikrorauigkeit auf, wie vorstehend erläutert, die die aufgeraute Decke der rissartigen Öffnung **2b** bildet, die den Hindurchtritt von Gas erlaubt, während die dielektrische Aluminiumoxidschicht **52** eine im Wesentlichen glattere und flachere Oberfläche **52a** aufweist, die beispielsweise optisch poliert sein kann und als Boden des gasgefüllten Raums wirkt. Die Elektroden **51** sind zwischen der dielektrischen Aluminiumoxidschicht **52** und der anderen dielektrischen Schicht **53** sandwichartig angeordnet, bei der es sich um eine Schicht **52** aus einem harten anorganischen Material oder einem organischen Polymer handeln kann und die ebenfalls eine Verbindung mit dem darunter liegenden Körper der Aufnahmeplatte **250** bewirkt.

[0047] Die gesamte Oberfläche bzw. Oberseite dieses Aufbaus ist bevorzugt auf eine Flachheit von 0,0125 mm oder besser gelappt und auf einen Endzustand poliert, der bevorzugt besser ist als etwa 0,2 μm (8 Mikro-

inch) r. m. s. Die dielektrische Schicht **52** ist durch die Nut **207** begrenzt und die Oberseite der Außenwand dieser Nut ist ebenfalls gelappt und poliert unter Bildung eines Teils eben dieser flachen Ebene als Oberseite der Schicht **52**.

[0048] Um die dargestellte Oberflächenkonstruktion aus dielektrischen und Elektrodenbereichen zum elektrostatischen Festklemmen eines Wafers zu betreiben, werden Wechselspannungen mit trapezförmiger Wellenform an die Elektroden **51a**, **51b**, **51c** und **51d** mit einer Frequenz von etwa dreißig bis sechzig Hertz angelegt. **Fig. 9** zeigt einen Satz von Signalwellenformen und die bevorzugten Phasenbeziehungen für diese Klemmbetätigungssignale. Jedes Signal hat periodisch sich wiederholende Trapezwellenform, die zwischen einem oberen Potential **u** und einem unteren Potential **1** mit schrägen Flanken aufwärts und abwärts verläuft, wobei jedes Signal identisch zu dem anderen ist mit Ausnahme der Phase, wobei die ersten und vierten entgegengesetzte Phase aufweisen ebenso wie die zweiten und dritten Signale, während die ersten und zweiten Signale um eine Viertelperiode in Bezug aufeinander verschoben sind. Der Wafer **2**, der auf der Oberseite der Schicht **52** zu liegen kommt, dient als gemeinsame Elektrode zum Laden sämtlicher vier dielektrischer Bereiche über den spiralförmigen Elektrodenarmen **51a** bis **51d** und die angelegten Spannungen erzeugen ein elektrisches Feld von etwa 5 MV/m oder ein größeres Feld zwischen den Elektroden und der Oberfläche des Wafers.

[0049] Der momentane Klemmdruck **P** über einer Elektrode ist in etwa gegeben wie folgt:

$$P = \frac{-\epsilon_0 \epsilon^2 V^2}{2t^2} \quad (5)$$

wobei ϵ_0 die absolute Dielektrizitätskonstante des freien Raums ist, wobei ϵ die Dielektrizitätskonstante des dielektrischen Materials ist (die für Aluminiumoxid etwa 9 bis 10 beträgt), wobei **V** die angelegte Spannung ist und wobei **t** die Dicke des Dielektrikums ist, wobei dieser, wie vorstehend angeführt, eine Abmessung aufweist, die größer ist als die Oberflächenrauigkeit des Dielektrikums bzw. der Rückseite des Werkstücks, das festgeklemmt wird, und außerdem viel größer als die große Abweichung von der Flachheit über jeder dieser Oberflächen. Die Nettoklemmkraft auf dem Wafer als Ganzes bricht während der Spannungsumschaltintervalle ein, wie in der fünften Linie von **Fig. 9** gezeigt. Um eine signifikante Vibration zu unterbinden, ist die Breite der Elektroden klein, bevorzugt mit weniger als zehn Millimeter gewählt. Dies verringert die Amplitude jeglicher Vibration und erhöht die Resonanzfrequenzen von Vibrationsmoden, die in dem Wafer bzw. der Aufnahmeplatte erregt werden können, wodurch sichergestellt wird, dass die durch räumlich und zeitlich variierende Klemmkraften induzierte Vibration weit entfernt ist von jeglicher mechanischer Resonanz der Aufnahmeplatte bzw. des Werkstücks.

[0050] In der bevorzugten Ausführungsform kommen vier Elektroden in Form eines Spiralmusters zum Einsatz und eine vierphasige trapezförmige Wechselstrom-Wellenform wird angewendet. Die Elektroden sind paarweise angeordnet, wobei die Paare Betätigungssignale empfangen, die exakt außer Phase sind, derart, dass ein Signal eine ansteigende Flanke zeigt, während das andere eines Paares eine abfallende Flanke zeigt. Während die Elektrode von einem Bereich des Dielektrikums ein sich änderndes Potential erfährt, ist der andere Bereich mit einer feststehenden Spannung maximaler Größe festgeklemmt, so dass in isolierten Bereichen Einbrüche (Dips) auftreten. Die Erfindung sieht außerdem das Festklemmen mit einer größeren geraden Anzahl von Elektroden und Phasen vor. Durch Bereitstellen einer geraden Anzahl von Phasen stellt die Anmelderin sicher, dass das Potential des Wafers durch die Anwendung der elektrostatischen Klemmsignalwellenformen unbeeinträchtigt ist. Es besteht deshalb keine Notwendigkeit, den Wafer auf Masse zu legen, weil der gesamte Strom zu dem Wafer zu jedem Zeitpunkt null beträgt. Die Phasenabfolge wird an nicht aufeinander folgende Elektroden angelegt, beispielsweise 1-2-4-3 oder 1-3-4-2; hierdurch werden jegliche "motorische" Komponenten von den Kräften entfernt, die auf den Wafer ausgeübt werden und die Erzeugung sich ausbreitender Wellen wird vermieden, die die Neigung haben könnten, den Wafer in einer einzigen Richtung zu bewegen.

[0051] Die vorstehend genannten Konstruktionen beziehen sich auf extreme Nähe zwischen Wafer und Aufnahmeplatte zur Sicherstellung einer wirksamen Kühlung und auf ein geringeres Ausmaß an effektivem Festklemmen. In der Prozessumgebung treten jedoch Partikel auf, und in dem Fall, dass ein Partikel auf der Aufnahmeplatte landet und das Werkstück unbeabsichtigt von der Aufnahmeplatte trennt, treten bestimmte Konsequenzen auf aus resultierenden Änderungen des Oberflächenabstands. Zunächst wird die Wärmeübertragung stark verringert in Übereinstimmung mit den Gleichung (2) und (3), weil die Distanz von dem Werkstück zu der Aufnahmeplatte vergrößert ist. Das Differenzpumpen kann ebenfalls ineffektiv werden in Bezug auf die Aufrechterhaltung des gewünschten Drucks unter dem Wafer, weil bei gesteuertem Gasdurchsatz der Durchsatz bzw. die Strömung in die Unterdruckkammer nicht auf einen höheren Wert steigen kann als auf den gesteuerten Gasdurchsatz, und bei übermäßiger Leckage kann diese Rate ungeeignet sein, das gewünschte Niveau an Wärmeübertragung aufrecht zu erhalten. Der zu den Elektroden der elektrostatischen Klemmeinrichtung fließende Strom wird außerdem reduziert, wenn der Wafer sich nicht in innigem Kontakt mit dem Dielektrikum befindet, weil die Einführung eines zulässigen Luftspalts zwischen dem Wafer und den Rückseitenelek-

troden die Kapazität stark verringert. Die Anmelderin nutzt das letztgenannte Merkmal beispielsweise durch Überwachen des Klemmstroms mit Schwellenwertdetektoren. Das Übersteigen des Schwellenwerts kann einen Alarm auslösen. D. h., eine automatische Messung dieses Stroms zeigt unmittelbar das Vorliegen eines Partikels auf dem Werkstück und/oder eine inkorrekte Platzierung des Werkstücks an.

[0052] Im Gegensatz hierzu kann bei Systemen gemäß dem Stand der Technik das Vorliegen von Schmutz auf der Aufnahmeplatte dazu führen, dass die mechanische Klemmeinrichtung den Wafer zerbricht oder der Partikel kann in die Oberfläche der Aufnahmeplatte eindringen und eine länger andauernde Beschädigung hervorrufen, wobei ein derartiges Problem üblicherweise unerfasst bleibt, bis eine Anzahl von Wafern verarbeitet worden ist und die Bearbeitung zu beobachtbaren Störungen bzw. Fehlern geführt hat. Im Gegensatz zu den harmlosen Konsequenzen beim Gasstrom der Anmelderin kann in einem System selbst ohne mechanische Klemmeinrichtung, bei dem jedoch der Gasdruck anstelle des Durchsatzes geregelt wird anstelle einer Selbstbeschränkung, die resultierende Leckage in die Kammer mit hohem Unterdruck ein katastrophales Ereignis darstellen, das die Prozessanlage beeinträchtigt und Hochvakuumumpfen überlastet.

[0053] In einer noch weiteren Ausführungsform eines Systems **400**, das in **Fig. 10** gezeigt ist, jedoch nicht in den Umfang der Ansprüche fällt, ist ein Satz von Aufnahmeplatten **401** ähnlich zu denjenigen, die in **Fig. 4** bzw. **Fig. 7** gezeigt sind, auf einer rotierenden Scheibe bzw. Trommel **55** in einem Oberflächenbereich angebracht, der in Bezug auf die Drehebene schräg verläuft, so dass die Zentripetalkraft jeden Wafer an die Fläche der Aufnahmeplatte drängt, wenn die Wafer über eine Behandlungsstation hinaus gedreht werden. Analog kann ein Satz von radialen Armen (wie im US Patent Nr. 4733091, erteilt für Robinson et al., gezeigt) verwendet werden, um einen derartigen Zentrifugalklemmmechanismus bereit zu stellen. Durch Kippen der Aufnahmeplatten derart, dass die waferkontaktierenden Oberflächen geringfügig zur Drehachse weisen, wird eine Zentripetalkraftkomponente entwickelt, die dahingehend wirkt, die Werkstücke auf die Aufnahmeplatten zu pressen, während sie in einer Ausrichtung für die Verarbeitung gehalten werden. Der Klemmdruck ist gegeben durch

$$P = \rho t_w \omega^2 r \sin \alpha \quad (6)$$

wobei ρ die Dichte des Werkstücks ist, wobei t_w seine Dicke ist (die als gleichmäßig angenommen wird), wobei r der mittlere Umlaufradius ist, wobei ω die Winkelgeschwindigkeit ist und wobei α der Winkel zwischen einem Radius und der Kühl/Heizoberfläche ist. Ein Winkel von fünf bis zehn Grad reicht bei vernünftigen Trommel-drehraten aus, um sicherzustellen, dass ausreichend flache Wafer gekühlt werden durch Gaswärmeleitungsübertragung.

[0054] Es wird bemerkt, dass die vorliegend offenbarte Erfindung, obwohl sie auf kreisförmige Halbleiterwafer angewendet erläutert ist, problemlos an andere Formen und andere Materialien angepasst werden kann, beispielsweise an quadratische oder rechteckige flache Substrate, wie etwa Sensoren, flache Anzeigevorrichtungen und andere Formen oder Gegenstände, die Unterdruckbehandlung erfordern. In diesen Fällen liegen der umfangsmäßige Gaszuführkanal bzw. -ring und der Spül- bzw. Differenzpumpiring, falls einer verwendet wird, üblicherweise auf einer nicht kreisförmigen Kontur. Das Arbeitsprinzip ist den üblichen Belangen ähnlich und es ist für nicht kreisförmige Substrate zu erwarten, dass die Vorteile verteilter Klemmkraft und gleichmäßiger Wärmeübertragungseigenschaft sogar noch signifikante Verbesserung in Bezug auf aktuell verfügbare Werkstückhalter und Wärmesteuersysteme erbringen.

Patentansprüche

1. Befestigungsglied (**250**) zum Festklemmen eines flachen dünnen Werkstücks (**2**), wobei das Befestigungsglied (**250**) mindestens eine flache Deckschicht (**52**) aus dielektrischem Material, eine leitende Unterschicht, die in ein Muster aus mindestens vier Elektroden (**51**) unterteilt ist, und eine Bodenschicht (**53**) aus dielektrischem Material aufweist, wobei alle Elektroden (**51**) im wesentlichen die gleiche Fläche aufweisen und sich in Folge nebeneinander erstrecken, wobei das Glied weiterhin ein Aktivierungsmittel umfaßt, das mehrere Spannungsquellen, die Signale von im wesentlichen gleicher Amplitude und gleichförmig beabstandeter Phase aufweisen, an die Elektroden (**51**) in einer nicht sequentiellen Reihenfolge anlegt, damit eine nichtmotorische Klemmkraft erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Elektroden (**51**) allgemein spiralförmig sind.

2. Verfahren zum elektrostatischen Festklemmen, um zwischen einem flachen dünnen leitenden Werkstück (**2**) und einem Befestigungsglied (**250**) einen im wesentlichen gleichförmigen Druck bereitzustellen, wobei das Befestigungsglied (**250**) mindestens eine Deckschicht (**52**), die aus einem flachen Dielektrikum besteht, eine zweite Schicht aus Metall, die in ein Muster aus mindestens vier Elektroden (**51**), die im wesentlichen die gleiche Fläche aufweisen, unterteilt ist, und eine dritte Schicht (**53**) aus einem Dielektrikum umfaßt, wobei das Verfahren folgende Schritte umfaßt:

Anordnen, so daß sich die Elektroden in einer Folge nebeneinander erstrecken,

Bereitstellen von Wechsellspannungsquellen von im wesentlichen gleicher Amplitude und gleichförmig beab-

standeter Phase, die mit jeder der Elektroden (51) verbunden sind, und Verbinden der Spannungsquellen mit den Elektroden (51), um elektrostatische Klemmkräfte einzuführen, damit das Werkstück (2) an das Befestigungsglied (250) geklemmt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Anordnens beinhaltet, daß die Elektroden (51) allgemein spiralförmige strukturierte Elektroden (51) sind, so daß die Größe der durch die Wechselspannungen in das Werkstück (2) eingeführten Schwingungen reduziert ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, weiterhin mit dem Schritt des Überwachens des an die Elektroden gelieferten Stroms, um das Vorliegen des Werkstücks (2) am Befestigungsglied (250) und den Grad seines Kontakts mit ihm zu erfassen.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei sich die Elektroden (51) paarweise entlang gewundener Wege erstrecken, die eng beabstandet sind, und ineinandergreifen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

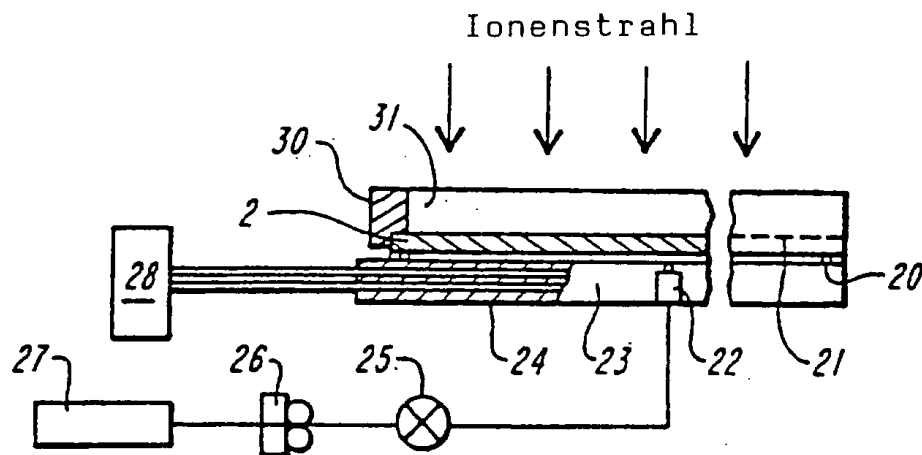


FIG. 1

Stand der Technik

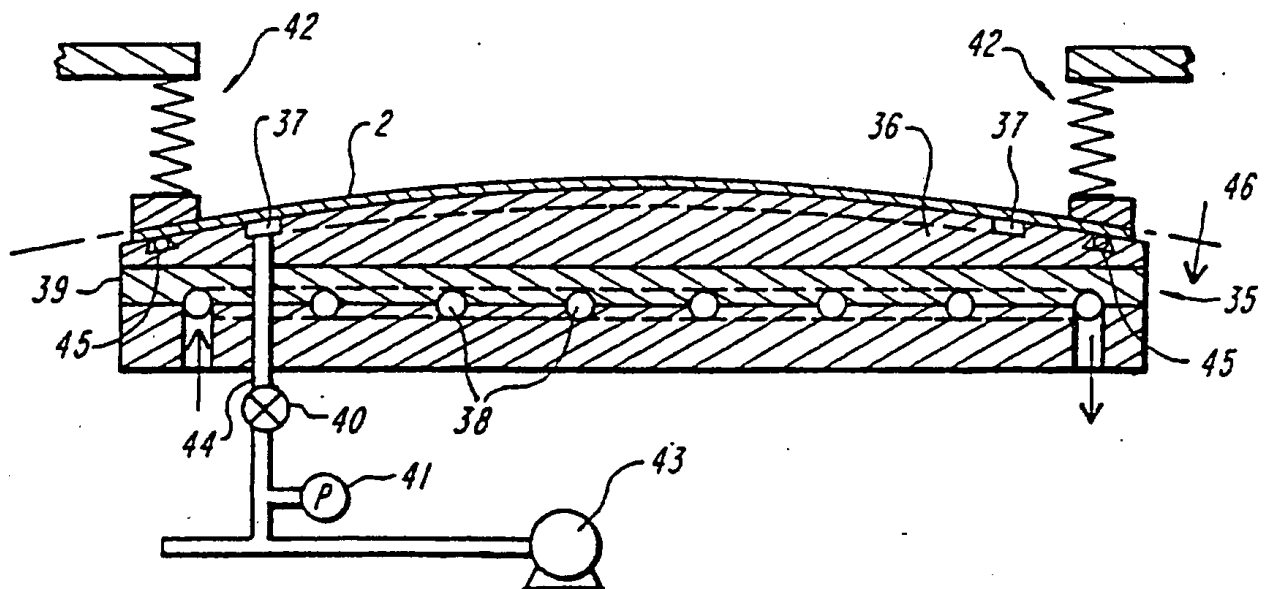


FIG. 2

Stand der Technik

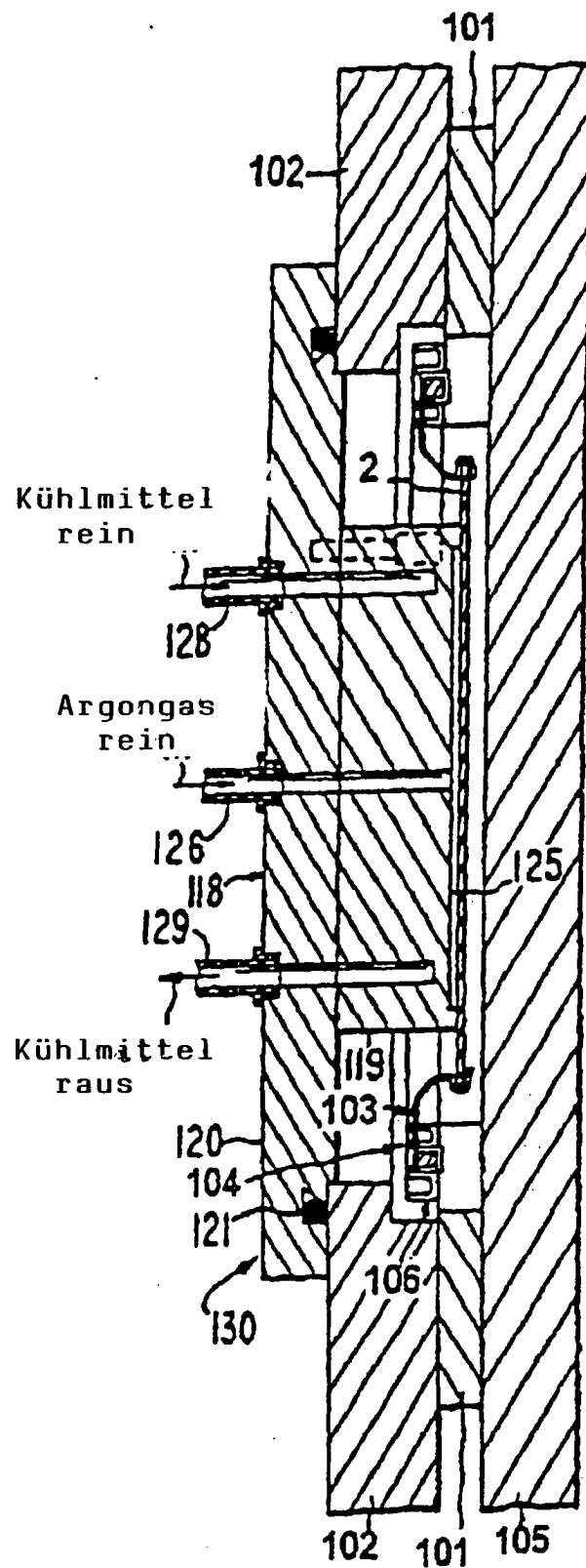


FIG. 3

Stand der Technik

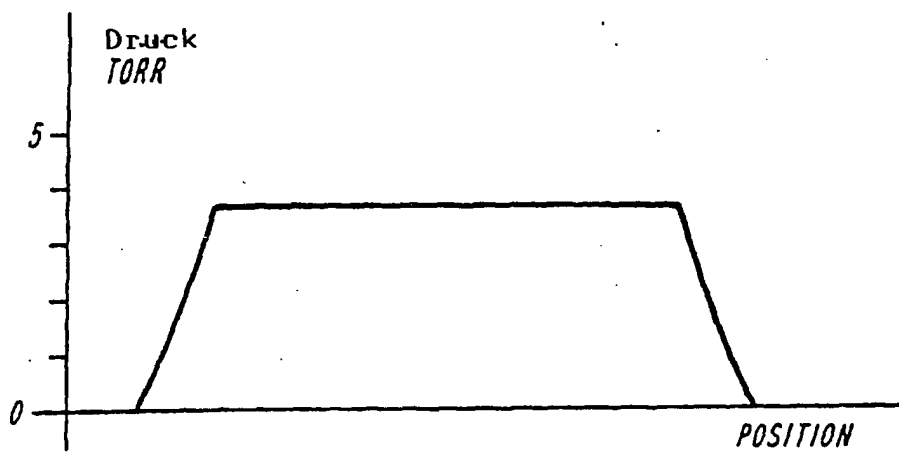


FIG. 4A

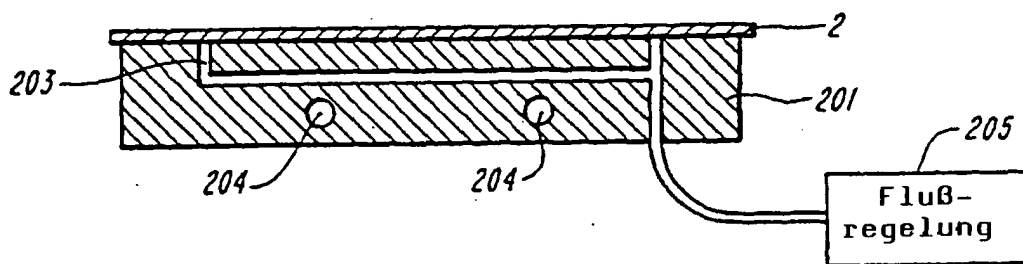


FIG. 4

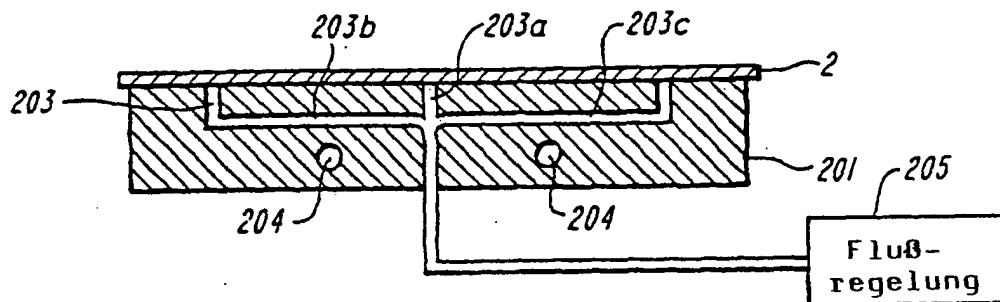


FIG. 4B

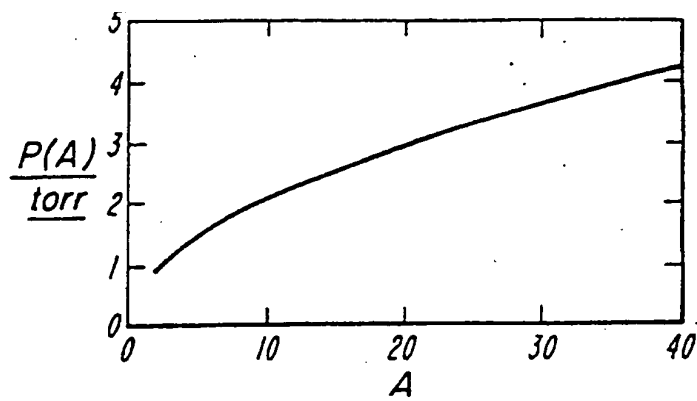


FIG. 5

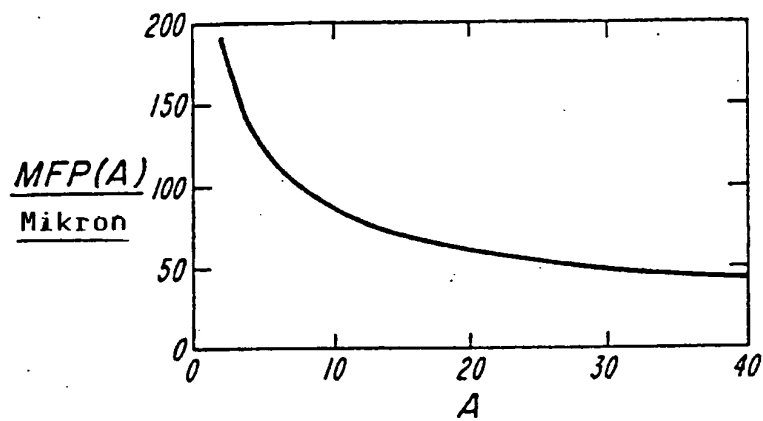


FIG. 6

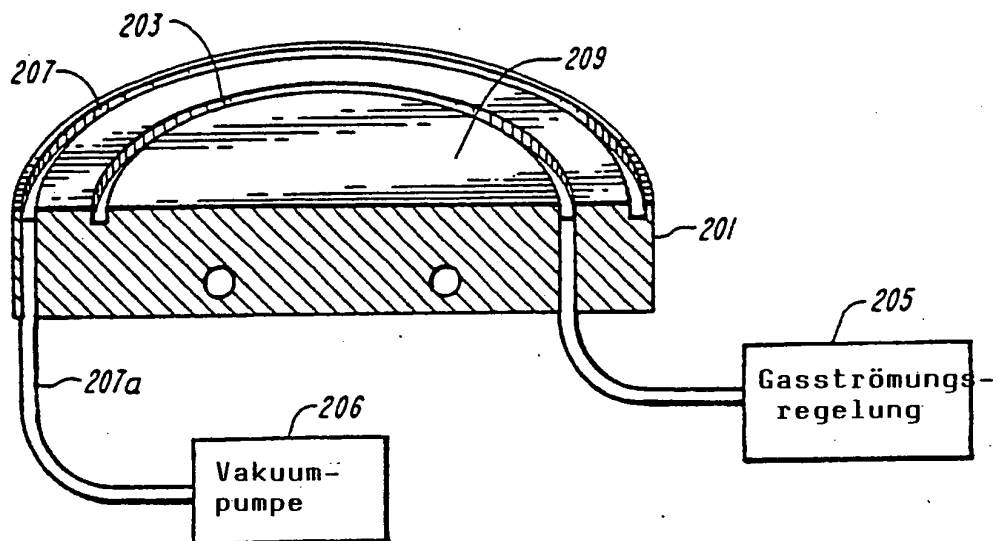


FIG. 7

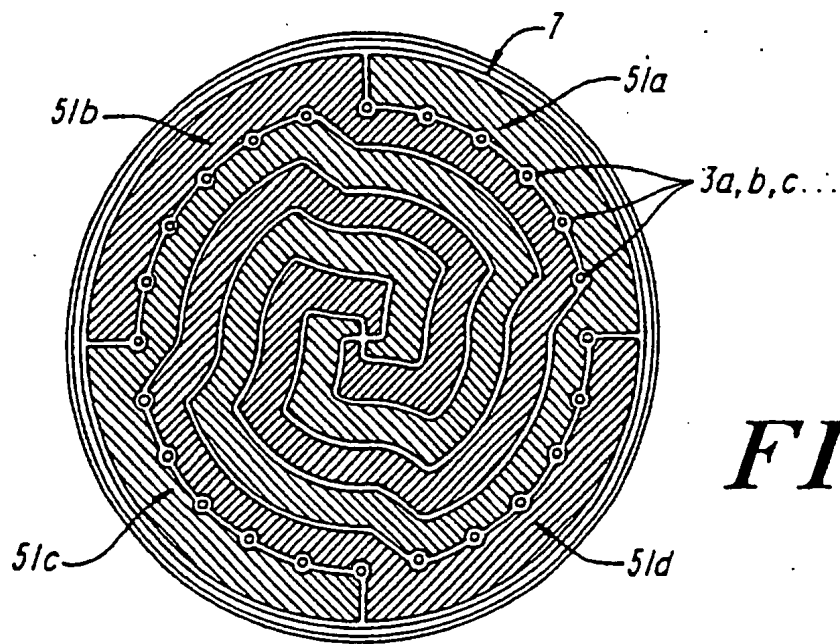


FIG. 8A

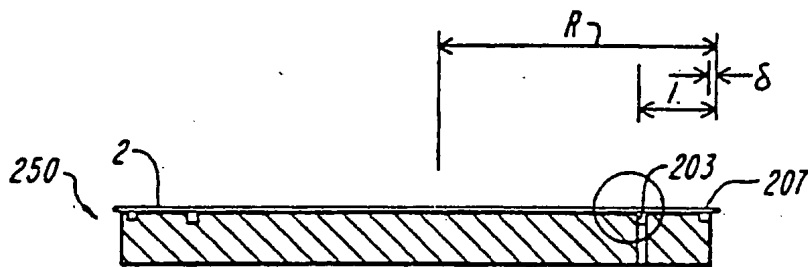


FIG. 8B

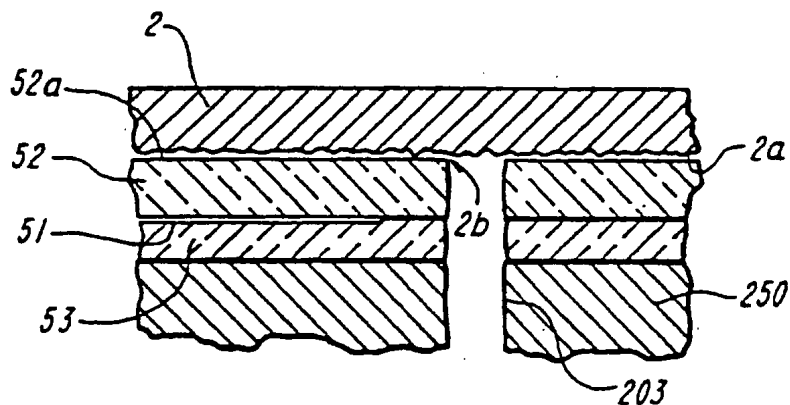


FIG. 8C

