



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 34 862 T2** 2008.01.24

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 111 661 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 34 862.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 311 471.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **20.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.06.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **16.05.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.01.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/00** (2006.01)
H01L 21/68 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

469287 22.12.1999 US

(73) Patentinhaber:

Lam Research Corp., Fremont, Calif., US

(74) Vertreter:

Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(72) Erfinder:

**Sexton, Greg, Fremont, California 94536, US;
Kennard, Mark Allen, Pleasanton, California
94566, US; Schoepp, Alan, Ben Lomond,
California 95005, US**

(54) Bezeichnung: **Hochtemperatur elektrostatischer Halter**

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

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

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft einen elektrostatischen Halter (ESH) für die Bearbeitung von Substraten, wie beispielsweise Halbleiter-Wafer. Der ESH kann dazu verwendet werden, ein Halbleitersubstrat in einer Plasmareaktionskammer zu halten, in der Ätz- oder Beschichtungsprozesse ausgeführt werden. Der ESH ist insbesondere nützlich beim Hochtemperatur-Plasmaätzen von Materialien wie beispielsweise Platin, die bei niedrigen Temperaturen nicht volatil sind.

Stand der Technik

[0002] Vakuumprozesskammern werden in der Regel zum Ätzen und chemischen Aufdampfen (CVD) von Materialien auf Substraten verwendet, wobei ein Ätz- oder Aufdampfgas in die Vakuumkammer zugeführt und an das Gas ein RF-Feld angelegt wird, um das Gas in einen Plasmazustand zu aktivieren. Beispiele von Parallelplatten-Transformatorgekoppeltem Plasma (TCP), das auch als induktiv gekoppeltes Plasma (ICP) bezeichnet wird, und von Elektron-Zyklotronresonanz-Reaktoren (ECR) sind in U.S.-Patent Nr. 4,340,462; 4,948,458 und 5,200,232 offenbart. Vakuumprozesskammern sind typischer Weise so ausgeführt, dass sie die Leistungsbedingungen erfüllen, die von dem darin auszuführenden Prozess abhängig sind. Folglich müssen die jeweilige Plasmaerzeugungsquelle, die Vakuumpumpenanordnung und der zur entsprechenden Prozesskammer gehörende Substrathalter individuell abgestimmt oder eigens so konzipiert werden, dass sie den Leistungsanforderungen entsprechen.

[0003] Die Substrate werden in der Regel während der Bearbeitung von Substrathaltern in der Vakuumkammer festgehalten. Herkömmliche Substrathalter umfassen mechanische Klemmen und elektrostatische Klemmen (ESHs). Beispiele für mechanische Klemmen und ESH-Substrathalter finden sich im U.S.-Patent Nr. 5,262,029 und 5,671,116.

[0004] Substrathalter in Form einer Elektrode können Funkfrequenzenergie (RF) in die Kammer zuführen, wie in U.S.-Patent Nr. 4,579,618 offenbart.

[0005] Substrate, die Flachbildschirme umfassen, und kleinere Substrate können während bestimmter Bearbeitungsschritte vom Substrathalter gekühlt werden. Eine derartige Kühlung wird durch Aufbringen eines Edelgases, wie beispielsweise Helium, zwischen dem Substrathalter und der gegenüber liegenden Oberfläche des Substrats bewirkt. Vgl. beispielsweise U.S.-Patent Nr. 5,160,152; 5,238,499; 5,350,479 und 4,534,816. Das Kühlgas wird normalerweise zu Kanälen oder einem Rillenraster im Sub-

strathalter zugeführt und übt auf das Substrat einen Gegendruck aus. Elektrostatische Halter des monopolen Typs verwenden eine Einzelelektrode. Vgl. beispielsweise U.S.-Patent Nr. 4,665,463. Elektrostatische Halter des bipolaren Typs nutzen die gegenseitige Anziehung zwischen zwei elektrisch geladenen Kondensatorplatten, die durch eine dielektrische Schicht getrennt sind. Vgl. beispielsweise U.S.-Patent Nr. 4,692,836 und 5,055,964.

[0006] Substratträger für Vakuumprozesskammern sind normalerweise an einer Bodenwand der Kammer montiert, was das Service und den Austausch der Substratunterlage erschwert und zeitaufwendiger gestaltet. Beispiele solcher bodenmontierter Träger finden sich in U.S.-Patent Nr. 4,340,462; 4,534,816; 4,579,618; 4,615,755; 4,948,458; 5,200,232 und 5,262,029. Eine auskragende Trägeranordnung ist im U.S.-Patent Nr. 5,820,723 und 5,948,704 beschrieben.

[0007] Elektrostatische Hochtemperaturhalter mit Klemmelektroden und Heizelementen wurden für die Verwendung in Kammern für die chemische Beschichtung verwendet. Vgl. beispielsweise U.S.-Patent Nr. 5,730,803; 5,867,359; 5,908,334 und 5,968,273 und die Europäische Patentveröffentlichung 628644 A2. Von diesen offenbart das EP'644 einen Aluminiumnitrid-Halterkörper mit einer RF Metallelektrodenplatte, die zur Bildung eines Maschengitters mit Löchern perforiert ist und in die ein Heizelement eingebettet ist, wobei der Halterkörper dergestalt auf einem Aluminiumoxidzylinder aufliegt, dass sich die Außenperipherie des Halterkörpers über den Zylinder hinaus erstreckt. Das Patent '803 offenbart einen Halterkörper aus Siliciumnitrid oder Aluminiumoxid mit einem elektrischen Netz aus Mo, W, W-Mo und einem darin eingebetteten Mo-Heizspulendraht, wobei der Halterkörper von einem Mo-Wärmedrosselzylinder getragen wird, der eine wassergekühlte Cu- oder Al-Kühlplatte umschließt, die mittels eines Thermofettes, das eine unterschiedliche Ausdehnung von Halterkörper und Kühlplatte erlaubt, in Wärmekontakt mit dem Halterkörper ist. Das Patent '359 beschreibt einen Halter, der bei Temperaturen in der Größenordnung von 500°C betrieben werden kann, wobei der Halter Saphirschichten (Einzelkristall Al_2O_3) umfasst, die auf gegenüber liegende Seiten einer Niobiumelektrode gelötet sind und diese Anordnung an eine Metallgrundplatte gelötet ist. Das Patent '334 beschreibt einen Halter zur Verwendung bei Temperaturen über 175°C, wobei der Halter Polyimidfilme zu beiden Seiten einer monopolen oder bipolaren Elektrode aufweist, so dass der untere Polyimidfilm selbsthaftend an einer Platte aus Edelstahl befestigt ist. Das Patent '273 offenbart einen Schicht-Halterkörper mit einer Topschicht aus Aluminiumnitrid, einer Elektrode, einer Aluminiumnitridschicht, einer Metallplatte, einem Heizelement, einer Metallplatte und einem Aluminiumverbundstoff, wo-

bei der Halterkörper dergestalt von einem Zylinder getragen wird, dass sich die Außenperipherie des Halterkörpers über den Zylinder hinaus erstreckt.

[0008] Einige ESH-Designs verwenden ein Wärmeleitungsgas, wie beispielsweise Helium, um die Wärmeleitung zwischen angrenzenden Flächen des Wafer-Trägers zu verbessern. Beispielsweise beschreibt U.S.-Patent Nr. 5,155,652 einen ESH mit Schichten, darunter eine obere pyrolytische Boronitridschicht oder alternativ dazu eine Polyimid-, Aluminiumoxid-, Quarz- oder Diamantschicht, eine elektrostatische Rasterschicht, bestehend aus einem Boronitridsubstrat und einem leitenden Raster aus pyrolytischem Graphit darauf, eine Heizschicht, bestehend aus einem Boronitridsubstrat und einem Leiterbahnaster aus pyrolytischem Graphit darauf, und ein Wärmeableiter aus KOVAR™ (NiCoFe-Legierung mit 29% Ni, 17% Co und 55% Fe). Die Wärmeableiterbasis umfasst Wasserkühlkanäle in einem tieferen Abschnitt derselben und Kammern in einer oberen Oberfläche derselben, die während des Erwärmens des Halters unter Vakuum gehalten werden können, oder mit Helium gefüllt, um das Kühlen eines vom Halter getragenen Wafers zu unterstützen. U.S.-Patent Nr. 5,221,403 beschreibt einen Trägertisch, bestehend aus einem oberen Element, das einen Wafer trägt, und einem unteren Element, das einen Flüssigkeitsdurchgang zur Temperaturregelung des Wafers besitzt, wobei das obere Element einen ESH besitzt, der aus einer Kupferelektrode zwischen Polyimidfolien und einem Spalt zwischen den Kontaktflächen der oberen und unteren Elemente besteht, der mit einem wärmeleitenden Gas versorgt wird. Das U.S.-Patent Nr. 5,835,334 beschreibt einen Hochtemperaturhalter, in den Helium zwischen Kontaktflächen einer unteren Aluminiumelektrode und einer an die untere Elektrode geschraubten Elektrodenkappe eingeführt wird, wobei die Elektrodenkappe eloxiertes Aluminium oder diamantbeschichtetes Molybdän umfasst. Ein Aluminiumoxid-Schutzring und O-Ring-Dichtungen minimieren das Austreten von Kühlgas zwischen der Elektrodenkappe und der unteren Elektrode. Die Elektrodenkappe umfasst Flüssigkeitskühlmittelkanäle zur Zirkulation eines Kühlmittels, wie beispielsweise Ethylenglykol, Siliciumöl, "Fluorinert"™ oder eine Wasser/Glykollmischung, und die untere Elektrode umfasst ein Heizelement zum Erwärmen des Halters auf Temperaturen von etwa 100–350°C. Um ein Reißen der Eloxierung infolge differentieller Wärmeausdehnung zu verhindern, wird die Elektrodenkappe auf Temperaturen von nicht mehr als 200°C gehalten. Im Falle der diamantbeschichteten Molybdän-Elektrodenkappe kann der Halter auch bei höheren Temperaturen verwendet werden.

[0009] In der Internationalen Publikation WO 99/36956 wird ein Verfahren zum Plasmaätzen einer Platin-Elektrodenschicht beschrieben, in dem ein Substrat auf über 150°C erwärmt und die Pt-Schicht

durch ein hochdichtes induktiv gekoppeltes Plasma aus einem Ätzgas geätzt wird, das Chlor, Argon und optional BCl₃, HBr oder eine Mischung daraus enthält. In U.S.-Patent Nr. 5,930,639 wird ebenfalls ein Platin-Ätzverfahren beschrieben, in dem das Pt eine Elektrode mit einem Kondensator mit hoher dielektrischer Konstante bildet und das Pt mit einem Sauerstoffplasma geätzt wird.

[0010] Obwohl es Versuche gegeben hat, verbesserte Halterausführungen zur Verwendung bei hohen Temperaturen zu schaffen, bringen die hohen Temperaturen unterschiedliche thermische Belastungen mit sich, die der Verwendung von Materialien mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten zuwider laufen. Dies ist besonders problematisch hinsichtlich der Aufrechterhaltung einer hermetischen Dichtung zwischen Keramikmaterialien, wie beispielsweise Aluminiumnitrid, und Metallmaterialien, wie beispielsweise Edelstahl oder Aluminium. Es besteht somit ein Bedürfnis in der Fachwelt nach verbesserten Halterausführungen, welche die thermisch-zyklischen Anforderungen an Hochtemperatur-Haltermaterialien befriedigen können.

Zusammenfassung der Erfindung

[0011] Die Erfindung schafft einen in einer Hochtemperatur-Vakuumprozesskammer anwendbaren elektrostatischen Halter, der einen Halterkörper, einen Wärmeübertragungskörper und zwischen diesen einen Kompensatoranschluss umfasst. Der Halterkörper umfasst eine elektrostatische Klemmelektrode und ein optionales Heizelement, wobei die Elektrode geeignet ist, ein Substrat, wie beispielsweise einen Halbleiter-Wafer, an eine Außenfläche des Halterkörpers zu klemmen. Der Wärmeübertragungskörper ist vom Halterkörper durch eine Luftkammer getrennt, die zwischen beabstandeten Oberflächen des Halterkörpers und des Wärmeübertragungskörpers angeordnet ist, wobei der Wärmeübertragungskörper geeignet ist, mittels Wärmeleitung durch ein Wärmetransfergas in der Luftkammer Wärme vom Halterkörper abzuführen. Der Kompensatoranschluss befestigt eine äußere Peripherie des Halterkörpers am Wärmeübertragungskörper, wobei der Kompensatoranschluss unterschiedliche Wärmeausdehnungen des Halterkörpers und des Wärmeübertragungskörpers aufzunehmen vermag und dabei eine hermetische Dichtung während des Wärmezyklus des Halterkörpers beibehält.

[0012] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst der Wärmeübertragungskörper eine Kühlplatte mit mindestens einem Kühlkanal darin, in dem ein Kühlmittel zirkuliert werden kann, um den Halterkörper auf einer gewünschten Temperatur zu halten, und die Luftkammer ist ein ringförmiger Raum, der sich über mindestens 50% der Unterseite des Halterkörpers erstreckt. In diesem Ausführungs-

beispiel umfasst der Wärmeübertragungskörper einen Gasversorgungs kanal, durch den das Wärmetransfergas in den ringförmigen Raum strömt. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst der Halterkörper Gaskanäle, die sich zwischen der Luftkammer und der Außenfläche des Halterkörpers erstrecken. Die Gaskanäle können in jeder geeigneten Anordnung vorgesehen sein. Wenn beispielsweise der äußere Abschnitt des Halterkörpers dazu neigt, heißer zu werden als dessen mittlerer Abschnitt, können die Gaskanäle angrenzend an den Kompensatoranschluss angeordnet sein, so dass das Wärmetransfergas von der Luftkammer zur Unterseite einer Außenperipherie des Substrats strömt, während dieses bearbeitet wird.

[0013] Gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst der Halterkörper ein metallisches Material, wie beispielsweise Aluminium oder eine Legierung desselben oder ein Keramikmaterial, wie beispielsweise Aluminiumnitrid. Im Falle eines keramischen Halterkörpers kann der Kompensatoranschluss einen dünnen Metallabschnitt umfassen, der an den keramischen Halterkörper gelötet ist. Mit Hilfe von Hubnadeln kann ein Substrat angehoben und abgesenkt werden. Beispielsweise kann der Wärmeübertragungskörper Hubnadeln besitzen, wie etwa daran montierte, kabelbetätigte Hubnadeln, wobei die Hubnadeln auf eine Weise zum Halterkörper oder von diesem weg beweglich sind, dass die Hubnadeln durch Löcher im Halterkörper gehen, um ein Substrat vom Halterkörper abzuheben oder auf diesen abzusinken.

[0014] Der Kompensatoranschluss kann einen Montageflansch besitzen, der geeignet ist, am Wärmeübertragungskörper befestigt zu werden, des weiteren eine Wärmedrossel, wie beispielsweise ein einzelnes oder mehrteiliges flexibles Metallteil. Die Wärmedrossel umfasst innere und äußere Ringabschnitte, die mit einem gebogenen Abschnitt verbunden sind, wobei der innere Ringabschnitt am Halterkörper befestigt ist und der äußere Ringabschnitt am Montageflansch befestigt ist. Der Kompensatoranschluss kann auch ein Verbindungselement besitzen, wie beispielsweise einen dünnen Ring, der mittels einer Verbindung, etwa einer mechanischen Verbindung oder einer metallurgischen Verbindung, wie beispielsweise einer Lötverbindung an einer Außenperipherie des Halterkörpers befestigt ist, wobei das metallische Verbindungselement einen Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt, der ausreichend nahe an jenem des Halterkörpers ist, um ein Versagen der Verbindung während des Wärmezyklus des Halterkörpers zu vermeiden. Des weiteren kann der Kompensatoranschluss einen Wärmeausdehnungsabschnitt besitzen, der an eine Außenkante des Halterkörpers anschließt, wobei der Wärmeausdehnungsabschnitt thermisch dehnbar und kontrahierbar ist, um Dimensionsänderungen des Halterkörpers aufnehmen zu

können.

[0015] Der Halterkörper kann einen keramischen oder metallischen Rohrabschnitt aufweisen, der sich von einem mittleren Abschnitt der Unterseite des Halterkörpers erstreckt, so dass eine Außenfläche des Rohrabschnitts eine Wand der Luftkammer begrenzt, wobei der Rohrabschnitt in schwimmendem Kontakt mit dem Wärmeübertragungskörper mit einer hermetischen Dichtung dazwischen getragen wird. Das Innere des Rohrabschnitts kann Stromversorgungen enthalten, die RF- und DC-Strom an die Klemmelektrode und AC-Strom an das Heizelement liefern, und/oder eine Temperaturmessanordnung zur Kontrolle der Temperatur des Halterkörpers.

[0016] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Halter ein austauschbarer elektrostatischer Halter für eine Vakuumprozesskammer, wobei der Halter einen Halterkörper und einen Kompensatoranschluss aufweist. Der Halter besitzt eine Elektrode mit einem elektrischen Kontakt, der an eine elektrische Stromversorgung angebracht werden kann, welche die Elektrode ausreichend aktiviert, um ein Substrat elektrostatisch an eine Außenfläche des Halterkörpers zu klemmen. Der Kompensatoranschluss umfasst einen ersten Abschnitt, der an einer Außenperipherie des Halterkörpers befestigt ist, und einen zweiten Abschnitt, der abnehmbar an einem Wärmeübertragungskörper befestigt werden kann, so dass zwischen den beabstandeten Oberflächen des Halterkörpers und des Wärmeübertragungskörpers eine Luftkammer ausgebildet wird.

[0017] Die Erfindung schafft zudem ein Verfahren zur Bearbeitung eines Substrats in einer Vakuumprozesskammer, wobei das Substrat elektrostatisch an einen Halterkörper geklemmt wird, der eine Klemmelektrode und einen Kompensatoranschluss besitzt, der eine Außenperipherie des Halterkörpers so an einen Wärmeübertragungskörper befestigt, dass sich zwischen beabstandeten Oberflächen des Halterkörpers und des Wärmeübertragungskörpers eine Luftkammer bildet, wobei das Verfahren das Festklemmen eines Substrats an einer Außenfläche des Halterkörpers durch Aktivieren der Elektrode, das Zuführen eines Wärmetransfergases zur Luftkammer, wobei das Wärmetransfergas in der Luftkammer durch Gaskanäle im Halterkörper zu einem Zwischenraum zwischen einer Unterseite des Substrats und der Außenoberfläche des Halterkörpers strömt, das Entfernen der Wärme vom Halterkörper durch Wärmeableitung mittels des der Luftkammer zugeführten Wärmetransfergases und die Bearbeitung des Substrats umfasst.

[0018] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst das Verfahren des Weiteren die Zuführung von Prozessgas zur Kammer und die Erregung des Prozessgases zu einem Plasma und das Ätzen

einer exponierten Oberfläche des Substrats mit dem Plasma während des Bearbeitungsschrittes. Allerdings kann eine exponierte Fläche des Substrats während des Verarbeitungsschrittes beschichtet werden. Das Prozessgas kann durch jede geeignete Technik zum Plasma erregt werden, wie beispielsweise durch die Versorgung mit Funkfrequenzenergie über eine Antenne, welche die Funkfrequenzenergie induktiv in die Kammer koppelt. Während des Verarbeitungsschrittes kann das Substrat durch Zuführung von Energie zu einem im Halterkörper eingebetteten Heizelement erwärmt werden. Vor dem Festklemmen des Substrats kann das Substrat auf die Außenfläche des Halterkörpers mittels am Wärmeübertragungskörper montierter Hubnadeln abgesenkt werden, wobei die Hubnadeln durch Öffnungen in einem äußeren Abschnitt des Halterkörpers hindurch gehen. Um Wärme vom Halterkörper abzuziehen, kann die Methode das Zirkulieren eines flüssigen Kühlmittels im Wärmeübertragungskörper umfassen. Temperaturänderungen im Substrat können mit einem Temperatursensor überwacht werden, der vom Wärmeübertragungskörper gehalten wird und durch ein Loch im Halterkörper reicht. Im Falle des Plasma-Ätzens einer Platinschicht während des Verarbeitungsschrittes kann das Substrat auf eine Temperatur von über 200°C erhitzt werden.

[0019] Gemäß dem Verfahren ist es möglich, eine gewünschte Wärmeverteilung über den Halterkörper zu erreichen, indem Wärme über mehrere Wärmewege vom Halterkörper entfernt wird. Es ist ferner möglich, die über diese Wärmewege entfernte Wärmemenge durch Ändern des Drucks des Wärmetransfergases in der Luftkammer anzupassen. Da beispielsweise die keramische oder metallische Rohrverlängerung an einem mittleren Abschnitt der Unterseite des Halterkörpers Wärme vom Halterkörper zum Wärmeübertragungskörper leitet, kann das Verfahren die Anpassung des Drucks des Wärmetransfergases in der Luftkammer umfassen, so dass die Wärme, die durch einen ersten, vom Wärmeübertragungsgas in der Luftkammer bereitgestellten Wärmeweg entfernt wird, jene Wärme ausgleicht, die über einen vom Kompensatoranschluss bereitgestellten zweiten Wärmeweg und über einen von der Rohrverlängerung bereitgestellten dritten Wärmeweg entfernt wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0020] Die Erfindung wird im Detail unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, in denen gleiche Elemente durch gleiche Bezugszeichen markiert sind.

[0021] [Fig. 1](#) ist eine Querschnittansicht einer Vakuumprozesskammer, in der eine HTESC-Anordnung der vorliegenden Erfindung implementiert werden kann;

[0022] [Fig. 2](#) ist eine Querschnittansicht einer weiteren Prozesskammer, in der die HTESC-Anordnung der vorliegenden Erfindung implementiert werden kann;

[0023] [Fig. 3](#) ist eine perspektivische Ansicht des auskragenden Substratträgers der [Fig. 2](#);

[0024] [Fig. 4](#) ist eine Querschnittansicht einer HTESC-Anordnung eines ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0025] [Fig. 5](#) zeigt Details eines Abschnitts der HTESC-Anordnung in [Fig. 4](#);

[0026] [Fig. 6](#) ist eine vergrößerte Ansicht eines Abschnitts des in [Fig. 5](#) dargestellten Halterkörpers;

[0027] [Fig. 7](#) ist eine Querschnittansicht einer HTESC-Anordnung eines zweiten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0028] [Fig. 8](#) zeigt Details eines Abschnitts der in [Fig. 6](#) dargestellten HTESC-Anordnung;

[0029] [Fig. 9](#) ist eine Querschnittansicht eines HTESC gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0030] Die Erfindung schafft einen elektrostatischen Halter, der dazu dient, Substrate, wie beispielsweise Halbleiter-Wafer, während deren Bearbeitung in einer Vakuumprozesskammer, wie etwa in einem Plasma-Ätzreaktor, fest zu klemmen. Der elektrostatische Halter kann jedoch auch für andere Zwecke verwendet werden, wie beispielsweise für das Festklemmen von Substraten während eines chemischen Aufdampfvorgangs, beim Sputtering, bei der Ionenimplantation, bei der Resistablösung, usw.

[0031] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung umfasst der Halter eine Klemmelektrode und ein optionales Heizelement, das dazu verwendet werden kann, das auf dem Halter angebrachte Substrat bei erhöhten Temperaturen über 80°C zu halten (der obere Grenzwert bestimmter herkömmlicher Halter liegt bei 60°C), vorzugsweise bei über 200°C, zum Beispiel bei 250 bis 500°C. Der Halter kann beispielsweise dazu verwendet werden, einen Wafer während eines chemischen Aufdampfvorgangs oder während des Plasmaätzens von Materialien zu halten, wobei es erforderlich ist, das Substrat auf Temperaturen in der Größenordnung von etwa 150°C und darüber aufzuheizen. Um derartig hohe Temperatur ohne Beschädigung des Halters zu erreichen, ist der Halter mit einem Kompensatoranschlussdesign ausgeführt, das dem Halter eine

Hochtemperatur-Funktionalität in einer kleinen Packung verleiht.

[0032] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel schafft der Kompensatoranschluss zwischen beabstandeten Oberflächen eines aktiv erwärmten Abschnitts des Halters und eines aktiv gekühlten Abschnitts des Halters eine Luftkammer. Die Luftkammer ist mit einem Wärmetransfergas gefüllt, um Wärme vom erhitzten Abschnitt zum gekühlten Abschnitt des Halters zu leiten. Bei dieser Anordnung ist die Verwendung einer Elastomerdichtung im erwärmten Abschnitt des Halters nicht erforderlich, wodurch der Betrieb des erwärmten Abschnitts des Halters bei Temperaturen möglich wird, bei denen Elastomerdichtungen versagen würden. Zudem kann aufgrund der Luftkammer und eines Wärmedrosselabschnitts des Kompensatoranschlusses der gekühlte Abschnitt des Halters auf einer ausreichend niedrigen Temperatur gehalten werden, um die Verwendung kostengünstiger Elastomerdichtungen in Kontakt mit den Oberflächen des gekühlten Abschnitts des Halters zu erlauben. Überdies hat die Ausführung des Kompensatoranschlusses eine geringe Gesamthöhe des Halters zur Folge, die den Halter mit beschränkten Systempackungserfordernissen (Footprint) kompatibel macht. Ein weiterer Vorteil des Kompensatoranschlusses besteht darin, dass Wärmebelastungen zwischen den erhitzten und gekühlten Abschnitten des Halters aufgenommen werden können. Außerdem kann ein Wärmetransfergas, wie beispielsweise Helium, gezielt an Stellen auf der Unterseite des Substrats zugeführt werden, ohne die Notwendigkeit einer komplizierten Anordnung von Gaskanälen innerhalb des Halters.

[0033] Gemäß einer bevorzugten Verwendungsmethode des Halters gemäß der Erfindung kann ein Ätzprodukt mit niedrigerer Volatilität von einem Substrat in einem Plasma-Ätzverfahren entfernt werden, wobei das Substrat durch den Halter erwärmt wird. Derartige Ätzprodukte mit niedriger Volatilität können beim Plasmaätzen von Edelmetallen gebildet werden, wie beispielsweise Pt, Pd, Ru und Ir-Materialien, die für die Elektroden von Kondensatoren, die dielektrische Materialien mit hohem U-Wert benützen, in Frage kommen. Solche Ätzprodukte mit niedriger Volatilität bleiben auf der Substratfläche, sofern das Substrat nicht ausreichend erwärmt wird. Beispielsweise kann das beim Ätzen von Platin gebildete Platinchlorid durch Erhitzen des Substrats auf etwa 300°C verflüchtigt werden. Herkömmliche Halter, die in Niedrigtemperatur-Ätzverfahren verwendet werden, sind für solche Hochtemperaturumgebungen ungeeignet, da sie schädlichen Wärmezyklen ausgesetzt sein können, die die hermetischen Dichtungen beschädigen und/oder einen Defekt der Haltermaterialien bewirken. Da des weiteren die wassergekühlten Abschnitte solcher Halter in direktem Wärmekontakt mit dem erwärmten Abschnitt des Halters stehen,

kann die Wärme vom Halter das Kühlfluid zum Kochen bringen und ein ungleichmäßiges Abkühlen des Halters und/oder eine nicht ausreichende Kühlung des Halters bewirken. Der Halter gemäß der Erfindung löst diese Probleme durch die Verwendung des Kompensatoranschlusses.

[0034] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Halterkörper aus einem metallischen oder keramischen Material mit den erwünschten elektrischen und/oder thermischen Eigenschaften gefertigt. Beispielsweise kann der Halterkörper aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung gefertigt sein. Alternativ dazu kann der Halterkörper auch aus einem oder mehreren keramischen Materialien bestehen, einschließlich Nitriden, wie beispielsweise Aluminiumnitrid, Bornitrid und Siliciumnitrid, oder aus Carbiden, wie beispielsweise Siliciumcarbid und Borcarbid, oder aus Oxiden, wie beispielsweise Aluminiumoxid, usw., mit oder ohne Füllstoffe, wie beispielsweise Partikel in Form von Whiskers, Fasern oder dergleichen, oder infiltrierten Metallen, wie beispielsweise Silicium. Ein Keramik-Halterkörper kann mit unterschiedlichen Techniken gebildet werden. Beispielsweise kann das Keramikmaterial mittels einer metallurgischen Pulvertechnik zu einem monolithischen Körper ausgebildet werden, wobei das Keramikpulver zu einem Halterkörper geformt wird, etwa durch Verdichten oder Schlickergießen des Pulvers mit darin eingebetteter Klemmelektrode, Heizelement und Stromanschlüssen, wobei der Halterkörper durch Sintern des Pulvers verdichtet wird. Als Alternative dazu kann der Halterkörper aus Keramikmaterialblättern geformt werden, die mit elektrischen Leitern für die darin integrierte Klemmelektrode, das Heizelement und die Stromdurchführungen überlegt sind, wobei die Schichten zur Ausbildung des endgültigen Halterkörpers verschmolzen werden.

[0035] Nachstehend werden zwei Ausführungsbeispiele einer Anordnung eines elektrostatischen Hochtemperaturhalters (HTESC) gemäß der Erfindung unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) bis [Fig. 9](#) beschrieben. Die HTESC-Anordnung schafft vorteilhafte Merkmale, wie beispielsweise die Funktionsfähigkeit bei hohen Temperaturen, relativ niedriger Stromverbrauch, ein längeres Betriebsleben, eine einfache Rückseitenkühlung, geringere Herstellungskosten und ein kompaktes Design.

[0036] Der HTESC gemäß der Erfindung bietet eine bessere Funktionalität bei hohen Temperaturen und relativ niedrigen Stromverbrauch im Vergleich zu herkömmlichen Halteranordnungen, in die eine Kühlplatte als einteiliger elektrostatischer Halter integriert ist. In solchen herkömmlichen Halteranordnungen ist die maximale Betriebstemperatur auf annähernd 60°C beschränkt. Um die maximale Betriebstemperatur zu erhöhen, wurde der HTESC der vorliegenden Erfindung als zweiteilige Anordnung konzipiert, die einen

ESH-Abschnitt, wie beispielsweise einen keramischen Halterkörper mit einer darin eingebetteten elektrostatischen Klemmelektrode, und einen Wärmeübertragungskörper, wie beispielsweise eine Kühlplatte, umfasst. Zusätzlich wurde in den ESH-Abschnitt ein Kompensatoranschluss in Form einer Wärmeunterbrechungsverrohrung integriert, um den ESH-Abschnitt von der Kühlplatte thermisch zu isolieren. Die Wärmeunterbrechungsverrohrung reduziert signifikant die Wärmeleitung von einer äußeren Kante des ESH-Abschnitts zur Kühlplatte, wodurch der ESH-Abschnitt die Möglichkeit hat, Temperaturen bis annähernd 500°C zu erreichen, ohne eine relativ hohe Stromzufuhr zu einem im Halterkörper eingebetteten Heizelement zu benötigen.

[0037] Der Kompensatoranschluss verschafft dem HTESC ein langes Nutzleben. Insbesondere aufgrund der Nutzung der Wärmeunterbrechungsverrohrung kann der ESH-Abschnitt weitgehender thermischer Ausdehnung unterzogen werden, ohne andere Teile des HTESC zu beschädigen. Die Wärmeunterbrechungsverrohrung kann als einteiliges Metallteil oder als mehrteilige geschweißte oder verlötete Anordnung ausgeführt sein, die eine oder mehrere dünnwandige Abschnitte umfasst, die eine Wärmeausdehnung und -kontraktion des ESH-Abschnitts bei gleichzeitiger Minimierung der Wärmeübertragung vom ESH-Abschnitt auf die Kühlplatte erlauben. Die Wärmeunterbrechungsverrohrung kann unterschiedliche Wärmeausdehnungen zwischen dem ESH-Abschnitt und der Kühlplatte aufnehmen, wodurch die Belastungen innerhalb der HTESC-Anordnung minimiert und damit die Wahrscheinlichkeit eines vorzeitigen Defekts der HTESC-Anordnung reduziert wird. Des Weiteren kann die Wärmeunterbrechungsverrohrung auf eine Art ausgeführt sein, die die Belastung an den gelöteten Verbindungen in der HTESC-Anordnung reduziert.

[0038] Verglichen mit herkömmlichen Halteranordnungen, die sich zur adäquaten Kühlung des Substrats auf eine komplizierte Gasverteilungsanordnung im ESH-Abschnitt verlassen, umfasst der HTESC gemäß der vorliegenden Erfindung eine einfache Anordnung, die selektiv Abschnitte des Substrats anzielen kann, die mehr Kühlung benötigen. Beispielsweise besitzt die HTESC-Anordnung eine Luftkammer zwischen dem ESH-Abschnitt und der Kühlplatte, und diese Luftkammer kann die doppelte Funktion erfüllen, (1) Wärme vom ESH-Abschnitt durch Zuführung eines Wärmetransfergases zur Luftkammer abzuführen und (2) Wärmetransfergas an ausgewählte Abschnitte des Substrats über Gaskanäle zu verteilen, die sich von der Luftkammer zur Außenoberfläche des ESH-Abschnitts erstrecken. In einem für das Plasmaätzen verwendeten HTESC können nahe der Außenperipherie des ESH-Abschnitts Gasverteilungslöcher vorgesehen sein, um die Kühlung des Außenabschnitts des Substrats zu verstärken. Fol-

lich ist eine komplizierte Gasverteilungsanordnung nicht erforderlich, da die Gasverteilungslöcher von Löchern an den gewünschten Stellen in der Trägerfläche des ESH-Abschnitts gebildet werden können.

[0039] Verglichen mit Hochtemperatur-Halteranordnungen, die teure Metalledichtungen und/oder geschweißte Faltenbalganordnungen zur Bereitstellung von Vakuumdichtungen benutzen, kann die Nutzung des Kompensatoranschlusses in der HTESC-Anordnung der vorliegenden Erfindung die Herstellungskosten reduzieren und/oder die Herstellung des HTESC vereinfachen. Insbesondere weil die Wärmeunterbrechungsverrohrung den heißen ESH-Abschnitt von der Kühlplatte thermisch isoliert, können an den Stellen in Kontakt mit der Kühlplatte gewöhnliche, kostengünstige Elastomerdichtungen verwendet werden.

[0040] Der HTESC gemäß der Erfindung ist so konzipiert, dass er eine geringe Gesamthöhe aufweist, so dass er in Vakuumkammern verwendet werden kann, in denen der Halter von einem auskragenden Trägerarm gestützt wird. So illustriert etwa [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) Beispiele von Vakuumprozesskammern **10**, **24**, in denen die HTESC-Anordnung der vorliegenden Erfindung montiert werden könnte. Die Erfindung wird zwar unter Bezugnahme auf das in [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) dargestellte Kammerdesign erklärt, es ist allerdings für Fachpersonen ohne weiteres einsehbar, dass die HTESC-Anordnung der vorliegenden Erfindung in jeder Vakuumprozesskammer verwendet werden kann, in der das elektrostatische Festklemmen eines Substrats erwünscht ist. Beispielsweise könnte die HTESC-Anordnung der vorliegenden Erfindung als Teil eines Substratträgers in Prozesskammern verwendet werden, in denen unterschiedliche Halbleiter-Plasma- oder Nicht-Plasma-Bearbeitungsschritte, wie beispielsweise Ätzen, Beschichten, Resistablösung usw. ausgeführt werden können.

[0041] Wie in [Fig. 1](#) dargestellt, umfasst die Vakuumkammer **10** einen auskragenden Substratträger **12**, der sich von einer Seitenwand der Kammer einwärts erstreckt, und ein HTESC **14** wird von dem Träger unterstützt. Ein Anschlussdurchgang **18** mit (nicht dargestellten) Anschlussleitungen öffnet sich in einen Innenraum des Trägergehäuses **16**. Die Anschlussleitungen können zur Versorgung des HTESC benutzt werden, beispielsweise zur Versorgung einer Klemmelektrode mit DC-Strom, zur Versorgung der Klemmelektrode oder einer separaten Elektrode, die an das Substrat während dessen Bearbeitung eine RF-Vorspannung anlegt, mit RF-Strom, zur Versorgung eines Heizelements mit AC-Strom, zur Unterbringung von Kabeln zur Betätigung der Hubnadeln, zur Bereitstellung von Kühlmittel zur Kühlung des HTESC und/oder des Substrats, zur Übertragung elektrischer Signale von Sensoren oder Kontrollausrüstungen, usw.

[0042] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel bilden ein Montageflansch **20** und ein Trägerarm **22** ein integriertes Stück, das abnehmbar in einer Öffnung in der Kammer montiert werden kann, beispielsweise mit Hilfe mechanischer Befestigungsmittel mit einem O-Ring und einer RF-Abschirmung zwischen gegenüber angeordneten Oberflächen des Flansches **20** und der Kammer. In der in [Fig. 1](#) dargestellten Anordnung kann Gas in der Kammer durch eine Öffnung **21** mittels einer Vakuumpumpe **23** abgezogen werden. Plasma kann in der Kammer mittels einer (nicht dargestellten) Energiequelle, die an der Oberseite der Kammer montiert ist, erzeugt werden. Das heißt, die Oberseite der Kammer ist so ausgeführt, dass sie unterschiedliche Arten von Plasmaerzeugungsquellen tragen kann, wie beispielsweise kapazitiv gekoppelte, induktiv gekoppelte, Mikrowellen-, Magnetron-, Helikon- oder andere geeignete Plasmaerzeugungs-Vorrichtungen. Auch kann Prozessgas mit unterschiedlichen Arten von Gaszuführungsanordnungen der Kammer zugeführt werden, wie beispielsweise mit einer Gasverteilerplatte (Duschkopf), einem oder mehreren Gasringen und/oder Gasinjektionen oder anderen geeigneten Anordnungen.

[0043] In [Fig. 2](#) sind eine Vakuumprozesskammer **24** und ein auskragender Substratträger **26** dargestellt, auf den eine Halteranordnung **28** montiert worden ist. Wie dargestellt, wird ein Substrat **30** auf einer HTESC-Anordnung **28** getragen, die auf einem Substratträger **26** montiert ist. Der Substratträger **26** ist an einem Ende eines (in [Fig. 3](#) dargestellten) Trägerarms **32** auf auskragende Art montiert, dergestalt, dass die gesamte Substratträger-/Trägerarm-Anordnung **26/32** von der Kammer entfernt werden kann, indem die Anordnung durch eine (nicht dargestellte) Öffnung in der Seitenwand der Kammer **24** geführt wird. Prozessgas kann der Kammer durch jede geeignete Anordnung zugeführt werden, wie beispielsweise ein Gasleitungsrohr **34** oder eine Gasverteilerplatte **36**, und das Gas kann durch eine Antenne **38**, wie beispielsweise eine Planarspule, die die RF-Energie über ein dielektrisches Element **40** induktiv koppelt, in einen Plasmazustand aktiviert werden. Die Antenne kann mit jeder geeigneten Anordnung mit RF-Energie versorgt werden, beispielsweise mit einem herkömmliche RF-Stromgenerator **42** und einem Abgleichnetz **44**. Während der Bearbeitung eines Wafers kann ein Wärmetransfergas, wie beispielsweise Helium, durch die Löcher **46** zur Rückseite des Wafers geführt werden, wie in [Fig. 3](#) dargestellt.

[0044] In den in [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) dargestellten Kammer ist es wünschenswert, die Höhe des HTESC zu minimieren, um ein einfaches Herausnehmen des Substratträgers **26** einschließlich des HTESC aus den Kammern **10**, **24** zu ermöglichen. Einzelheiten, wie der HTESC in einem kompakten Design gestaltet

werden kann, werden nun unter Bezugnahme auf die in [Fig. 4](#) bis [Fig. 9](#) dargestellten Ausführungsbeispiele erklärt.

[0045] In [Fig. 4](#) ist eine HTESC-Anordnung **50** gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt, worin die HTESC-Anordnung **50** auf einem auskragenden Substratträger **52** in einer Vakuumprozesskammer montiert ist, wie oben unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) erörtert. Die HTESC-Anordnung **50** ist ein zweiteiliges Design mit einem Halterkörper **56** und einem Wärmeübertragungskörper **58**. Der Halterkörper **56** umfasst eine Klemmelektrode **60** ein optionales Heizelement **62**, einen Kompensatoranschluss **64** und eine mittlere Rohrverlängerung **66**. Der Kompensatoranschluss **64** umfasst einen ringförmigen Montageflansch **68**, der abnehmbar mittels der Schrauben **70** am Wärmeübertragungskörper **58** befestigt ist. Der Halterkörper **56** ist vorzugsweise aus einem Keramikmaterial gefertigt, das dielektrische Eigenschaften besitzt, wie beispielsweise Aluminiumnitrid. Der Kompensatoranschluss **64** und der Wärmeübertragungskörper **58** können aus wärmeleitenden Metallen gefertigt sein, wie Aluminium, Kupfer, Titan und Legierungen derselben, jedoch ein bevorzugtes Material ist ein Metall mit niedriger Wärmeleitfähigkeit, wie beispielsweise Edelstahl, Kobalt, Nickel, Molybdän, Zirkonium oder Legierungen derselben. Alternativ dazu kann der Kompensatoranschluss **64** und der Wärmeübertragungskörper aus jedem Material gefertigt sein, das in einer Vakuumkammer kompatibel ist, in der Halbleitersubstrate bearbeitet werden.

[0046] Der Wärmeübertragungskörper umfasst Kühlmittelkanäle, und ein Kühlmittel, wie beispielsweise Wasser oder ein anders Kühlmittel, kann über geeignete Leitungen, von denen eine unter **74** dargestellt ist, in die Kanäle **72** zugeführt werden. Elektrischer Strom kann der Klemmelektrode **60** und dem Heizelement **62** über die Stromleitungen in der Rohrverlängerung **66** zugeführt werden. Beispielsweise kann die Klemmelektrode über einen Stab **67** mit RF- und DC-Strom versorgt werden, dessen Unterseite mit einem Riemen **69** verbunden ist. Die Temperatur des Halterkörpers kann mit einer Temperatur-Rückmeldeanordnung **71** in der Rohrverlängerung **66** kontrolliert werden.

[0047] Zwischen den beabstandeten Oberflächen **82** und **84** des Halterkörpers **56** und dem Wärmeübertragungskörper **58** ist eine Luftkammer **80** vorgesehen. Ein Wärmeübertragungsgas, wie beispielsweise Helium, kann über eine Gasleitung **76** der Luftkammer **80** zugeführt werden. Die Temperatur des Substrats auf dem Halterkörper kann mit einem faseroptischen Element **77** kontrolliert werden, das in einer Armatur **78** gehalten wird. Obwohl jede Art von Hubnadelanordnung verwendet werden kann, wie beispielsweise eine pneumatisch betätigte Hubnadel-

lanordnung, kann gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eine in einer Bohrung **79** montierte Armatur dazu benützt werden, eine kabelbetätigte Hubnadelanordnung zu tragen. Die Elastomerdichtungen **88** und **90**, die in Rillen im Wärmeübertragungskörper **58** untergebracht sind, und eine Elastomerdichtung **89**, die in einer die Rohrverlängerung **66** umschließenden Manschette **91** untergebracht ist, schaffen Vakuumdichtungen zwischen dem Kompensatoranschluss **64** und dem Wärmeübertragungskörper **58** und zwischen der Rohrverlängerung **66** und dem Wärmeübertragungskörper **58**. Eine Elastomerdichtung **92** schafft eine Vakuumdichtung zwischen einer Unterseite des Wärmeübertragungskörpers **58** und einer dielektrischen Montageplatte **94**, und eine Elastomerdichtung **96** schafft eine Vakuumdichtung zwischen einer Unterseite der Montageplatte **94** und dem Gehäuse **54**. Ein dielektrischer Kantenring **98** (z.B. aus Aluminiumoxid, Siliciumnitrid, Quarz, usw.) überlagert die Montageplatte **94**, und ein dielektrischer Fokusring **100** (z.B. Aluminiumoxid, Siliciumnitrid, Siliciumcarbid usw.) liegt über dem Kantenring **98** und umschließt den Halterkörper **56**.

[0048] In [Fig. 5](#) sind Details des Halterkörpers **56** mit dem daran befestigten Kompensatoranschluss **64** dargestellt, und [Fig. 6](#) ist eine vergrößerte Ansicht einer Lötverbindung (Detail **VI** in [Fig. 5](#)) zwischen dem Halterkörper **56** und dem Kompensatoranschluss **64**. Wie in [Fig. 5](#) dargestellt, umfasst der Kompensatoranschluss **64** den Montageflansch **68**, einen äußeren Ringabschnitt **102** und einen inneren Ringabschnitt **104**, wobei der äußere Abschnitt **102** am Flansch **68** mit einem gebogenen Abschnitt **101** und der innere Abschnitt **104** am äußeren Abschnitt **102** mit einem gebogenen Abschnitt **106** befestigt ist. Der äußere Abschnitt **102** ist vom Flansch **68** durch einen ringförmigen Raum **108** getrennt, und der innere Abschnitt **104** ist vom äußeren Abschnitt **102** durch einen ringförmigen Raum **110** getrennt. Der Flansch **68**, der äußere Abschnitt **102** und der innere Abschnitt **104** können aus einem Einzelstück aus Metall geformt (z.B. gefräst, gegossen, geschmiedet usw.) sein, wie beispielsweise aus Edelstahl. Alternativ dazu kann der Kompensatoranschluss aus einer mehrteiligen geschweißten oder gelöteten Anordnung gefertigt sein.

[0049] Der Kompensatoranschluss kann auch einen dünnen Metallring **112** umfassen, der an seiner Unterseite an die Unterseite des inneren Abschnitts **104** und an seiner Oberseite an die Unterseite des Halterkörpers **56** gelötet ist. Für eine zusätzliche Verbindungsstärke kann ein kleiner Keramikring **114** an die angrenzenden Oberflächen des Halterkörpers und des Rings **112** gelötet sein. Wenn als Material für den Halterkörper Aluminiumnitrid gewählt wird, kann der Ring **112** aus einer NiCoFe-Legierung bestehen, wie beispielsweise aus KOVARTM, die einen ähnlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie Aluminiumnit-

rid aufweist. Wie in [Fig. 6](#) dargestellt, ist zwischen der Innenfläche **120** des inneren Abschnitts **104** und einer äußeren Seitenwand **122** des Halterkörpers **56** ein kleiner Zwischenraum **116** (z.B. 0,002–0,004 Inch) vorgesehen. Der Keramikring **114** ist von der Seitenwand **122** so zurück versetzt, dass zwischen dem Ring **112** und dem inneren Abschnitt **104** ein Zwischenraum **118** geschaffen ist, wobei der Zwischenraum ausreichend groß ist, um eine gelötete Verbindung **124** zwischen dem Ring **112** und der Unterseite des Halterkörpers **56** aufzunehmen. Auf Wunsch kann die gelötete Verbindung durch eine mechanische Verbindung ersetzt werden.

[0050] Wenn sich der Halterkörper **56** erwärmt und ausdehnt, drückt sich die Seitenwand des Halterkörpers **56** gegen den inneren Abschnitt **104** und verbiegt elastisch den inneren und äußeren Abschnitt des Kompensatoranschlusses. Das hat zur Folge, dass das Biegen des Rings **112** und die sich daraus ergebende Belastung der gelöteten Verbindung **124** minimiert werden können.

[0051] Gleicherweise wird auch auf die Lötverbindung zwischen dem Ring **112** und dem inneren Abschnitt **104** weniger Belastung aufgebracht. Stattdessen ermöglichen die gebogenen Abschnitte **106** und **110** ein elastisches Verbiegen der inneren und äußeren Abschnitte des Kompensatoranschlusses zur Aufnahme der Wärmeausdehnung und Kontraktion des Halterkörpers **56**.

[0052] In [Fig. 7](#) ist eine HTESC-Anordnung **50'** gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt, worin die HTESC-Anordnung **50'** auf einem auskragenden Substratträger **52** in einer Vakuumprozesskammer montiert ist, wie oben unter Bezugnahme auf [Fig. 1–Fig. 3](#) diskutiert. Die HTESC-Anordnung **50'** ist eine zweiteilige Ausführung mit einem Halterkörper **56'** und einem Wärmeübertragungskörper **58'**. Der Halterkörper **56'** umfasst eine Klemmelektrode **60'**, ein optionales Heizelement **62'**, einen Kompensatoranschluss **64'** und eine mittlere Rohrverlängerung **66'**. Der Kompensatoranschluss **64'** umfasst einen ringförmigen Montageflansch **68'**, der mittels der Schrauben **70** abnehmbar am Wärmeübertragungskörper **58'** befestigt ist. Der Halterkörper **56'** ist vorzugsweise aus einem Keramikmaterial gefertigt, das dielektrische Eigenschaften hat, wie beispielsweise Aluminiumnitrid. Der Kompensatoranschluss **64'** und der Wärmeübertragungskörper **58'** können aus wärmeleitenden Metallen gefertigt sein, wie beispielsweise Aluminium, Kupfer, Titan und Legierungen daraus, ein bevorzugtes Material ist jedoch ein Metall mit geringer Wärmeleitfähigkeit, wie beispielsweise Edelstahl, Kobalt, Nickel, Molybdän, Zirkonium oder Legierungen derselben. Alternativ dazu können der Halterkörper **56'**, der Kompensatoranschluss **64'** und der Wärmeübertragungskörper aus allen Materialien gefertigt sein, die

in einer Vakuumkammer kompatibel sind, in der Halbleitersubstrate bearbeitet werden.

[0053] Der Wärmeübertragungskörper **58'** umfasst Kühlmittelkanäle **72**, und ein Kühlmittel, wie beispielsweise Wasser oder ein anderes Kühlmittel kann über geeignete Leitungen, von denen eine unter **74** dargestellt ist, den Kanälen **72** zugeführt werden. Elektrischer Strom kann der Klemmelektrode **60'** und dem Heizelement **62'** über die Stromleitungen in der Rohrverlängerung **66'** zugeführt werden. Beispielsweise kann die Klemmelektrode mit RF- und DG-Strom über einen Stab **67'** versorgt werden, dessen Unterseite mit einem Riemen **69'** verbunden ist. Die Temperatur des Halterkörpers kann mit einer Temperatur-Rückmeldeanordnung **71** in der Rohrverlängerung kontrolliert werden.

[0054] Zwischen den beabstandeten Oberflächen **82** und **84** des Halterkörpers **56'** und dem Wärmeübertragungskörper **58'** ist eine Luftkammer **80** vorgesehen. Ein Wärmetransfergas, wie beispielsweise Helium, kann über eine Gasleitung **76** der Luftkammer **80** zugeführt werden. Die Temperatur des Substrats auf dem Halterkörper kann mit einem faseroptischen Element **77** kontrolliert werden, das in einer Armatur **78** gehalten wird. Obwohl jede Art von Hubnadelanordnung verwendet werden kann, wie beispielsweise eine pneumatisch betätigte Hubnadelanordnung, kann gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eine in einer Bohrung **79** montierte Armatur dazu benützt werden, eine kabelbetätigte Hubnadelanordnung zu tragen. Die Elastomerdichtungen **88**, **89** und **90**, die in Rillen im Wärmeübertragungskörper **58'** und einem an den Wärmeübertragungskörper **58'** geschraubten Gehäuse **59** untergebracht sind, schaffen Vakuumdichtungen zwischen dem Kompensatoranschluss **64'** und dem Wärmeübertragungskörper **58'** und zwischen der Rohrverlängerung **66'** und dem Gehäuse **59**. Eine Elastomerdichtung **92** schafft eine Vakuumdichtung zwischen einer Unterseite des Wärmeübertragungskörpers **58'** und einer dielektrischen Montageplatte **94**, und eine Elastomerdichtung **96** schafft eine Vakuumdichtung zwischen einer Unterseite der Montageplatte **94** und dem Gehäuse **54**. Ein dielektrischer Kantenring **98** (z.B. aus Aluminiumoxid, Siliciumnitrid, Quarz, usw.) liegt über der Montageplatte **94**, und ein dielektrischer Fokusring **100** (z.B. Aluminiumoxid, Siliciumnitrid, Siliciumcarbid usw.) liegt über dem Kantenring **98** und umschließt den Halterkörper **56'**.

[0055] In [Fig. 8](#) sind Details des Halterkörpers **56'** mit dem daran befestigten Kompensatoranschluss **64'** dargestellt. Wie in [Fig. 8](#) dargestellt, umfasst der Kompensatoranschluss **64'** den Montageflansch **68'**, einen äußeren Ringabschnitt **102'** und einen inneren Ringabschnitt **104'**, wobei der äußere Abschnitt **102'** am Flansch **68'** mit einem gebogenen Abschnitt **101'** und der innere Abschnitt **104'** am äußeren Abschnitt

102' mit einem gebogenen Abschnitt **106'** befestigt ist. Der äußere Abschnitt **102'** ist vom Flansch **68'** durch einen ringförmigen Raum **108'** getrennt, und der innere Abschnitt **104'** ist vom äußeren Abschnitt **102'** durch einen ringförmigen Raum **110'** getrennt. Der Flansch **68'**, der äußere Abschnitt **102'** und der innere Abschnitt **104'** können aus einem Einzelstück aus Metall geformt (z.B. gefräst, gegossen, geschmiedet usw.) sein, wie beispielsweise aus Edelstahl, oder aus einer mehrteiligen geschweißten oder gelöteten Anordnung aus einem oder mehreren Metallen, wie etwa Edelstahl.

[0056] Der Kompensatoranschluss **64'** kann auch einen dünnen Metallring **112'** umfassen, der an seiner Unterseite einen Flansch **113** aufweist, der an eine Lippe einer Verlängerung **105** auf der Unterseite des inneren Abschnitts **104'** geschweißt ist. Der Ring **112'** ist an seiner Oberseite an die Unterseite des Halterkörpers **56'** gelötet. Alternativ dazu kann der Ring **112'** mechanisch am Halterkörper befestigt sein. Wenn als Material für den Halterkörper Aluminiumnitrid gewählt wird, kann der Ring **112'** aus einer NiCoFe-Legierung bestehen, wie beispielsweise aus KOVAR™, die einen ähnlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie Aluminiumnitrid aufweist. Ein kleiner Zwischenraum **116'** (z.B. 0,002–0,004 Inch; 1 Inch = 2,54 cm) ist zwischen einer Innenfläche **120'** des inneren Abschnitts **104'** und einer äußeren Seitenwand **122'** des Halterkörpers **56'** angeordnet.

[0057] Wenn sich der Halterkörper **56'** erwärmt und ausdehnt, drückt sich die Seitenwand **122'** des Halterkörpers **56'** gegen die Oberfläche **120'** des inneren Abschnitts **104'** und verbiegt elastisch den inneren und äußeren Abschnitt des Kompensatoranschlusses **64'**. Das hat zur Folge, dass das Biegen des Rings **112'** und die sich daraus ergebende Belastung der gelöteten Verbindung an der Oberseite des Rings **112'** minimiert werden können. Gleicherweise wird auch auf die Lötverbindung **115** zwischen dem Ring **112'** und dem inneren Abschnitt **104'** weniger Belastung aufgebracht. Stattdessen ermöglichen die gebogenen Abschnitte **106'** und **110'** ein elastisches Verbiegen der inneren und äußeren Abschnitte des Kompensatoranschlusses **64'** zur Aufnahme der Wärmeausdehnung und Kontraktion des Halterkörpers **56'**.

[0058] In [Fig. 9](#) ist ein weiterer HTEC gemäß der Erfindung dargestellt, worin der Kompensatoranschluss **64''** einen einzelnen, ringförmigen, dünnwandigen Abschnitt **126** umfasst, der mit dem Montageflansch **68''** durch einen gebogenen Abschnitt **127** und mit dem Halterkörper **56''** durch einen gebogenen Abschnitt **128** verbunden ist. Der Abschnitt **126** ist vom Flansch **68''** durch einen ringförmigen Zwischenraum **129** getrennt. Das Substrat kann mit jeder geeigneten Hubnadelanordnung angehoben und abgesenkt werden, etwa mit einer pneumatisch betätigten

ten Hubnadelanordnung oder einer kabelbetätigten Anordnung. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel umfasst die Hubnadelanordnung eine Mehrzahl von kabelbetätigten Hubnadeln an außenumfanglich beabstandeten Stellen rund um die Peripherie des Halterkörpers **56''**. Beispielsweise kann eine Mehrzahl kabelbetätigter Hubnadelanordnungen **130** nahe dem Kompensatoranschluss **64''** angeordnet sein, wie in [Fig. 9](#) dargestellt.

[0059] Die Hubnadelanordnung **130** umfasst eine Hubnadel **132**, die mittels eines (nicht dargestellten) Kabels angehoben und gesenkt werden kann, das an einem verschiebbaren Hubnadelträger **134** in einem Gehäuse befestigt ist. Das Gehäuse **136** ist in der Bohrung **86'** untergebracht, um eine hermetische Dichtung aufrecht zu erhalten. Eine weitergehende Beschreibung derartiger kabelbetätigter Hubnadeln findet sich im U.S.-Patent Nr. 5,796,066. Das Hubnadelloch **46'** ist so dimensioniert, dass eine Bewegung der Nadel möglich ist und das Wärmetransfergas in der Luftkammer **80** um die Hubnadel **132** herum zur Unterseite eines in überhängendem Verhältnis zum Halterkörper **56''** angeordneten Substrats strömen kann.

[0060] Das Wärmeübertragungsgas kann der Luftkammer **80** über einen Gaskanal **138** zugeführt werden, und das Gas in der Luftkammer kann auf jedem geeigneten Druck gehalten werden, wie beispielsweise von 2 bis 20 Torr. Je nach Größe des Substrats können 3 oder mehr Hubnadeln **132** dazu verwendet werden, das Substrat anzuheben und abzusenken. Wie in [Fig. 3](#) dargestellt, können zusätzliche Löcher **46** vorgesehen sein, um das Gas gleichmäßig um die Kante des Substrats herum zu verteilen. Zudem können sich die Löcher in eine (nicht dargestellte) flache Rille in der oberen Oberfläche des Halterkörpers öffnen, um zur Verteilung des Gases unter dem Substrat beizutragen. Um die Klemmelektrode und das Heizelement mit Strom zu versorgen, können die Stromversorgungen **78'** im Inneren der Rohrverlängerung **66''** vorgesehen sein. Auch kann eine der Stromversorgungen **78'** dazu verwendet werden, elektrische Signale auf einen im Halterkörper **56''** angeordneten (nicht dargestellten) Substrattemperatursensor zu übertragen.

[0061] Mit der in [Fig. 9](#) dargestellten Anordnung kann sich der Halterkörper **56''** ausdehnen, wenn er erwärmt wird, und eine solche Ausdehnung kann vom Kompensatoranschluss **64''** aufgenommen werden. Die Rohrverlängerung **66''** ruht frei über dem Wärmeübertragungskörper **58''**, und infolge des vom angeschraubten Flansch **68''** erzeugten Klemmdrucks wird zwischen der Rohrverlängerung und dem Wärmeübertragungskörper **68''** von der Elastomerdichtung **90'** eine hermetische Dichtung geschaffen.

[0062] Der dünne Querschnitt des Ringabschnitts

oder der Abschnitte des Kompensatoranschlusses ermöglicht die thermische Isolierung des Halterkörpers vom Rest der HTESC-Anordnung. Durch die thermische Isolierung des Halterkörpers und die damit verbundene Minimierung des Wärmeverlusts aufgrund der Wärmeableitung vom Halterkörper weg ist der Halterkörper in der Lage, Temperaturen in Höhe von annähernd 500°C zu erreichen, ohne dafür eine relativ große Menge an elektrischem Strom zu benötigen. Zudem erlaubt die Form des Kompensatoranschlusses diesem eine Ausdehnung und Kontraktion infolge des Wärmezyklus während der Bearbeitung eines Substrats. Da entsprechend die thermischen Belastungen auf geschweißte und gelötete Verbindungen der HTESC-Anordnung minimiert sind, kann vom HTESC eine lange Nutzlebensdauer erwartet werden.

[0063] Durch die thermische Isolierung des Halterkörpers vom Rest der HTESC-Anordnung können kostengünstige Standard-Elastomermaterialien verwendet werden, um mit dem Wärmeübertragungskörper Vakuumdichtungen zu schaffen. Solche Vakuumdichtungen können aus einem billigen Material gefertigt sein, wie beispielsweise VITON™. Der Halterkörper kann aus verschmolzenen Schichten aus Keramikmaterial und Metallisierungsschichten gefertigt sein. Beispielsweise wird in U.S.-Patent Nr. 5,880,922 eine geeignete Technik zur Herstellung eines keramischen Halterkörpers beschrieben. Die Schichten können beispielsweise eine leitende Schicht enthalten, die eine monopolare oder bipolare Elektrode (die auch als RF-Steuerelektrode dient) bildet, welche zwischen Keramikschichten eingefügt ist. Ein Heizelement, wie beispielsweise ein oder mehrere Spiralwiderstandsheizelemente, kann zwischen zusätzlichen Keramikschichten angeordnet sein. Unterschiedliche leitende Durchführungen zur Versorgung der Klemmelektrode und des Heizelements mit Strom können ebenfalls im Halterkörper integriert sein.

Patentansprüche

1. Elektrostatischer Halter für eine Vakuumprozesskammer, Folgendes umfassend:
einen Halterkörper (**56**, **56'**, **56''**), der eine Elektrode (**60**, **60'**) besitzt, mit einem elektrischen Kontakt, der an eine elektrische Stromversorgung angeschlossen werden kann, welche die Elektrode ausreichend aktiviert, um ein Substrat (**30**) elektrostatisch an eine Außenoberfläche des Halterkörpers zu klemmen; und gekennzeichnet durch
einen metallischen Kompensatoranschluss (**64**, **64'**, **64''**), der an einer Außenperipherie des Halterkörpers befestigt ist, wobei der Kompensatoranschluss an einem Wärmeübertragungskörper (**58**, **58'**) befestigt werden kann, so dass zwischen beabstandeten Oberflächen des Halterkörpers und des Wärmetransferkörpers eine Luftkammer (**80**) ausgebildet wird;

und wobei der Kompensatoranschluss innere und äußere ringförmige Abschnitte (**102**, **102'**) besitzt, die durch einen gebogenen Abschnitt (**101**, **106**) verbunden sind, um einen ringförmigen Raum (**108**, **110**) zu begrenzen, um die Wärmeausdehnung und Kontraktion des Halterkörpers (**56**) aufzunehmen.

2. Elektrostatischer Halter nach Anspruch 1, wobei der Halterkörper Gaskanäle umfasst, die zwischen der Luftkammer und der Außenoberfläche des Halterkörpers verlaufen und die nach Wunsch angrenzend an den Kompensatoranschluss angeordnet sind und Wärmetransfergas von der Luftkammer zur Unterseite einer Außenperipherie des Substrats befördern, während dieses bearbeitet wird.

3. Elektrostatischer Halter nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei der Halter ein metallisches oder ein keramisches Material umfasst.

4. Elektrostatischer Halter nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Kompensatoranschluss (**64**, **64'**, **64''**) einen Montageflansch (**68**, **68'**, **68''**) besitzt, der am Wärmetransferkörper (**58**, **58'**) befestigt werden kann, und wobei der Kompensatoranschluss eine Wärmedrossel besitzt, die innere (**104**, **104'**) und äußere (**102**, **102'**) Ringabschnitte umfasst, die mit einem gebogenen Abschnitt (**101**, **106**) verbunden sind, wobei der innere Ringabschnitt am Halterkörper und der äußere Ringabschnitt am Montageflansch befestigt ist.

5. Elektrostatischer Halter nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Kompensatoranschluss (**64**, **64'**, **64''**) einen dünnen Ring (**112**, **112'**) besitzt, der an einem Ende über ein Gelenk an einer Außenperipherie des Halterkörpers befestigt ist, wobei der Ring aus Metall mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten besteht, der ausreichend nahe an jenem des Halterkörpers liegt, um ein Versagen des Gelenks während eines Wärmezyklus des Halterkörpers zu verhindern.

6. Elektrostatischer Halter nach einem der vorangehenden Ansprüche, des weiteren einen keramischen oder metallischen Rohrabschnitt (**66**, **66'**, **66''**) umfassend, der sich von einem mittleren Teil der Unterseite des Halterkörpers erstreckt, wobei eine Außenoberfläche des Rohrabschnitts eine Wand der Luftkammer (**80**) begrenzt und der Rohrabschnitt einen Wärmepfad zwischen dem Halterkörper und dem Wärmetransferkörper bereitstellt und der Rohrabschnitt mit Wärmetransfergas in der Luftkammer und im Kompensatoranschluss kooperiert, um die vom Halterkörper abgeleitete Wärme auszugleichen.

7. Elektrostatischer Halter nach Anspruch 6, wobei das Innere des Rohrabschnitts eine Stromleitung, über die RF und DC Strom an die Klemmelektrode

gespeist wird; eine Stromleitung, über die AC Strom an ein Heizelement gespeist wird und/oder eine Anordnung, die die Temperatur des Halterkörpers überwacht, aufweist.

8. Elektrostatischer Halter nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Luftkammer ein ringförmiger Raum ist, der sich über mindestens 50% der Unterseite des Halterkörpers erstreckt, und die Elektrode eine monopolare oder eine bipolare Elektrode ist.

9. Elektrostatischer Halter nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Kompensatoranschluss einen Wärmeausdehnungsabschnitt besitzt, der an eine Außenkante des Halterkörpers anschließt, wobei der Wärmeausdehnungsabschnitt thermisch dehnbar und kontrahierbar ist, um Dimensionsänderungen des Halterkörpers aufnehmen zu können.

10. Elektrostatischer Halter nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Kompensatoranschluss einen Montageflansch, der an einem Wärmetransferkörper befestigt werden kann, eine an dem Montageflansch befestigte Wärmedrossel und einen dünnen Metallring besitzt, der an einem Ende an der Wärmedrossel und am anderen Ende am Halterkörper befestigt ist.

11. Elektrostatischer Halter nach Anspruch 3, wobei der Halterkörper ein Keramikmaterial aus der Gruppe Aluminiumnitrid, Siliziumnitrid, Bornitrid, Siliziumcarbid, Borcarbid, Aluminiumoxid oder Mischungen davon umfasst.

12. Elektrostatischer Halter nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner eine am Wärmetransferkörper montierte Hubnadelanordnung umfassend.

13. Elektrostatischer Halter nach Anspruch 5, wobei das Gelenk ein gelötetes Gelenk umfasst.

14. Elektrostatischer Halter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Halterkörper (**56**, **56'**, **56''**) ein optionales Heizelement (**62**, **62'**) umfasst, der Wärmetransferkörper (**58**, **58'**) geeignet ist, per Wärmeleitung durch ein Heiztransfergas in der Luftkammer Wärme vom Halterkörper abzuleiten, und der Kompensatoranschluss unterschiedliche Wärmeausdehnungen des Halterkörpers und des Wärmetransferkörpers aufnimmt und dabei während des Wärmezyklus des Halterkörpers eine hermetische Dichtung aufrecht erhält.

15. Elektrostatischer Halter nach Anspruch 14, wobei der Wärmetransferkörper (**58**, **58'**) eine Kühlplatte mit mindestens einem Kühlmittelkanal (**72**) umfasst, in dem das Kühlmittel zirkulieren kann, um den

Halterkörper auf einer gewünschten Temperatur zu halten, die Luftkammer (80) ein ringförmiger Raum ist, der sich über mindestens 50% der Unterseite des Halterkörpers erstreckt und der Wärmetransferkörper einen Gasversorgungs kanal (76, 138) umfasst, durch den Wärmetransfergas in den ringförmigen Raum strömt.

16. Elektrostatischer Halter nach Anspruch 14 oder 15, wobei der Wärmetransferkörper (58, 58') eine Hubnadelanordnung (130) umfasst, die Hubnadeln (132) besitzt, die gegen den Halterkörper zu und von diesem weg bewegt werden können, so dass die Hubnadeln durch Löcher (46') im Halterkörper gehen, um ein Substrat auf den Halterkörper und von diesem weg zu heben bzw. zu senken.

17. Elektrostatischer Halter nach Anspruch 16, wobei die Hubnadelanordnung eine kabelbetätigte Hubnadelanordnung ist.

18. Elektrostatischer Halter nach Anspruch 7, wobei das Innere des Rohrabchnitts zum atmosphärischen Druck hin offen ist.

19. Verfahren zur Bearbeitung eines Substrats (30) in einer Vakuumprozesskammer, wobei das Substrat elektrostatisch auf einem Halterkörper (56, 56', 56'') festgeklemmt ist, der eine Klemmelektrode (60, 60') und einen metallischen Kompensatoranschluss (64, 64', 64'') umfasst, wobei eine äußere Peripherie des Halterkörpers dergestalt an einem Wärmetransferkörper (58, 58') befestigt wird, dass zwischen beabstandeten Oberflächen des Halterkörpers und dem Wärmetransferkörper eine Luftkammer (80) gebildet wird, wobei der Kompensatoranschluss innere und äußere Abschnitte (102, 102') umfasst, die mit einem gebogenen Abschnitt (101, 106) verbunden sind, um einen ringförmigen Raum (108, 110, 129) zu begrenzen, um die Wärmeausdehnung und Kontraktion des Halterkörpers (56) aufzunehmen, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Klemmen eines Substrats an eine äußere Oberfläche des Halterkörpers durch Aktivieren der Elektrode; Zuführen eines Wärmetransfergases zur Luftkammer, wobei das Wärmetransfergas in der Luftkammer durch Gaskanäle im Halterkörper in einen Zwischenraum zwischen einer Unterseite des Substrats und der äußeren Oberfläche des Halterkörpers geführt wird;

Ableiten der Wärme vom Halterkörper mittels Wärmeleitung durch das in die Luftkammer zugeführte Wärmetransfergas; und Verarbeiten des Substrats.

20. Verfahren nach Anspruch 19, ferner die Zufuhr von Prozessgas in die Kammer, die Erregung des Prozessgases zu einem Plasma und das Ätzen einer exponierten Oberfläche des Substrats mit dem Plasma während des Verarbeitungsschritts umfasst.

send.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das Prozessgas zum Plasma erregt wird, indem Funkfrequenzenergie an eine Antenne geliefert wird, welche die Funkfrequenzenergie induktiv in die Kammer koppelt.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, wobei eine exponierte Oberfläche des Substrats während des Verarbeitungsschritts beschichtet wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 22, ferner das Erwärmen des Substrats auf über 100°C durch Zufuhr von Energie zu einem im Halterkörper eingebetteten Heizelement umfassend.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 23, ferner das Herabsenken des Substrats auf die Außenoberfläche des Halterkörpers mit den auf dem Wärmetransferkörper montierten Hubnadeln umfassend, wobei die Hubnadeln durch Öffnungen in einem äußeren Teil des Halterkörpers geführt werden.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 24, ferner die Zirkulation eines flüssigen Kühlmittels im Wärmetransferkörper umfassend.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 25, ferner das Überwachen von Temperaturänderungen im Substrat mit einem Temperatursensor umfassend, der in einem keramischen oder metallischen Rohrabchnitt untergebracht ist, der sich von einem mittleren Teil der Unterseite des Halterkörpers erstreckt, wobei im Inneren des Rohrabchnitts atmosphärischer Druck herrscht.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 26, wobei sich das Substrat während des Verarbeitungsschritts auf einer Temperatur von über 80°C befindet.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 27, wobei sich das Substrat während des Verarbeitungsschritts auf einer Temperatur von über 200°C befindet.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 28, wobei während des Verarbeitungsschritts eine Platinschicht plasmageätzt wird.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 29, wobei sich eine keramische oder metallische rohrförmige Verlängerung von einem mittleren Teil der Unterseite des Halterkörpers erstreckt und Wärme zwischen dem Halterkörper und dem Wärmetransferkörper leitet, wobei das Verfahren des weiteren die Anpassung des Drucks des Wärmetransfergases in der Luftkammer einschließt, so dass die Wärme, die über einen vom Wärmetransfergas in der

Luftkammer bereitgestellten ersten Wärmepfad abgeleitet wird, die Wärme, die über einen vom Kompensatoranschluss bereitgestellten zweiten Wärmepfad abgeleitet wird, und die Wärme, die von einem von der rohrförmigen Verlängerung bereitgestellten dritten Wärmepfad abgeleitet wird, ausgleicht.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

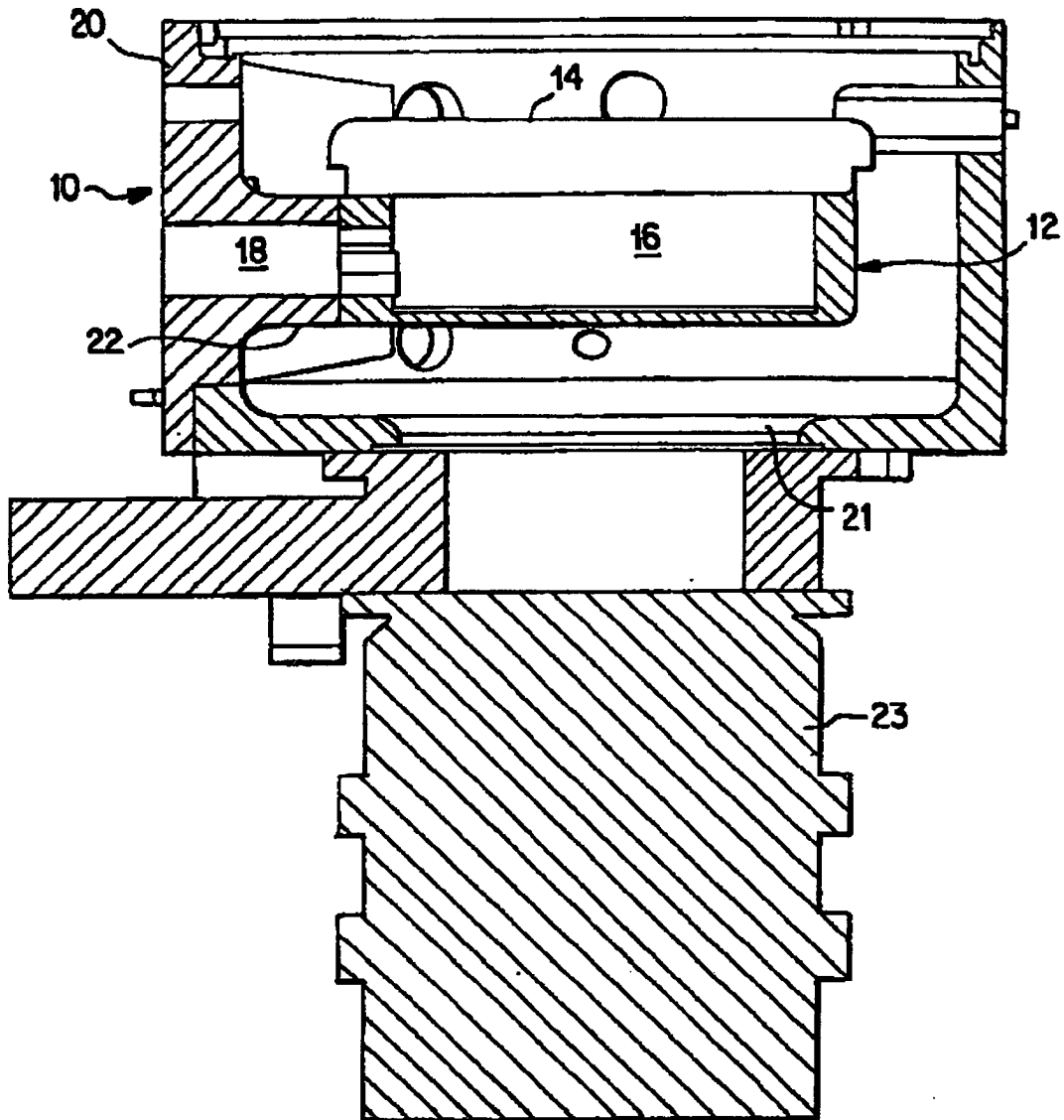


FIG. 1

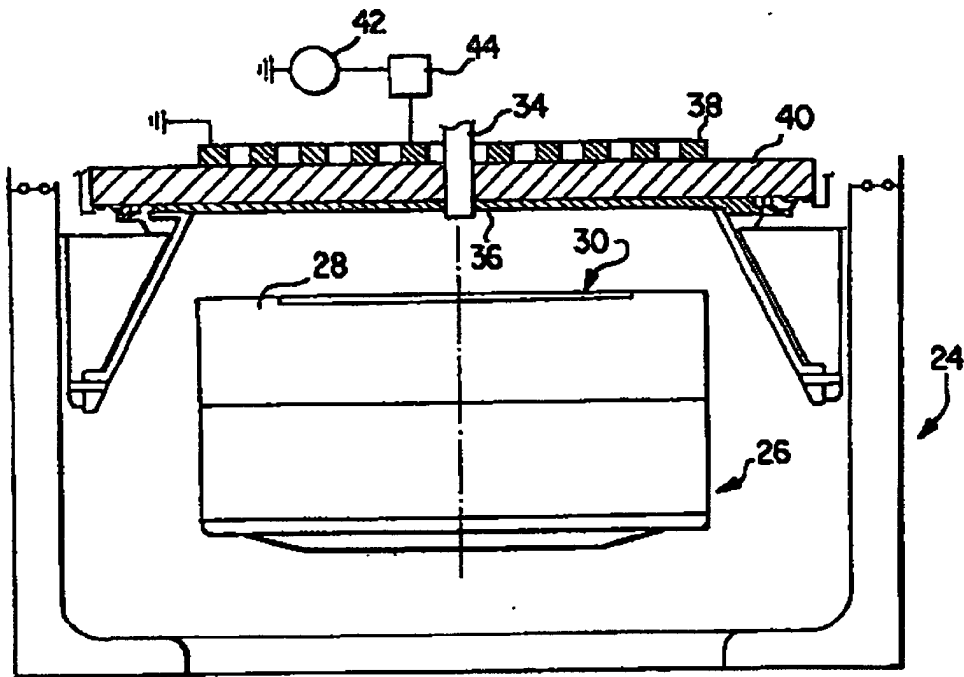


FIG. 2

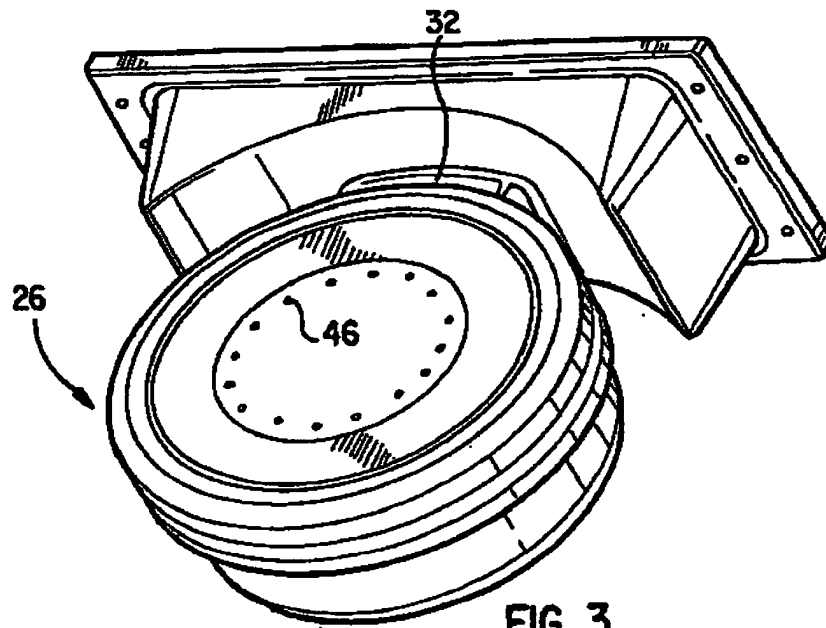


FIG. 3

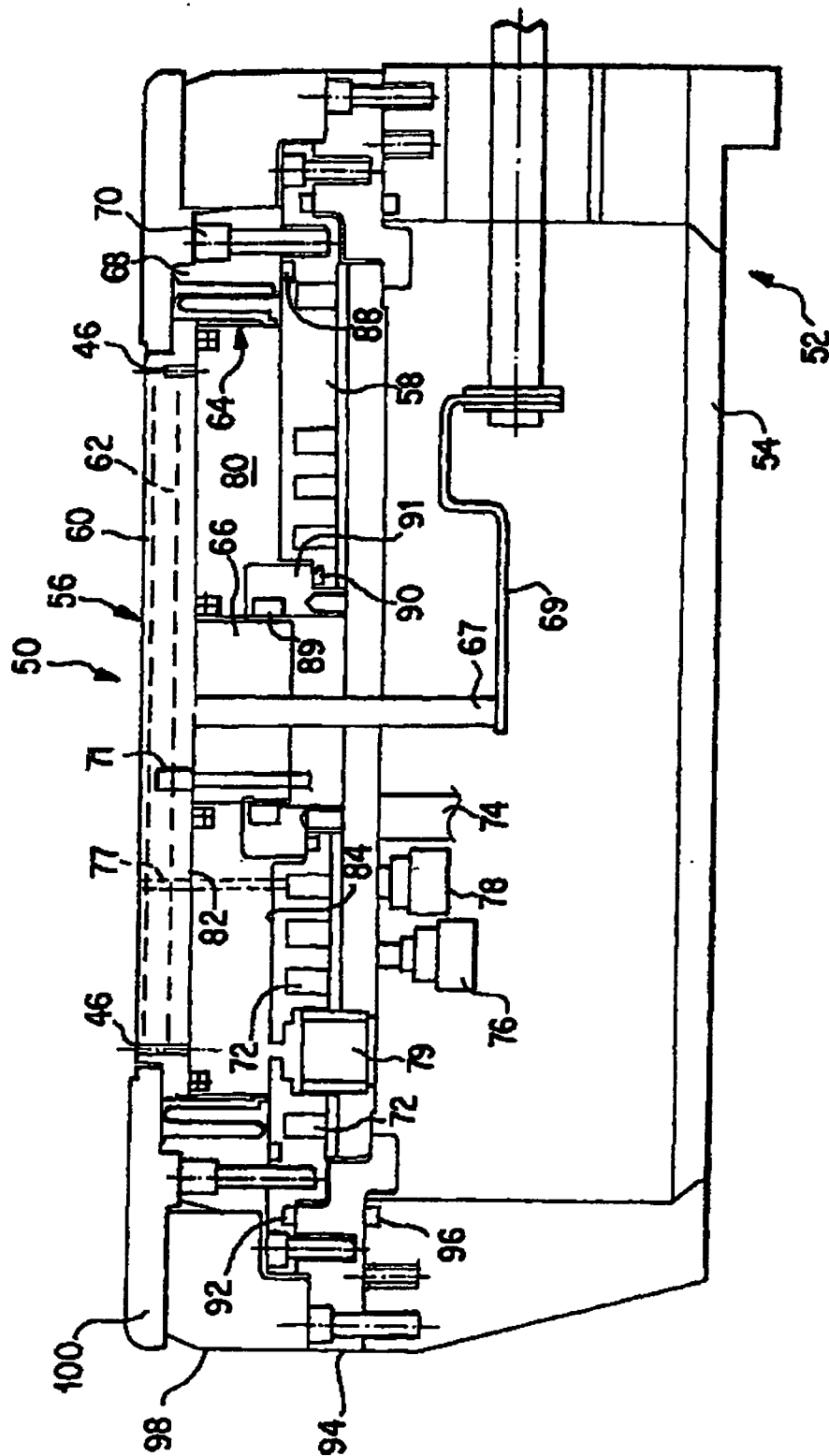


FIG. 4

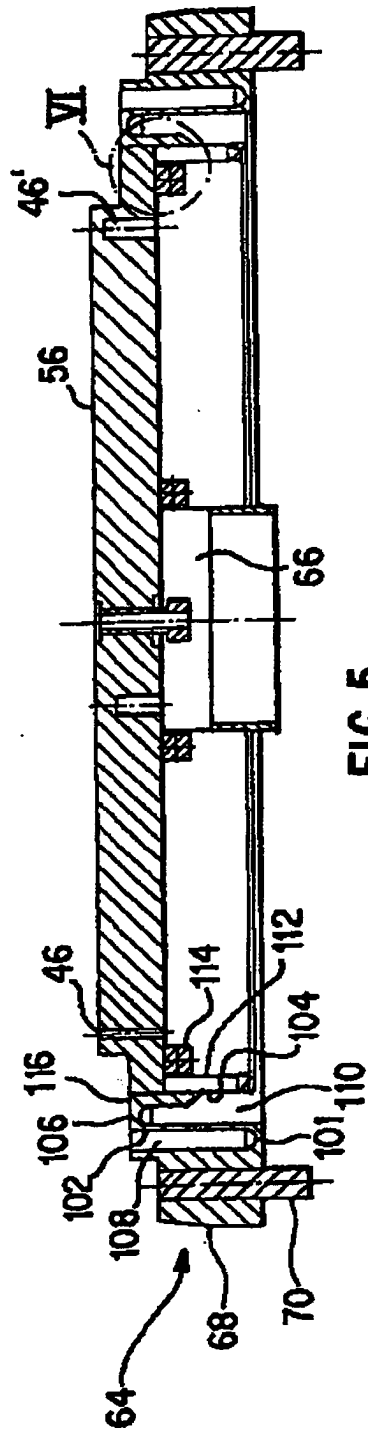


FIG. 5

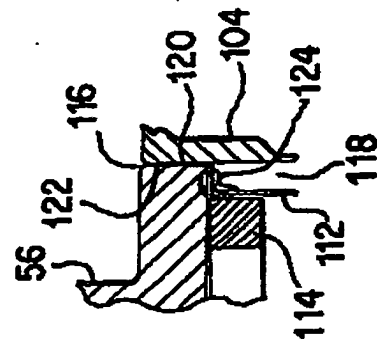


FIG. 6

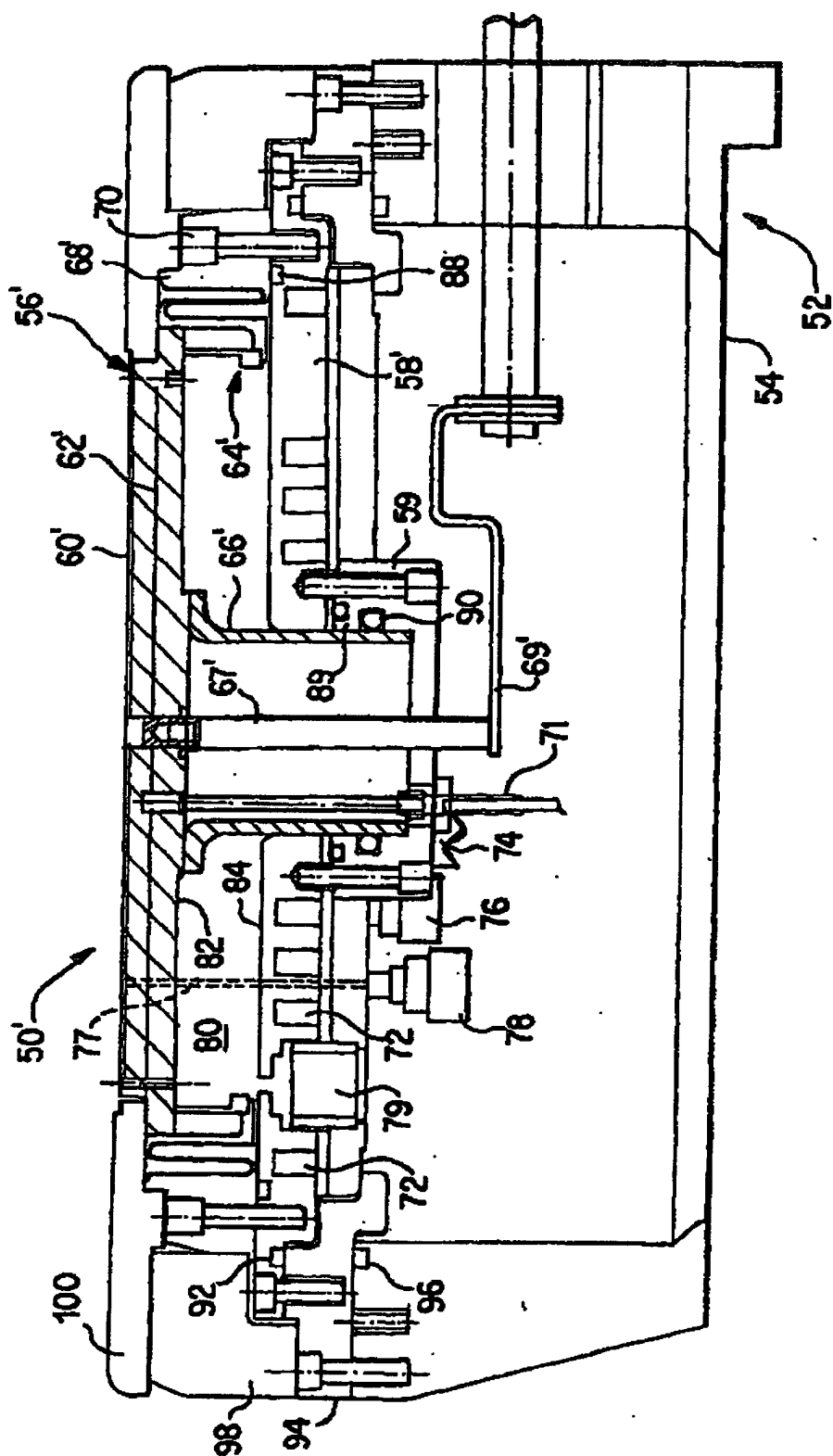


FIG. 7

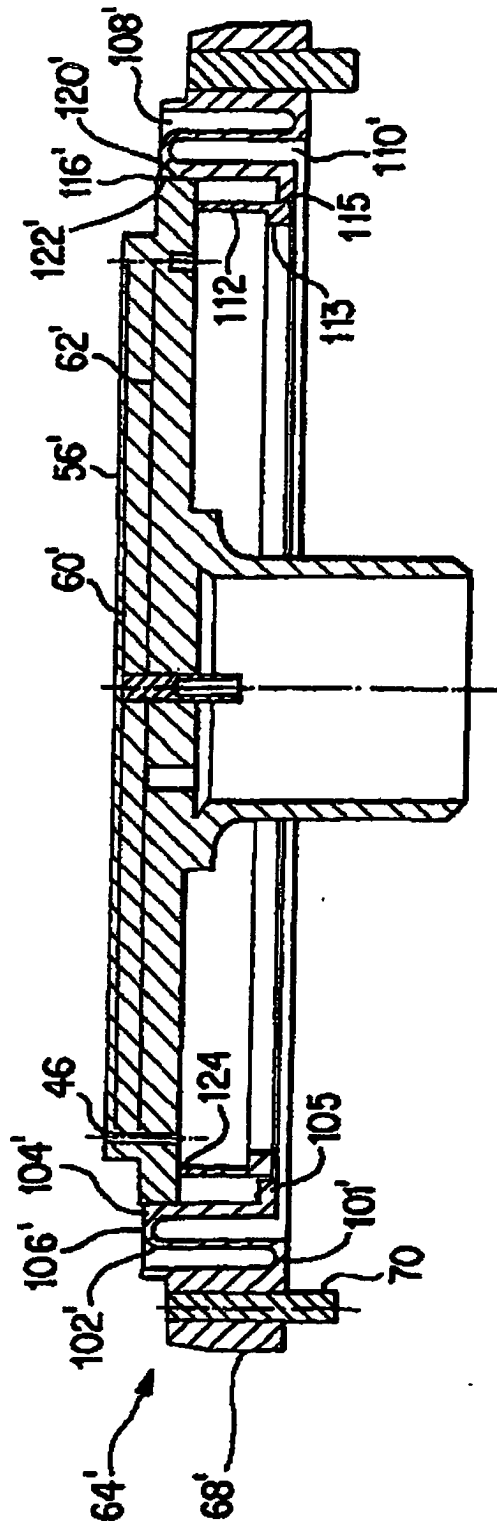


FIG. 8

