



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 30 314 T2 2004.07.29**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 868 741 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H01L 21/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 30 314.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US96/20028**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 944 410.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 97/023899**

(86) PCT-Anmeldetag: **18.12.1996**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **03.07.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.10.1998**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **08.10.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.07.2004**

(30) Unionspriorität:
577520 22.12.1995 US

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

(73) Patentinhaber:
Lam Research Corp., Fremont, Calif., US

(72) Erfinder:
**SHUFFLEBOTHAM, Kevin, Paul, San Jose, US;
GRIFFIN, Christopher, Milpitas, US**

(74) Vertreter:
Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim

(54) Bezeichnung: **HUBSTIFT AUS FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNG FÜR EINE ANLAGE ZUR BEHANDLUNG VON HALBLEITERN**

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 bezieht sich auf eine Hubstiftanordnung zum Anheben von Substraten, wie zum Beispiel von Halbleiterscheiben (Wafern) oder Flachtafel-Displaysubstraten.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Verschiedene Anlagentypen existieren für die Halbleiter-Ionenimplantation, das Sputtern, die schnelle thermische Behandlung (RTP: Rapid Thermal Processing), die Fotolithographie, die chemische Gasphasenabscheidung (CVD) und für Herstellungsverfahren für Flachtafel-Displays, in welchen Ätzen, Resist-Strippen, Passivierung, Abscheidung (Deposition) und Ähnliches ausgeführt wird. In solchen Systemen ist es notwendig, das Substrat durch einen Hubstiftmechanismus zu transportieren und/oder zu tragen. Solche Hubstiftmechanismen können beim zeitweisen Tragen der Substrate während des Transfers, der thermischen, chemischen, optischen und anderen Behandlungen der Substrate verwendet werden.

[0003] Die Plasmaerzeugung wird bei einer Vielzahl von solchen Halbleiter-Herstellungsverfahren verwendet. Plasmaerzeugungsanlagen umfassen Parallelplattenreaktoren, wie zum Beispiel der Typ, welcher in dem US-Patent mit der Nummer 4,340,462 des selben Inhabers offenbart ist, Elektron-Zyklotron-Resonanzsysteme (ECR), wie zum Beispiel der Typ, der in dem US-Patent mit der Nummer 5,200,232 des selben Inhabers offenbart ist, und induktiv gekoppelte Plasmasysteme, wie zum Beispiel der Typ, der in dem US-Patent mit der Nummer 4,948,458 des gemeinsamen Inhabers offenbart ist. In solchen Plasmabehandlungssystemen ist es herkömmlich, die Substrate, welche behandelt werden sollen, auf einem Substrathalter innerhalb eines Bereiches einer Plasmabehandlungskammer zu tragen. Ferner ist es herkömmlich, die Substrate auf dem Substrathalter durch mechanische und/oder elektrostatische Klammermechanismen zu halten. Ein Beispiel für ein mechanisches Klammersystem ist in dem US-Patent mit der Nummer 4,615,755 offenbart, und ein Beispiel einer elektrostatischen Einspannungsanordnung (ESC: electrostatic chucking) ist in dem US-Patent mit der Nummer 4,554,611 offenbart.

[0004] Um ein Substrat, wie zum Beispiel einen Wafer, in eine Substratbehandlungskammer zu übertragen, ist es herkömmlich, einen Roboterarm und Hubstiftanordnungen zu verwenden, wie zum Beispiel die Typen, welche in den US-Patenten mit den Nummern 4,431,473, 4,790,258, 4,842,683 und 5,215,619 offenbart sind. Um die Wafer auf einen Substrathalter abzusenken ist es herkömmlich, eine Hubstiftanordnung zu verwenden, wie zum Beispiel der Typ, welcher in dem US-Patent mit der Nummer 4,431,473 of-

fenbart ist, wobei vier Hubstifte in einem kreisförmigen Muster angeordnet sind, welches mit einem Substrat in der Form eines Wafers konzentrisch ist. Wie in der **Fig. 1** gezeigt ist, wird ein Wafer **2** auf einem Roboterarm **4** und einem Hubstiftmechanismus **8**, welcher vier Hubstifte **6** aufweist und sich unterhalb des Wafers **2** befindet, getragen. Wie in der **Fig. 2** gezeigt ist, kann der Hubstiftmechanismus in einer Halbleiterbehandlungsvorrichtung **10** verwendet werden, die eine Eingangsverladung **12** aufweist, eine Substratbehandlungskammer **14** und eine Ausgangsschleuse **16**.

[0005] Ein Problem mit den Hubstiftanordnungen ist, dass sie sehr empfindlich sind und dass die Hubstifte extrem leicht aufgrund einer Vielzahl von Umständen gebogen werden können. Beispielsweise können die Hubstifte während der Substrathalterwartung, der Substratbehandlungseinstellungen, einer Fehlfunktion des Behandlers/ESC/Klammer und einer manuellen Betätigung des Substrattransportsystems gebogen werden. Wenn sie einmal gebogen wurden, müssen die Hubstifte entfernt werden, damit sie repariert werden. Gewöhnlicherweise muss der Hubstiftaufbau vollständig ersetzt werden, weil jegliche Reparatur eine sehr empfindliche, präzise Operation notwendig machen würde. Weitere Probleme, welche sich auf das Biegen der Hubstifte beziehen, führen zu (1) einer reduzierten Betriebszeit, (2) einer längeren mittleren Zeit für die Reparatur (MTTR: mean time to repair), (3) erhöhten Wartungs-/Teilkosten und (4) möglicherweise vergrößerten Teilchenniveaus in dem Prozessor.

[0006] Es gibt eine Notwendigkeit in der Technik für eine Hubstiftanordnung, welche haltbarer ist und welche die Nachteile der Hubstiftanordnungen gemäß des Standes der Technik überwindet. Somit würde eine Hubstiftanordnung, in welcher die Hubstifte eine längere MTTR und/oder das Potential einer Reparatur an Ort und Stelle zur Verfügung stellen, ein lange bestehendes Problem in der Technik überwinden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] JP 60167346 A und Patents Abstracts of Japan Vol. 10 No. 1 (E[371]) beschreibt eine Einrichtung, welche ein Substrat durch Heizen und Kühlen eines wärmeelastischen Materials, welches sich ausdehnt oder zusammenzieht, emporhebt oder absenkt.

[0008] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Hubstiftmechanismus in Übereinstimmung mit dem Anspruch 1 dargestellt. Die Formgedächtnislegierung ist vorzugsweise transformierbar aus einem martensitischen Zustand in einen austenitischen Zustand und der Hubstift ist wiederherstellbar aus einer deformierten Konfiguration in die Konfiguration im Gedächtnis/in die gemerkte Konfiguration, durch Aufheizen des Hubstiftes auf eine Temperatur, bei welcher die Formgedächtnislegierung in den austenitischen Zustand übergeht. Die Formgedächtnislegie-

lung kann eine Übergangstemperatur vom Martensit zum Austenit aufweisen, wie zum Beispiel oberhalb und unterhalb der Umgebungstemperatur.

[0009] Der Hubstift wird vorzugsweise auf einem eine Hubeinrichtung ausbildenden Teil eines Substrathalters einer Substratbehandlungsvorrichtung getragen, in welcher die Hubeinrichtung bewegbar in einer vertikalen Richtung zwischen einer oberen und einer unteren Position ist. Die Hubeinrichtung kann derart bewegbar sein, dass der Hubstift eine obere Oberfläche aufweist, welche über einer Substratträgeroberfläche des Substrathalters angeordnet ist, wenn die Hubeinrichtung sich in der oberen Position befindet, und die obere Oberfläche des Hubstiftes unterhalb der Substratträgeroberfläche liegt, wenn der Hubstift sich in der unteren Position befindet. Somit durchtritt ein Teil des Hubstiftes durch eine Hubstiftbohrung in dem Substrathalter, wenn sich die Hubeinrichtung von der unteren Position zu der oberen Position bewegt. In dem Fall, in welchem die Hubstiftbohrung die Funktion aufweist, ein Wärmeübertragungsgas auf eine Unterseite des Substrats zuzuführen, um eine adäquate Strömung an Gas zuzulassen, kann der Hubstift einen Querschnitt aufweisen, welcher 55 bis 75 Prozent der Hubstiftbohrung ausfüllt. Der Hubstift kann ein sich geradlinig erstreckender zylindrischer Stift sein, welcher in die Hubeinrichtung pressgepasst ist, und die Hubeinrichtung kann aus verschiedenen Werkstoffen bestehen, wie zum Beispiel Kunststoff, Keramik oder Metall oder Kombinationen dieser Werkstoffe.

[0010] Die Erfindung stellt ebenso ein Verfahren gemäß Anspruch 8 zur Verfügung.

[0011] In einer Ausführung umfasst das Verfahren (1) das Bewegen eines Roboterarms, welcher ein Substrat trägt, das behandelt werden soll, derart, dass das Substrat in eine Behandlungsposition in einer Substratbehandlungskammer übertragen wird, (2) das Anheben einer Hubeinrichtung, welche eine Vielzahl von Hubstiften aufweist, in eine obere Position, in welcher das Substrat auf den oberen Enden der Hubstifte getragen wird, wobei jeder der Hubstifte im wesentlichen aus einer Formgedächtnislegierung besteht, welche eine gemerkte Konfiguration/eine Konfiguration im Gedächtnis aufweist, (3) das Zurückziehen des Roboterarms weg von dem Substrat, (4) das Absenken der Hubeinrichtung in eine untere Position, in welcher das Substrat auf einem Substrathalter in der Substratbehandlungskammer getragen wird, (5) das Klammern des Substrats an den Substrathalter, (6) das Bearbeiten des Substrats, (7) das Entklammern des Substrats, (8) das Emporheben der Hubeinrichtung in eine obere Position und (9) das Übertragen des Substrats aus der Substratbehandlungskammer.

[0012] In einer anderen Ausführung wird das Substrat auf den Hubstiften getragen, während des Transfers des Substrats aus einer Behandlungsposition zu einer anderen Behandlungsposition einer Substratbehandlungsvorrichtung. Zum Beispiel umfasst das

Verfahren (1) das Bewegen eines ersten Roboterarms, welcher ein Substrat trägt, das übertragen werden soll, derart, dass das Substrat aus einer ersten Behandlungsposition in eine Zwischenspeicherposition übertragen wird, (2) das Emporheben einer Hubeinrichtung, welche eine Vielzahl von Hubstiften aufweist, in eine obere Position, in welcher das Substrat auf den oberen Enden von den Hubstiften getragen wird, wobei jeder der Hubstifte im wesentlichen aus einer Formgedächtnislegierung besteht, welche eine gemerkte Konfiguration aufweist, (3) das Zurückziehen des ersten Roboterarms weg von dem Substrat, (4) das Bewegen eines zweiten Roboterarms in eine Position, um das Substrat aufzunehmen, (5) das Absenken der Hubeinrichtung auf eine untere Position, so dass das Substrat durch den zweiten Roboterarm getragen wird, und (6) das Übertragen des Substrats aus der Zwischenspeicherposition in eine zweite Behandlungsposition.

[0013] Das Übertragen oder Behandeln kann bei Verwendung einer Formgedächtnislegierung für die Hubstifte ausgeführt werden, welche bei einer Temperatur oberhalb oder unterhalb derjenigen der Umgebung aus einem martensitischen Zustand in einen austenitischen Zustand transformierbar ist, wobei der Hubstift aus einer deformierten Konfiguration in die gemerkte Konfiguration rückstellbar ist, durch Anlegen von Wärme an den Hubstift oder durch Betreiben der Anlage bei einer Temperatur, welche den Hubstift einer Temperatur aussetzt, an welcher die Formgedächtnislegierung in einen austenitischen Zustand übergeht. Somit kann das Verfahren das Wiederherstellen von wenigstens einem der Hubstifte aus der deformierten Konfiguration in die gemerkte Konfiguration umfassen, durch Heizen des Hubstiftes auf eine Temperatur, bei welcher die Formgedächtnislegierung aus einem martensitischen Zustand in den austenitischen Zustand übergeht.

[0014] In dem Fall des Behandeln des Substrats in einer Substratbehandlungskammer kann der Schritt des Behandeln des Substrats bei Tiefsttemperaturen, Umgebungstemperaturen oder erhöhten Temperaturen in dieser ausgeführt werden. In solch einem Verfahren kann jeder der Hubstifte durch eine Hubstiftbohrung in einem wassergekühlten Substrathalter durchtreten, wenn sich die Hubeinrichtung von der unteren Position in die obere Position bewegt, und jeder der Hubstifte kann einen Querschnitt aufweisen, welcher 55 bis 75 Prozent der Hubstiftbohrung ausfüllt. Der Raum zwischen den Stiften und den Bohrungen erlaubt, dass druckbeaufschlagtes Kühlgas zwischen das Substrat und den Substrathalter zugeführt wird, um eine Temperatursteuerung des Substrats zuzulassen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] Die **Fig. 1** zeigt eine perspektivische Ansicht einer Hubstifтанordnung gemäß des Standes der Technik, welche die Hubstifte aus einer Formge-

dächtnislegierung gemäß der vorliegenden Erfindung einbinden kann;

[0016] die **Fig. 2** zeigt einen Querschnitt einer Halbleiter-Behandlungsvorrichtung gemäß des Standes der Technik; und

[0017] die **Fig. 3** zeigt einen Querschnitt einer Hubstiftanordnung gemäß der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0018] Die Erfindung stellt einen Hubstiftmechanismus für eine Substrathandhabungsanlage zur Verfügung, wobei die Hubstifte eine extrem große Elastizität und mögliche Wärme-Wiederherstellungsfähigkeit aufweisen, welche zulässt, dass beschädigte Hubstifte wieder begradigt werden, ohne Entfernung von der Hubstiftanordnung. Gemäß der Erfindung sind die Hubstifte aus einer superelastischen und/oder Formgedächtnislegierung hergestellt, basierend auf dem Nickel-Titan-System (zum Beispiel Nitinol, eine NiTi-Legierung, welche 53–57 Gew.-% Ni mit oder ohne zusätzlichen Legierungselemente aufweist). Solche Werkstoffe bringen die „superelastische Wirkung“ dort hervor, wo, wenn sie einer mechanischen Belastung ausgesetzt werden, die ausreichend ist, um eine wesentliche Biegung (zum Beispiel über 3% Verformung) zu verursachen, der Werkstoff sofort in seine ursprüngliche Form zurückkehrt, sobald die Kraft, welche die Verformung verursacht, entfernt wird. Somit können in einer Hubstiftanordnung dünne Drähte aus einer superelastischen Legierung verwendet werden, um eine Hubstiftanordnung zur Verfügung zu stellen, welche dramatische Biegungen der Hubstifte ausführt, ohne eine permanente Verformung derselben. Zudem, wenn die Hubstifte deformiert werden, können die durch Wärme wiedergewinnbaren Eigenschaften der Legierung verwendet werden, um die ursprüngliche Form der Hubstifte wieder herzustellen.

[0019] Von der superelastischen Wirkung ist bekannt, dass sie bei der Bildung von spannungsinduziertem Martensit auftritt. Das bedeutet, wenn eine Formgedächtnislegierung, welche einen spannungsinduzierten Martensit ausbildet, bei einer Temperatur oberhalb von M_s durch Spannung beansprucht wird (so dass der austenitische Zustand anfänglich stabil ist), aber unterhalb von M_d (der maximalen Temperatur, bei welcher eine Martensitbildung sogar unter Spannungsbeanspruchung auftreten kann), deformiert sie zuerst elastisch und dann bei einer kritischen Spannungsbeanspruchung beginnt sie sich elastisch zu transformieren, durch die Bildung eines spannungsinduzierten Martensits. Nach dem Lösen der Spannung transformiert sich der spannungsinduzierte Martensit zurück zu Austenit und der Werkstoff kehrt in seine ursprüngliche Konfiguration zurück. Somit kann der Werkstoff sich elastisch zurückbilden, von Verformungen von mehr als 3 Prozent und möglicherweise soviel wie 6 oder 8 Prozent, wohingegen die meisten herkömmlichen Werkstoffe permanent

deformiert werden, wenn sie so wenig wie einem Prozent Verformung ausgesetzt werden. Wenn jedoch das Ausmaß der Spannungsbeanspruchung ausreichend ist, um den Werkstoff aus der Formgedächtnislegierung in einer deformierten Konfiguration zurückzulassen, nachdem die Spannung entfernt wurde, vorausgesetzt, dass Metall weist eine „gemerkte“ Konfiguration auf und das Ausmaß der Deformation ist nicht zu groß, ist es möglich, den Werkstoff in seine ursprüngliche gemerkte Konfiguration zurückzubringen, einfach durch Aufheizen des Werkstoffs in seinen austenitischen Zustand.

[0020] Eine Diskussion der Wirkung von Formgedächtnislegierungen und der spannungsinduzierten Martensittransformation wird in dem US-Patent mit der Nummer 4,665,906 zur Verfügung gestellt und in einer Veröffentlichung der Material Research Society mit dem Titel „Designing With the Shape Memory Effect“ von T. W. Duerig et al., MRS Int'l Mtg. on Adv. Mats., Vol. 9 (1980). Ferner wurden Wärmebehandlungen von Formgedächtnislegierungen im Allgemeinen durch eine Lösungsbehandlung bei hoher Temperatur ausgeführt, gefolgt von schnellem Abschrecken in Wasser, um eine Hochtemperatur-Einphase zu erzielen, welche verursacht, dass die Formgedächtniswirkung auftritt, wie in einem Artikel von K. Otsuka et al. mit dem Titel „Development of Energy-Saving Materials Using Superelasticity“, SPEY 14 (January 1985), erklärt wird. Die Superelastizität von solchen Legierungen kann jedoch durch Alterung der Werkstoffe, um feine Ausfällungen zu produzieren, vergrößert werden, wie von Otsuka et al. erklärt wird.

[0021] Die Temperatur, bei welcher sich die Formgedächtnislegierung aus dem martensitischen in den austenitischen Zustand umwandelt, kann durch eine geeignete thermomechanische Behandlung und/oder Legierungsbildung der Formgedächtnislegierung eingestellt werden. Zum Beispiel offenbart das US-Patent mit der Nummer 4,894,100 eine Ni-Ti-V-Legierung, in welcher die M_s -Temperatur durch Variieren des Ni-Ti-Verhältnisses und des V-Gehalts eingestellt werden kann. Das Patent '100 offenbart, dass ein M_s von 20 bis 70 Grad Celsius zur Verfügung gestellt werden kann, durch Einstellen des Verhältnisses von Ni/Ti auf 0,96 bis 1,02, wohingegen ein M_s von –150 bis 20 Grad Celsius zur Verfügung gestellt werden kann, durch Einstellen des Verhältnisses von Ni/Ti auf 1,0 bis 1,06. Wenn eine solche Legierung bei 425 bis 525 Grad Celsius wärmebehandelt wird, nachdem sie kalt bearbeitet wurde, kann ein M_s von –10 bis 20 zur Verfügung gestellt werden. Somit können verschiedene Legierungen und thermomechanische Behandlungen derselben verwendet werden, um Hubstifte in Übereinstimmung mit der Erfindung zur Verfügung zu stellen.

[0022] Gemäß der Erfindung können die Hubstifte aus einem Formgedächtniswerkstoff, wie zum Beispiel Nitinol ausgebildet sein, welcher in eine gemerkte Konfiguration durch eine geeignete thermomechanische Behandlung geformt wird. Zum Bei-

spiel können die Hubstifte sich geradlinig erstreckende zylindrische Nitinol-Stifte sein, welche ein M_s nicht größer als 25 Grad Celsius, zum Beispiel von 5 Grad Celsius, aufweisen. Wenn es jedoch gewünscht ist, können die Hubstifte ein M_s von mehr als 25 Grad Celsius aufweisen. Gemäß einer vorzuziehenden Ausführung werden die Hubstifte in einer Umgebung betrieben, in welcher die Hubstifte sich normalerweise in dem austenitischen Zustand befinden. Somit werden die Hubstifte die superelastische Wirkung als ein Ergebnis der Fähigkeit, spannungsinduziertes Martensit zu bilden, hervorbringen. Die Hubstifte können jedoch ebenso in einer Umgebung verwendet werden, in welcher sich die Hubstifte in dem martensitischen Zustand befinden. In jedem Fall können die Hubstifte, wenn die Hubstifte in dem martensitischen Zustand über die elastische Grenze hinaus deformiert werden, in ihre gemerkte Konfiguration wiederhergestellt werden, einfach durch Aufheizen der Hubstifte in den austenitischen Zustand.

[0023] Die Hubstifanordnung kann in verschiedenen Teilen einer Substratbehandlungsvorrichtung verwendet werden, wie zum Beispiel in den Schleusen und/oder den Substratbehandlungskammern. Das Substrat kann durch einen Roboterarm oder andere geeignete Mechanismen in eine Position übertragen werden, in welcher die Hubstifte das Substrat von einer Trägeroberfläche des Roboterarms wegheben, der Roboterarm zurückgezogen wird und das Substrat auf eine Tragoberfläche desselben oder eines anderen Roboterarms, eines Substrathalters oder von Ähnlichem abgesenkt wird.

[0024] Die Substratbehandlungskammer kann verwendet werden, um verschiedene Behandlungen auszuführen, wie zum Beispiel Ätzen, Abscheidung (Deposition), Resist-Strippen, Fotolithographie, CVD, RTP, Ionenimplantation oder Sputtern oder Ähnliches, auf dem Substrat, welches durch den Substrathalter getragen wird. Zum Beispiel, wenn das Substrat einen Halbleiter-Wafer umfasst, können Ätzsichten, wie zum Beispiel Polysilikon, Oxide oder Metall, wie zum Beispiel Aluminium oder Wolfram, in einer Substratbehandlungskammer ausgeführt werden. In dem Fall des Oxidätzens kann die Temperatur innerhalb der Substratbehandlungskammer unterhalb von 0 Grad Celsius, wie zum Beispiel bei ungefähr -20 Grad Celsius, gehalten werden. In solch einem Fall werden die Hubstifte, wenn die Hubstifte ein M_s von 5 Grad Celsius aufweisen, sich während des Ätzverfahrens in dem martensitischen Zustand befinden, und wenn die Hubstifte als ein Ergebnis einer Bewegung und/oder des Tragens des Wafers während des Transfers desselben in die oder aus der Substratbehandlungskammer oder in einen Kontakt oder aus einem Kontakt mit dem Substrathalter gebogen werden, können die Hubstifte in ihre ursprüngliche gemerkte gerade Biegung zurückgebracht werden, einfach durch Erlauben, dass die Substratbehandlungskammer die Hubstifte auf die Raumtemperatur erwärmt. Somit werden sich die Hubstifte aus

dem martensitischen in den austenitischen Zustand umwandeln, und die Hubstifte werden automatisch begradigt, als ein Ergebnis der Phasenänderung von dem Martensit in den Austenit. Das Aufheizen, um die gemerkte Form durch Wärme wiederzugewinnen, kann ebenso durch andere Techniken erreicht werden, wie zum Beispiel durch Anlegen eines ausreichenden elektrischen Stromes durch die Hubstifte oder durch Aufheizen der Hubstifte mit einer Heizpitole.

[0025] Während des Behandelns eines Substrats in der Substratbehandlungskammer kann das Substrat auf dem Substrathalter durch jede geeignete Rückhaltevorrichtung getragen werden. Zum Beispiel kann der Substrathalter eine elektrostatische Klammerung oder ESC-Anordnung zum Klammern des Substrats an den Substrathalter einbinden. Alternativ kann eine mechanische Klammeranordnung zum Halten des Substrats an dem Substrathalter vorgesehen werden. Zum Beispiel, wenn das Substrat einen Halbleiter-Wafer umfasst, kann ein Klammerungsring verwendet werden, um den Wafer an den Substrathalter zu klammern.

[0026] Während einiger Substratbehandlungsprozeduren ist es herkömmlich, die hintere oder rückwärtige Seite des Substrats zu kühlen, durch Leiten von einem Helium-Gas zwischen die Unterseite des Substrats und den Substrathalter. Die Bohrungen, durch welche sich die Hubstifte bewegen, um das Substrat über den Substrathalter emporzuheben, können eine zusätzliche Funktion des Erlaubens, das Helium-Gas durch den Substrathalter in einen Kontakt mit der Unterseite des Substrats hindurchtritt, anbieten. Gemäß der Erfindung verbleiben die Hubstifte wenigstens teilweise in den Bohrungen in dem Substrathalter, wenn sich die Hubvorrichtung in der Bodenposition befindet, und das Spiel zwischen den Hubstiften und den Bohrungen wird so beibehalten, dass ausreichend Helium auf die Hinterseite des Substrats strömt.

[0027] Die Erfindung wird nun mit Bezug auf das nachfolgende Beispiel beschrieben. Die Erfindung kann jedoch in anderen Hubstifanordnungen ausgeführt werden, in welchen alternative Hubstiftabmessungen, Querschnitte, Spitzengeometrien und M_s -Temperaturen und Teile der Hubstifanordnung für den Fachmann naheliegend sein werden.

Beispiel

[0028] Gemäß einer exemplarischen Ausführung der vorliegenden Erfindung, welche in der **Fig. 3** gezeigt ist, sind die Hubstifte aus Nitinol hergestellt und weisen ein M_s von 5 Grad Celsius auf. Wie in der **Fig. 3** gezeigt ist, umfassen die Hubstifte **20** dünne Drähte, welche pressgepasst in die vier Bohrungen einer Hubeinrichtung **22** sind. Die Hubeinrichtung **22** umfasst eine zentrale Bohrung **24**, durch welche eine Schraube hindurchtritt, zum Anschließen der Hubeinrichtung an ein pneumatisches oder mechanisches

Stellglied **26**. In der gezeigten Ausführung weist die Hubeinrichtung **22** eine Dicke von 5 Millimeter (0,2 Inch) und einen Durchmesser von 4,1 Millimeter (1,6 Inch) auf, und die Hubstifte **20** sind 2,5 Millimeter (0,1 Inch) innerhalb des äußeren Umfanges der Hubeinrichtung **22** positioniert. Somit sind die Hubstifte diagonal zueinander beabstandet um 35 Millimeter (1,4 Inch). Die Hubeinrichtung umfasst ebenso eine Ausrichtungsbohrung **28**, zum Zwecke des Ausrichtens der Hubeinrichtung **22** mit einer entsprechenden Bohrung **30** in dem Stellglied **26**, wenn die Hubeinrichtung **22** in einer Plasmabehandlungsvorrichtung aufgebaut wird. Die Hubstifte weisen eine Länge von 25 Millimeter (1 Inch) und einen Durchmesser von 0,75 Millimeter (0,03 Inch) auf. Die Hubstifte treten durch entsprechende Bohrungen **32** in einem Substrathalter **34** in einer Substratbehandlungskammer hindurch, und solche Bohrungen in dem Substrathalter weisen einen Durchmesser von 1 Millimeter (0,04 Inch) auf. Somit ist ein ausreichendes Spiel zwischen dem Umfang der Hubstifte und dem inneren Umfang der Bohrungen **32** in dem Substrathalter vorgesehen, um einen Durchtritt eines geeigneten Kühlgases, wie zum Beispiel Helium, in einen Kontakt mit der hinteren Seite eines Substrats **36**, welches in der Substratbehandlungskammer behandelt wird, zu erlauben. Das Verhältnis des Querschnitts des Hubstiftes gegenüber dem Querschnitt der entsprechenden Bohrung in dem Substrathalter kann von 55 bis 75 Prozent reichen, vorzugsweise liegt es bei 60 Prozent. In dem Fall jedoch, in welchem die Hubstiftbohrungen nicht verwendet werden, um ein Kühlgas, wie zum Beispiel Helium, zwischen das Substrat und den Substrathalter zuzuführen, kann jedes Ausmaß an Spiel zwischen den Hubstiften und den Hubstiftbohrungen vorgesehen werden.

[0029] Das Vorhergehende hat die Prinzipien, vorzuziehende Ausführungen und Betriebsmodi der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die Erfindung soll jedoch nicht so ausgelegt werden, dass sie durch die besonderen diskutierten Beispiele beschränkt wird. Somit sollen die oben beschriebenen Ausführungen eher als illustrativ betrachtet werden denn als restriktiv, und es soll bevorzugt werden, dass Variationen in diesen Ausführungen durch den Fachmann ausgeführt werden können, ohne vom Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung, wie er durch die nachfolgenden Ansprüche definiert wird, abzuweichen.

Patentansprüche

1. Ein Hubstiftmechanismus für eine Substratbehandlungsvorrichtung (**10**), wobei der Mechanismus eine Hubeinrichtung (**8, 22**) umfasst, welche sich zwischen einer oberen und einer unteren Position bewegt, und eine Vielzahl von zueinander mit Abstand angeordneten Hubstiften (**6, 20**) welche auf der Hubeinrichtung montiert sind und in einem direkten Kontakt mit der unteren Oberfläche des Substrats, welches verwendet wird, stehen, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass jeder Hubstift aus einem dünnen Draht besteht, welcher aus einer Formgedächtnislegierung hergestellt ist, umfassend eine NiTi-Legierung, welche 53 bis 57 Gew.-% an Ni aufweist, und welche eine gemerkte Konfiguration aufweist.

2. Der Hubstiftmechanismus aus Anspruch 1, wobei die Formgedächtnislegierung aus einem martensitischen Zustand in einen austenitischen Zustand transformierbar ist, jeder Hubstift aus einer deformierten Konfiguration in die gemerkte Konfiguration wiederherstellbar ist, durch Aufheizen von jedem Hubstift auf eine Temperatur, bei welcher die Formgedächtnislegierung in den austenitischen Zustand transformiert.

3. Der Hubstiftmechanismus aus Anspruch 1 oder 2, wobei die Formgedächtnislegierung eine Transformationstemperatur von Martensit in Austenit unterhalb der Umgebung aufweist.

4. Der Hubstiftmechanismus gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Hubstifte (**20**) auf der Hubeinrichtung (**22**) getragen werden, welche einen Teil eines Substrathalters (**34**) einer Substratbehandlungskammer ausbildet, die Hubeinrichtung bewegbar in einer vertikalen Richtung zwischen einer unteren und einer oberen Position ist, jeder Hubstift eine obere Oberfläche aufweist, die über einer Substrattragfläche des Substrathalters positioniert ist, wenn die Hubeinrichtung sich in der oberen Position befindet, und sich die obere Oberfläche von jedem Hubstift unter der Substrattragfläche befindet, wenn sich die Hubeinrichtung in der unteren Position befindet.

5. Der Hubstiftmechanismus aus Anspruch 4, wobei ein Teil von jedem Hubstift durch eine Hubstiftbohrung (**32**) in dem Substrathalter hindurchtritt, wenn sich die Hubeinrichtung von der unteren Position in die obere Position bewegt.

6. Der Hubstiftmechanismus aus Anspruch 5, wobei jeder Hubstift (**20**) einen Querschnitt aufweist, welcher 55 bis 75 Prozent der Hubstiftbohrung (**32**) ausfüllt.

7. Der Hubstiftmechanismus aus Anspruch 1, wobei jeder Hubstift (**6, 20**) ein sich geradlinig erstreckender zylindrischer Stift ist, welcher pressgepasst in eine Hubeinrichtung (**8**) eines Hubstiftmechanismus ist.

8. Ein Verfahren des Behandelns von einem Substrat (**2, 36**) in einer Substratbehandlungskammer (**10**), bei Verwendung eines Hubstiftmechanismus gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: das Bewegen eines Substrats, welches behandelt werden soll, in eine Behandlungsposition in einer

Substratbehandlungskammer;
das Emporheben der Hubeinrichtung (8, 22) in eine obere Position, in welcher das Substrat auf den oberen Enden der Hubstifte getragen wird; das Absenken der Hubeinrichtung in eine untere Position, in welcher das Substrat auf einem Substrathalter in der Substratbehandlungskammer getragen wird;
das Behandeln des Substrats mit dem Verfahren;
das Emporheben der Hubeinrichtung in die obere Position; und
das Übertragen des Substrats aus der Substratbehandlungskammer heraus.

9. Das Verfahren aus Anspruch 8, weiterhin umfassend das Zurückversetzen von wenigstens einem der Hubstifte aus einer deformierten Konfiguration in den gemerkten Zustand, durch Aufheizen des Hubstiftes auf eine Temperatur, bei welcher die Formgedächtnislegierung sich aus dem martensitischen Zustand in den austenitischen Zustand transformiert.

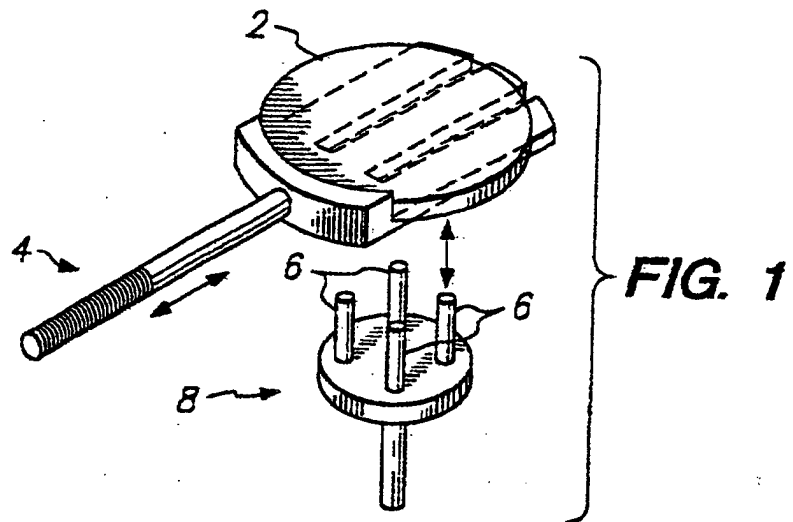
10. Das Verfahren aus Anspruch 8, wobei der Schritt des Behandeln des Substrats bei einer Temperatur ausgeführt wird, welche nicht größer als 0 Grad Celsius ist.

11. Das Verfahren aus Anspruch 8, wobei der Schritt des Behandeln des Substrates bei einer Temperatur ausgeführt wird, welche nicht kleiner ist als 0 Grad Celsius.

12. Das Verfahren aus Anspruch 8, wobei jeder der Hubstifte durch eine Bohrung in dem Substrathalter hindurchtritt, wenn die Hubeinrichtung sich von der unteren Position in die obere Position bewegt.

13. Das Verfahren aus Anspruch 8, wobei die Formgedächtnislegierung eine Transformationstemperatur von Martensit zu Austenit von nicht weniger als 25 Grad Celsius aufweist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



Einführung des Reaktionsgases

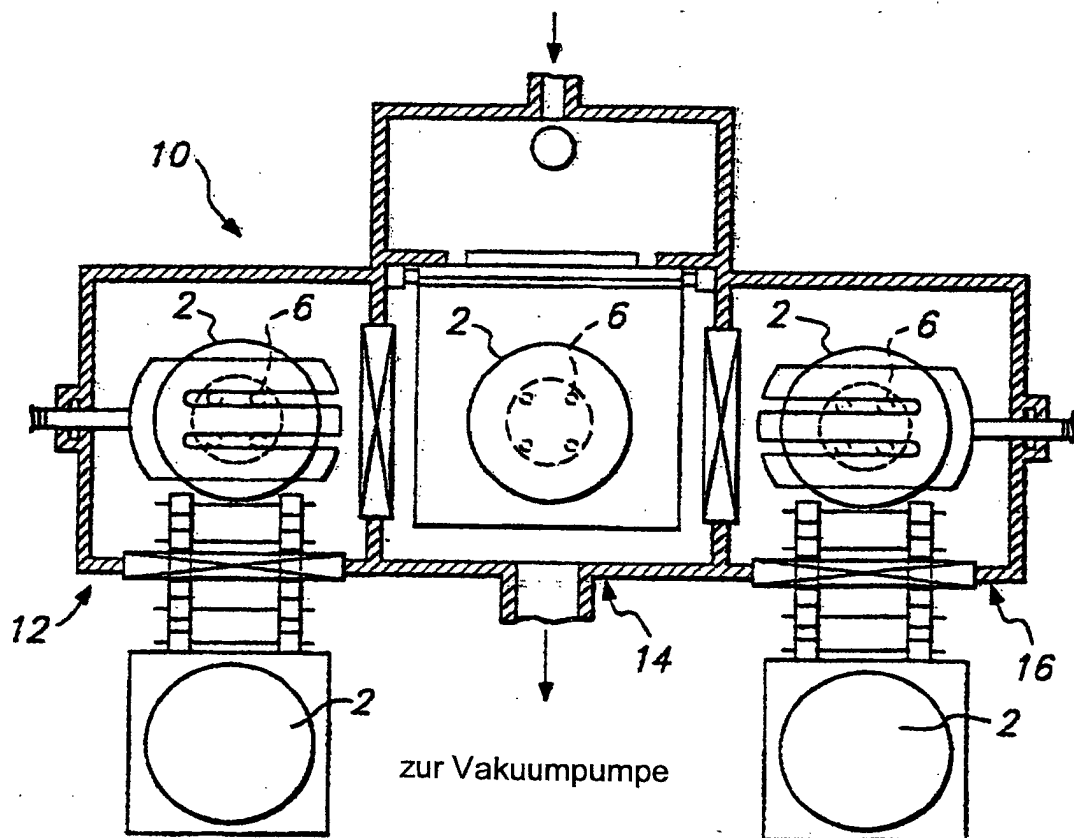


FIG. 2

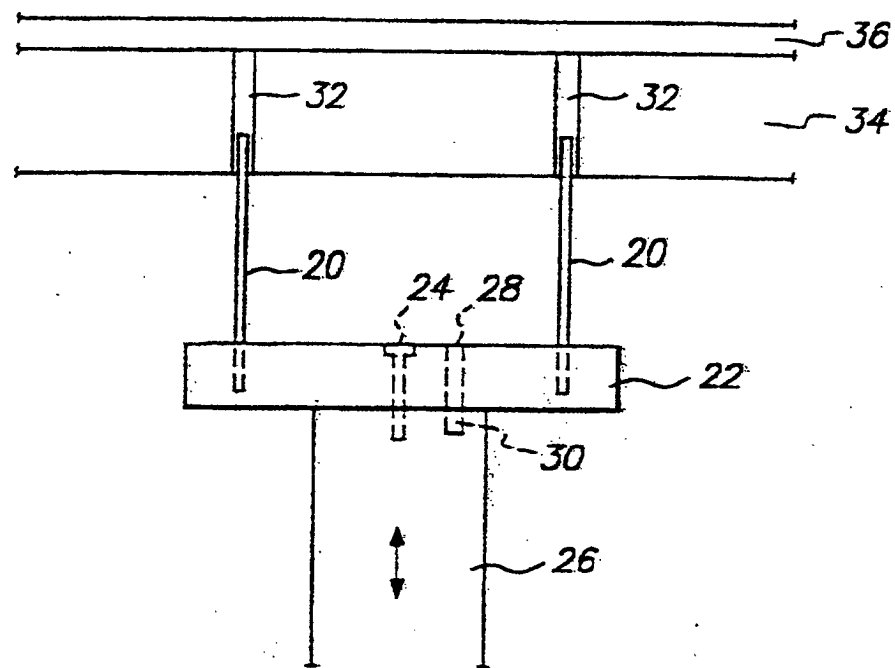


FIG. 3