



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 34 151 T2** 2006.06.29

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 890 185 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 21/02** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 34 151.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/04960**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 917 639.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 97/037375**

(86) PCT-Anmeldetag: **27.03.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **09.10.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.01.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **07.09.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.06.2006**

(30) Unionspriorität:

**623713                      29.03.1996                      US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, GB**

(73) Patentinhaber:

**Lam Research Corp., Fremont, Calif., US**

(72) Erfinder:

**DHINDSA, Rajinder, Milpitas, US**

(74) Vertreter:

**Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim**

(54) Bezeichnung: **FESTSTOFFTEMPERATURGEREGELTER SUBSTRATHALTER**

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 vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen temperaturgeregelten Substratträger und ein Verfahren des Behandeln eines Substrats. Im einzelnen bezieht sich die vorliegende Erfindung auf einen feststofftemperaturgeregelten Substratträger zum Beibehalten einer gewünschten Temperaturverteilung quer über einem Substrat während des Behandeln in einer Halbleitereinrichtung und ein Verfahren zum Behandeln des Substrats, um integrierte Chips herzustellen.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Die Herstellung von Halbleitervorrichtungen oder integrierten Chips wird herkömmlich dadurch ausgeführt, dass ein Substrat, wie zum Beispiel ein Si-, Ge- oder GaAs-Halbleiterwafer, in einer Halbleitereinrichtung behandelt wird. Der Wafer wird typischerweise eine Reihe von Halbleiterprozessen durchlaufend behandelt, wie zum Beispiel Lithographie, Gasphasenabscheidung nach chemischem Verfahren, Plasmaätzen und so weiter. Die Anzahl von integrierten Chips, welche als die Ausbeute bezeichnet wird, variiert in Abhängigkeit der Gesamtqualität des Wafers und in Abhängigkeit davon, wie der Wafer behandelt wird. Ein Parameter, welcher die Ausbeute beeinflusst, ist die Oberflächentemperatur des Wafers während der Behandlung. Je gleichmäßiger die Oberflächentemperatur des Wafers desto höher ist die Ausbeute.

**[0003]** Die Wafertemperatur wird im allgemeinen durch Regeln der Temperatur eines Substratträgers geregelt, wie zum Beispiel einer Platte (Platen), eines Chucks (Spannvorrichtung) oder einer Elektrode, auf welchem der Wafer ruht, und durch Steuern des Wärmeübergangskoeffizienten über der Oberflächenschnittstelle zwischen Wafer und Träger während des Behandeln. Der Wafer ist typischerweise an die Oberfläche des Substratträgers gespannt.

**[0004]** Herkömmlich, siehe zum Beispiel wie in EP 0 418 541, JP 59 124 140 oder EP 0 320 297, wird die Temperatur des Wafers dadurch geregelt, dass ein Kühlmittel, welches typischerweise flüssig ist, in einer Kerbe zum Kühlen innerhalb der Elektrode zirkuliert wird. Externe Kühler werden typischerweise verwendet, um die Kühlmitteltemperatur zu regeln. Um den Wärmeübergangskoeffizienten zwischen dem Wafer und der Elektrode zu verbessern, wird typischerweise ein Hinterseitengasdruck von zum Beispiel Helium-Gas verwendet.

**[0005]** Die externen Kühler, der Kanal zum Kühlen und die Einrichtung zum Zuführen des Heliumgases machen diesen herkömmlichen Ansatz zum Regeln

der Oberflächentemperaturen von Wafern teuer und kompliziert. Zudem ist die Reaktionszeit dafür, dass sich die Temperatur während des Behandeln durch den Wafer hindurch ändert, sehr schlecht, aufgrund der Anzahl von thermischen Wärmeübergangsschnittstellen, welche erforderlich sind, und die entfernt liegende Position des Kühlers.

**[0006]** Ein weiteres Problem bei dem herkömmlichen Ansatz entsteht aus den Temperaturunterschieden, welche quer über dem Wafer während der Halbleiterbehandlung erzeugt werden. Die Temperaturgleichförmigkeit auf dem Wafer während der Behandlung hängt von einer Anzahl von Faktoren ab, wie zum Beispiel der Plasmagleichförmigkeit, der Rückseitengasverteilung an der Schnittstelle zwischen Wafer und Elektrode, der Temperaturgleichförmigkeit quer über die Elektrodenoberfläche und so weiter. In den meisten der plasmaunterstützten Halbleiterprozesse neigt die Wafertemperatur anzusteigen, als ein Ergebnis des Beschusses mit Ionen mit hoher Energie. Wenn somit zum Beispiel die Behandlung (Prozessierung) in der Mitte des Wafers konzentriert wird, kann die Mitte während der Behandlung heißer werden als die Ränder des Wafers.

**[0007]** Bei dem herkömmlichen Ansatz ist es nicht möglich, weil es nur eine einzige Kerbe zum Kühlen gibt und eine einzige Flüssigkeit, welche innerhalb der Kerbe zum Kühlen zirkuliert, die Temperaturverteilung quer über der Oberfläche des Wafers zu regeln. Um einen Teil der Waferoberfläche auf einer geeigneten Temperatur während des Behandeln zu halten, werden andere Bereiche des Wafers für die Verwendung in der Herstellung von integrierten Chips ungeeignet. Somit ist es unmöglich, den herkömmlichen Ansatz zu verwenden, um eine gleichförmige optimale Temperatur quer über der gesamten Waferoberfläche während des Behandeln beizubehalten.

**[0008]** In der Vergangenheit konnte, weil integrierte Chips relativ groß waren, nur eine kleine Anzahl von integrierten Chips aus einem Wafer hergestellt werden, was dazu führte, dass signifikante Ausmaße der Waferoberfläche ungenutzt blieben. Zum Beispiel blieben die Ränder der Waferoberfläche typischerweise für die Chipherstellung ungenutzt. Weil nur eine kleine Anzahl von großen Chips aus einem Wafer hergestellt werden konnten und große Bereiche unbenutzt blieben, war es nicht kritisch, die Temperaturgleichförmigkeit quer über der gesamten Waferoberfläche beizubehalten.

**[0009]** Weil sich der Trend in der Halbleiterindustrie in Richtung der Herstellung von kleineren integrierten Chips bewegt hat, ist es wichtiger geworden, eine gleichförmige Temperatur der Waferoberfläche zur Verfügung zu stellen. Zum Beispiel erfordert der ultrahohe Integrationsgrad (ULSI: ultra large scale inte-

gration) von Halbleitereinrichtungen auf einem einzigen Chip bei einer Chipgröße von weniger als 0,25 Mikrometer eine gute Prozesssteuerung während aller der Behandlungen, um eine große Ausbeute von Chips aus einem Wafer zur Verfügung zu stellen. Um die maximale Ausbeute für diese kleinen Chips zu erzielen, ist es wichtig, die Temperaturgleichförmigkeit quer über der gesamten Oberfläche des Wafers aufrecht zu erhalten. Weil die Größen von Halbleitereinrichtungen kleiner geworden sind und die Substratgröße zugenommen hat, um die Herstellungskosten pro Chip zu reduzieren, ist die Regelung der Wafertemperatur zu einer wichtigen Herausforderung für die Halbleiterbehandlungsindustrie geworden.

**[0010]** Somit gibt es einen Bedarf für eine einfache, kostengünstige Lösung zum zur Verfügung Stellen einer Echtzeittemperaturregelung, um eine gleichförmige Temperatur quer über einer gesamten Substratoberfläche während der Halbleiterbehandlung beizubehalten und somit eine große Ausbeute von Halbleitereinrichtungen zur Verfügung zu stellen.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0011]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein temperaturgeregelter Substraträger in einem Halbleiterbehandlungssystem zum Behandeln eines Substrates eingebunden. Ein Substrat, welches auf der Oberfläche eines Substraträgers ruht, wird in eine Behandlungskammer eingesetzt und behandelt, um integrierte Chips herzustellen. Das Substrat kann elektrostatisch an die Oberfläche des Substraträgers während des Behandeln gespannt sein. Die Substraträgeroberfläche spielt eine Hauptrolle beim Regeln der Temperatur des Substrates während des Behandeln. Der Substraträger umfasst eine Vielzahl von thermoelektrischen Modulen in einem wärmeübertragenden Kontakt mit der Substraträgeroberfläche und eine geregelte Stromzufuhr. Durch Regeln der Stromzufuhr zu jedem von diesen Modulen kann die gewünschte Temperaturverteilung quer über der Substraträgeroberfläche erhalten werden, um eine Temperaturgleichförmigkeit quer über dem Substrat während des Behandeln zur Verfügung zu stellen. Die thermoelektrischen Module regeln die Temperatur der Oberfläche des Substraträgers ansprechend auf die geregelten Ströme aus der Stromzufuhr, um eine gleichförmige Substrattemperatur zur Verfügung zu stellen. Die Substraträgeroberfläche kann eine HF-vorgespannte (HF-biased) Elektrode sein, und das Substrat kann ein Halbleiter-Wafer sein. Die Leistungszufuhr kann Filter beinhalten, welche auf die gewünschte HF-Frequenz abgeglichen sind, beinhalten, und eine HF-Entkopplungsplatte kann zwischen der Elektrode und der Vielzahl von thermoelektrischen Modulen vorgesehen sein, um die thermoelektrischen Module gegenüber der Elektrode elektrisch zu isolieren. Ein zusätzliches thermisches Managementsystem, wie zum Beispiel eine Wärme-

senke, kann in einem wärmeübertragenden Kontakt mit den thermoelektrischen Modulen stehen, auf zum Beispiel der entgegengesetzten Seite wie die Elektrode, um dabei zu unterstützen, die Substrattemperatur zu regeln, während die Leistungsmenge, welche verwendet wird, vermindert wird, wodurch eine effiziente und effektive Temperaturregelung zur Verfügung gestellt wird. Die Wärmesenke zieht Wärme weg von der Elektrode und führt Wärme zu der Elektrode zu, wie dies notwendig ist. Sobald es behandelt worden ist, wird das Substrat aus der Behandlungskammer entfernt. Die Schritte des Einsetzens, Behandeln und Entfernens können für eine Vielzahl von Substraten wiederholt werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0012]** Die [Fig. 1](#) stellt ein Halbleiterbehandlungssystem dar, in welchem ein feststofftemperaturgeregelter Substraträger und ein Verfahren zum Behandeln eines Substrates gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann;

**[0013]** die [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) stellen beispielhafte Draufsichten von oben von Anordnungen thermoelektrischer Module gemäß der vorliegenden Erfindung dar; und

**[0014]** die [Fig. 3](#) stellt ein Detail einer beispielhaften thermoelektrischen Einrichtung dar, welche in dem temperaturgeregelten Substraträger gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

#### Detaillierte Beschreibung der vorzuziehenden Ausführungen

**[0015]** Die [Fig. 1](#) stellt ein System zum Behandeln von Halbleitern dar, in welchem ein temperaturgeregelter Substraträger und ein Verfahren des Behandeln eines Substrates gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

**[0016]** Bezugnehmend auf die [Fig. 1](#) umfasst ein Halbleiterbehandlungssystem **100** zum Behandeln eines Substrates **120** einen Substraträger und eine Behandlungskammer **130**, welche die Substraträgeroberfläche einschließt. Das Substrat **120** kann zum Beispiel ein Halbleiterwafer oder ein Flachbildschirm (flat panel display) sein. Der Substraträger kann zum Beispiel einen Chuck (Spannvorrichtung), eine Platte (Platen) oder eine Elektrode **110**, wie in der [Fig. 1](#) gezeigt ist, umfassen. Der Substraträger kann ferner eine Schnittstelle zu einer Hochfrequenz-Leistungsquelle (HF-Leistungsquelle) und einem thermoelektrischen Temperaturregelssystem umfassen. Der Wafer **120** kann an den Substraträger **110** gespannt sein, entweder mechanisch oder durch eine elektrostatische Chucking-Struktur, welche an einer Seite des Substraträgers **110** ausgeführt oder mit dieser verbunden ist. Obwohl dies nicht darge-

stellt ist, kann der Substratträger ebenso ein Waferhandhabungssystem umfassen.

**[0017]** Ein Wafer, der behandelt werden soll, wird in die Behandlungskammer **130** eingesetzt. Die Behandlungskammer **130** stellt die Behandlungsumgebung, Schnittstellen zur Waferhandhabung, Gaszufuhrsysteme etc. zur Verfügung. Die Behandlungskammer kann zum Beispiel eine Vakuumkammer umfassen. Der Wafer wird typischerweise in der Behandlungskammer behandelt (prozessiert), um integrierte Chips herzustellen, und dann entfernt. Ein Waferhandhabungssystem, welches Teil des gesamten Waferbehandlungssystems ist, wird verwendet, um den Wafer innerhalb der Behandlungskammer zu laden und zu entladen. Die Schritte des Einsetzens, Behandelns und Entfernens können für eine Vielzahl von Wafern wiederholt werden.

**[0018]** Eine Seite des Substratträgers, auf welcher das Substrat während der Behandlung ruht, kann eine elektrostatische Spannstruktur (electrostatic clamping structure) umfassen. Die andere Seite des Substratträgers kann ein thermoelektrisches System zum Regeln der Temperatur der Tragoberfläche während des Behandelns umfassen, wodurch die Substrattemperatur während des Behandelns geregelt wird. Das thermoelektrische System umfasst eine Vielzahl von thermoelektrischen Modulen **140**. Die thermoelektrischen Module können aus herkömmlichen thermoelektrischen Modulen zusammengebaut sein, wie zum Beispiel diejenigen, welche durch die Melcor oder die Thermodex Corporation hergestellt werden. Die thermoelektrischen Module stehen in einem wärmeübertragenden Kontakt mit einer Oberfläche des Substratträgers.

**[0019]** Die thermoelektrischen Module **140** regeln die Temperatur der Elektrode **110** in Abhängigkeit von der Leistung, welche durch eine Leistungsversorgung durch eine Leistungsschnittstelle in dem Substratträger zugeführt wird. Wie in der [Fig. 1](#) gezeigt ist, werden zum Beispiel geregelte Ströme zu den thermoelektrischen Modulen **140** von einer Stromzufuhr **180** durch eine Stromschnittstelle, welche Leitungen **142** und **144** umfasst, zugeführt. Die thermoelektrischen Module **140** sind an der Elektrode **110** mit einem Verbindungsmaterial (Verklebungsmaterial) **150** befestigt. Das Verbindungsmaterial kann ein thermisch hochleitendes Verbindungsmaterial sein, wie zum Beispiel Epoxy.

**[0020]** Die Stromversorgung **180** kann aus jeder herkömmlichen Stromversorgung ausgebildet sein. Die Stromversorgung kann zum Beispiel eine einzige Stromquelle, eine Anzahl von individuellen Stromquellen, eine für jedes thermoelektrische Modul, oder eine Anzahl von Stromquellen, eine für jede Gruppe von thermoelektrischen Modulen, umfassen. Der Bereich der Ströme, welche durch die Stromversorgung

zugeführt werden, kann zum Beispiel 0 bis 20 Ampere betragen, in Abhängigkeit von der Wärmebelastung des Systems zur Behandlung von Halbleitern.

**[0021]** Die thermoelektrischen Feststoffmodule **140** regeln die Temperatur des Substratträgers, wodurch sie die Temperatur des Wafers während des Behandelns regeln. Zum Beispiel durch Regeln der Leistung zu den thermoelektrischen Modulen kann die erforderliche Temperaturverteilung quer über der Oberfläche des Substratträgers geregelt werden, um eine Temperaturgleichförmigkeit über dem Substrat während des Behandelns beizubehalten. Alternativ kann jede gewünschte Temperaturverteilung quer über dem Substrat während des Behandelns beibehalten werden.

**[0022]** Es kann notwendig sein, dem Substratträger eine HF-Leistung zur Verfügung zu stellen, um die gewünschten Behandlungsergebnisse zu erzielen. In diesem Fall kann die Stromversorgung **180** Filter umfassen, welche auf die gewünschte HF des Halbleiterbehandlungssystems abgeglichen sind. Ferner kann eine HF-Entkopplungsplatte **160** optional zwischen der Elektrode und der Vielzahl der thermoelektrischen Module eingefügt werden, um die thermoelektrischen Module elektrisch zu isolieren, wobei gleichzeitig eine gute thermische Leitung zu der Elektrode **110** zur Verfügung gestellt wird. Die HF-Entkopplungsplatte kann aus einem thermisch leitenden keramischen Material, wie zum Beispiel BeO, AlN und so weiter hergestellt sein.

**[0023]** Eine Steuervorrichtung **195** kann verwendet werden, um die Ströme zu regeln, welche durch die Stromversorgung **180** zugeführt werden. Die Steuervorrichtung kann die Ströme basierend auf statistischen Daten regeln, welche die Temperaturverteilung eines Wafers berücksichtigen. In diesem Fall regelt die Steuervorrichtung die Stromversorgung derart, dass sie konstante Ströme zuführt, welche im Voraus festgelegt werden. Alternativ kann die Steuervorrichtung die Ströme in Abhängigkeit von erfassten Temperaturinformationen regeln, welche während der Behandlung erzielt werden. Die erfassten Temperaturinformationen können durch einen Sensor, wie zum Beispiel eine Infrarotkamera (IR-Kamera) **190** erzielt werden. Die Kamera **190** erfasst die Temperatur quer über der Waferoberfläche durch ein Fenster **135** in der Behandlungskammer. Basierend auf den erfassten Temperaturinformationen justiert die Steuervorrichtung **195** die Ströme, welche zu den thermoelektrischen Modulen von der Stromversorgung zugeführt werden, wodurch eine Echtzeittemperaturregelung des Wafers zur Verfügung gestellt wird.

**[0024]** Die thermoelektrischen Module **140** regeln die Temperatur der Elektrode in Abhängigkeit von den Strömen, welche von der Stromversorgung **180** zugeführt werden, um eine gewünschte Temperatur-

verteilung quer über der Oberfläche des Wafers **120** während des Behandelns zur Verfügung zu stellen. Um die Elektrode zu kühlen, können die thermoelektrischen Module Wärme aus der Elektrode heraus in Richtung zum Beispiel der umschließenden Umgebung ziehen. Um die Elektrode aufzuheizen, ziehen die thermoelektrischen Module Wärme in Richtung der Elektrode aus zum Beispiel der umschließenden Umgebung.

**[0025]** Die Stromversorgung kann Ströme zuführen, welche denselben Wert für alle thermoelektrischen Module aufweisen. Alternativ können die Ströme, welche zu individuellen thermoelektrischen Modulen oder Gruppen von thermoelektrischen Modulen zugeführt werden, unterschiedliche Werte aufweisen, was eine dynamische Temperaturregelung des Wafers ermöglicht. Zum Beispiel kann der Strom, welcher den thermoelektrischen Modulen zugeführt wird, die unter der Mitte der Elektrode **110** angeordnet sind, abweichend gegenüber dem Strom sein, welcher an den thermoelektrischen Modulen angelegt ist, welche unter den Rändern der Elektrode **110** angeordnet sind, so dass die Waferoberfläche mit verschiedenen Ausmaßen in der Mitte und an den Rändern geheizt oder gekühlt wird. Diese dynamische Temperaturregelung kompensiert die Unterschiede der Temperaturen der Waferoberfläche in der Mitte und an den Rändern aufgrund der Halbleiterbehandlung, so dass eine gewünschte Temperaturverteilung quer über der Oberfläche des Wafers während des Behandelns beibehalten werden kann.

**[0026]** Um die Temperaturregelung durch die thermoelektrischen Module effizienter zu machen, kann ein zusätzliches thermisches Regelsystem vorgesehen sein, wie zum Beispiel die Wärmesenke **170**. Wie in der [Fig. 1](#) gezeigt ist, kann die Wärmesenke **170** unterhalb der thermoelektrischen Module angeordnet sein, auf der entgegengesetzten Seite wie die Elektrode **110**. Die Wärmesenke **170** kann luftgeköhlt oder wassergeköhlt sein. Während die Wärmesenke keine aktive Rolle beim Regeln der Temperatur der Elektrode spielt, hilft sie dabei, das Leistungserfordernis, um die Wärmebelastung auf der anderen Seite des thermoelektrischen Systems zu regeln, zu vermindern.

**[0027]** Bezugnehmend auf die [Fig. 1](#) steht die Wärmesenke **170** in einem wärmeübertragenden Kontakt mit den thermoelektrischen Modulen. Die Wärmesenke hilft dabei, die Elektrode dadurch zu kühlen, dass sie Wärme aus der Elektrode herauszieht. Die Wärmesenke hilft ebenso dabei, dass sie die Elektrode dadurch aufheizt, dass sie als eine Wärmequelle arbeitet, wodurch Wärme für die Elektrode zur Verfügung gestellt wird. Die Wärmesenke kann aus jeglichem bekannten Wärmesenkenmaterial, wie zum Beispiel Aluminium, hergestellt sein. Die Wärmesenke kann an den thermoelektrischen Modulen mit dem

Verbindungsmaterial/Verklebungsmaterial **150** befestigt sein. Alternativ kann ein anderes Verbindungsmaterial/Verklebungsmaterial verwendet werden.

**[0028]** Die [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) stellen exemplarische Ansichten von oben der Anordnungen der thermoelektrischen Module gemäß der vorliegenden Erfindung dar. Wie in der [Fig. 2a](#) gezeigt ist, können die thermoelektrischen Module in konzentrischen Kreisen angeordnet sein. Diese Anordnung kann zum Beispiel zum Regeln der Temperatur eines Halbleiterwafers während des Behandelns verwendet werden. Alternativ, wie in der [Fig. 2b](#) gezeigt ist, können die thermoelektrischen Module in sich wiederholenden Rechtecken angeordnet sein. Diese Anordnung kann zum Beispiel zum Regeln der Temperatur eines Flachbildschirms während des Behandelns verwendet werden. Der Abstand zwischen den thermoelektrischen Modulen und die Anzahl von thermoelektrischen Modulen in den Anordnungen, welche in den [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) gezeigt sind, hängen von dem Grad ab, welcher notwendig ist, um die Temperaturverteilung quer über dem Substrat zu regeln. Zum Beispiel sollte zum Behandeln eines Wafers, aus welchem eine große Anzahl von kleinen Chips gewünscht ist, der Wafer eine hochgradig gleichförmige Temperatur aufweisen. Somit werden mehrere mit engem Abstand zueinander angeordnete Module verwendet werden müssen. Im Gegensatz dazu ist zum Behandeln eines Wafers, aus welchem eine kleinere Anzahl von größeren Chips gewünscht ist, die Wafergleichförmigkeit nicht so kritisch, und weniger Module, welche mit einem größeren Abstand zueinander verteilt sind, können verwendet werden. Die Anzahl der thermoelektrischen Module kann zum Beispiel in dem Bereich von 1 bis 30 liegen, wobei der Abstand zwischen den thermoelektrischen Modulen in dem Bereich von 10 bis 20 Millimeter liegt. Obwohl die [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#) exemplarische Anordnungen zeigen, können die thermoelektrischen Module in jedem gewünschten Muster angeordnet sein.

**[0029]** Jedes thermoelektrische Modul beinhaltet wenigstens eine thermoelektrische Einrichtung. Die thermoelektrische Einrichtung kann zwei Elemente umfassen, welche aus einem verschiedenen elektroleitenden Material hergestellt sind, das durch eine Verbindung verbunden ist, welche gemäß dem Peltier-Effekt arbeitet. Somit, wenn ein elektrischer Strom durch die Verbindung der zwei verschiedenen Leiter hindurchtritt, kühlt es oder heizt es die Verbindung in Abhängigkeit von der Richtung des Stromes. Ein Gleichstrom, welcher durch die Leiter fließt, verursacht, dass die Wärme von einer Seite zu der anderen übertragen wird, was eine kalte Seite und eine heiße Seite erzeugt. Dadurch, dass der Substratträger eine geeignete Gestalt aufweist, wobei mehrere thermoelektrische Module an verschiedenen Positionen auf dem Substratträger verwendet werden, kann der Temperaturgradient quer über dem Substratträger



ger derart geregelt werden, dass er auf einem gewünschten Niveau liegt, um eine gewünschte Temperaturverteilung quer über dem Substrat während des Behandelns beizubehalten. Zudem, weil die thermoelektrischen Module direkt auf der Elektrode montiert sind, wird die Reaktionszeit für jegliche Temperaturänderungen quer über der Waferoberfläche viel schneller sein, im Vergleich zu herkömmlichen Kühlverfahren.

**[0030]** Die [Fig. 3](#) stellt eine exemplarische thermoelektrische Einrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung dar. Bezugnehmend auf die [Fig. 3](#) umfasst eine thermoelektrische Einrichtung **140a** ein Peltier-Paar, geformt aus einem p-dotierten Halbleiterelement **146** und einem n-dotierten Halbleiterelement **148**, welche elektrisch in Reihe und thermisch parallel durch einen Verbinder **152** verbunden sind. Der Verbinder **152** kann aus einem thermisch und elektrisch leitenden Material, wie zum Beispiel Kupfer, hergestellt sein.

**[0031]** Elektrische Ströme, welche durch die Stromversorgung **180** zugeführt werden, werden durch die Leitungen **142** und **144** des thermoelektrischen Moduls **140** hindurchgeleitet, was zu einer Variation der Temperatur der Elektrode **110** führt.

**[0032]** Um die Elektrode zu kühlen, wird Strom aus der Stromversorgung **180** in einer Richtung zugeführt, welche verursacht, dass Wärme von der Elektrode in Richtung der Wärmesenke gepumpt wird, was verursacht, dass die Temperatur der Elektrode abnimmt, und was verursacht, dass die Temperatur der Wärmesenke zunimmt. Zum Beispiel wird der Strom durch das thermoelektrische Modul von dem Halbleiter **156** des p-Typs zu dem Halbleiter **148** des n-Typs durchgeleitet, was verursacht, dass die Wärme aus der Elektrode heraus in Richtung der Wärmesenke gepumpt wird, wodurch die Elektrode gekühlt wird.

**[0033]** Um die Elektrode aufzuheizen, wird Strom aus der Wärmeversorgung **180** in einer Richtung zugeführt, welche verursacht, dass Wärme aus der Wärmesenke zu der Elektrode gepumpt wird, was verursacht, dass die Temperatur der Elektrode ansteigt, und was verursacht, dass die Temperatur der Wärmesenke abnimmt. Zum Beispiel wird Strom durch das thermoelektrische Modul ausgehend von dem Halbleiter **148** des n-Typs zu dem Halbleiter **146** des p-Typs durchgeleitet, was die Wärme aus der Wärmesenke in Richtung der Elektrode zieht, wodurch die Elektrode aufgeheizt wird.

**[0034]** Auf diese Art und Weise kann die lokalisierte Temperatur der Elektrode in der Nähe des thermoelektrischen Moduls geregelt werden, wodurch ermöglicht wird, dass die Temperatur auf der Waferoberfläche gleichförmig gehalten wird. Weil sich die Elektroden schnell durch die p- und n-Halbleiter bewegen,

werden die Aufheiz- und Kühlungsoperationen schnell geleistet, was eine bessere Temperaturregelung als herkömmliche Verfahren zur Verfügung stellt.

**[0035]** Es wird von dem Fachmann erkannt werden, dass die vorliegende Erfindung in anderen spezifischen Formen ausgeführt werden kann, ohne von dem Gedanken oder den wesentlichen Merkmalen derselben abzuweichen. Die vorliegend offenbarten Ausführungen werden daher in allen Beziehungen als beispielhaft und nicht als beschränkend betrachtet. Der Schutzzumfang der Erfindung wird durch die angehängten Ansprüche aufgezeigt.

### Patentansprüche

1. Ein Halbleiterbehandlungssystem (**100**) zum Behandeln eines Substrates (**120**) in einer Vakuumbehandlungskammer (**130**), welche einen temperaturgeregelten Substratträger umfasst, umfassend: eine Vielzahl von thermoelektrischen Modulen (**140**) in einem wärmeübertragenden Kontakt mit einer Substratträgeroberfläche (**110**), welche in der Vakuumbehandlungskammer eingeschlossen ist; gekennzeichnet durch eine Stromversorgungsschnittstelle (**180**, **142**, **144**), welche an die genannte Vielzahl von thermoelektrischen Modulen angeschlossen ist, zum Zuführen von geregelterm Strom zu den genannten thermoelektrischen Modulen, um die Temperatur der Substratträgeroberfläche zu regeln und um eine gewünschte Temperaturverteilung quer über dem Substrat während der Halbleiterbehandlung des Substrates innerhalb der genannten Vakuumbehandlungskammer zur Verfügung zu stellen.

2. Ein temperaturgeregelter Substratträger gemäß Anspruch 1, wobei die Trägeroberfläche (**110**) einen elektrostatischen Chuck umfasst.

3. Ein temperaturgeregelter Substratträger gemäß Anspruch 1, wobei die Substratträgeroberfläche eine Elektrode umfasst, und das Substrat einen Wafer umfasst.

4. Ein temperaturgeregelter Substratträger gemäß Anspruch 3, wobei die Elektrode hochfrequenzvorgespannt ist und der Wafer ein Halbleiterwafer ist.

5. Ein temperaturgeregelter Substratträger gemäß Anspruch 1, ferner umfassend eine Hochfrequenzentkopplungsplatte (**160**) zwischen der Substratträgeroberfläche und der Vielzahl von thermoelektrischen Modulen.

6. Ein temperaturgeregelter Substratträger gemäß Anspruch 1, ferner umfassend eine Wärmesenke (**170**) in einem wärmeübertragenden Kontakt mit der Vielzahl von thermoelektrischen Modulen.

7. Ein temperaturgeregelter Substratträger gemäß Anspruch 6, wobei die Wärmesenke wassergekühlt oder luftgekühlt ist.

8. Ein temperaturgeregeltes Substrat gemäß Anspruch 1, wobei die Ströme, welche an den genannten thermoelektrischen Modulen angelegt sind, verschiedene Werte aufweisen.

9. Ein temperaturgeregeltes Substrat gemäß Anspruch 1, wobei die Ströme, die an die genannten thermoelektrischen Module angelegt sind, denselben Wert aufweisen.

10. Ein temperaturgeregeltes Substrat gemäß Anspruch 1, wobei die thermoelektrischen Module in konzentrischen Kreisen angeordnet sind.

11. Ein temperaturgeregelter Substratträger gemäß Anspruch 1, wobei die thermoelektrischen Module in sich wiederholenden Rechtecken angeordnet sind.

12. Ein Verfahren zum Behandeln eines Substrates in einem Halbleiterbehandlungssystem (100), welches einen temperaturgeregelten Substratträger (110) und eine Vakuumbehandlungskammer (130), die eine Substratträgeroberfläche umschließt, umfasst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

das Zuführen von Strömen zu einer Vielzahl von thermoelektrischen Modulen (140), welche in einem wärmeübertragenden Kontakt mit der Substratträgeroberfläche stehen, um die Temperaturen der jeweiligen Bereiche der Substratträgeroberfläche zu regeln; und

das Regeln der Ströme, um die Temperatur der Substratträgeroberfläche zu regeln und um eine gewünschte Temperaturverteilung quer über dem Substrat zur Verfügung zu stellen.

13. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die Trägeroberfläche einen elektrostatischen Chuck umfasst.

14. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die Substratträgeroberfläche eine Elektrode umfasst, und das Substrat einen Wafer umfasst.

15. Ein Verfahren gemäß Anspruch 14, wobei die Elektrode hochfrequenzvorgespannt ist, und der Wafer ein Halbleiterwafer ist.

16. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die genannte Vielzahl von thermoelektrischen Modulen elektrisch gegenüber der Substratträgeroberfläche durch eine Hochfrequenzentkopplungsplatte isoliert ist.

17. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei

eine Wärmesenke, die in einem wärmeübertragenden Kontakt mit der genannten Vielzahl von thermoelektrischen Modulen steht, Wärme aus der genannten Vielzahl von thermoelektrischen Modulen herauszieht und Wärme zu der genannten Vielzahl von thermoelektrischen Modulen zuführt.

18. Ein Verfahren gemäß Anspruch 17, wobei die genannte Wärmesenke wassergekühlt oder luftgekühlt wird.

19. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, ferner umfassend die folgenden Schritte: das Einsetzen des genannten Substrates in die genannte Vakuumbehandlungskammer; das Behandeln des genannten Substrates in den genannten Vakuumbehandlungskammern; und das Entfernen des genannten Substrates aus der genannten Vakuumbehandlungskammer.

20. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die genannten Schritte des Einsetzens, Behandelns und Entferns für eine Vielzahl von Substraten wiederholt werden, welche individuell in der Vakuumbehandlungskammer behandelt werden.

21. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die Ströme, welche an die genannten thermoelektrischen Module angelegt werden, verschiedene Werte aufweisen.

22. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die Ströme, welche an die genannten thermoelektrischen Module angelegt werden, denselben Wert aufweisen.

23. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die thermoelektrischen Module in konzentrischen Kreisen angeordnet werden.

24. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die thermoelektrischen Module in sich wiederholenden Rechtecken angeordnet werden.

25. Ein Halbleiterbehandlungssystem gemäß Anspruch 1, wobei die Vakuumbehandlungskammer eine Plasmaätzkammer oder eine Kammer zur Gasphasenabscheidung nach chemischem Verfahren umfasst.

26. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei das Verfahren ferner das Behandeln des Substrates durch Plasmaätzen oder durch Gasphasenabscheidung nach chemischem Verfahren umfasst.

27. Ein Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei die Temperaturverteilung quer über dem Substrat gleichförmig ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

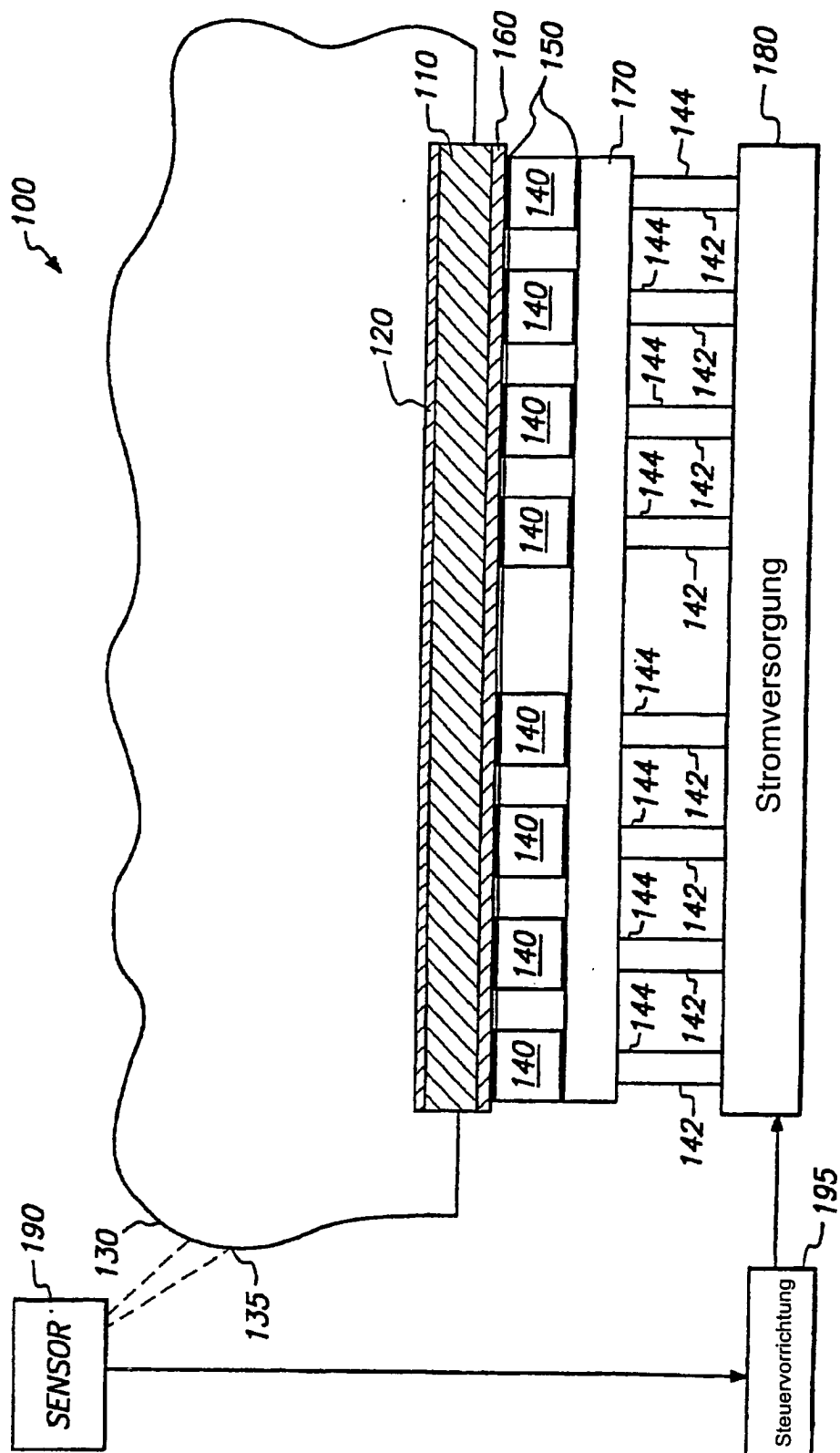
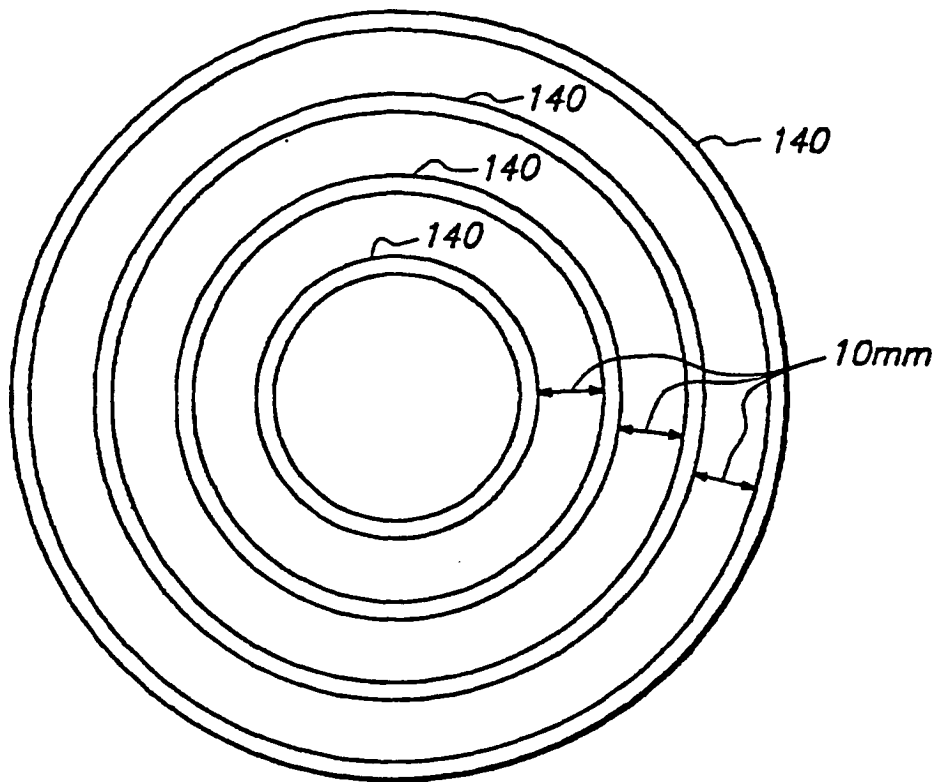
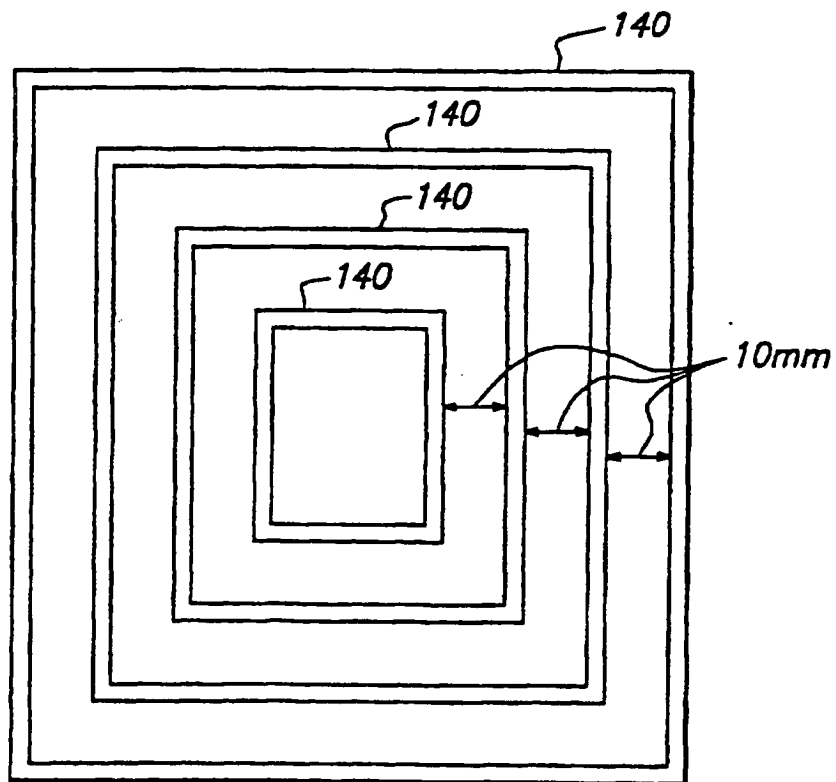


FIG. 1

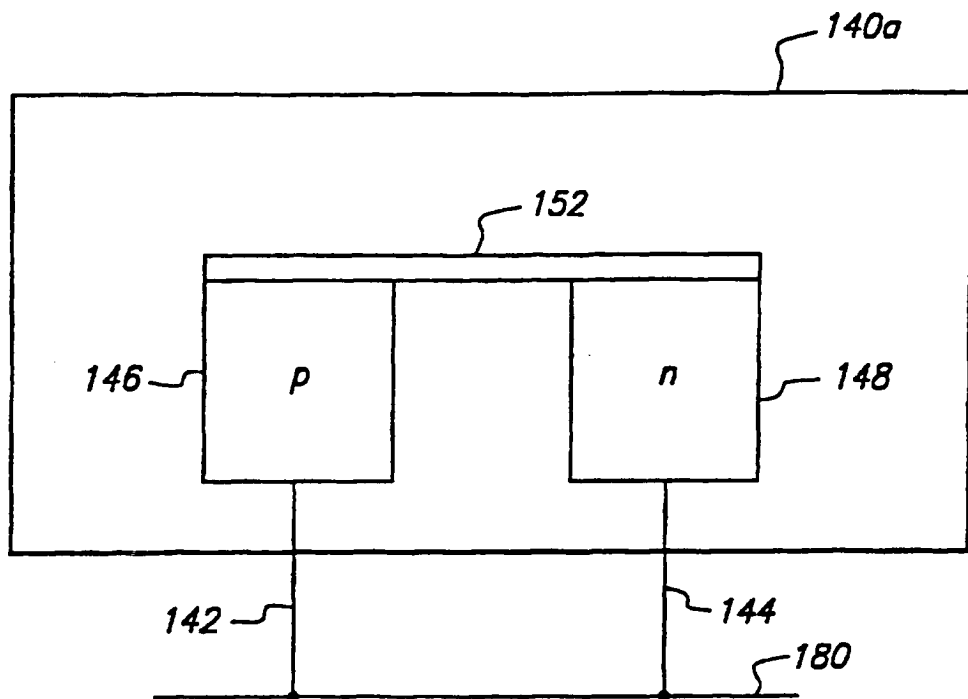




**FIG. 2a**



**FIG. 2b**



**FIG. 3**