



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 30 201 T2 2007.07.12**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 056 122 B1**

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

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 30 201.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 111 268.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **25.05.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.11.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **23.08.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.07.2007**

(30) Unionspriorität:

14516799 25.05.1999 JP

24051899 26.08.1999 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

Ebara Corp., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:

**Shinozaki, Hiroyuki, Fujisawa-shi, Kanagawa-ken,
JP**

(74) Vertreter:

**WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **Substratbehandlungsvorrichtung und Betriebsverfahren**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Substratbehandlungsvorrichtung, die geeignet ist zum Reinigen und Trocknen von Substraten mit geringer mechanischer Festigkeit, zum Beispiel Glassubstrate und Halbleiterwafer, und sie bezieht sich auch auf ein Verfahren zum Betrieb der Substratbehandlungsvorrichtung.

[0002] Trocknungstechniken, die nach dem Prozess der Reinigung von Halbleiterwafern, optischen Scheiben und so weiter durchgeführt werden, können im Allgemeinen in zwei Arten unterteilt werden. Eine erste Art ist eine Technik, die Chemikalien verwendet, z.B. IPA (Isopropylalkohol). Eine zweite Art ist eine Technik, bei der ein zu trocknendes Objekt mit hoher Geschwindigkeit gedreht wird, um Tröpfchen unter Zentrifugalkraft abzuschleudern. Zusätzlich kann eine Vakuumtechnik mit den ersten und zweiten zuvor genannten Techniken verwendet werden. Diese Techniken leiden jedoch unter den unten genannten Problemen.

[0003] Das Trocknungsverfahren, das Chemikalien, zum Beispiel IPA, verwendet, erzeugt hohe Kosten um Sicherheit zu gewährleisten, da verbrennbare Chemikalien verwendet werden. Darüber hinaus kann das Verfahren zu Umweltverschmutzung führen.

[0004] Bei dem Trocknungsverfahren, das eine Hochgeschwindigkeitsrotation verwendet, wirken, da ein zu trocknendes Objekt mit hoher Geschwindigkeit gedreht wird, Zentrifugalkräfte an dem Objekt und es wirkt auch eine Torsionsbelastung an dem Objekt während der Beschleunigung oder Verlangsamung der Drehung, was zu einer Beschädigung des Basismaterials des Objekts führen kann. Dies bewirkt eine Reduktion hinsichtlich der Ausbeute. Zusätzlich kann sich während des Trocknungsprozesses das Basismaterial eines Substrats auflösen, und zwar in Kontaktbereichen zwischen dem Substrat und Wassertropfen, um ringförmige, vorsprungsförmige Spuren, d.h. Wassermarkierungen zu bilden.

[0005] Es wurde vorgeschlagen, ein Substrat zu trocknen unter Verwendung einer Vorrichtung, die in [Fig. 1](#) gezeigt ist. Ein zu behandelndes Substrat **101** (d.h. ein zu trocknendes Objekt) wird in einen stationären Zustand platziert. Ein Drehlaufrad **102** ist derart angeordnet, dass es zu einer Oberfläche des Substrats **101** weist, und die Oberfläche des Substrats **101** wird getrocknet durch Drehung des Drehlaufrades **102**. Dieser Vorschlag wurde jedoch noch nicht in die Praxis umgesetzt, und zwar aus den folgenden Gründen. Eine nach außen gerichtete Luftströmung, die auf der Oberfläche des Laufrades **102** auftritt, erzeugt einen negativen Druck in dem Mittelteil des Drehlaufrades **102**. Demgemäß tritt eine Sekundär-

strömung auf der Oberfläche des Substrats **101** auf, wie durch den Pfeil A dargestellt ist. Daher ist es wahrscheinlich, dass ein Wassertropfen **103** in der Mitte auf der Oberfläche des Substrats **101** verbleibt.

[0006] Zusätzlich ist eine Drehwelle **105** eines Motors **104** zum Drehen des Drehlaufrades **102** durch Rolllager **106** und **107** getragen. Daher ist der obere Grenzwert für den DN-Wert [Lagerdurchmesser (mm) × Drehgeschwindigkeit (Umdrehungen pro Minute)] gering, wenn eine Schmierung mit einem Schmiermittel bewirkt wird, das in einer Reinraumumgebung eingesetzt werden kann, und somit ist es schwierig, eine Drehwelle **105** in der Form einer Hohlwelle zu verwenden.

[0007] WO 97/14178 zeigt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Behandeln von Substratwafern durch Drehen der Wafer.

[0008] In Anbetracht der obigen Umstände ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Substratbehandlungsvorrichtung vorzusehen, die in der Lage ist, eine rasche Reinigung und Trocknung einer Oberfläche eines zu behandelnden Substrats durchzuführen, und zwar ohne Beschädigung des Basismaterials des Substrats und ohne die Bildung von Wassermarkierungen bzw. Flecken auf der Oberfläche des Substrats, und dass ferner keine Partikel oder Ähnliches erzeugt, und daher in der Lage ist, reine Bedingungen beizubehalten.

[0009] Ferner ist es auch ein Ziel, ein Verfahren zum Betrieb der Substratbehandlungsvorrichtung vorzusehen.

[0010] Um die obigen Probleme zu lösen, ist gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Substratbehandlungsvorrichtung vorgesehen, die einen Substrattragmechanismus umfasst zum Tragen eines zu behandelnden Substrats und ein Drehlaufrad, das derart platziert ist, dass es zu einer Oberfläche des Substrats weist, das durch den Substrattragmechanismus getragen wird. Wenigstens eine Düse ist vorgesehen, und zwar ungefähr an einem Mittelteil des Drehlaufrades. Das Drehen des Drehlaufrades erzeugt eine Gasströmung, die durch die Düse hindurch geht und von dem Mittelteil des Laufrades zu dem Außenumfang davon strömt, um dadurch die Oberfläche des in einem stationären Zustand durch den Substrattragmechanismus getragenen Substrats zu trocknen.

[0011] Wie oben bemerkt, wirkt eine Drehung des Drehlaufrades eine Gasströmung, die durch die Düse ausgestoßen wird, die in dem Mittelteil des Drehlaufrades vorgesehen ist, um eine Strömung entlang der Oberfläche eines Substrats vorzusehen, das in einem stationären Zustand durch den Substrattragmechanismus getragen wird. Somit strömt das Gas zu

dem Außenumfang des Substrats, wodurch es ermöglicht wird, die Substratoberfläche effizient zu trocknen. Darüber hinaus bewirkt die Drehung des Drehlaufrades, dass das Gas in den Spalt zwischen dem Drehlaufrad und dem Substrat durch die Düse strömt. Daher kann kein negativer Druck an dem Mittelteil des Laufrades erzeugt werden. Demgemäß verbleiben keine Wassertropfen an dem Mittelteil der Oberfläche des Substrats und die Substratoberfläche kann rasch getrocknet werden. Da das Substrat ferner stationär gehalten wird, wird keine Belastung daran angelegt.

[0012] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung ist bei der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß dem ersten Aspekt das Drehlaufrad an einer hohlen Drehwelle befestigt. Der hohle Abschnitt der Drehwelle kommuniziert mit der Düse. Der hohle Abschnitt ist mit einem Reinwasser-Versorgungsanschluss zum Liefern von reinem Wasser und/oder einem Reingas-Versorgungsanschluss zum Liefern eines reinen Gases versehen.

[0013] Da ein Reinwasser-Versorgungsanschluss in dem hohlen Abschnitt der Drehwelle vorgesehen ist, wie oben bemerkt, kann reines Wasser und/oder ein reines Gas an den Mittelteil des Substrats über die Düse geliefert werden. Diese Anordnung ist geeignet zum Reinigen und Trocknen eines Substrats, wie nachfolgend in größerer Einzelheit beschrieben wird.

[0014] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung ist bei der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß dem ersten oder zweiten Aspekt das Drehlaufrad an einer Drehwelle eines Antriebsmotors befestigt. Die Drehwelle des Antriebsmotors ist durch ein Magnetlager getragen.

[0015] Da die Drehwelle des Antriebsmotors durch magnetische Levitation durch ein Magnetlager getragen wird, wie oben bemerkt, besteht keine Wahrscheinlichkeit, dass Partikel erzeugt werden. Die Vorrichtung kann somit in einer reinen Umgebung bzw. einem Reinraum verwendet werden.

[0016] Gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist bei der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß irgendeinem der ersten bis dritten Aspekte einer Oberfläche des Drehlaufrades, die zu dem Substrat weist, eine flache Oberfläche.

[0017] Wenn die Oberfläche des Drehlaufrades, die zu dem Substrat weist, flach ist, wie oben bemerkt, kann die Oberfläche des Drehlaufrades, die zu dem Substrat weist, so nah wie möglich an das Substrat herangebracht werden, obwohl die Schaufeleffizienz zu einem gewissen Grad reduziert wird, und es kann eine nach außen gerichtete Gasströmung an einer Position extrem nah an der Oberfläche des Substrats erzeugt werden. Daher kann die Substratoberfläche

effizient getrocknet werden.

[0018] Gemäß einem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung besitzt das Drehlaufrad bei der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß irgendeinem der ersten bis vierten Aspekte eine flache Oberfläche, die sich von der Mitte davon zu einer Position etwas außerhalb des Außenumfangs des Substrats erstreckt und besitzt ferner eine Klingen- bzw. Schaufelstruktur außerhalb der flachen Oberfläche.

[0019] Wenn das Drehlaufrad eine flache Oberfläche besitzt, die sich von der Mitte davon zu einer Position etwas außerhalb des Außenumfangs des Substrats erstreckt und ferner eine Klingen- bzw. Schaufelstruktur außerhalb der flachen Oberfläche besitzt, wie oben bemerkt, dann kann die flache Oberfläche in große Nähe zu dem Substrat platziert werden. Das Gas von der Düse in dem Mittelteil des Laufrades strömt von dem Mittelteil zu dem Außenumfang und zwar nahe entlang der Oberfläche des Substrats und zwar in einer solchen Art und Weise, dass es in die Schaufelstruktur außerhalb der flachen Oberfläche gesaugt wird. Demgemäß kann das Substrat noch effizienter durch die erhöhte Gasströmung getrocknet werden.

[0020] Gemäß einem sechsten Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zum Betrieb einer Substratbehandlungsvorrichtung vorgesehen, bei dem die Substratbehandlungsvorrichtung einen Substrattragmechanismus umfasst zum Tragen eines zu behandelnden Substrats und ein Drehlaufrad, das an einer hohlen Drehwelle befestigt ist und so positioniert ist, dass es zu einer Oberfläche des durch den Substrattragmechanismus getragenen Substrats weist. Wenigstens eine Düse ist ungefähr an einem Mittelteil des Drehlaufrades vorgesehen, um mit dem hohlen Abschnitt der Drehwelle zu kommunizieren. Ein Reinwasser-Versorgungsanschluss zum Liefern von reinem Wasser und ein Reingas-Versorgungsanschluss zum Liefern eines reinen Gases sind in dem hohlen Abschnitt der Drehwelle vorgesehen. Das Verfahren zum Betrieb der Substratbehandlungsvorrichtung umfasst den Schritt des Füllens von reinem Wasser in den Spalt zwischen dem Drehlaufrad und dem Substrat zum Bilden einer Reinwasserschicht, und das kontinuierliche Liefern von reinem Wasser von dem Reinwasser-Versorgungsanschluss durch die Düse, um eine Strömung von reinem Wasser auf dem Substrat zu erzeugen, die von der Mitte des Substrats zu dem Außenumfang davon strömt. Das Verfahren umfasst ferner den Schritt des Drehens des Drehlaufrades mit einer vorbestimmten Drehgeschwindigkeit, um das reine Wasser der Reinwasserschicht nach außen zu schleudern und das kontinuierliche Liefern von reinem Wasser zu dem Mittelteil des Substrats durch die Düse. Ferner umfasst das Verfahren den Schritt des Drehens des Drehlaufrades mit einer Drehgeschwindigkeit, die höher ist als

die vorbestimmte Drehgeschwindigkeit und das Liefern des reinen Gases von dem Reingas-Versorgungsanschluss durch die Düse, während die Lieferung von reinem Wasser gestoppt wird.

[0021] Wie oben bemerkt, wird, nachdem die Reinwasserschicht zwischen dem Laufrad und dem Substrat gebildet wurde, das Drehlaufrad gedreht. Demgemäß wird reines Wasser nach außen geschleudert. Da das reine Wasser jedoch kontinuierlich durch die Düse geliefert wird, wird reines Wasser sukzessive zu der Substratoberfläche geliefert. Daher ist die Konzentration einer Substanz, die sich aus dem Substrat herauslöst oder in dem reinen Wasser löst, extrem gering. Zusätzlich wird das Drehlaufrad mit hoher Geschwindigkeit gedreht und ein reines Gas wird zu derselben Zeit geliefert, zu der die Versorgung des reinen Wassers gestoppt wird. Demgemäß kann die Wasserschicht auf der Substratoberfläche rasch abgeblasen werden. Infolge dessen trocknet die Substratoberfläche rasch und die Konzentration einer Substanz, die sich aus dem Substrat herauslöst ist in dem reinen Wasser extrem gering. Daher treten keine Wasserflecken auf.

[0022] Die obigen und weitere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den Zeichnungen, in denen bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung durch darstellende Beispiele gezeigt sind; in den Zeichnungen zeigt:

[0023] [Fig. 1](#) ein Diagramm, das ein strukturelles Beispiel einer herkömmlichen Substratbehandlungsvorrichtung zeigt;

[0024] [Fig. 2](#) ein Diagramm, das eine ursprüngliche Form einer Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei Teil (a) von [Fig. 2](#) eine Schnittansicht der Vorrichtung ist, Teil (b) eine Schnittansicht entlang der Linie B-B in Teil (a) ist, und Teil (c) eine Ansicht ähnlich zu Teil (b) ist, die aber eine bevorzugte Form des Drehlaufrades zeigt;

[0025] [Fig. 3](#) ein Diagramm, das schematisch ein Beispiel der Struktur der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0026] [Fig. 4](#) ein Diagramm, das ein strukturelles Beispiel eines Drehlaufrades in der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei Teil (a) gemäß [Fig. 4](#) eine Schnittansicht ist, und Teil (b) gemäß [Fig. 4](#) eine Ansicht des Drehlaufrades von der Substratseite her ist;

[0027] [Fig. 5](#) ein Diagramm, das ein weiteres strukturelles Beispiel eines Drehlaufrades in der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei Teil (a) gemäß [Fig. 5](#) eine Schnittansicht ist, und Teil (b) gemäß [Fig. 5](#) eine An-

sicht des Drehlaufrades von der Substratseite her ist;

[0028] [Fig. 6](#) ein Diagramm, das ein weiteres strukturelles Beispiel eines Drehlaufrades in der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei Teil (a) gemäß [Fig. 6](#) eine Schnittansicht ist, und Teil (b) gemäß [Fig. 6](#) eine Ansicht des Drehlaufrades von der Oberseite davon ist;

[0029] [Fig. 7](#) ein Diagramm, das noch ein weiteres strukturelles Beispiel eines Drehlaufrades in der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei Teil (a) gemäß [Fig. 7](#) eine Schnittansicht ist, Teil (b) gemäß [Fig. 7](#) eine Ansicht von unten ist, und Teil (c) gemäß [Fig. 7](#) eine teilweise Seitenansicht ist;

[0030] [Fig. 8](#) ein Diagramm, das noch ein weiteres strukturelles Beispiel eines Drehlaufrades in der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei Teil (a) gemäß [Fig. 8](#) eine Schnittansicht ist, Teil (b) gemäß [Fig. 8](#) eine Ansicht von unten ist, und Teil (c) gemäß [Fig. 8](#) eine teilweise Seitenansicht ist;

[0031] [Fig. 9](#) ein Diagramm, das noch ein weiteres Beispiel der Struktur der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0032] [Fig. 10](#) ein Graph, der die Ergebnisse der Berechnung der Adhäsionsbelastungstendenz und der Zwischenflächenscherscherbelastung durch Drehung bezüglich des Wassertropfendurchmessers ist;

[0033] [Fig. 11](#) ein Diagramm, das ein strukturelles Beispiel einer Substratbehandlungsvorrichtung zum Vergleich mit der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0034] [Fig. 12](#) ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel der Struktur der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt; und

[0035] [Fig. 13](#) ein Diagramm, das ein weiteres strukturelles Beispiel des Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung ist.

[0036] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

[0037] Zur Lösung der zuvor genannten Probleme hinsichtlich der herkömmlichen Substratbehandlungsvorrichtung hat sich der Erfinder zunächst eine Anordnung gemäß [Fig. 2](#) erdacht. Ein Drehlaufrad **102** mit radialem Klingen- bzw. Schaufeltyp ist mit einer Düse **108** in der Mitte davon versehen, und der Mittelteil der Drehwelle **105** ist als ein Hohlraum **105a** ausgebildet. Wenn die Drehwelle **102** gedreht wird, strömt ein Gas, das in den Hohlraum **105a** geliefert

wird, durch die Düse **108**, um einen negativen Druckanstieg an dem Mittelteil des Drehlaufrades **102** auszulöschen. Jedoch ist diese Anordnung nicht befriedigend zum Durchführen einer Trocknung, um Tröpfchen von dem Substrat **101** zu entfernen, das in einem stationären Zustand platziert ist.

[0038] Der Grund hierfür wird nachfolgend angegeben. Im Allgemeinen ist es bekannt, dass es wünschenswert ist, die Höhe h der Klingen bzw. Schaufeln **102a** zu erhöhen, um die Gasströmungsrate zu erhöhen. Wenn jedoch die Klingen- bzw. Schaufelhöhe h größer eingestellt wird als ein vorbestimmter Wert, d.h., wenn die Höhe h der Klingen **102a** größer eingestellt wird als der Spalt w zwischen den distalen Enden der Klingen bzw. Schaufeln **102a** und der Oberfläche des Substrats **101**, dann wird der Raum zwischen dem Substrat **101** und dem Drehlaufrad **102** exzessiv groß bzw. weit, wie in den **Fig. 2a** und **2b** gezeigt ist. Infolge dessen ist eine Grenzflächenströmung oder die schnellste Strömung, die an der Oberfläche des Drehlaufrades **102** auftritt, in unerwünschter Weise von dem Substrat **101** entfernt.

[0039] Zusätzlich wird eine nach innen gerichtete Strömung oder Gasströmung zu der Mitte der Drehwelle **105** in unerwünschter Weise erzeugt auf der Oberfläche des Substrats **101** auf der stationären Seite und somit verbleiben Tröpfchen an dem Mittelteil des Substrats **101**. Der Grund für das Auftreten der nach innen gerichteten Strömung zu der Mitte der Drehwelle **105** wird nachfolgend erklärt. Die nach innen gerichtete Strömung tritt an dem Mittelteil des Substrats als eine Nachfüllströmung auf, die der erhöhten nach außen gerichteten Gasströmung entspricht. Ein Auffüllen wird partiell bewirkt durch Vorsehen eines Gases durch die Düse **108**. Hinsichtlich des Strömungswiderstandes für das Auffüllen besteht jedoch ein größerer Strömungspfadquerschnittsbereich auf der Seite der Oberfläche des Substrats **101**. Daher ist es wahrscheinlich, dass eine nach innen gerichtete Strömung (Sekundärströmung) auf der Oberfläche des Substrats **101** auftritt.

[0040] Demgemäß ist, wie in **Fig. 2(c)** gezeigt ist, eine Struktur, bei der $h \leq w$ ist, vorzuziehen, selbst in dem Fall der Verwendung des Drehlaufrades **102** mit radialem Klingen- bzw. Schaufeltyp, wie in **Fig. 2** gezeigt ist. Ein exzessives Erhöhen der Höhe h der Schaufeln **102a**, welche zu der Oberfläche des Substrats **101** weisen, führen zu einem nachteiligen Effekt.

[0041] **Fig. 3** ist ein Diagramm, das schematisch das strukturelle Beispiel der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. In der Figur wird ein zu behandelndes Substrat **1**, zum Beispiel ein Glassubstrat, durch einen Haltemechanismus **3** gehalten, zum Beispiel einen Vakuumhaltemechanismus, der an einem Gleittisch **2** vorge-

sehen ist. Ein Drehlaufrad **4** ist so platziert, dass es zu der Oberseite (zu behandelnde Oberfläche) des Substrats **1** weist. Das Drehlaufrad **4** ist an dem unteren Ende einer Drehwelle **5** befestigt. Als der Gleittisch **2** kann auch ein Tisch ausgewählt werden, der eine exzentrische Drehung oder eine Gleitbewegung während einer Behandlung durchführt, und zwar gemäß den jeweiligen Umständen.

[0042] Die Drehwelle **5** ist durch magnetische Levitation getragen durch zwei (obere und untere) Radialmagnetlager **6** und **7** und ein Axialmagnetlager **8**. Ein Antriebsmotor **9** treibt das Drehlaufrad **4** zur Drehung an. Die Drehwelle **5** erstreckt sich durch die Mitte eines feststehenden Stators **10**. Lagerziele **6a** und **7a** der Radialmagnetlager **6** und **7** sind an dem Außenumfang der Drehwelle **5** befestigt. Ein Motorrotor **9a** des Antriebsmotors ist auch an dem Außenumfang der Drehwelle **5** befestigt. Ferner ist ein Lagerziel **8a** des Axialmagnetlagers **8** an dem Außenumfang der Drehwelle **5** befestigt.

[0043] Elektromagneten **6b** und **7b** der Radialmagnetlager **6** und **7** sind an Teilen der Oberfläche des Stators **10** befestigt, die zu den Lagerzielen bzw. -targets **6a** bzw. **7a** weisen. Ein Motorstator **9b** ist an einem Teil der Oberfläche des Stators **10** befestigt, der zu dem Motorrotor **9a** weist. Ferner ist ein Paar (obere und untere) von Elektromagneten **8b** und **8c** des Axialmagnetlagers **8** an jeweiligen Teilen der Oberfläche des Stators **10**, die zu dem Lagerziel bzw. -target **8a** weisen, befestigt. Ein axialer Versatz der Drehwelle **5** wird mit einem Axialversatzsensor **11** detektiert. Ein radialer Versatz der Drehwelle **5** wird mit Radialversatzsensoren **12** und **13** detektiert, die in oberen bzw. unteren Teilen des Stators **10** vorgesehen sind.

[0044] Die Ausgangssignale von jedem der oben beschriebenen Versatzsensoren werden in eine Steuerschaltung (nicht gezeigt) eingegeben. Die Steuerschaltung steuert elektrische Ströme, die zu den Elektromagneten **6b** und **7b** der Radialmagnetlager **6** und **7** und zu den Elektromagneten **8b** und **8c** des Axialmagnetlagers **8** geliefert werden, um die Drehwelle **5** an einer vorbestimmten Position zu halten bzw. zu levitieren.

[0045] Der Hohlraum **5a** der Drehwelle **5** besitzt die Form eines Rohrs. Das Drehlaufrad **4** besitzt eine Düse **14**, die in der Mitte davon vorgesehen ist. Obwohl eine Düse **14** in der Figur dargestellt ist, ist die Anzahl von Düsen nicht notwendiger Weise auf Eins beschränkt. Das Drehlaufrad **4** kann mit einer Vielzahl von Düsen versehen sein, das heißt es besitzt wenigstens eine Düse. Der Durchmesser der Düse **14** ist in geeigneter Weise eingestellt. Die Düse **14** kommuniziert mit dem hohlen Abschnitt **5a** der Drehwelle **5**. Während das Laufrad **4** gedreht wird, bildet ein Gas (zum Beispiel Trockenluft) das in den hohlen Abschnitt **5a** geliefert wird, eine Gasströmung, die

durch die Düse **14** hindurch geht und von dem Mittelteil des Drehlaufrades **4** zu dem Außenumfang des Drehlaufrades **4** strömt, und zwar entlang der Oberfläche des Substrats, wie durch den Pfeil B dargestellt ist. Es sei bemerkt, dass bei diesem Ausführungsbeispiel die Unterseite des Drehlaufrades **4** (d.h. die Laufradoberfläche, die zu dem Substrat **1** weist) eine flache Oberfläche ist. Selbst dann, wenn die Unterseite des Drehlaufrades **4** flach ist, kann die Drehung des Laufrades **4** eine nach außen gerichtete Gasströmung B erzeugen.

[0046] Fig. 4 ist ein Diagramm, das ein bevorzugtes strukturelles Beispiel des Drehlaufrades **4** zeigt. Teil (a) von Fig. 4 ist eine Schnittansicht, und Teil (b) von Fig. 4 ist eine Ansicht des Drehlaufrades von der Substratseite her. Das Drehlaufrad **4** besitzt eine Vielzahl von Klingen bzw. Schaufeln **4a**, die an dem Außenumfangsteil davon mit vorbestimmten gleichmäßigen Intervallen angeordnet sind. Der Teil des Drehlaufrades **4**, der innerhalb der Schaufeln **4a** liegt, bildet eine flache scheibenförmige Konfiguration. Die Beziehung zwischen dem Substrat **1** und dem Drehlaufrad **4** wird so eingestellt, dass sie die folgende Bedingung erfüllt: $D1 < D2$, wobei $D1$ der Außendurchmesser des Substrats **1** ist und $D2$ der Innendurchmesser der Drehlaufrades **4**, d.h. der Durchmesser eines Kreises, der über die inneren Enden der Schaufeln **4a** definiert wird. Während das Drehlaufrad **4** mit der oben beschriebenen Struktur gedreht wird, strömt das Gas, das in den hohlen Abschnitt **5a** der Drehwelle **5** geliefert wird, wie es durch den Pfeil B gezeigt ist. D.h., das Gas geht durch die Düse **14** hindurch, die in der Mitte vorgesehen ist und strömt zu dem Außenumfang zwischen dem Drehlaufrad **4** und dem Substrat **1** in einer solchen Art und Weise, dass es durch die sich drehenden Schaufeln **4a** gesaugt bzw. angesaugt wird. Somit trocknet das Gas die Oberfläche des Substrats **1** effizienter ohne die Erzeugung eines negativen Drucks an dem Mittelteil des Drehlaufrades **4**.

[0047] Die Drehwelle **5** kann mit Roll- bzw. Walzenlagern getragen werden. Jedoch hat die Verwendung der hohlen Drehwelle **5** eine Erhöhung des Durchmessers der Lagerteile zur Folge. In Folge dessen ist es wahrscheinlich, dass Probleme auftreten, wie zum Beispiel eine Reduktion der Lebenszeit und eine Kontamination des Substrats **1** mit Schmiermittel. Daher sind Magnetlager für die Verwendung geeigneter.

[0048] Die Verwendung eines Magnetlagers wird auch bevorzugt in Anbetracht des DN-Werts. Zum Beispiel ist ein Fall, wo der Durchmesser der Drehwelle **5** ungefähr 100 mm beträgt, wenn der Außendurchmesser des Substrats **1** 300 mm und der Durchmesser des Drehlaufrades **4** 300 mm plus Alpha beträgt, d.h. in einem Fall, wo der Durchmesser der Drehwelle **5** ein Drittel des letztgenannten Durch-

messers ist, der DN-Wert 1.200.000, wenn die Drehgeschwindigkeit 12.000 Umdrehungen pro Minute ist. Jedoch ist selbst in dem Fall eines Rolllagers mit einem Schmiermechanismus für eine Hochleistungsgasturbine der DN-Grenzwert 1.000.000. Demgemäß sind Magnetlager für die Verwendung in der vorliegenden Erfindung geeigneter.

[0049] Fig. 5 ist ein Diagramm, das ein weiteres strukturelles Beispiel des Drehlaufrades **4** zeigt. Teil (a) von Fig. 5 ist eine Schnittansicht und Teil (b) von Fig. 5 ist eine Ansicht des Drehlaufrades von der Substratseite her. Das Drehlaufrad **4** besitzt eine Vielzahl von Klingen- bzw. Schaufelnuten **4(b)**, die an dem Außenumfangsteil der Bodenoberfläche davon vorgesehen sind, und zwar mit vorbestimmten gleichmäßigen Intervallen. Die Beziehung zwischen dem Substrat **1** und dem Drehlaufrad **4** ist so eingestellt, dass die folgende Bedingung erfüllt wird: $D1 < D2$, wobei $D1$ der Außendurchmesser des Substrats **1** ist, und $D2$ der Innendurchmesser des Drehlaufrades **4** ist, d.h. der Durchmesser eines Kreises, der durch die inneren Enden der Schaufelnuten **4b** definiert ist. Wenn das Drehlaufrad **4** mit der oben beschriebenen Struktur gedreht wird, strömt das Gas, das in den hohlen Abschnitt **5a** der Drehwelle **5** geliefert wird, wie durch den Pfeil B gezeigt ist. D.h., das Gas geht durch die Düse **14** hindurch, die in der Mitte vorgesehen ist, und strömt zu dem Außenumfang entlang der Oberfläche des Substrats **1** in einer solchen Art und Weise, dass es in die sich drehenden Schaufelnuten **4b** gesaugt bzw. angesaugt wird. Daher strömt das Gas in der Nähe der Oberfläche des Substrats **1** ohne einen negativen Druck an dem Mittelteil des Drehlaufrades **4** zu erzeugen. Somit wird die Oberfläche des Substrats **1** effizient getrocknet.

[0050] Fig. 6 ist ein Diagramm, das ein weiteres strukturelles Beispiel des Drehlaufrades **4** zeigt. Teil (a) von Fig. 6 ist eine Schnittansicht und Teil (b) von Fig. 6 ist eine Ansicht des Drehlaufrades von der Oberseite her gesehen. Das Drehlaufrad **4** besitzt eine Vielzahl von Nuten **4c**, die an dem Außenumfangsteil der Oberseite davon mit vorbestimmten regelmäßigen Intervallen vorgesehen ist. Wenn das Laufrad **4** gedreht wird, wird eine Gasströmung, wie sie durch den Pfeil C gezeigt ist, durch die Nuten **4c** auf der Oberfläche des Drehlaufrades **4** erzeugt. D.h., das Gas strömt aus der Umgebung der Drehwelle **5** zu dem Außenumfang des Drehlaufrades **4** entlang der Oberseite davon. Zusätzlich bewirkt die Drehung des Drehlaufrades **4**, dass das Gas, das in den hohlen Abschnitt **5a** der Drehwelle **5** geliefert wird, so strömt, wie es durch den Pfeil B gezeigt ist. D.h., das Gas geht durch die Düse **14** hindurch, die in der Mitte des Drehlaufrades **4** vorgesehen ist, und strömt zu dem Außenumfang entlang der Bodenoberfläche des Drehlaufrades **4**. Die Gasströmung, die durch den Pfeil C dargestellt ist, wirkt als eine Unterstützung für die Gasströmung entlang der Unterseite

des Drehlaufrades **4**, die durch den Pfeil B gezeigt ist. Somit wird die Oberfläche des Substrats **1** effizient durch die Gasströmung getrocknet, die durch den Pfeil B dargestellt ist.

[0051] Die Konfiguration des Drehlaufrades **4** ist nicht notwendiger Weise auf die obigen Beispiele beschränkt. Wie in **Fig. 7** dargestellt ist, kann zum Beispiel die Unterseite des Drehlaufrades **4** mit radialen U-Nuten **4d** versehen sein. Teil (a) von **Fig. 7** ist eine Schnittansicht und Teil (b) von **Fig. 7** ist eine Ansicht von unten. Teil (c) von **Fig. 7** ist eine teilweise Seitenansicht. In diesem Fall ist auch die Anzahl der Düsen **14** nicht notwendiger Weise auf eine beschränkt. Wie in **Fig. 8** dargestellt ist, kann das Drehlaufrad **4** beispielsweise mit einer Vielzahl von Düsen **14** (9 Düsen **14** sind in dem dargestellten Beispiel gezeigt) versehen sein. Es sei bemerkt, dass Teil (a) von **Fig. 8** eine Schnittansicht ist, und Teil (b) von **Fig. 8** eine Ansicht von unten ist, während Teil (c) von **Fig. 8** eine teilweise Seitenansicht ist.

[0052] **Fig. 9** ist ein Diagramm, das ein weiteres Beispiel der Struktur der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. Diese Substratbehandlungsvorrichtung unterscheidet sich von der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß **Fig. 3** dahingehend, dass ein Reinwasser-Versorgungsanschluss **15** zum Liefern von reinem Wasser, und ein Reingas-Versorgungsanschluss **16** zum Liefern eines reinen Gases, zum Beispiel N₂-Gas in dem hohlen Abschnitt **5a** der Drehwelle **5** vorgesehen sind, und dass die Substratbehandlungsvorrichtung ferner mit einer Reinwasser-Versorgungsdüse **17** versehen ist zum Liefern bzw. Einfüllen von reinem Wasser in den Spalt zwischen dem Drehlaufrad **4** und dem Substrat **1**.

[0053] Als nächstes wird das Verfahren zum Betrieb der Substratbehandlungsvorrichtung, die wie oben beschrieben angeordnet ist, beschrieben. Nachdem das zu behandelnde Substrat **1** durch den Haltemechanismus **3** auf dem Substratgleittisch **2** gehalten ist, wird das Substrat **1** direkt unter dem Drehlaufrad **4** platziert. In diesem Zustand wird reines Wasser von dem Reinwasser-Versorgungsanschluss **15** und/oder der Reinwasser-Versorgungsdüse **17** geliefert, um den Spalt zwischen dem Substrat **1** und dem Drehlaufrad **4** mit reinem Wasser zu füllen. Demgemäß wird eine Reinwasserschicht in dem Spalt durch Oberflächenspannung gebildet.

[0054] Dann wird reines Wasser kontinuierlich von dem Reinwasser-Versorgungsanschluss **15** geliefert, um die Versorgung von reinem Wasser zu dem Spalt zwischen dem Substrat **1** und dem Drehlaufrad **4** durch die Düse **14** fortzusetzen. Somit wird eine Strömung von reinem Wasser auf der Oberfläche des Substrats **1** gebildet, und zwar derart, dass das reine Wasser von der Mitte zu dem Außenumfang strömt.

In diesem Zustand wird die Drehung des Drehlaufrades **4** gestartet. Die Drehung des Drehlaufrades **4** bewirkt, dass das reine Wasser zwischen dem Substrat **1** und dem Drehlaufrad **4** nach außen strömt. Reines Wasser wird ferner von dem Reinwasser-Versorgungsanschluss **15** geliefert, um das reine Wasser zwischen dem Substrat **1** und dem Drehlaufrad **4** aufzufüllen. Somit wird reines Wasser sukzessive zu der Oberfläche des Substrats **1** geliefert. Infolge dessen ist die Konzentration in dem reinen Wasser einer Substanz (z.B. Si, wenn das zu behandelnde Substrat **1** ein Siliziumwafer ist), die sich aus der Oberfläche des Substrats **1** in das reine Wasser herauslöst, auf einem extrem niedrigen Niveau gehalten, und zwar zu jedem Zeitpunkt.

[0055] Während des Betriebs bei einer bestimmten Drehgeschwindigkeit (zum Beispiel 30 bis 3.000 Umdrehungen pro Minute) oder bei einer sehr hohen Drehgeschwindigkeit (z.B. 10.000 Umdrehungen pro Minute) wird die Versorgung von reinem Gas von dem Reingas-Versorgungsanschluss **16** gestartet, und die Versorgung bzw. Lieferung von reinem Wasser von dem Reinwasser-Versorgungsanschluss **15** wird gestoppt. Wenn die oben beschriebene Steuerung während des Betriebs des Drehlaufrades **4** bei einer geringen Drehgeschwindigkeit bewirkt wird, wird die Drehgeschwindigkeit des Drehlaufrades **4** ungefähr zur selben Zeit erhöht, zu der die Versorgung des reinen Wassers auf die Versorgung von reinem Gas umgeschaltet wird. Die Drehgeschwindigkeit des Drehlaufrades **4**, bei der die Lieferung von reinem Wasser zu der Lieferung von reinem Gas umgeschaltet wird, kann ausgewählt werden unter Berücksichtigung des Problems des Verbrauchs von reinem Wasser, dem Behandlungseffekt und so weiter. Jedoch ist es wesentlich von der Lieferung von reinem Wasser zu einer Lieferung von reinem Gas nur dann umzuschalten, nachdem die Strömung von reinem Wasser zwischen dem Drehlaufrad **4** und dem Substrat **1** ausreichend durch die Drehung des Drehlaufrades **4** erhöht bzw. gefördert wurde.

[0056] Wenn reines Gas die Oberfläche des Substrats **1** erreicht, hat das reine Wasser auf der Oberfläche des Substrats **1** eine ausreichend hohe Strömungsgeschwindigkeit (d.h. eine ausreichend hohe Drehgeschwindigkeit) erreicht. Daher kann die Reinwasserschicht rasch weggeblasen werden. Infolge dessen trocknet die Oberfläche des Substrats **1** rasch. Zusätzlich ist die Konzentration einer Substanz, die sich aus dem Substrat **1** heraus löst bzw. eluiert in dem reinen Wasser extrem gering. Daher werden keine ringförmigen vorsprungsförmigen Spuren (Wasserflecken) zurückgelassen in Teilen, in denen Wassertropfen die Oberfläche **1** während des Trocknungsprozesses kontaktieren.

[0057] Durch die Durchführung des oben beschriebenen Vorgangs mit der Substratbehandlungsvor-

richtung gemäß [Fig. 9](#) kann eine Reinigungs-(Spül-) und Trocknungsbehandlung ohne die Bildung von Wasserflecken und ohne Drehung des Substrats 1 durchgeführt werden. Mit anderen Worten ist es möglich, eine Reinigungs- und Trocknungsbehandlung durchzuführen, ohne irgendeinen schädlichen Effekt an dem Substrat 1. Zusätzlich muss die Vorrichtung keine explosionsichere Struktur besitzen, da keine verbrennbaren Chemikalien, zum Beispiel Isopropylalkohol, in dem Trocknungsprozess verwendet werden. Darüber hinaus erfordert das oben beschriebene Betriebsverfahren eine minimale Motorausgangsleistung, da das Drehlaufrad nicht rasch aus einem stationären Zustand heraus beschleunigt werden muss. Demgemäß kann die Substratbehandlungsvorrichtung kompakt ausgebildet sein, und es kann eine Reduzierung der Kosten realisiert werden.

[0058] Ein derzeit zu lösendes Problem bei der Reinigungs- und Trocknungsvorrichtung des Typs, bei dem das Substrat gedreht wird, ist, wie Wasserflecken mit einem Durchmesser von mehreren Mikron und mehreren 1/10-Mikron eliminiert werden können. Lassen Sie uns die Spezifikationen der nächsten Generation der Reinigungs- und Trocknungsvorrichtung des Substratrotationstyps, welche die obigen Probleme lösen könnten, schätzen durch statistisches Analysieren von Kräften, die an Wassertropfen durch Rotation eines Substrats wirken und anhand adhäsiver Kraft von Wassertropfen hinsichtlich des Wassertropfendurchmessers basierend auf bestimmten Annahmen. Dann lassen Sie uns andere Probleme aufgreifen, die mit der Reinigungs- und Trocknungsvorrichtung des Substratrotationstyps assoziiert sind, und zeigen, dass die Substratbehandlungs-(Reinigungs- und Trocknungs-)Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, bei der das Substrat stationär gehalten ist, besser ist.

[0059] Das System des Substratrotationstyps, bei dem das Substrat einer Reinigungs- und Trocknungsbehandlung ausgesetzt wird, während es gedreht wird, arbeitet auf dem Prinzip, dass Wassertropfen durch Zentrifugalkraft abgeschleudert werden, die auf die Wassertropfen wirken. Wassertropfen, die an dem Mittelteil des Substrats anhaften, werden zu einer bestimmten Radialposition bewegt unter der Fluidkraft einer Gasströmung, die parallel zu dem Substrat erzeugt wird durch Drehung des Substrats. Dann werden die Wassertropfen durch eine Zentrifugalkraft herunter geschleudert. Zu diesem Zeitpunkt ist es notwendig, die Gasströmung zu steuern, um zu verhindern, dass Wassertropfen und Partikel unter Wirkung der Gasströmung erneut an dem Substrat anhaften. Daher kann ein Gasströmungssteuerverfahren verwendet werden, bei dem eine trockene Stickstoffgasversorgung und eine Evakuierung gemeinsam verwendet werden.

[0060] [Fig. 10](#) ist ein Graph, der die Ergebnisse ei-

ner Berechnung der Adhäsionsbelastungstendenz und der Zwischenflächenscherbelastung durch Rotation bezüglich eines Wassertropfendurchmessers zeigt. Die Berechnung wurde an einem Wassertropfen an einer Radialposition $r = 150$ mm von einer Drehmitte eines Substrats durchgeführt. In [Fig. 10](#) repräsentiert die Ordinatenachse die Zwischenflächenscherbelastung (erhalten durch Teilen jeder berechneten Kraft durch die Fläche einer Basis, eines hemisphärischen Wassertropfens), und die Abszissenachse repräsentiert den Wassertropfendurchmesser. Kräfte, die an dem Wassertropfen bei der Drehung wirken, umfassen eine Zentrifugalkraft und eine Fluidkraft. In [Fig. 10](#) bezeichnet τ_p eine Zwischenflächenscherbelastung durch Fluidkraft ($\tau_p = F_p/S$, wobei F_p eine Fluidkraft ist, und S die Wassertropfenadhäsionsfläche) und τ_c bezeichnet eine Zwischenflächenscherbelastung unter einer Zentrifugalkraft ($\tau_c = F_c/S$, wobei F_c eine Zentrifugalkraft ist). Es wird hier angenommen, dass die Wassertropfen hemisphärisch sind.

[0061] Eine statistische Analyse der Messergebnisse, welche durch Experimente erhalten wurden, zeigt, dass es zwei Arten von problematischen Gruppen von Wasserflecken gibt, die eliminiert werden müssen. Die erste Gruppe besteht aus Wasserflecken mit einem Durchmesser von ungefähr 20 Mikron. Die zweite Gruppe besteht aus Wasserflecken mit einem Durchmesser von ungefähr 0,7 Mikron. Die Zwischenflächenscherbelastung τ_p unter Fluidkraft bleibt konstant unabhängig vom Wassertropfendurchmesser. Die Adhäsionsbelastung erhöht sich während der Wassertropfendurchmesser kleiner wird. Hinsichtlich der Spezifikationen der Drehgeschwindigkeit, die für eine Vorrichtung erforderlich ist, um Wassertropfen der zweiten Gruppe abzuschleudern, d.h. Wassertropfen mit 0,7 Mikron Durchmesser, basierend auf dem Prinzip der bestehenden Trocknungsvorrichtung des Substratrotationstyps, ist eine Drehgeschwindigkeit von nicht weniger als ungefähr 40.000 Umdrehungen pro Minute erforderlich, d.h. oberhalb des Punktes A in [Fig. 10](#). Um Wassertropfen hauptsächlich durch Fluidkraft abzublasen, ist eine Drehgeschwindigkeit von nicht weniger als ungefähr 12.000 Umdrehungen pro Minute erforderlich.

[0062] Wenn zu trocknende Substrate zum Trocknen in einer bestehenden Trocknungsvorrichtung des Chargen- und Substratrotationstyps gedreht werden, und die Drehgeschwindigkeit sofort auf 40.000 Umdrehungen pro Minute oder höher angehoben wird, können die Substrate beschädigt werden. Selbst bei einer Rotationstrocknungsvorrichtung des Einzelsubstratbehandlungstyps beträgt die Umfangsgeschwindigkeit eines 12-Zoll-Wafers ungefähr 630 m/s. Daher ist es schwierig, die erwünschte Trocknung hinsichtlich des Gesichtspunkts der Belastung zu bewirken. Selbst wenn eine Fluidkraft als die Hauptarbeits-

kraft verwendet wird, ist die Umfangsgeschwindigkeit eines 12-Zoll-Wafers bei ungefähr 190 m/s. Daher ist es wahrscheinlich, dass der Wafer bricht. Demgemäß ist es wesentlich, eine Substratreinigungs- und Trocknungsvorrichtung des Typs vorzusehen, bei dem das zu behandelnde Substrat nicht gedreht wird.

[0063] Unter Betrachtung dieses Aspekts ist als eine Vorrichtung, bei der ein zu trocknendes Substrat in einem stationären Zustand getrocknet wird, eine Anordnung gemäß **Fig. 11** denkbar. Ein zu behandelndes Substrat **1** wird stationär auf einem Gleittisch **2** gehalten und ein reines Gas wird gleichmäßig auf das Substrat **1** geliefert von einer flachen Düse **18**, um das Substrat **1** zu trocknen. Die flache Düse **18** besitzt eine Vielzahl von Gasversorgungsdurchlässen **18a** und einen Auslassdurchlass **18b** darinnen. Ein Gas wird durch den Gasversorgungsdurchlass **18a** geliefert und auf das Substrat **1** geblasen, und zwar von dem distalen Ende des Gasversorgungsdurchlasses **18a**. Das auf das Substrat **1** geblasene Substrat wird sofort von dem distalen Ende des Abgasdurchlasses **18b** angesaugt bzw. eingesaugt und durch den Abgasdurchlass **18b** ausgestoßen. Es sei bemerkt, dass Teil (a) von **Fig. 11** eine Draufsicht ist, und Teil (b) von **Fig. 11** eine Seitenansicht ist.

[0064] Die flache Düse **18** ist in der Lage, in der diametralen Richtung des zu behandelnden Substrats **1** bewegt zu werden, wie durch den Pfeil A dargestellt ist.

[0065] Wenn das Substrat **1** durch die Verwendung einer Trocknungsvorrichtung getrocknet wird, die wie oben beschrieben angeordnet ist, wirkt jedoch eine Fluidkraft mit einer vertikalen Komponente auf die Oberfläche des Substrats **1**. D.h., eine Druckkraft wirkt auf das Substrat **1**. Zusätzlich ist es notwendig, ein Schema zu entwickeln, um die Adhäsion von Wassertropfen und Partikeln zu verhindern.

[0066] Im Gegensatz zu der gerade beschriebenen Vorrichtung gibt es bei der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung eine extrem geringe Wahrscheinlichkeit, dass Wassertropfen oder Partikel, wieder an dem Substrat **1** anhaften, da Wassertropfen und Partikel durch Drehung des Drehlaufrades **4** weggeblasen werden, das zu dem Substrat **1** weist.

[0067] Bei der Trocknungsvorrichtung, die gemäß **Fig. 11** angeordnet ist, ist es schwierig, die gesamte Oberfläche des Substrats **1** rasch zu trocknen. Im Gegensatz hierzu ist die Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung wesentlich besser hinsichtlich der erreichbaren Prozessperformance, obwohl sie mit der oben beschriebenen Vorrichtung das Merkmal gemeinsam hat, dass ein zu behandelndes Substrat getrocknet wird durch Blasen eines reinen Gases auf das Substrat.

[0068] Die Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist nicht notwendiger Weise auf einen Einzelsubstratbehandlungstyp beschränkt, sondern sie kann auch als ein Mehrsubstratbehandlungstyp angeordnet sein, wie in **Fig. 12** dargestellt ist. D.h., es wird eine Vielzahl von zu behandelnden Substraten **1** auf die Oberseite eines Gleittischs **2** geladen, und ein Drehlaufrad **4** wird derart platziert, dass es zu den Substraten **1** weist. Bei dieser Anordnung wird die Vorrichtung wie oben beschrieben betrieben, um Reinigungs- und Trocknungsbehandlungen durchzuführen, um dadurch eine Vielzahl von Substraten **1** gleichzeitig zu behandeln. In diesem Fall kann die Vorrichtung auch, wie in **Fig. 9** dargestellt ist, angeordnet sein. D.h., ein Reinwasser-Versorgungsanschluss **15** und ein Reingas-Versorgungsanschluss **16** sind in dem Hohlraum **5a** der Drehwelle **5** vorgesehen und ferner ist eine Reinwasser-Versorgungsdüse **17** vorgesehen, um reines Wasser in den Spalt zwischen dem Drehlaufrad **4** und dem Substrat **1** zu füllen. Bei dieser Anordnung wird die Vorrichtung betrieben durch Durchführung des oben genannten Betriebsverfahrens bezüglich der Substratbehandlungsvorrichtung gemäß **Fig. 9**. Es sei bemerkt, dass Teil (a) von **Fig. 12** eine Schnittansicht ist, die ein strukturelles Beispiel der Substratbehandlungsvorrichtung zeigt, und Teil (b) von **Fig. 12** ist eine Teildraufsicht, die einen Teil des Gleittischs **2** zeigt.

[0069] **Fig. 13** zeigt eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Bei dieser Ausführungsform ist das Substrat **1** in einer Ausnehmung aufgenommen, die in dem Gleittisch **2** ausgebildet ist, so dass die zu behandelnde Oberfläche des Substrats **1** im Wesentlichen bündig mit der Oberseite des Gleittischs **2** ist und das Substrat **1** wird in seiner Position durch einen Haltemechanismus (Vakuumhaltemechanismus) **3** gehalten. Bei dieser Ausführungsform ist, wie gezeigt, der Außendurchmesser D_3 des Gleittischs **2** größer als der Außendurchmesser D_2 des Drehlaufrades **4** ($D_2 \geq D_3$). Die Oberfläche des Drehlaufrades **4**, welche dem Substrat **1** gegenüber liegt, ist flach.

[0070] Indem die zu behandelnde Oberfläche des Substrats **1** im Wesentlichen bündig mit der Oberseite des Gleittischs **2** gemacht wird, und indem der Außendurchmesser des Gleittischs **3** größer gemacht wird als der Außendurchmesser D_2 des Drehlaufrades **4** ($D_2 \geq D_3$), wie oben bemerkt wird, wenn das Drehlaufrad **4** über die Drehwelle **5** gedreht wird, eine Gasströmung, die zwischen dem Drehlaufrad **4** und dem Gleittisch **2** erzeugt wird (die Gasströmung die durch den Pfeil B gezeigt ist), gleichmäßig gemacht, und daher kann eine gleichmäßige Behandlung der Oberfläche des Substrats **1** erhalten werden.

[0071] Obwohl bei der vorhergehenden Ausführungsform angenommen wird, dass das zu behan-

delnde Substrat scheiben- bzw. diskförmig, zum Beispiel ein Halbleiterwafer ist, sei bemerkt, dass die durch die Substratbehandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zu trocknenden Substrate nicht notwendiger Weise auf scheibenförmige Substrate beschränkt sind. Als ein Gas, das durch die Düse **14** geliefert wird, ist es auch möglich, ein inertes Gas, zum Beispiel Ar, N₂ oder He zusätzlich zu der Trockenluft zu verwenden. Es ist auch möglich, einen Reinigungsfluidversorgungsanschluss in dem oberen Teil des hohlen Abschnitts **5a** der Drehwelle **5** vorzusehen, um eine Reinigungsflüssigkeit, zum Beispiel eine chemische Reinigungsflüssigkeit, zu liefern, um dadurch eine Vorrichtung zu konstruieren, die eine Reinigung und Trocknung sukzessive durchführt.

[0072] Wie oben bemerkt, bewirkt gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung, ein Drehen des Drehlaufrades, dass Gas durch die Düse strömt, die in dem Mittelteil des Drehlaufrades vorgesehen ist, um eine Strömung von Gas zu bilden, die entlang der Oberfläche des Substrats strömt, das in einem stationären Zustand durch den Substrattragmechanismus gehalten wird. Somit strömt das Gas zu dem Außenumfang des Substrats. Daher ist es möglich, die nachfolgend genannten vorteilhaften Effekte zu erreichen:

(1) Die Oberfläche des Substrats wird effizient durch die Gasströmung getrocknet. Darüber hinaus bewirkt die Drehung des Drehlaufrades, dass das Gas in den Spalt zwischen dem Drehlaufrad und dem Substrat durch die Düse strömt. Daher wird kein negativer Druck an dem Mittelteil des Laufrades erzeugt. Demgemäß verbleiben keine Wassertropfen in dem Mittelteil der Oberfläche des Substrats, und somit kann die Substratoberfläche rasch getrocknet werden.

(2) Da das Substrat stationär gehalten wird, wirkt keine Belastung an dem Substrat. Daher besteht auch keine Wahrscheinlichkeit, dass das Basismaterial des Substrats beschädigt wird.

[0073] Gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung ist ein Reinwasser-Versorgungsanschluss und/oder ein Reingas-Versorgungsanschluss in dem hohlen Abschnitt der Drehwelle vorgesehen. Daher kann reines Wasser und/oder ein reines Gas zu dem Mittelteil des Substrats durch die Düse geliefert werden. Demgemäß kann das Substrat in geeigneter Weise gereinigt und getrocknet werden.

[0074] Gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Drehwelle des Antriebsmotors in einer Art und Weise der magnetischen Levitation durch ein Magnetlager getragen. Daher gibt es keine Wahrscheinlichkeit, dass Partikel erzeugt werden. Somit kann die Vorrichtung in einer reinen Umgebung bzw. einem Reinraum verwendet werden.

[0075] Gemäß dem vierten Aspekt der Erfindung ist

die Oberfläche des Drehlaufrades, die zu dem Substrat weist, flach. Obwohl dadurch die Schaufeleffizienz in gewisser Weise reduziert wird, kann die Oberfläche des Drehlaufrades, die zu dem Substrat weist, so nah wie möglich an das Substrat herangebracht werden, und es kann eine Gasströmung an einer Position extrem nahe zu der Oberfläche des Substrats erzeugt werden. Daher kann die Substratoberfläche effizient getrocknet werden.

[0076] Gemäß dem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung besitzt das Drehlaufrad eine flache Oberfläche, die sich von der Mitte davon erstreckt zu einer Position etwas außerhalb des Außenumfangs des Substrats und besitzt ferner eine Klingen- bzw. Schaufelstruktur außerhalb der flachen Oberfläche. Demgemäß strömt das Gas entlang der Oberfläche des Substrats mit hoher Strömungsgeschwindigkeit in einer solchen Art und Weise, dass es in die Schaufelstruktur gesaugt wird, die außerhalb der flachen Oberfläche angeordnet ist. Demgemäß kann die Oberfläche des Substrats noch effizienter getrocknet werden.

[0077] Gemäß dem sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird, nachdem eine Reinwasserschicht zwischen dem Drehlaufrad und dem Substrat gebildet wurde, das Drehlaufrad gedreht. Reines Wasser wird nach außen geschleudert, und da reines Wasser kontinuierlich durch die Düse geliefert wird, wird das reine Wasser sukzessive zu der Substratoberfläche geliefert, und demgemäß kann die Konzentration einer Substanz, die sich aus dem Substrat in das reine Wasser herauslöst, auf einem extrem niedrigen Wert gehalten werden. Dann wird das Drehlaufrad mit hoher Geschwindigkeit gedreht und ein reines Gas wird zugeführt und zur selben Zeit wird die Zuführung von reinem Wasser gestoppt. Demgemäß kann die Reinwasserschicht auf der Substratoberfläche rasch weggeblasen werden. Infolge dessen trocknet die Substratoberfläche rasch und die Konzentration in dem reinen Wasser einer Substanz, die sich aus dem Substrat herauslöst, ist extrem gering. Daher treten keine Wasserflecken auf.

Patentansprüche

1. Eine Substratbehandlungsvorrichtung gekennzeichnet dadurch, dass Folgendes vorgesehen ist: ein Substrattragmechanismus zum Tragen eines zu behandelnden Substrats (**101**) in einem stationären Zustand; ein Drehlaufrad (**102**), das so angeordnet ist, dass es zu einer Oberfläche des durch den Substrattragmechanismus getragenen Substrats weist; und mindestens eine Düse (**108**) vorgesehen in einem annähernd mittigen Teil des Drehlaufrades (**102**), wobei die Drehung des Drehlaufrades eine Gasströmung erzeugt, die durch die Düse hindurch geht und von dem Mittelteil des Laufrades zu einem Außenum-

fang desselben strömt, wodurch die Oberfläche des Substrats getragen von dem Substrattragmechanismus getrocknet wird.

2. Substratbehandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Drehlaufrad an einer hohlen Drehwelle befestigt ist, die einen hohlen mit der Düse in Verbindung stehenden Abschnitt aufweist, wobei dieser hohle Abschnitt versehen ist mit einem Reinwasserversorgungsanschluss zur Lieferung von Reinwasser und/oder einem Reingasversorgungsanschluss zur Lieferung von Reingas.

3. Substratbehandlungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Drehlaufrad mit einer Drehwelle eines Antriebsmotors verbunden ist und wobei die Drehwelle des Antriebsmotors durch Magnetlager getragen wird.

4. Substratbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine Oberfläche des Drehlaufrades, die zu dem Substrat hinweist, eine flache Oberfläche ist.

5. Substratbehandlungsvorrichtung nach einem Ansprüche 1 bis 3, wobei eine Oberfläche des Drehlaufrades, das zum Substrat hinweist Radialschaufeln aufweist, deren Höhe kleiner ist als ein Spalt zwischen dem Drehlaufrad und der Oberfläche des Substrats.

6. Substratbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Drehlaufrad mit Radialnuten an der Bodenoberfläche geformt ist, die zu dem Substrat hinweist.

7. Substratbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Drehlaufrad eine flache Oberfläche besitzt, die sich von einer Mitte desselben zu einer Position geringfügig außerhalb des Außenumfangs des Substrats erstreckt, und wobei das Drehlaufrad ferner außerhalb der flachen Oberfläche eine Schaufelstruktur aufweist.

8. Substratbehandlungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Schaufelstruktur eine Vielzahl von Schaufeln oder Nuten vorgesehen an dem Außenumfangsteil der Bodenoberfläche des Laufrads an vorbestimmten Intervallen aufweist.

9. Substratbehandlungsvorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Schaufelstruktur eine Vielzahl von Nuten vorgesehen an dem Außenumfangsteil der oberen Oberfläche des Laufrads an vorbestimmten Intervallen aufweist.

10. Substratbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Vorrichtung des Einzelsubstratbehandlungstyps oder des Mehrsubstratbehandlungstyps ist.

11. Verfahren zum Betrieb einer Substratbehandlungsvorrichtung, die Folgendes aufweist: einen Substrattragmechanismus zum Tragen eines zu behandelnden Substrats (**101**) in einem stationären Zustand; ein Drehlaufrad (**102**), das an einer hohlen Drehwelle getragen wird, und derart angeordnet ist, dass es zu einer Oberfläche des Substrats weist, die durch den Substrattragmechanismus getragen ist; mindestens eine Düse (**108**) vorgesehen in einem annähernd mittigen Teil des Drehlaufrades derart, dass eine Verbindung mit einem hohlen Abschnitt der Drehwelle besteht; und ein Reinwasserlieferanschluss zum Liefern von Reinwasser und ein Reingaslieferanschluss zum Liefern von Reingas, und zwar vorgesehen in dem hohlen Abschnitt der Drehwelle; wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Einfüllen von Reinwasser in einen Spalt zwischen dem Drehlaufrad (**102**) und der Oberfläche des Substrats zur Bildung einer Reinwasserschicht, und kontinuierliches Liefern von Reinwasser von dem Reinwasserlieferanschluss durch die Düse (**108**) zur Bildung einer Strömung reinen Wassers auf der Oberfläche des Substrats, wobei dieses von der Mitte des Substrats zu einem Außenumfang desselben strömt; Drehen des Drehlaufrades (**102**) mit einer vorbestimmten Drehgeschwindigkeit bzw. Drehzahl, um Reinwasser der Reinwasserschicht nach außen zu verteilen bzw. zu schleudern und kontinuierliches Zuführen von Reinwasser an einen Mittelteil des Substrats durch die Düse (**108**); und Drehen des Drehlaufrades (**102**) mit einer Drehzahl, die höher ist als die erwähnte vorbestimmte Drehzahl und Liefern des Reingases von dem Reingaslieferanschluss durch die Düse, während die Lieferung des Reinwassers gestoppt wird, wodurch die Oberfläche des Substrats getragen durch die Substrattragstruktur getrocknet wird.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

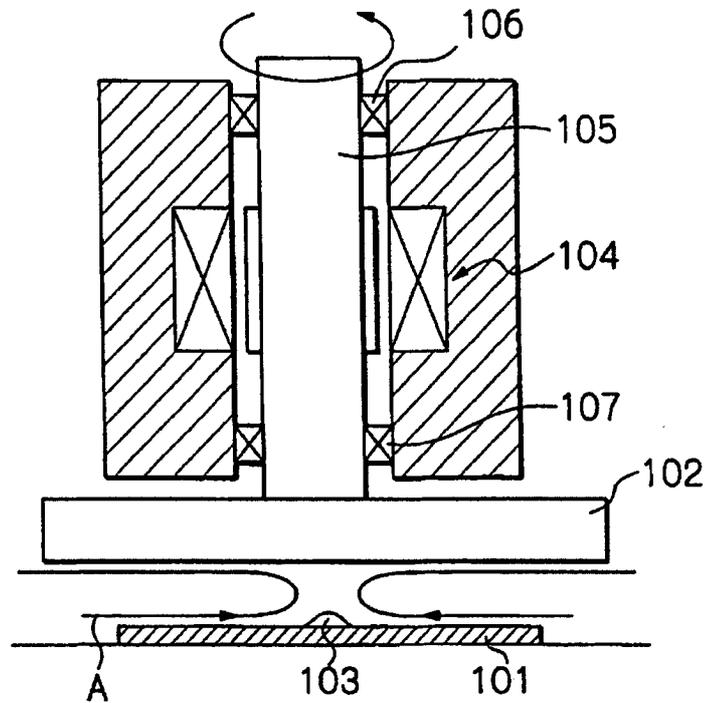


Fig. 2(a)

Fig. 2(b)

Fig. 2(c)

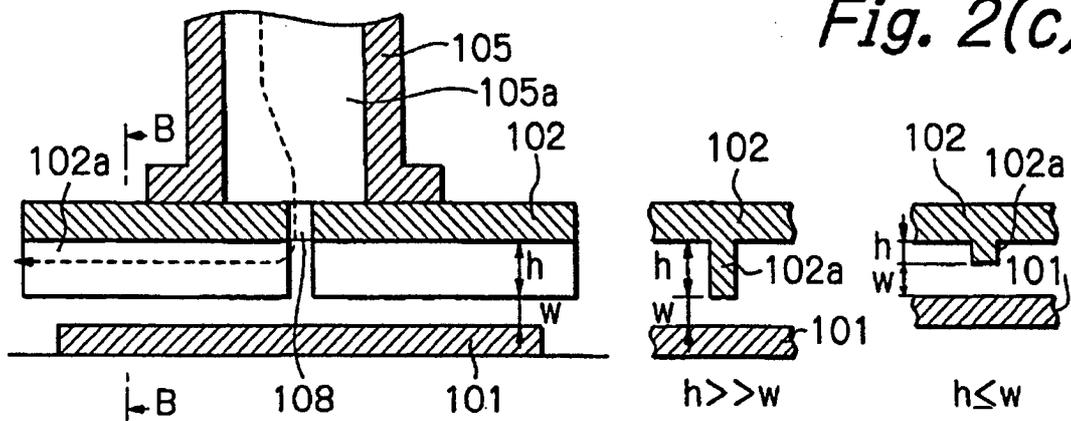


Fig. 3

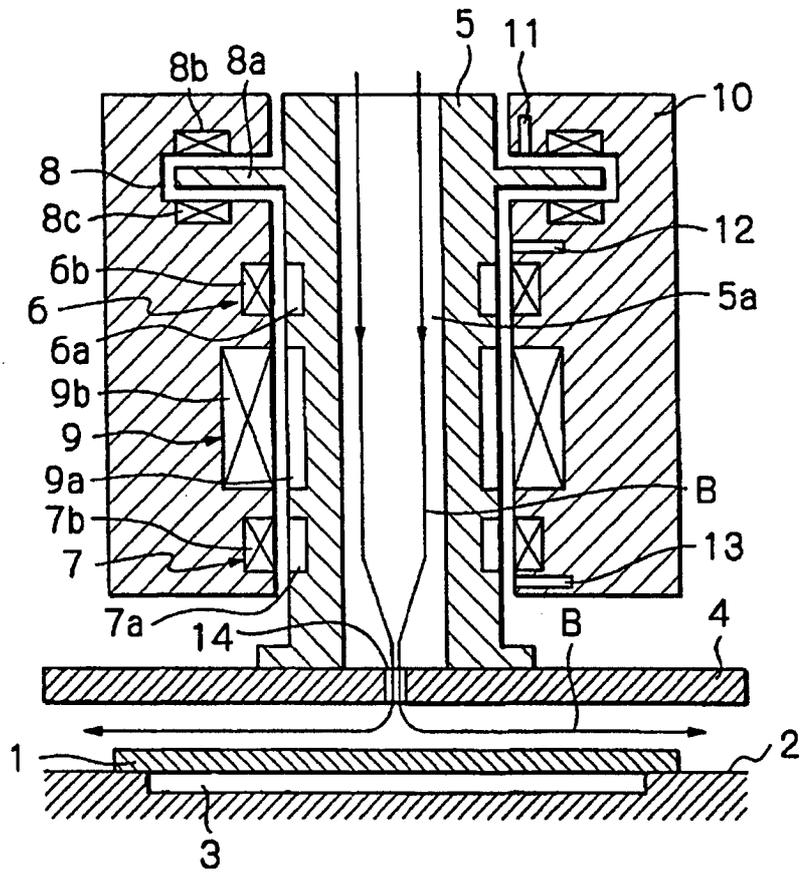


Fig. 4(a)

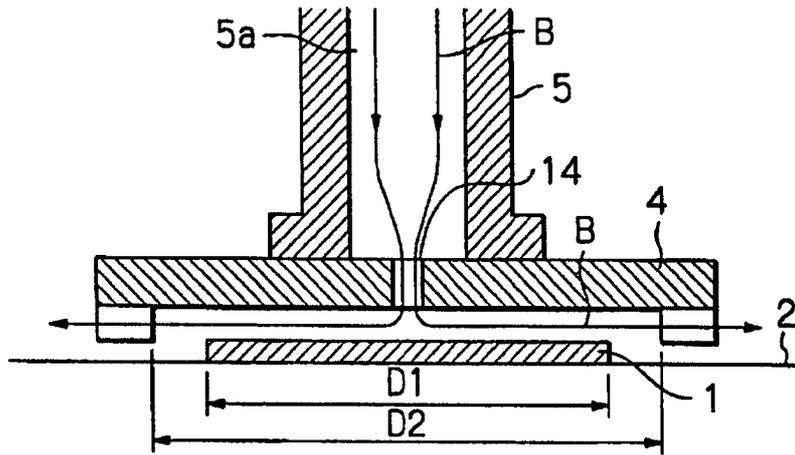


Fig. 4(b)

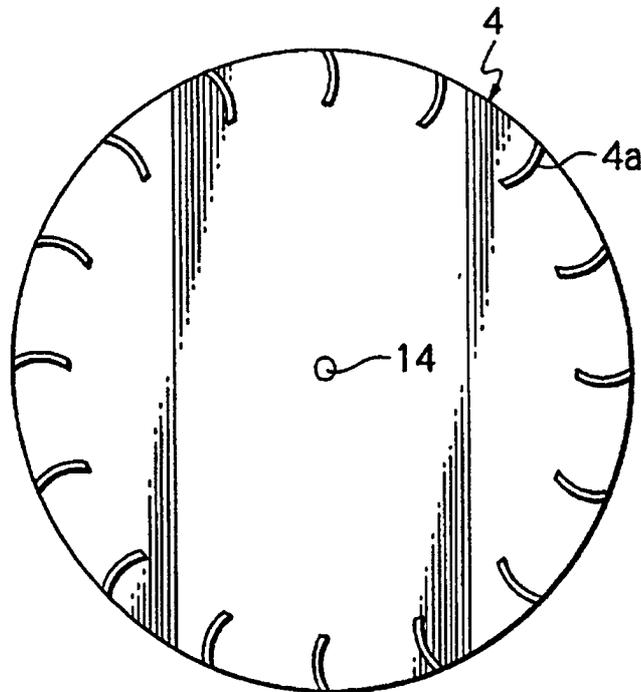


Fig. 5(a)

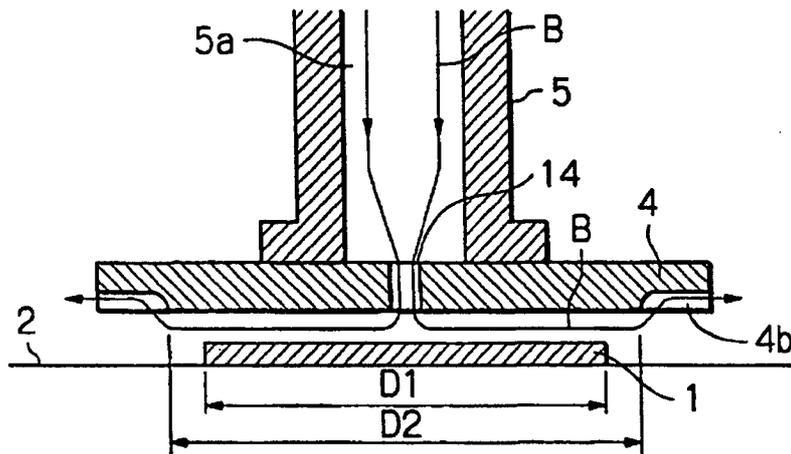


Fig. 5(b)

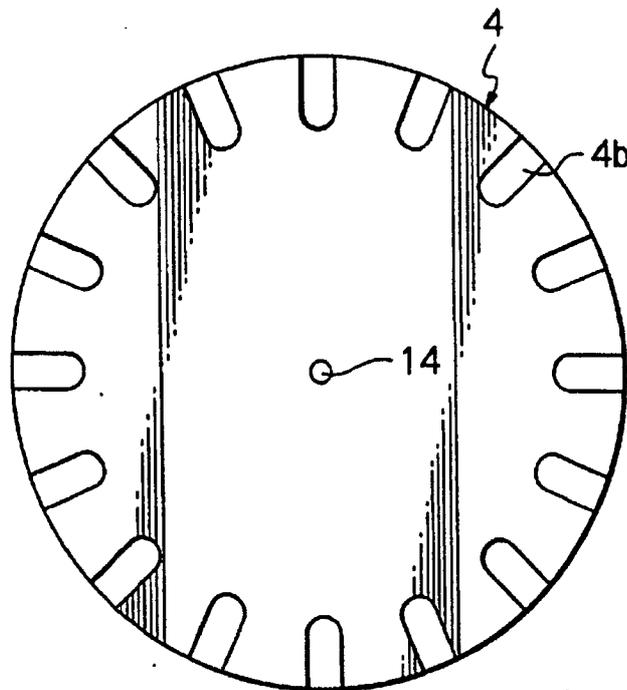


Fig. 7(a)

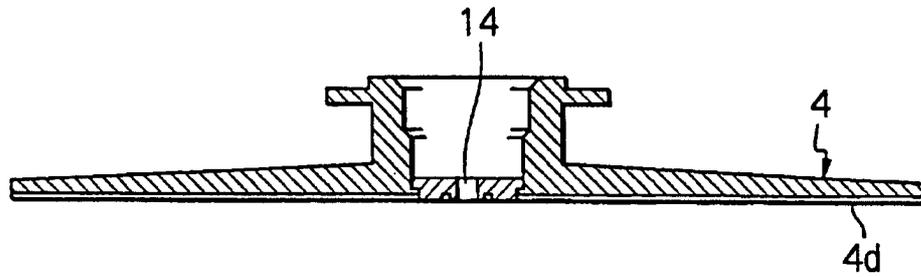


Fig. 7(b)

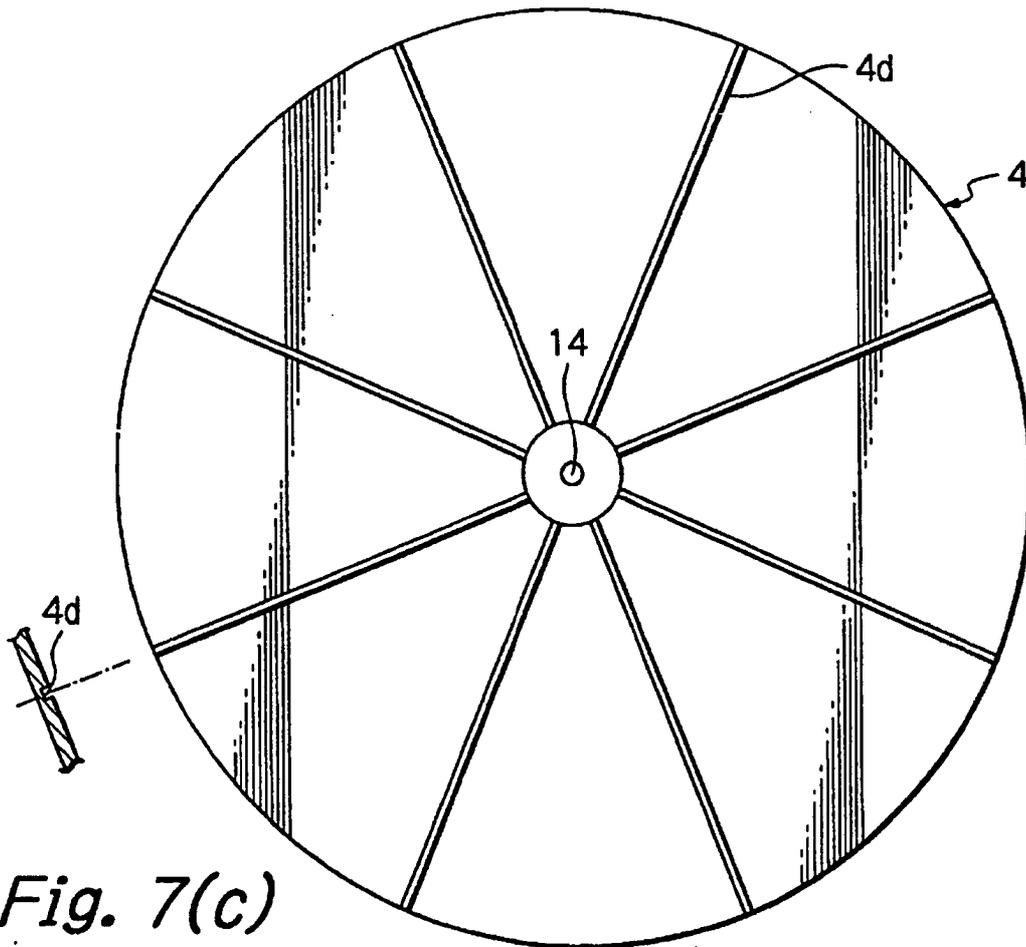


Fig. 7(c)

Fig. 8(a)

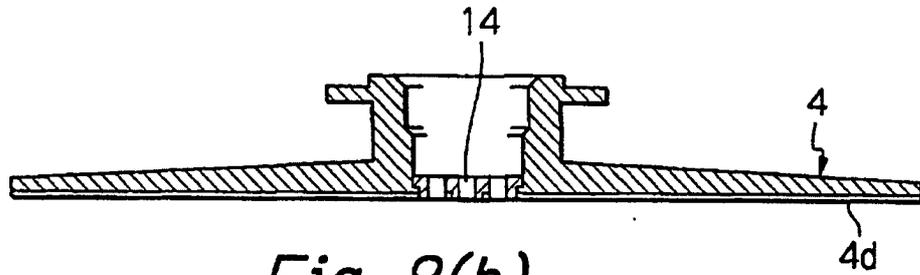


Fig. 8(b)

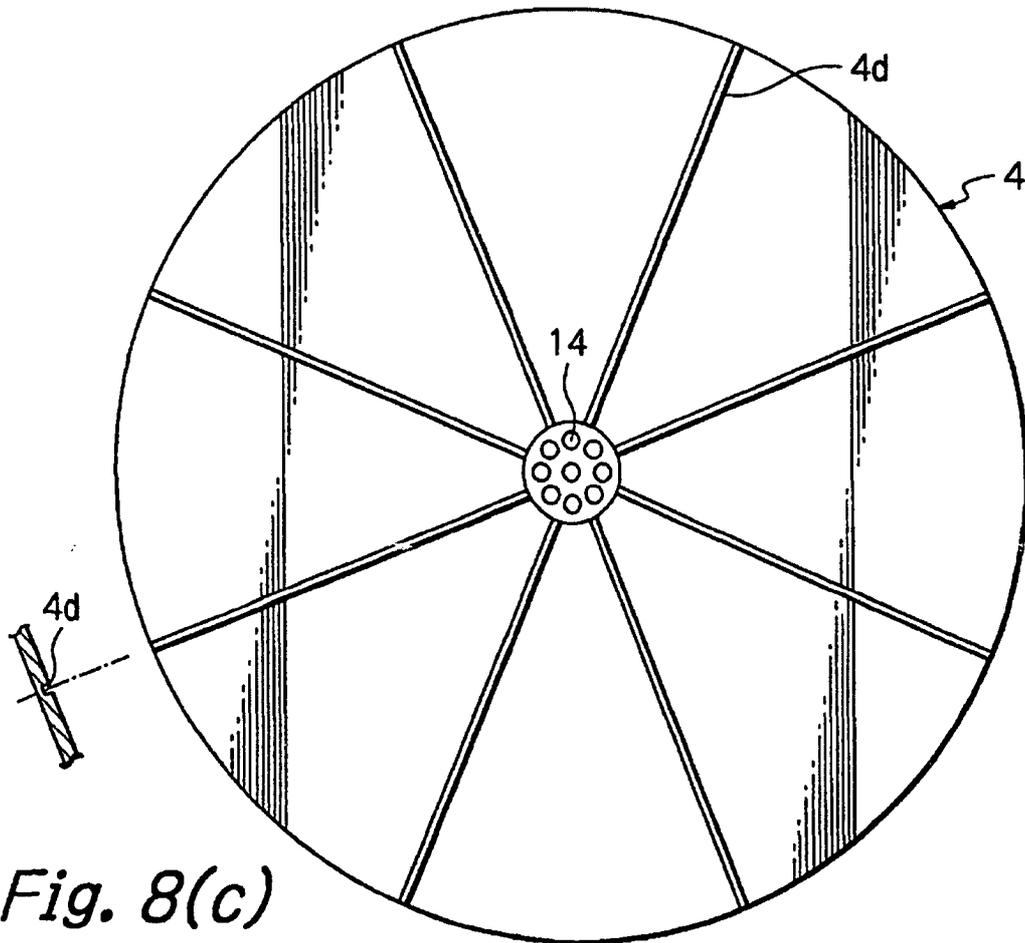


Fig. 8(c)

Fig. 9

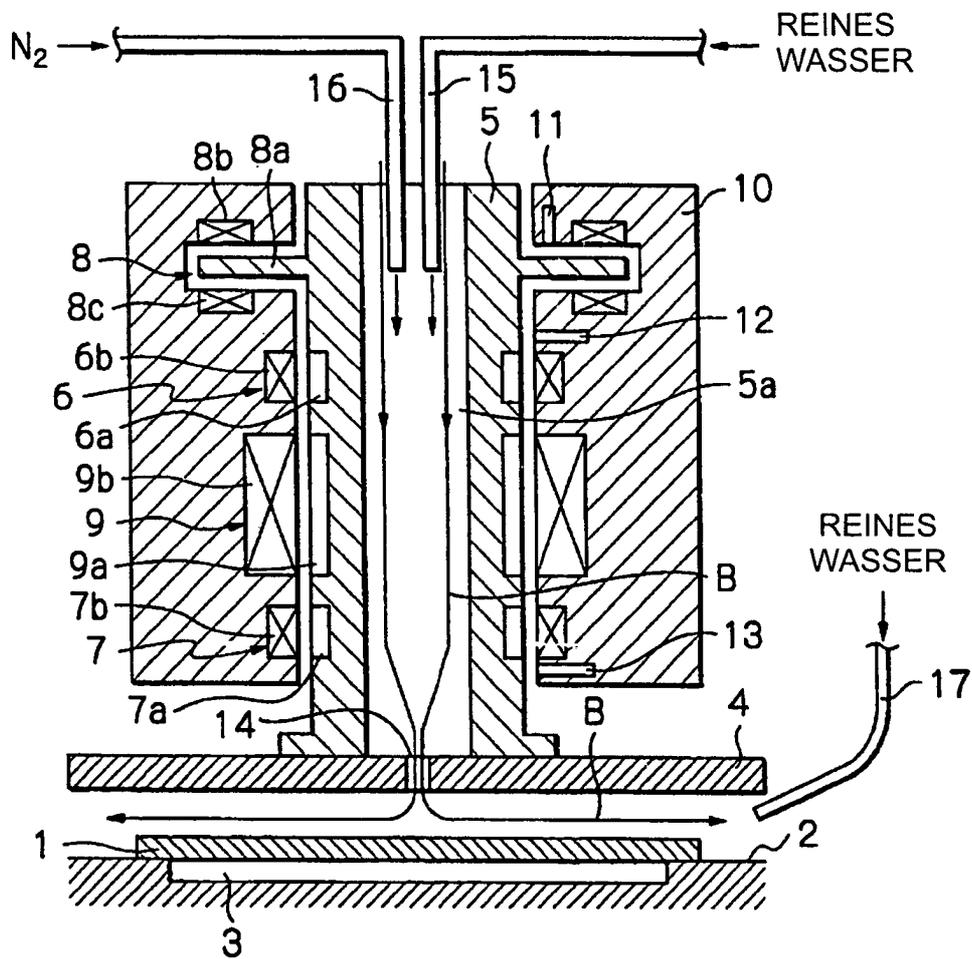


Fig. 11(a)

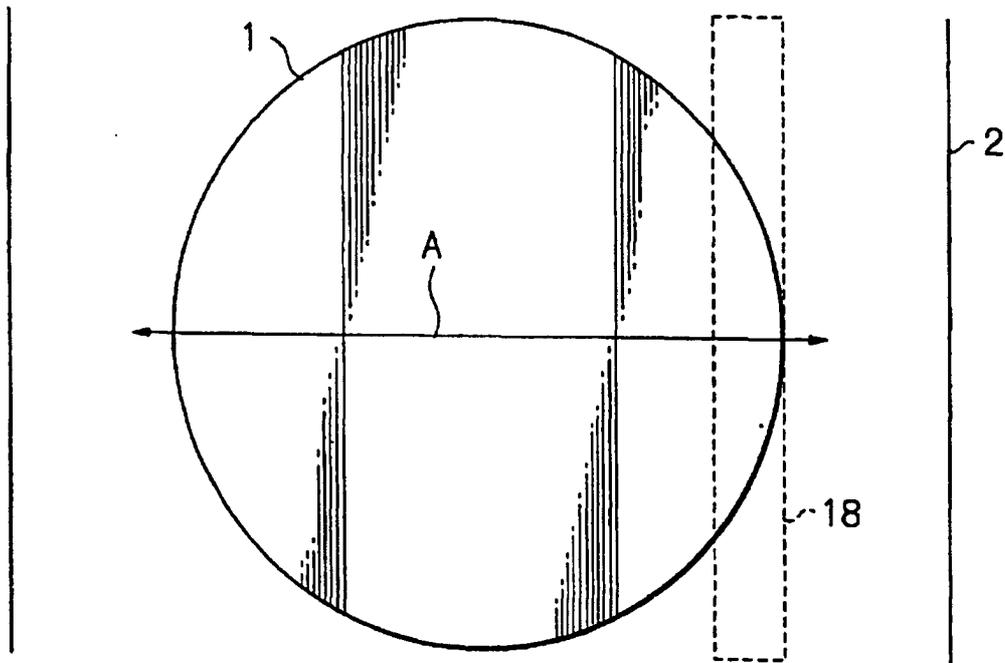


Fig. 11(b)

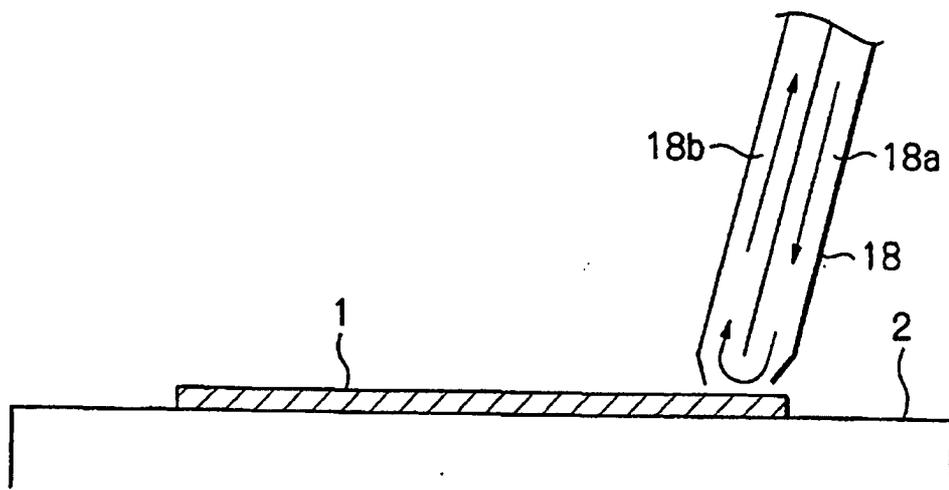


Fig. 12(a)

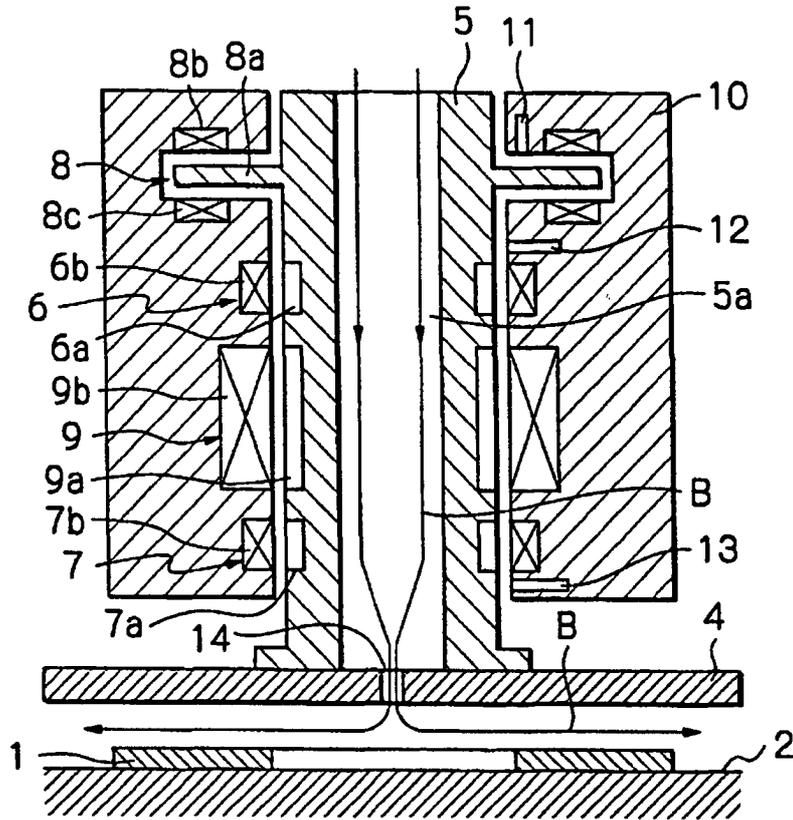


Fig. 12(b)

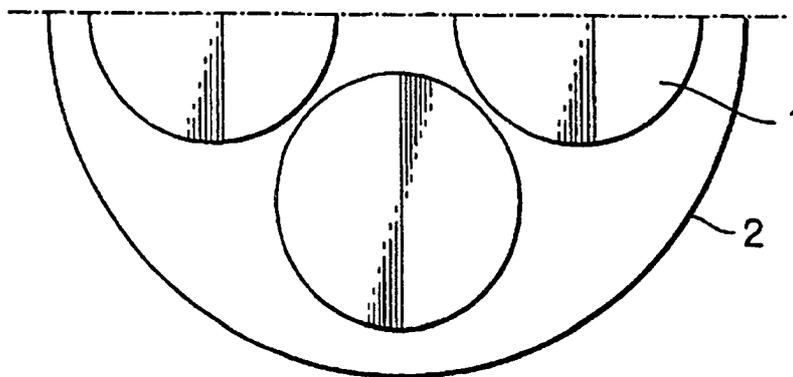


Fig. 13

