



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 34 022 T2** 2007.06.28

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 116 261 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 34 022.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/19687**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 948 071.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/016380**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.08.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **23.03.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.07.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **15.11.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.06.2007**

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

C23C 16/56 (2006.01)

C30B 31/12 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
150986 **10.09.1998** **US**

(73) Patentinhaber:
ASM America Inc., Phoenix, Ariz., US

(74) Vertreter:
**Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65183
Wiesbaden**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:
RAAIJMAKERS, Ivo, NL-3723 BC Bilthoven, NL

(54) Bezeichnung: **APPARAT UND METHODE, SUBSTRATE ZU KÜHLEN**

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 Erfindung betrifft Verfahren und Vorrichtungen zum Kühlen von Körpern, wie z. B. Halbleitersubstraten, nachdem sie erwärmt sind. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf das Kühlen eines Substrates durch einen Wärmeübergang zwischen dem Substrat und einer Wärmesenke vor der Behandlung des Substrates

[0002] Halbleiterwafer oder andere solche Substrate unterliegen sehr hohen Behandlungs- oder Prozeßtemperaturen. Zum Beispiel können in gewissen Verfahren mit chemischer Gasphasenabscheidung (CVD) Temperaturen 1.200°C erreichen. Bei einem typischen Arbeitsablauf wird ein Wafer aus einer Kassette bei Raumtemperatur von einer roboterartigen Waferbehandlungseinrichtung in eine Behandlungs- oder Reaktionskammer überführt, wo er einer Behandlung bei hoher Temperatur unterworfen und dann von dem Waferbehandlungsgerät aus der Prozeßkammer bei hoher Temperatur zurück zu derselben Kassette oder einer separaten Kassette für behandelte Wafer überführt wird.

[0003] Bei vielen Prozessen bei hoher Temperatur, die man bei der Halbleiterbehandlung antrifft, muß sich der Wafer von einer Behandlungstemperatur zu einer viel niedrigeren Temperatur abkühlen, bevor er von einem Waferbehandlungsgerät plziert oder aufgenommen werden kann. Beispielsweise liegen in einem epitaxialen Siliciumabscheidereaktor die Behandlungstemperaturen in der Reaktionskammer in typischer Weise im Bereich von 1.000 bis 1.200°C, während die Maximaltemperatur, welche das roboterähnliche Waferbehandlungsgerät handhaben kann, nur etwa 900°C beträgt. Ferner ist der Wafer bei hohen Temperaturen gegenüber einer körperlichen Beschädigung verwundbarer, die während des Transports von dem Waferbehandlungsgerät verursacht werden kann. Deshalb muß man dem Wafer die Möglichkeit des Abkühlens von der Behandlungstemperatur (z. B. auf etwa 900°C) gestatten, bevor er von einem standardmäßigen Behandlungsgerät behandelt und überführt werden kann. In ähnlicher Weise muß der Wafer für eine sichere Behandlung durch andere Arten von Waferbehandlungsgeräten (z. B. Schaufeln bzw. Schaufelräder) und für die Speicherung in preiswerten Kassetten auf noch niedrigere Temperaturen abgekühlt werden.

[0004] Die zum Herunterkühlen des Wafers auf Behandlungstemperaturen erforderliche Zeit kann für den Hersteller von integrierten Schaltungen sehr teuer werden. Abkühlgeschwindigkeiten hängen zum Teil von der Masse des Systems ab, welches gekühlt wird, und sind auf etwa 45 Sekunden von 1.200°C auf 900°C für einen 200 ml Wafer auf einem typischen Suszeptor gemessen worden. Dieses Herunterkühlen addiert sich zu der gesamten Zeit des Arbeitsablaufs für jeden Wafer, und folglich vermindert dies den Durchsatz des Systems. Dies erhöht die Kosten der Waferbehandlung.

[0005] Wegen der hohen Kosten des Behandlungsgerätes von Halbleiterwafern ist es vom Mitbewerberstandpunkt aus äußerst wichtig, in der Lage zu sein, die teure Gerätschaft in fortlaufender Benutzung zu halten, um dadurch den Durchsatz möglichst zu erhöhen. Gleichzeitig muß die verwendete Waferkühltechnik mit der Umgebung der CVD-Behandlungsvorrichtung und den Erfordernissen höchster Reinheit kompatibel sein. Außerdem müssen die Kosten der Technik selbst ausreichend niedrig sein, so daß man bei den Behandlungskosten pro Wafer eine echte Verminderung hat.

[0006] Es ist deshalb Zweck der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung vorzusehen, um einen Wafer schnell und gleichmäßig von einer hohen Behandlungstemperatur auf eine Temperatur abzukühlen, bei welcher der Wafer unter Verwendung eines Waferhandhabungsgerätes aufgenommen und in einer Waferlagerkassette abgelegt werden kann.

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Behandeln von Substraten in einer Behandlungskammer zur Verfügung gestellt mit: Laden eines Substrates auf einen Trägeraufbau in der Kammer; Erwärmen des Substrates auf mindestens eine Behandlungstemperatur; Behandeln des Substrates bei der Behandlungstemperatur in einer Behandlungsposition; nach dem Behandeln des Substrates Bewegen eines Elementes in der Kammer, um das Substrat und eine Kühlfläche einer Wärmesenke in eine Kühlposition zu bringen, in welcher das Substrat Wärme direkt über einen Spalt zu der Kühlfläche verliert; und Halten des Substrates und der Kühlfläche in der Kühlposition.

[0008] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Verfahren das Bewegen des

Substrates aus einer ersten Position zu einer zweiten Position in der Nachbarschaft zu einem kalten Element auf. Das Substrat wird bei der zweiten Position gehalten, während die Wärme aus dem Substrat zu dem kalten Element übertragen wird, bis es sich auf Handhabungs- bzw. Behandlungstemperatur abkühlt, die niedriger ist als die Prozeß- oder Behandlungstemperatur.

[0009] Gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Verfahren das Bewegen eines kühlenden Teils aus einer zurückgezogenen Position zu einem Ort neben dem Substrat und im Abstand von diesem auf. In der zurückgezogenen Position hat das kühlende Teil eine dritte Temperatur, die niedriger ist als eine zweite Temperatur. Das Kühlteil wird in der benachbarten Position gehalten, bis sich das Substrat auf die zweite Temperatur abkühlt. Das Substrat wird dann mit der Substrathandhabungsvorrichtung angehoben.

[0010] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Bearbeitungsreaktor für eine Hochtemperaturbehandlung von Substraten vorgesehen, wobei der Reaktor aufweist: eine Vielzahl von Wänden, die eine Prozeß- bzw. Bearbeitungskammer bilden, einen Substratträgeraufbau in der Kammer; eine Wärmequelle für das Erwärmen eines Substrates auf dem Trägeraufbau; eine Wärmesenke in der Kammer; ein bewegbares Element in der Kammer; und einen Antriebsmechanismus zum Bewegen des bewegbaren Elementes zwischen einer ersten Position und einer zweiten Position innerhalb der Kammer, wobei die erste Position die Behandlung des Substrates auf dem Trägeraufbau erlaubt, und die zweite Position erlaubt, daß die Wärmesenke von dem Substrat durch einen Spalt im Abstand angeordnet wird, der ausreichend klein ist, um einen merklichen Wärmetransport direkt über den Spalt zwischen der Wärmesenke und dem Substrat in der zweiten Position zu ermöglichen.

[0011] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist ein Kühlraum vorgesehen. Der Schutzraum ist ausgestaltet, um das Kühlteil während der Bearbeitung bei hoher Temperatur gegen Wärme zu schützen. Ein beweglicher Arm, welcher das Kühlteil stützt, ist mit einem Antriebsmechanismus verbunden, welcher den beweglichen Arm und das Kühlteil aus einer ersten Position in eine zweite Position verlängern kann. In der ersten Position ist das Kühlteil nahe dem Kühlschutzraum, während in der zweiten Position das Kühlteil nahe dem Substrathalter ist.

[0012] In vorteilhafter Weise ermöglichen die dargestellten Ausführungsformen ein direktes Kühlen eines Substrates, so daß das Substrat merklich schneller abkühlt als durch Strahlung allein. Da die Kühlverfahren und -mechanismen nicht eine Handhabung des Substrates mit einer Aufnahmevorrichtung erfordern, ist die Stillstandszeit (speziell diejenige, die dadurch hervorgerufen wird, daß man darauf wartet, daß das Substrat eine Temperatur erreicht, bei welcher es sicher gehandhabt werden kann) merklich reduziert. Ferner kann das Substrat gekühlt werden, bevor es sich von dem Trägeraufbau innerhalb der Prozeßkammer bewegt, wie einige der vorgenannten Aspekte zeigen. Wenige sich bewegende Teile sind erforderlich, um die Erfindung an vorhandene Reaktorausführungsformen anzupassen. Die Behandlung mit schnellerer Abkühlung erlaubt es, daß ein Wafer oder ein anderes Substrat in einer kürzeren Zeit von einem Suszeptor aufgenommen oder auf diesem abgelegt wird, wodurch der Waferdurchsatz begünstigt wird und letztlich die Kosten der Waferbehandlung abnehmen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013] [Fig. 1A](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer Behandlungskammer, die gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist, wobei der Wafer sich in einer Behandlungsposition befindet.

[0014] [Fig. 1B](#) veranschaulicht die Behandlungskammer der [Fig. 1A](#), wobei sich der Wafer in einer Kühlposition befindet.

[0015] [Fig. 1C](#) ist eine schematische Querschnittsansicht entlang der Linie 1C-1C der [Fig. 1A](#).

[0016] [Fig. 2A](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer Behandlungskammer, die gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist, wobei sich die Kammer in einer Betriebsart befindet.

[0017] [Fig. 2B](#) veranschaulicht die Behandlungskammer der [Fig. 2A](#), wobei sich die Kammer in einer Kühlbetriebsart befindet.

[0018] [Fig. 2C](#) ist eine schematische Querschnittsansicht entlang der Linie 2C-2C der [Fig. 2A](#).

[0019] [Fig. 3A](#) ist eine Kurve mit der Temperatur gegen die Kühlzeit für einen Abstand von etwa 20 mm zwischen einer Waferoberfläche und einer Kühloberfläche.

[0020] [Fig. 3B](#) ist eine Kurve der Temperatur gegen die Kühlzeit für einen Abstand von etwa 1 mm zwischen einer Waferoberfläche und einer Kühloberfläche.

[0021] [Fig. 4A](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer Kühlstation, welche nicht unter die Begriffe der Erfindung fällt, wobei sich die Station in einer Substratlade-/entladeposition befindet.

[0022] [Fig. 4B](#) veranschaulicht die Kühlstation der [Fig. 4A](#) in einer Substratkühlposition.

Ausführliche Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0023] Die Erfindung ist zwar im Kontext eines Reaktors mit Einzelwafer und horizontalem Gasfluß veranschaulicht, es versteht sich aber für den Fachmann, daß der Kühlmechanismus der vorliegenden Erfindung nicht auf irgendeinen speziellen Typ von Reaktor oder Behandlungskammer begrenzt ist. Der Fachmann findet vielmehr Verwendung für die hier offenbarten Prinzipien in Verbindung mit einer Anzahl unterschiedlicher Arten von Behandlungskammern oder Reaktoren, einschließlich Gruppenwerkzeugen, Chargenbehandlungssystemen, Systemen mit vertikalem Gasfluß oder Duschkopf usw. Während ferner die Anwendungen besonders für das Abkühlen von Wafern nützlich sind, bevor man den Wafer handhabt und aus der Behandlungskammer entfernt, haben die hier offenbarten Prinzipien immer dann Verwendung, wenn es erwünscht ist, ein Werkstück zu kühlen, bevor man es handhaben oder lagern will.

[0024] Die [Fig. 1A](#), [Fig. 1B](#) und [Fig. 1C](#) veranschaulichen eine Behandlungskammer, die ein gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufgebautes Kühlsystem einschließt. Es ist ein Abschnitt einer Behandlungskammer **10** gezeigt, welche den Kühlmechanismus enthält. Ein Waferträgeraufbau weist einen Suszeptor **12** auf, welcher direkt einen Halbleiterwafer **14** oder ein anderes Behandlungssubstrat oder Werkstück (z. B. Glassubstrat) abstützt. Der Suszeptor **12** wird seinerseits von einer Spinne bzw. einem Drehkreuz **16** auf mindestens drei Punkten gehalten. Der gezeigte Suszeptor **12** ist scheibenförmig und hat einen Durchmesser, der größer als der des Wafers **14** ist, und der Wafer **14** wird konzentrisch auf dem Suszeptor **16** angeordnet. Ein externer Antriebsmechanismus oder Motor **20** dreht eine Welle **22**, welche sich durch die Bodenwand **19** der Kammer **10** erstreckt. Die Welle **22** ihrerseits haltet und treibt die Drehung des Drehkreuzes **16**, des Suszeptors **12** und des Wafers **14**.

[0025] Die gezeigte Kammer **10** wird durch eine obere Wand **18** und eine untere Wand **19** gebildet, in typischer Weise mit Quarz, die im wesentlichen transparent sind für Energie von Strahlungswärmequellen oder (nicht gezeigten) Lampen außerhalb der Kammer **10**. Da die Wände **18**, **19** die Strahlungswärme von den Lampen nicht besonders absorbieren, wohingegen die Kombination Suszeptor/Wafer diese Wärme absorbiert, wird die Kammer herkömmlich als Kammer mit "kalter Wand" bezeichnet. Druckfluid (z. B. Zwangsluft und/oder umgewälztes flüssiges Kühlmittel) kühlt rege die Wände **18**, **19** durch Konvektion und hilft die Wände **18**, **19** kühler zu halten als der Suszeptor **12** oder Wafer **14**, die in der Kammer **10** enthalten sind.

[0026] Die Welle **22** kann auch vertikal versetzt werden. Es versteht sich, daß das vertikale Versetzen durch den selben Motor **20** erreicht werden kann, welcher den Drehantrieb besorgt, oder kann von einem separaten Motor angetrieben werden. Weiterhin versteht es sich für den Fachmann, daß die ganze Welle angehoben werden kann oder ein Teleskopabschnitt der Welle das Drehkreuz **16**, den Suszeptor **12** und den Wafer **14** anheben kann. Alternativ kann sich die Welle durch das Drehkreuz hindurch erstrecken und den Suszeptor direkt anheben. Während des Anhebens bleibt der Wafer **14** von dem selben Suszeptor **12** (oder einem anderen Waferträgeraufbau) gehalten, welcher den Wafer während der Behandlung stützt.

[0027] Unter Bezugnahme auf [Fig. 1B](#) wird im Betrieb, nachdem der Wafer **14** bei hoher Temperatur behandelt wurde und vor der Handhabung heruntergekühlt werden muß, der Wafer **14** angehoben, bis er sich in einer Kühlposition nahe der oberen Wand **18** des Reaktors oder der Behandlungskammer **10** befindet. Vorzugsweise hat die obere Wand **18** eine flache innere Oberfläche im wesentlichen parallel zu der Waferoberfläche, wenn sich der Wafer **14** in der Kühlposition befindet, wobei gemäß Darstellung in [Fig. 1B](#) ein Spalt **24** gebildet wird. Sobald die obere Wand **18** kühler ist als der soeben behandelte Wafer **14**, dient die Wand **18** als Wärmesenke. In der veranschaulichten Ausführungsform ist die Waferoberfläche, welche der Kühloberfläche der kalten Wand **18** zugewandt ist, die selbe Oberfläche, die während des Prozesses behandelt wurde, und zwar infolge

der Tatsache, daß der Suszeptor **16** weiterhin den Wafer **14** haltet, während er gekühlt wird.

[0028] Die obere Fläche des Wafers **14** wird dicht genug an die innere Oberfläche der oberen Wand **18** herangebracht, so daß der direkte Wärmeübergang zwischen den beiden merklich zu dem gesamten Wärmeübergang beiträgt und vorzugsweise ihn beherrscht. Bei hohen Drücken ist eine viskose Strömung vorherrschend, und die Wärmeleitung der Gase ist vom Druck unabhängig. Es ist bekannt, daß die Wärmeübergangsrate für Strahlung von der Temperaturdifferenz zwischen den zwei Objekten abhängt, während die Wärmeübergangsrate für die Leitung sowohl durch die Temperaturdifferenz als auch den Abstand zwischen den Objekten bestimmt wird. Bei der gezeigten Ausführungsform wird zusätzlich zu einem Strahlungswärmeübergang Wärme in wirksamer Weise durch das Umgebungsgas (z. B. Spülgas) quer über den Spalt **24** geleitet.

[0029] Man hat gefunden, daß unter normalen Betriebsbedingungen der gezeigten Reaktionskammer **10** der Leitungswärmeübergang erheblich zum Wärmeübergang beiträgt, wenn der Spalt **24** kleiner als etwa 5 mm ist. Vorzugsweise beträgt der Spalt **24** zwischen etwa 0,2 mm und 3 mm und bevorzugter zwischen etwa 0,5 mm und 1,5 mm. Bei einem Spalt von 1 mm ist z. B. der vorherrschende Wärmetransportmechanismus die Wärmeleitung durch die Gasphase. Deshalb kühlt die Kombination Wafer/Suszeptor viel schneller herunter, wenn sie nahe der kalten Wand ist, als durch Strahlung allein (z. B. wenn der Spalt **24** größer als 20 mm ist). Die Kühlraten bzw. -geschwindigkeiten bei einem Spalt von 1 mm und einem Spalt von 20 mm sind in [Fig. 3A](#) bzw. [Fig. 3B](#) gezeigt, die in größerer Einzelheit unten diskutiert werden.

[0030] Eine Gleichmäßigkeit des Spaltes **24** und gleichmäßige Temperaturen quer über die kalte Wand begünstigen einen gleichmäßigen Wärmeübergang über die Oberflächen. Dementsprechend werden die Beanspruchungen der thermischen Ungleichmäßigkeiten und folglich des Verziegens oder einer anderen Beschädigung für den Wafer **14** vermieden. Ein gleichmäßiger Wärmeübergang kann ferner dadurch begünstigt werden, daß man fortlaufend den Wafer **14** dreht, während man den Wafer **14** kühlt, wie in [Fig. 1B](#) gezeigt ist.

[0031] Nachdem sich der Wafer **14** ausreichend für die Aufnahmevorrichtung abkühlt, um sicher gehandhabt zu werden, ohne daß der Wafer oder die Aufnahmevorrichtung beschädigt wird, wird der Wafer **14** in eine Position abgesenkt, bei welcher er aufgenommen werden kann. Eine bevorzugte Aufnahmevorrichtung ist in dem US-Patent Nr. 4,846,102 gezeigt, welches eine Aufnahmewand beschreibt, die auf dem Prinzip der Bernoulli-Gleichung arbeitet und Gasströme mit hoher Geschwindigkeit unter Winkeln schießt. Wenn die Gasströme dicht an die Oberseite einer Waferoberfläche gebracht wurden, erzeugen sie eine Niederdruckzone über dem Wafer, welche den Wafer zum Anheben veranlaßt. Diese Wand, die hier als "Bernoulli-Wand" bezeichnet werden soll, kann Wafer sicher bei Temperaturen von etwa 900°C oder niedriger aufnehmen.

[0032] Wie bemerkt, stützt der selbe Aufbau, welcher direkt den Wafer **14** während der Behandlung stützt (nämlich der Suszeptor **12**) den Wafer **14**, wenn er sich in die Kühlposition bewegt. Demgemäß kann das Kühlen des Wafers **14** ohne die Notwendigkeit einer speziellen Handhabungsvorrichtung für hohe Temperatur beschleunigt werden. Weiterhin ist kein zusätzlicher Übergabeschritt erforderlich, und das Risiko des Herunterfallens, Zerkratzens oder eines anderweitigen Beschädigens des Wafers, während dieser noch heiß ist, ist minimal gemacht.

[0033] Die oben beschriebene Ausführungsform ermöglicht auch ein schnelles Kühlen ohne Erhöhung des Risikos der Verunreinigung der Kammer und des Wafers durch Teilchen. Da das Kühlen innerhalb der Behandlungskammer durchgeführt wird, ist an erster Stelle die Bewegung minimal gemacht. Während zweitens die obere Wand **18** konvektiv durch Zwangs- bzw. Fremdluft und/oder umgewälztes flüssiges Kühlmittel gekühlt wird, ist das Waferkühlen vorherrschend direkt. Dementsprechend wird die erhöhte Waferkühlgeschwindigkeit nicht dadurch erreicht, daß man den Wafer erhöhter Zwangsluftkonvektion aussetzt. Im Gegensatz, vorherrschende Konvektionskühlverfahren können ein schnelles Kühlen nur auf Kosten einer erhöhten Teilchenkontamination des Wafers erreichen.

[0034] Die [Fig. 2A](#), [Fig. 2B](#) und [Fig. 2C](#) veranschaulichen eine Behandlungskammer **10**, die gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung aufgebaut ist. Zur Vereinfachung werden Elemente, welche denen in [Fig. 1](#) ähnlich sind, durch gleiche Bezugszahlen bezeichnet. Gemäß Darstellung weist die Kammer **10** ein Kühlteil oder eine Platte **30** auf, die vorzugsweise in einer Tasche **32** außerhalb des Behandlungsbereiches gelagert ist, so daß die Platte **30** die Waferbehandlung nicht stört. Bei der gezeigten Ausführungsform ist die Tasche **32** an dem abstromigen Ende der Kammer **10** gegenüber dem Behandlungsgaseinlaß und der Waferladeöffnung angeordnet. Wie in [Fig. 2A](#) gezeigt ist, ist die Platte **30** in der Tasche **32** im Abstand von den Oberflächen der Tasche **32** um Abstände oder Räume **34** auf einem beweglichen Arm **36** angeordnet. Der Arm **36** erstreckt sich durch die Tasche **32** und wird von einem Antriebsmechanismus oder Betätigungsglied **38** ange-

trieben.

[0035] Die gezeigte Platte **30** hat eine flache untere Oberfläche, die größer oder gleich der Oberfläche des Wafers **14** ist, und weist vorzugsweise ein Material mit einer speziellen Wärmekapazität auf, die höher ist als die des Wafers **14** oder Suszeptors **12**. Die Dicke der beweglichen Platte **30** kann von dem Fachmann ausgewählt werden, um die Materialkosten und den zur Verfügung stehenden Raum mit vorteilhaft hoher Gesamtwärmekapazität auszugleichen. In erwünschter Weise hat die Platte **30** eine thermische Masse, die größer ist als die des zu behandelnden Wafers **14**. Die thermische Masse eines Feststoffes oder seiner konzentrierten Wärmebelastbarkeit ist durch die Gleichung gegeben:

$$C_T = \rho V c,$$

wobei gilt:

ρ = Dichte des Feststoffes,
 V = Volumen des Feststoffes und
 c = spezifische Wärme (Wärmekapazität) des Feststoffes.

[0036] Somit ist für ein gegebenes Material und eine Oberfläche die thermische Masse der Platte **30** direkt auf seine Dicke bezogen.

[0037] Da die Tasche **32** außerhalb der Behandlungsfläche angeordnet ist, wird sie gegen Strahlungswärme geschützt, und sie absorbiert die Strahlungswärme nicht, welche auf die Kombination Wafer/Suszeptor gerichtet ist, und bleibt somit relativ kühler als der Wafer **14**. In vorteilhafter Weise sind die die Tasche **32** bildenden Oberflächen aktiv durch Konvektion gekühlt, wie z. B. durch ein umgewälztes Fluid-Kühlmittel (Luft oder Wasser).

[0038] Im Betrieb wird die Platte **30** in der Tasche **32** gehalten, während der Wafer **14** einer Hochtemperaturbehandlung unterworfen wird (z. B. epitaxische Abscheidung bei etwa 1000°C bis 1.200°C). Die gekühlte Tasche **32** hält die Platte **30** kühler, vorzugsweise unter der Handhabungstemperatur (z. B. etwa 900°C für die bevorzugte Bernoulli-Wand). In erwünschter Weise betragen die Abstände **34** zwischen den Oberflächen der Platte **30** und den Wänden der Tasche **32** weniger als etwa 5 mm, so daß der direkte bzw. leitende Wärmeübergang zu dem Wärmeaustausch beiträgt, welcher die Platte **30** innerhalb der gekühlten Tasche **32** kühl hält. Je nach dem Umgebungsgasdruck und der Leitfähigkeit innerhalb der Kammer **10** beträgt der Abstand vorzugsweise zwischen etwa 0,2 mm und 3 mm und beträgt bevorzugt zwischen etwa 0,5 mm und 1,5 mm. In erwünschter Weise fährt der Wafer **14** fort, während des Kühlprozesses zu drehen.

[0039] Wenn der Behandlungsschritt bei hoher Temperatur vollendet ist, treibt das Betätigungsglied **38** den Arm **36** an, um die Platte **30** über den Wafer derart zu bewegen, daß die Platte **30** sich nahe am Wafer **14** befindet. Bei der veranschaulichten Ausführungsform ist die Platte **30** parallel zu dem Wafer **14** angebracht und befindet sich in der zweckmäßigen vertikalen Position relativ zu dem Wafer (d.h. vorzugsweise vertikal im Abstand und weniger als etwa 3 mm, bevorzugter zwischen etwa 0,5 mm und 1,5 mm). Dementsprechend bewegt das bevorzugte Betätigungsglied **38** den Arm **36** und somit die Platte **30** ausschließlich horizontal. Es versteht sich, daß bei anderen Anordnungen die Platte **30** sowohl horizontal als auch vertikal bewegt werden kann, bis sie sich einander gegenüber befinden, von dem Wafer in einem Abstand, der den Wärmeleitübergang begünstigt.

[0040] Der vertikale Spalt **24** zwischen einander zugewandten Oberflächen des Wafers **14** und der Platte **30** ist vorzugsweise wie unter Bezugnahme auf die Ausführungsform der **Fig. 1** beschrieben. Dementsprechend kühlt die Kombination Wafer/Suszeptor schnell sowohl durch leitenden als auch Strahlungswärmeübergang ab.

[0041] Wenn der Wafer **14** auf die gewünschte Handhabungstemperatur abgekühlt ist (z. B. etwa 900°C für die bevorzugte Aufnahmewand), wird die bewegliche Platte **30** zu der Tasche **32** zurückbewegt. Die von dem Wafer/Suszeptor absorbierte Wärme wird während des Kühlens dann durch die aktiv gekühlte Tasche **32** absorbiert, um zu ihrer ursprünglichen Ruhetemperatur zurückzukehren. Inzwischen kann das Waferhandhabungsgerät den Wafer **14** aufnehmen.

[0042] Wie bei der ersten Ausführungsform ermöglicht die zweite Ausführungsform das Kühlen des Wafers **14** ohne das Erfordernis einer separaten Handhabung des Wafers **14**. Dementsprechend ist kein spezielles

Handhabungsgerät für hohe Temperatur notwendig. Ferner kann der Mechanismus der zweiten Ausführungsform angepaßt werden, um Wafer innerhalb Kammern mit sogenannter "heißer Wand" zu kühlen, solange die bewegliche Platte auf einer niedrigeren Temperatur gehalten wird als die Handhabungstemperatur. Während bei anderen Anordnungen die Platte selbst direkt gekühlt werden kann, umgeht die gezeigte Anordnung in vorteilhafter Weise Rohrleitungsarbeiten oder eine andere Kühlmittelverbindung durch den beweglichen Arm.

[0043] Bei jeder der oben beschriebenen Ausführungsformen wird die Kühlgeschwindigkeit vorzugsweise durch Einführen von Spülgas zu der Behandlungskammer während des Kühlens gefördert, wie in der Technik bekannt ist. Es kann jedes beliebige Spülgas, welches herkömmlich bei dieser Art von Reaktor und Prozeß verwendet wurde, bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Beispiele zweckmäßiger Spülgase schließen Argon, Wasserstoff, Stickstoff und Helium ein. Am meisten bevorzugt ist das Spülgas eines mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit, wie z. B. Helium und Wasserstoff. Ein solches Spülgas kann als Wärmeleitungsmedium zwischen dem Substrat und dem Kühlelement dienen.

[0044] Der Fachmann weiß, daß auch andere Kühlverfahren in der Behandlungskammer in Kombination mit den veranschaulichten Mechanismen verwendet werden können, wodurch die Abkühlzeiten minimal gemacht werden.

[0045] Die Kühlgeschwindigkeit kann durch die folgende Gleichung abgeschätzt werden:

$$\frac{\delta T}{\delta t} = \frac{1}{C_p} \cdot \left[-\frac{\lambda(T)}{d} \cdot (T - T_w) - \frac{\sigma \cdot (T^4 - T_w^4)}{\left[\frac{1}{\epsilon} + \frac{1}{\epsilon_w} - 1 \right]} \right]$$

[0046] Die Bedeutungen der Symbole in der Gleichung sind in der nachfolgenden Tabelle gegeben. In der Tabelle sind auch die Parameter gegeben, welche die anfänglichen Kühlbedingungen bestimmen. Die Kühlraten des Suszeptors **12** und des Wafers **14**, die aus dieser Gleichung berechnet sind unter Verwendung der Parameter, sind in [Fig. 3A](#) bzw. [Fig. 3B](#) aufgezeichnet. Der einzige Unterschied zwischen diesen zwei Fällen ist der, daß der Spalt **24** (dargestellt durch den Abstand d in der Gleichung) in dem gezeigten Fall in [Fig. 3A](#) 20 mm beträgt, während der Spalt **24** in dem in [Fig. 3B](#) gezeigten Fall 1 mm beträgt.

Tabelle: ABKÜHLRATE

<u>Konstante oder Variable</u>	<u>Definition</u>	<u>Einheiten</u>	<u>Größe</u>
C_p	Wärmekapazität pro Flächeneinheit für die Kombination Suszeptor/Wafer	J/m ² K	4620
ϵ	Suszeptoremmissionsvermögen		0,7
$\lambda(T)$	Wärmeleitfähigkeit des Gases	W/mK	$-(0,5411 \times 10^{-8} \times T^2 + (4,457 \times 10^{-4}) \times T + (6,866 \times 10^2))$ (für H ₂)
T_s	Anfangstemperatur	K	1473
T_w	Wandtemperatur	K	773
d	Spaltgröße	m	20×10^{-3} (Figur 3A) 1×10^{-3} (Figur 3B)
ϵ_w	Wandemissionsvermögen		0,7
σ	Stefan-Boltzmann-Konstante	W/m ² K ⁴	$5,6 \times 10^{-8}$

[0047] Vorzugsweise braucht der Kühlschritt weniger als 60 Sekunden und bevorzugter weniger als 10 Sekunden, um die Kombination Wafer/Suszeptor von 1.000°C-1.200°C auf weniger als oder gleich etwa 900°C

zu kühlen. Man kann aus den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) sehen, daß es etwa 17 Sekunden dauert, um den Wafer **14** von 1.200°C auf 900°C zu kühlen, wenn der Spalt **24** 20 mm beträgt (siehe [Fig. 3A](#)), während es etwa 4 Sekunden dauert, wenn der Spalt **24** 1 mm beträgt (siehe [Fig. 3B](#)). Diese Berechnung zeigt einen merklichen Unterschied in der Kühlrate, hervorgerufen durch die Verringerung des Abstandes zwischen der kalten Wand und der Waferoberfläche. Wenn er auf eine niedrigere Temperatur abgekühlt wird, wird der Unterschied noch größer, da der Wärmeübergang durch Strahlung bei diesen niedrigeren Temperaturen weniger beherrschend ist.

[0048] Die vorstehenden Berechnungen sind für eine Wafer- und Suszeptorkombination gegeben und insbesondere für einen Siliciumcarbidsuszeptor mit einer Dicke von etwa 0,7 mm und einen 200 mm Wafer mit einer ähnlichen Dicke. Es versteht sich jedoch, daß ähnliche Berechnungen für das Kühlen des Wafers allein durchgeführt werden können oder für das Kühlen des Suszeptors allein. Wenn es z. B. erwünscht ist, einen Suszeptor nach einem Prozeß zu kühlen, in welchem kein Wafer beteiligt ist (z. B. ein Kammer-/Suszeptorätzprozeß für das Reinigen zwischen Waferbehandlungsschritten), kann der Suszeptor allein in die Nachbarschaft der kalten Kammerwand kommen, oder eine Wärmesenke kann in die Nachbarschaft des Suszeptors gebracht werden.

[0049] Je kürzer die Kühldauer in der Behandlungskammer **10** ist, um so eher kann der Wafer herausgenommen und ein anderer Wafer für die fortlaufende Produktion in die Behandlungskammer **10** zugeführt werden. Somit wird bei einer Anwendung der Wafer **14** aus der Behandlungskammer **10** herausgenommen, wenn er von einer Behandlungstemperatur von 1.000°C-1.200°C auf etwa 900°C heruntergekühlt ist. Bei einer anderen Anwendung wird der Wafer **14** aus der Prozeßkammer mit einer empfindlicheren Waferhandhabungseinrichtung herausgenommen, nachdem eine Behandlung bei mehr als 600°C herunter auf eine Handhabungstemperatur unter 600°C erfolgte.

[0050] Der Wafer kann dann weiter auf eine Temperatur heruntergekühlt werden, bei welcher er in einer Kassette gespeichert werden kann. Zum Beispiel kann der Wafer auf einer Waferhandhabungsvorrichtung oder an einer Offline-Stelle gehalten werden, bis er auf etwa 100°C abgekühlt ist. Siehe die Beschreibung der [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) unten.

[0051] Der Fachmann weiß, daß die Kühlmechanismen und -verfahren, die hier offenbart sind, an beliebige geeignete herkömmliche Behandlungskammern angepaßt werden können. Zum Beispiel kann der drehbare Substratträgermechanismus, der in dem US-Patent 4,821,674 beschrieben ist, bei der vorliegenden Erfindung für die Abstützung und Steuerung der Bewegung des Wafers/Suszeptors verwendet werden. In ähnlicher Weise kann der Kühlmechanismus nach der vorliegenden Erfindung gut an eine Reaktionskammer desjenigen Typs angepaßt werden, der in dem US-Patent 5,020,475 offenbart ist. Der Fachmann weiß, daß eine Vielzahl von Verfahren zum Kühlen eines Wafersubstrats außerhalb der Behandlungskammer in Kombination mit den oben beschriebenen Vorkühlverfahren und -vorrichtungen für die Verwendung innerhalb der Behandlungskammer benutzt werden kann.

[0052] Wie durch die [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) veranschaulicht ist, können ferner die oben offenbarten Verfahren und Aufbauten an behandlungsfreie Kammern angepaßt werden. [Fig. 4A](#) veranschaulicht eine Kühlstation **50** in einer separaten Kammer außerhalb einer Behandlungskammer. Zum Beispiel könnte der gezeigte Aufbau in einer Waferhandhabungskammer zwischen Waferübergangs-/Speicherkassetten und der Behandlungskammer oder in einer separaten Kühlkammer in einem Gruppenwerkzeug verwendet werden. Zwar stehen Kassetten zur Verfügung, die 170°C heiße Wafer handhaben können, diese sind aber sehr teuer. Eine allgemein zur Verfügung stehende, weniger teure Kassette, die von Delrin® hergestellt wird, kann nur Temperaturen gut unter 100°C handhaben. Andere übliche, zur Verfügung stehende Einheiten können nur etwa 60°C handhaben.

[0053] Die veranschaulichte Kühlstation ist für die Verwendung in Verbindung mit einer Handhabungsvorrichtung aufgebaut, welche sowohl eine Bernoulli-Wand als auch ein Schaufelrad zur Verfügung stellt.

[0054] [Fig. 4A](#) zeigt den Wafer **14**, der zwischen einer oberen Kammerwand **52** und einer unteren Kammerwand **54** abgestützt ist, wobei die Station **50** ein Waferlade-/Entladebetrieb ist. Ein Waferstützaufbau bestimmt eine Position, bei welcher das Substrat gehalten wird. Bei der veranschaulichten Ausführungsform weist der Waferstützaufbau eine Vielzahl von Stützstiften **56** (mindestens drei) auf, die für eine stabile Abstützung des Wafers **14** horizontal angeordnet sind.

[0055] Wenn der Wafer **14** zunächst auf die Stifte **56** geladen wird, kann er auf einer beliebigen Temperatur sein, die höher ist als die gewünschte Handhabungs- oder Speichertemperatur. Bei einer beispielhaften An-

wendung wird der Wafer **14** aus einer Wärmebehandlungskammer auf einem Hochtemperatur-Handhabungsgerät transportiert. Die anfängliche Wafertemperatur reicht somit von etwa 200°C bis 1.500°C je nach der Behandlung, welcher er zuvor ausgesetzt war, und je nach der Temperaturtoleranz des Hochtemperatur-Waferhandhabungsgeräts. Bei der dargestellten Ausführungsform liegt die anfängliche Wafertemperatur zwischen etwa 600°C und 1.200°C und speziell bei 900°C, wenn der Wafer von einem nach dem Bernoulli-Prinzip arbeitenden Stab transportiert wird.

[0056] Zwischen dem abgestützten Wafer **14** und der oberen Wand **52** ist ein erstes oder oberes Kühlteil **58** über dem Wafer **14** abgestützt. Das obere Kühlteil **58** ist von einem Kolben **60** beweglich abgestützt gezeigt, der sich durch die obere Kammerwand **52** nach oben erstreckt, wo der Kolben **60** die Verbindung mit einem ersten oder oberen Betätigungsglied **62** hat. Das Kühlteil **58** wird vorzugsweise direkt zwischen den Kühlritten gekühlt und wird bevorzugter fortlaufend gekühlt, während die Wafer durch das System hindurch behandelt werden. Zum Beispiel kann der Kolben **60** innere Rohrleitungen zum Umwälzen eines Kühlmittels aufweisen, welches das Kühlteil **58** sowohl in der Position der [Fig. 4A](#) als auch der Position der [Fig. 4B](#), wie unten diskutiert wird, konvektiv kühlt.

[0057] In der dargestellten Waferlade-/entladeposition befindet sich das obere Kühlteil **58** in ausreichendem Abstand über dem Wafer, um einen freien Raum für das bevorzugte Hochtemperatur-Waferhandhabungsgerät vorzusehen, um den Wafer **14** an der Kühlstation **50** einzuladen oder fallenzulassen. Es ist vorteilhaft, wenn man in der Lage ist, den Hochtemperaturstab zu verwenden, denn er berührt die obere Fläche des Wafers nicht und kühlt den Wafer **14** konvektiv, wenn der Wafer **14** transportiert wird.

[0058] Bei anderen Anordnungen kann das obere Kühlteil bewegt werden, um einen solchen Freiraum nur in einem Waferlademodus zur Verfügung zu stellen, während es sowohl im Substratkühl- ([Fig. 4B](#)) als auch Waferentlademodus nahe am Wafer gehalten werden kann. Bei weiteren anderen Anordnungen, bei welchen das Laden und Entladen von einem Waferhandhabungsgerät durchgeführt wird, welches den Wafer nur von unten abstützt (z. B. Schaufelrad oder Gabel), braucht ein solcher Freiraum nicht vorgesehen zu werden, und das obere Kühlteil kann an einer Position nahe der oberen Waferoberfläche befestigt sein.

[0059] Die Kühlstation **50** weist auch ein zweites oder unteres Kühlteil **64** auf, welches zwischen dem Wafer **14** und der unteren Kammerwand **54** abgestützt wird. Bei der dargestellten Ausführungsform wird das untere Kühlteil **64** von einem Ständer oder einer Stange **66** bewegbar abgestützt, der bzw. die sich durch die untere Wand **54** zu einem zweiten oder unteren Betätigungsglied **68** erstreckend gezeigt ist. Das untere Kühlteil **64** wird in erwünschter Weise auch wirksam gekühlt.

[0060] Wie bei dem oberen Teil **58** befindet sich das untere Kühlteil **64** im Abstand unter dem Wafer **14**, um Zugang durch ein Waferhandhabungsgerät zu ermöglichen, insbesondere einer Schaufel oder einem Schaufelrad, die bzw. das gut für das Bewegen eines Wafers in eine gemeinsame Kassette für Wafer hinein oder aus dieser heraus geeignet ist. Ferner ist die Verwendung der Schaufel für das Transportieren eines Wafers zwischen der Kassette und der Kühlstation wünschenswert, denn sie paßt zwischen Wafer in einer Standardkassette. Zum Beispiel kann ein Niedrigtemperatur-Waferhandhabungsgerät zum Ausladen des Wafers aus der Station **50** eine Gabel oder eine Schaufel aufweisen, welche sich unter den Wafer **14** unter die Stifte **56** erstreckt. Ist das Handhabungsgerät erst einmal unter dem Wafer **14**, dann hebt es den Wafer **14** nur leicht an, um die Stifte **56** freizugeben, und transportiert den Wafer **14** zu einer Waferspeicherkassette in einer Ladeschleusenkammer.

[0061] Bei anderen Anordnungen kann das untere Kühlteil abgesenkt werden, um einen solchen Freiraum nur in einem Waferentlademodus vorzusehen, während es sowohl im Substratkühl- ([Fig. 4B](#)) als auch im Waferentlademodus nahe dem Wafer gehalten werden kann. Bei weiteren anderen Anordnungen, bei denen sowohl das Laden als auch Entladen von einem Waferhandhabungsgerät durchgeführt werden, welches den Wafer nur von oberhalb des Wafers hält (z. B. ein Handhabungsgerät, welches nach dem Bernoulli-Prinzip arbeitet), braucht ein solcher Freiraum nicht vorgesehen zu werden, und das untere Kühlteil kann in einer Position nahe der unteren Waferoberfläche angebracht werden.

[0062] Nimmt man nun Bezug auf [Fig. 4B](#), dann wird die Kühlstation **50** in einer Substratkühlposition gezeigt. Gemäß Darstellung wird das obere Kühlteil **58** in eine Position in der Nachbarschaft der oberen Oberfläche des Wafers **14** derart abgesenkt, daß ein Wärmeübergang von dem Wafer zu dem Kühlteil **58** ermöglicht wird. Der Spalt zwischen parallelen Oberflächen des oberen Kühlteils **58** und des Wafers **14** ist somit kleiner als etwa 5 mm, vorzugsweise zwischen etwa 0,2 mm und 3 mm und bevorzugter zwischen etwa 0,5 mm und 1,5 mm.

[0063] Vorzugsweise wird das untere Kühlteil **64** auch zu einer Position nahe der unteren Oberfläche des Wafers **14** derart angehoben, daß ein Wärmeübergang von dem Wafer zu dem unteren Kühlteil **64** erlaubt wird. Der Spalt zwischen dem unteren Kühlteil **64** und dem Wafer **14** ist somit so, wie bezüglich des oberen Kühlteils **58** beschrieben.

[0064] Wie erwünscht ist, sorgt die Kühlstation **50** für einen Wärmeleitübergang von zwei gegenüberliegenden Seiten des Wafers **14**, wodurch der Wafer schnell gekühlt wird. Da die Kühlstation **50** arbeitet, um den Wafer **14** auf niedrigere Temperaturen abzukühlen als die vorher beschriebenen Ausführungsformen, ist dieser doppelte Wärmeleitübergang besonders vorteilhaft, da der Strahlungswärmeübergang bei niedrigen Temperaturen weniger beherrschend ist. In gewünschter Weise wird die Kühlstation **50** in der Kühlposition gehalten, bis der Wafer **14** sich auf eine Temperatur abkühlt, welche das Handhabungsgerät und/oder die Kassette tolerieren können/kann. Somit wird die Station **50** vorzugsweise in der Kühlposition gehalten, bis sich der Wafer **14** auf weniger als etwa 170°C abkühlt, bevor der Wafer **14** für das Speichern in einer Hochtemperaturkassette ausgeladen wird. Bei anderen Anordnungen wird der Wafer **14** vorzugsweise auf weniger als etwa 100°C oder 60°C je nach der Temperaturempfindlichkeit der in Benutzung befindlichen Kassette gekühlt.

[0065] Es versteht sich, daß die Substratkühlsysteme, die oben beschrieben sind, eine große Flexibilität haben und an viele unterschiedliche vorhandene Systeme angepaßt werden können. Die hier offenbarten Ausführungsformen begünstigen ein schnelles Kühlen vor der Handhabung des Wafers. Der Wafer kann somit schneller aus der Behandlungskammer entfernt werden, so daß die Kammer für die Behandlung eines zweiten Substrates früher frei wird. In ähnlicher Weise kann das Substrat schneller auf eine Kassettenspeichertemperatur derart gekühlt werden, daß das Kühlen für die Speicherung nicht die Geschwindigkeit begrenzt, mit welcher Substrate durch ein Behandlungssystem hindurchgelangen. Das Kühlen des Wafers wird dadurch erheblich begünstigt, daß man die Waferoberfläche vor der Handhabung des Wafers nahe an die Wärmesenke heranbringt oder umgekehrt. Die Wärmesenke kann für diesen Zweck ein kaltes Element des Reaktors oder ein separates kaltes Element sein, welches in der Behandlungskammer eingebaut ist. Die besondere Wärmesenke kann eine beliebige geeignete Gestaltung in verschiedenen Ausführungsformen haben. In vorteilhafter Weise ist jedoch die Kühlfläche der Reaktorwand oder die Platte eben und liegt im wesentlichen parallel zu der behandelten Oberfläche des Wafers und befindet sich somit in zugewandter Lage, wenn sich das System in einem Kühlmodus befindet. Auf diese Weise braucht der Wafer nicht von dem Waferstützaufbau für den Vorkühlschritt entfernt zu werden.

[0066] Der Abstand zwischen der Kühlfläche und der Waferoberfläche kann so klein wie möglich gemacht werden. Vorzugsweise berühren die Wafer- und Kühlflächen aber einander nicht. Für den normalen Betrieb ist der Spalt vorzugsweise kleiner als etwa 3 mm, bevorzugter zwischen etwa 0,5 mm und 1,5 mm und am meisten bevorzugt etwa 1,0 mm. Das Kühlen kann bei einem beliebigen Druck durchgeführt werden, z. B. bei Atmosphärendruck, oder bei reduziertem Druck, solange sich der Druck im viskosen Bereich befindet.

[0067] Der Fachmann weiß, daß verschiedene Modifikationen und Änderungen vorgenommen werden können, ohne aus dem Geltungsumfang der Erfindung heraus zu gelangen, wie er durch die anliegenden Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung von Substraten (**14**) in einer Behandlungskammer (**10**) mit:
Laden eines Substrates (**14**) auf einen Trägeraufbau (**12**) in der Kammer;
Erwärmen des Substrates auf mindestens eine Behandlungstemperatur;
Behandeln des Substrates bei der Behandlungstemperatur in einer Behandlungsposition;
nach dem Behandeln des Substrates Bewegen eines Elements (**12, 30**) in der Kammer, um das Substrat und eine Kühlfläche einer Wärmesenke (**18, 30**) in eine Kühlposition zu bringen, in welcher das Substrat Wärme direkt über einen Spalt (**24**) zu der Kühlfläche verliert; und
Halten des Substrates und der Kühlfläche in der Kühlposition.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Substrat und die Kühlfläche in der Kühlposition im Abstand von zwischen etwa 0,2 mm und 3,0 mm gehalten werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Substrat und die Kühlfläche in der Kühlposition im Abstand von zwischen etwa 0,5 und 1,5 mm gehalten werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit dem Entfernen des Substrates von dem Trägeraufbau nach dem

Halten des Substrates und der Kühloberfläche in der Kühlposition, Entfernen des Substrates aus der Kammer und Laden eines zweiten Substrates auf den Trägeraufbau.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bewegen des Elements das Bewegen der Wärmesenke (**30**) aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Wärmesenke (**30**) aktiv gekühlt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, ferner mit dem Zurückziehen der Wärmesenke (**30**) aus der Kühlposition zu einem aktiv gekühlten Ort (**32**) nach dem Halten des Substrates und der Kühloberfläche in der Kühlposition.

8. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Element den Trägeraufbau (**12**) aufweist und ferner mit dem Zurückziehen des Elements aus der Kühlposition vor dem Entfernen des Substrates von dem Trägeraufbau.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Wärmesenke mindestens einen Abschnitt einer Wand (**18**) der Bearbeitungskammer aufweist und das Bewegen des Elements das Bewegen des Trägeraufbaus aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Wärmesenke eine Kühlplatte (**30**) aufweist und das Bewegen des Elementes das Bewegen der Platte aufweist.

11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Kühloberfläche im wesentlichen parallel zu einer Oberfläche des Substrates in der Kühlposition ist.

12. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit dem Vorsehen eines Reinigungsgases zu der Kammer, während das Substrat gekühlt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Kammerdruck auf einem Niveau gehalten wird, welches einen viskosen Fluß zwischen dem Substrat und der Kühloberfläche in der Kühlposition zur Folge hat.

14. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Substrat auf dem Substratträgeraufbau in jeder der Behandlungs- und Kühlpositionen gestützt bleibt.

15. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit dem Drehen des Substrates in der Kühlposition.

16. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Trägeraufbau einen Suszeptor aufweist.

17. Bearbeitungsreaktor für eine Hochtemperaturbehandlung von Substraten, wobei der Reaktor aufweist: eine Vielzahl von Wänden (**18, 19**), die eine Bearbeitungskammer (**10**) bilden; einen Substratträgeraufbau (**12**) in der Kammer; eine Wärmequelle für das Erwärmen eines Substrates auf dem Trägeraufbau; eine Wärmesenke (**18, 30**) in der Kammer; ein bewegbares Element (**12, 30**) in der Kammer; und einen Antriebsmechanismus (**20, 22; 36, 38**) zum Bewegen des bewegbaren Elements zwischen einer ersten Position und einer zweiten Position innerhalb der Kammer, wobei die erste Position die Behandlung des Substrates auf dem Trägeraufbau erlaubt und die zweite Position erlaubt, daß die Wärmesenke von dem Substrat durch einen Spalt (**24**) im Abstand angeordnet wird, der ausreichend klein ist, um einen merklichen Wärmetransport direkt über den Spalt zwischen der Wärmesenke und dem Substrat in der zweiten Position zu ermöglichen.

18. Reaktor nach Anspruch 17, wobei das bewegbare Element den Substratträgeraufbau (**12**) aufweist.

19. Reaktor nach Anspruch 18, wobei die Wärmesenke eine der Vielzahl von Wänden (**18**), welche die Behandlungskammer bilden, aufweist.

20. Reaktor nach Anspruch 17, wobei das bewegbare Element die Wärmesenke (**30**) aufweist.

21. Reaktor nach Anspruch 20, wobei die Wärmesenke eine Kühlplatte (**30**) aufweist und eine aktiv gekühlte Tasche (**32**), in welcher die Platte untergebracht sein kann, in der ersten Position vorgesehen ist.

22. Reaktor nach Anspruch 21, wobei die Platte ausgestaltet ist, um sich über das Substrat auf dem Trä-

DE 699 34 022 T2 2007.06.28

geraufbau zu erstrecken, wenn er sich in der zweiten Position befindet.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

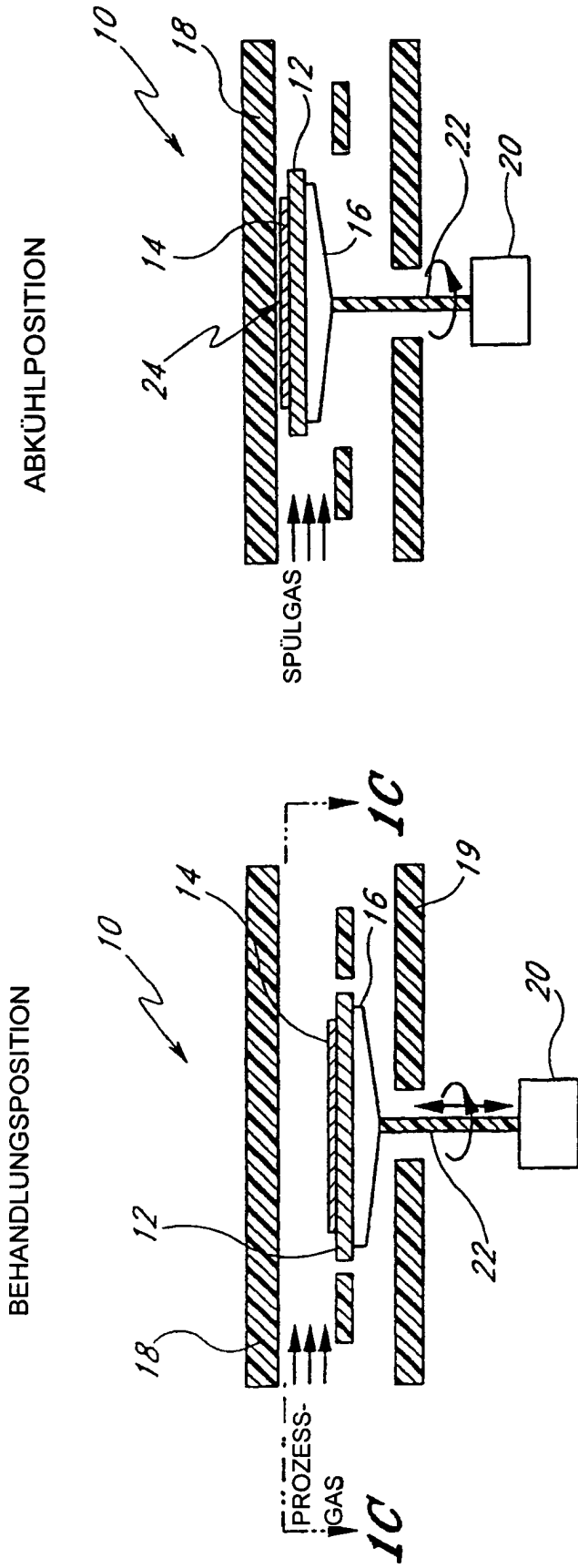


FIG. 1B

FIG. 1A

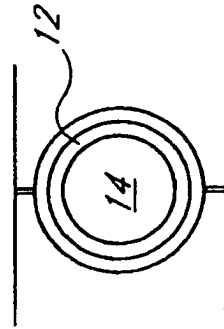
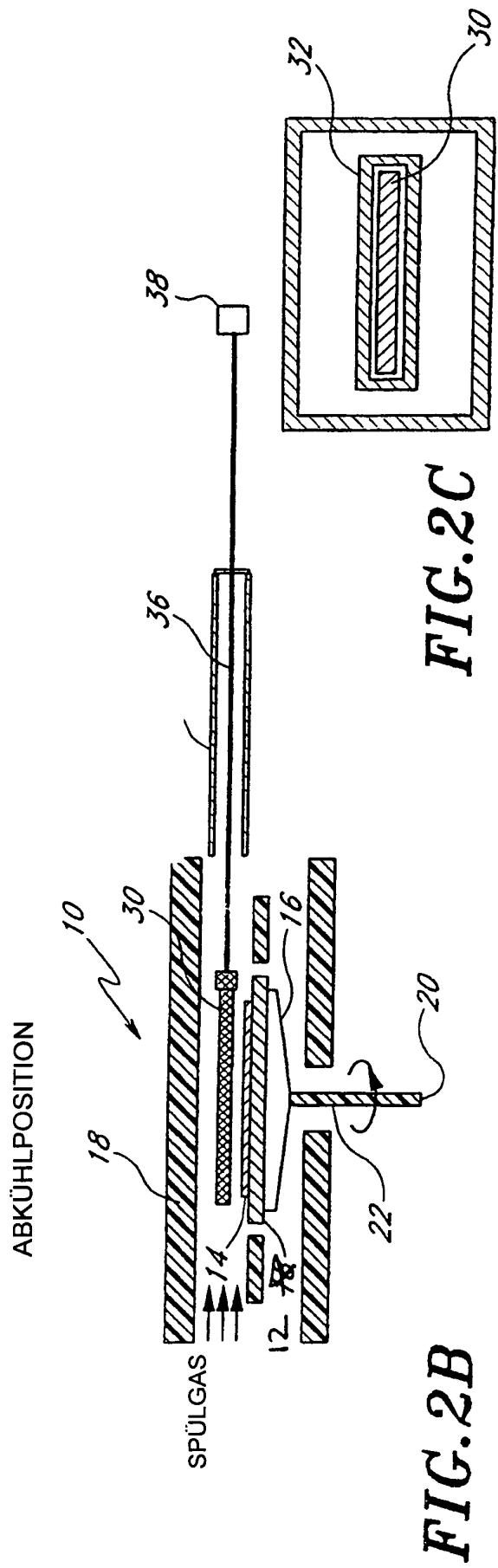
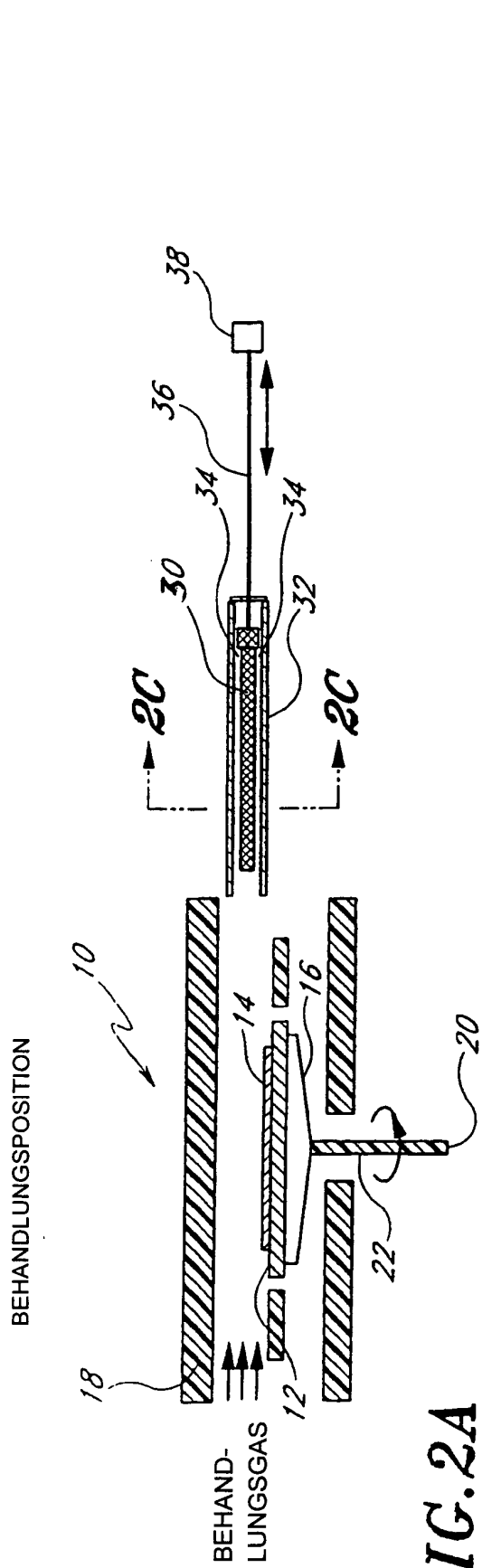


FIG. 1C



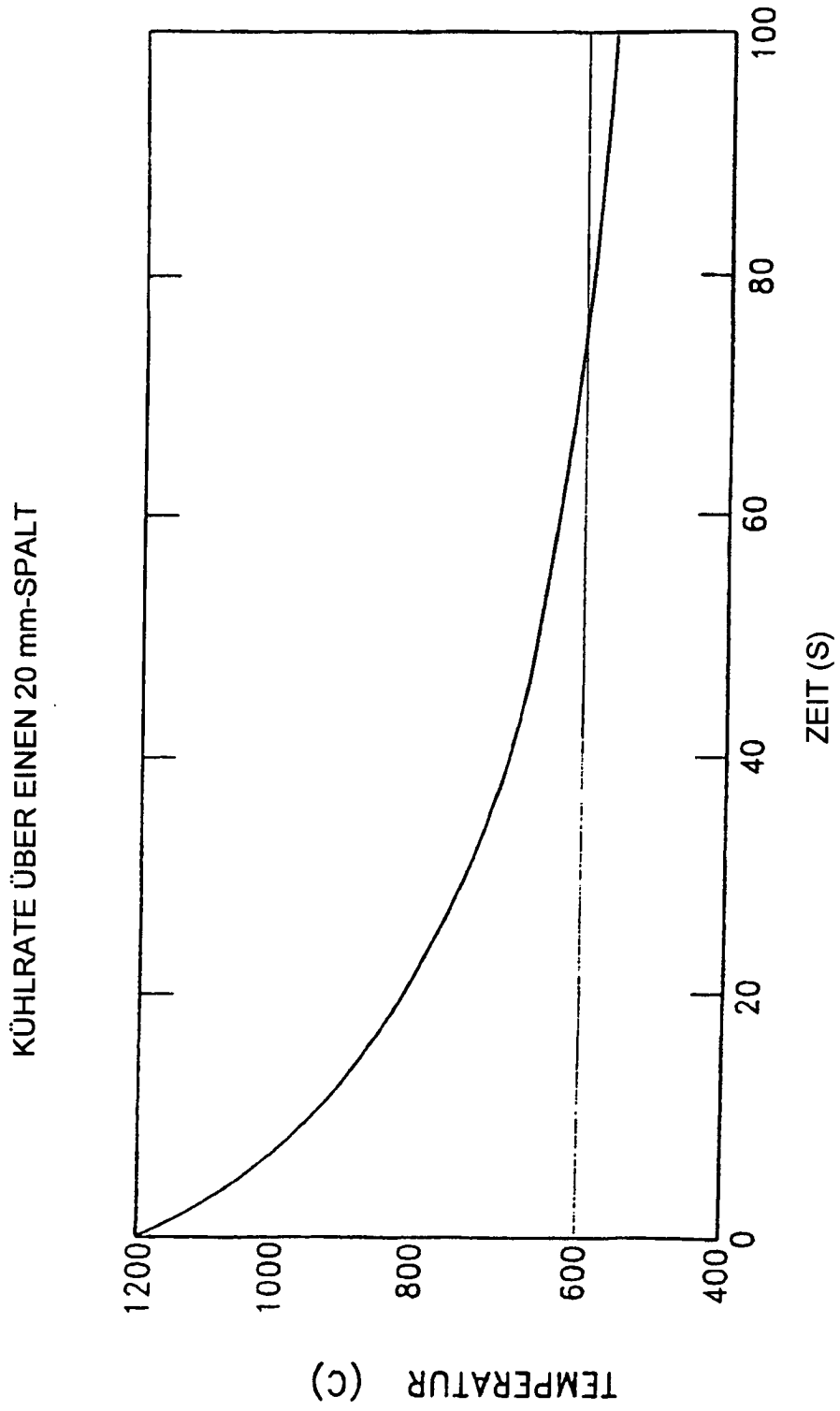


FIG.3A

KÜHLRATE ÜBER EINEN 1 mm-SPALT

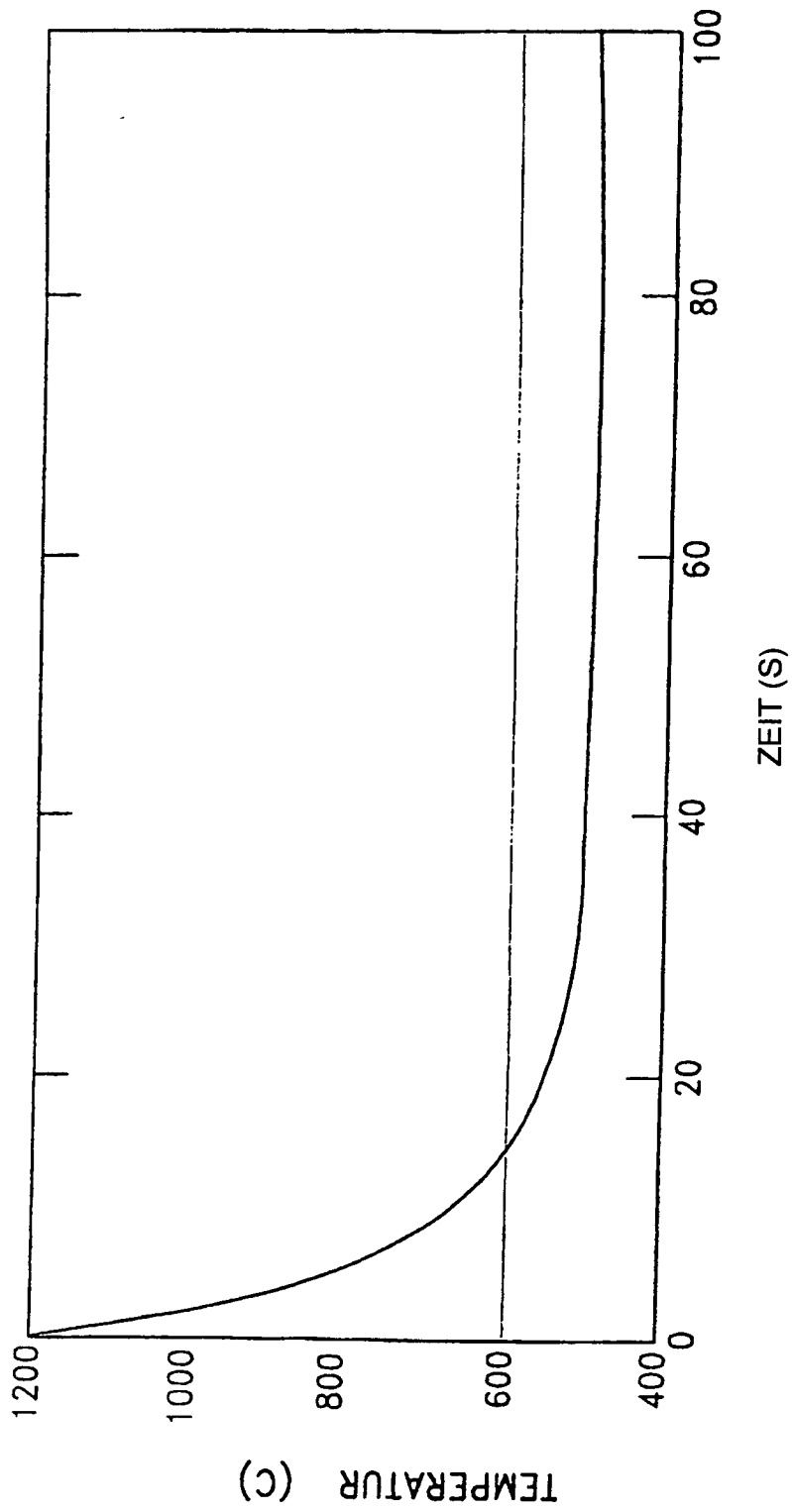


FIG. 3B

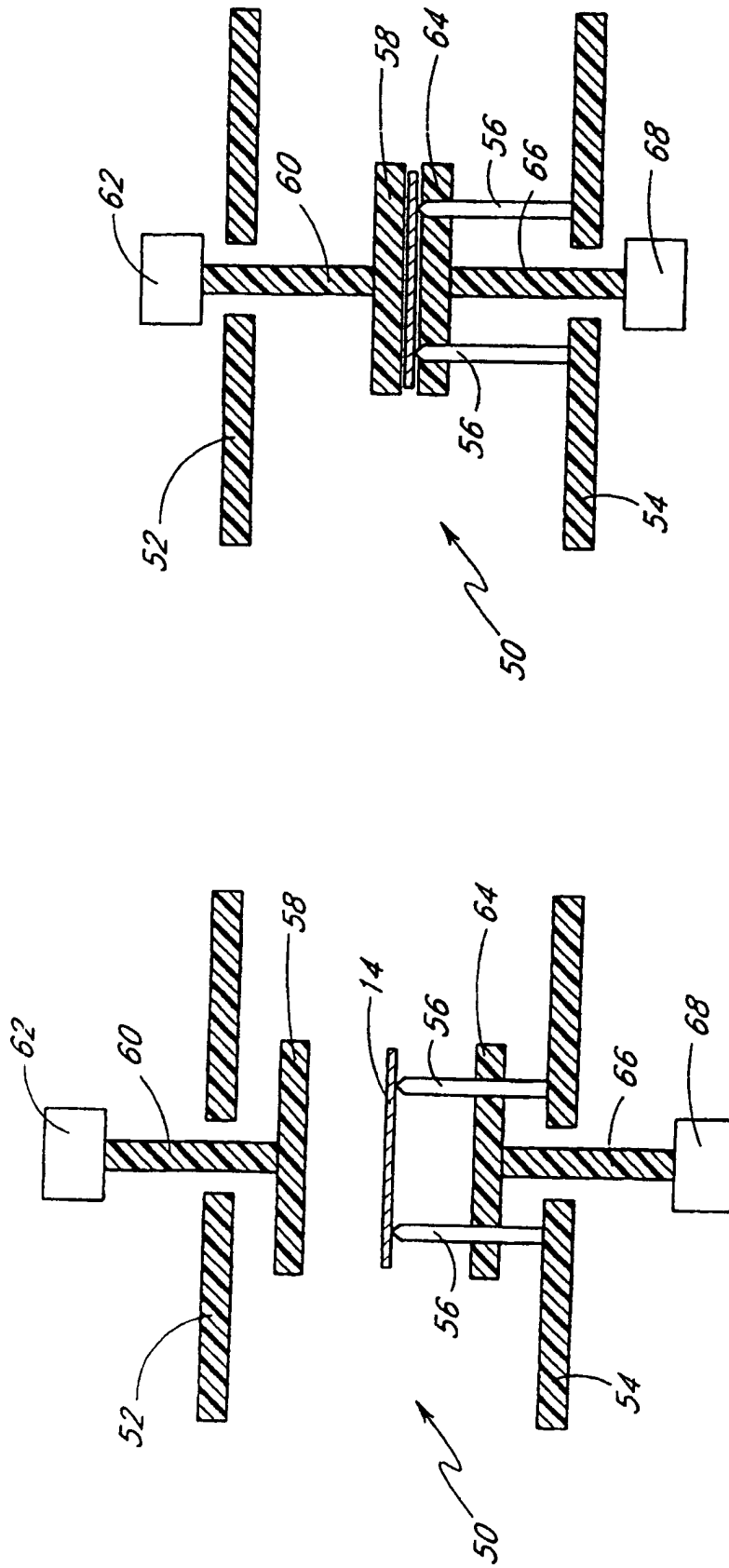


FIG. 4B

FIG. 4A