



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 197 81 822 B4 2004.09.09**

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **197 81 822.6**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/11830**
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/01892**
 (86) PCT-Anmeldetag: **08.07.1997**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **15.01.1998**
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
 in deutscher Übersetzung: **17.06.1999**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **09.09.2004**

(51) Int Cl.7: **H01L 21/302**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:

08/676,546 **08.07.1996** **US**
08/855,208 **13.03.1997** **US**

(71) Patentinhaber:

**SpeedFam-IPEC Corp.(n.d.Ges.d.Staates
 Delaware), Chandler, Ariz, US**

(74) Vertreter:

Wenzel & Kalkoff, 58452 Witten

(72) Erfinder:

**Peterson, Glenn E., Glendale, Ariz., US; Shurtliff,
 Eric, Phoenix, Ariz., US; Goudie, Chad, Chandler,
 Ariz., US; Natalicio, John, Los Angeles, Calif., US;
 Olsen, Greg, Tempe, Ariz., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

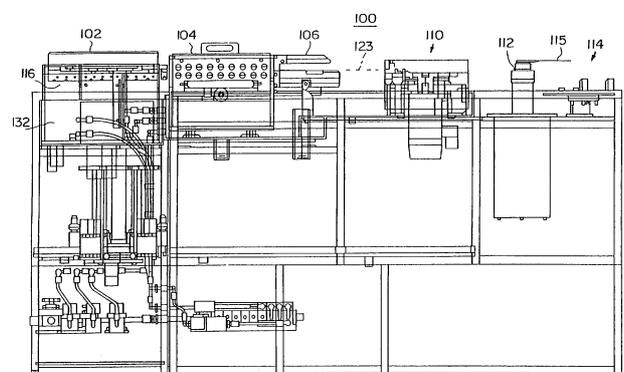
DE 44 09 558 A1
DE 38 14 706 A1
DE 690 09 120 T2

US 55 18 542 A
US 54 98 199 A
US 54 98 196 A
US 54 85 644 A
US 54 83 984 A
US 54 42 828 A
US 53 57 645 A
US 53 29 732 A
US 52 13 451 A
US 50 99 614 A
US 45 19 846 A
US 45 17 752 A
US 48 05 348
WO 98/00 855 A1
JP 63-2 24 332 A
JP 59-0 31 039 A
JP 07-0 74 225 A
JP 05-0 47 899 A
JP 05-0 36 667 A
JP 02-2 50 324 A

(54) Bezeichnung: **Reinigungsstation zur Verwendung bei einem System zum Reinigen, Spülen und Trocknen von Halbleiterscheiben**

(57) Hauptanspruch: Reinigungsstation zur Verwendung bei einem System zum Reinigen, Spülen und Trocknen von Halbleiterscheiben bildenden Werkstücken, welche Reinigungsstation umfaßt:

ein Gehäuse mit einer oberen Wandung (742);
 Mittel zum Aufnehmen eines Werkstücks in das Gehäuse;
 eine Mehrzahl Reinigungselemente, die in dem Gehäuse enthalten sind, welche Reinigungselemente zum Reinigen der oberen und der unteren Fläche der Werkstücke bei deren Durchlauf durch das Gehäuse ausgebildet sind; und
 eine Verzweigungsanordnung, die in der oberen Wandung (742) angeordnet ist und derart ausgebildet ist, daß mindestens ein Reinigungsmittel an die Reinigungselemente verteilt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Reinigungsstation zur Verwendung bei einem System zum Reinigen, Spülen und Trocknen von Halbleiterscheiben bildenden Werkstücken.

Stand der Technik

[0002] Maschinen zum Reinigen von Halbleiter-Scheiben (Wafer) und Platten sind bekannt. Beispielsweise liegen Halbleiterscheiben, magnetische Platten und andere Werkstücke oft in Form von flachen, im wesentlichen ebenen, kreisförmigen Platten vor. Bei der Herstellung integrierter Schaltkreise werden Halbleiter-Wafer-Platten aus einem Silizium-Eingangsmaterial geschnitten und für weitere Verarbeitung vorbereitet. Nachdem jeder Wafer von dem Eingangsmaterial abgeschnitten ist, muß er gründlich gereinigt, gespült und getrocknet werden, um Verunreinigungen, wie z.B. Abfall vom Schneiden der Halbleiterscheiben, von der Oberfläche des Wafers zu entfernen. Danach wird mit dem Wafer eine Reihe von Schritten durchgeführt, um die integrierten Schaltkreise auf der Wafer-Oberfläche zu bilden, einschließlich Aufbringen einer Schicht mikroelektronischer Strukturen und danach Aufbringen einer dielektrischen Schicht. Oft müssen die Platten aufgrund des Aufbringens der dielektrischen Schicht geebnet werden. Zum Stand der Technik auf dem Gebiet chemischer und mechanischer Verfahren (CMP) sowie Vorrichtungen zum Ebnen wird beispielsweise Bezug genommen auf Arai, et al., US-Patent Nr. 5,099,614, erteilt März 1992; Karlsrud, US-Patent Nr. 5,498,196, erteilt März 1995; Arai, et al., US-Patent Nr. 4,805,348, erteilt Februar 1989; Karlsrud et al.; US-Patent Nr. 5,329,732, erteilt Juli 1994; und Karlsrud et al., US-Patent Nr. 5,498,199, erteilt März 1996.

[0003] Nach jedem Behandlungsschritt ist es oft wünschenswert, das Werkstück gründlich zu reinigen, zu Spülen und zu Trocknen, um zu gewährleisten, daß sämtliche Verunreinigungen von dem Werkstück entfernt sind. Daher sind Verfahren und Vorrichtungen zum schnellen und effizienten Reinigen, Spülen und Trocknen von Halbleiterscheiben erforderlich, die einen hohen Werkstück-Durchsatz fördern, während die Halbleiterscheiben zur selben Zeit gründlich gereinigt und getrocknet werden, und zwar mit einem Minimum an Wafer-Bruch. Zum Stand der Technik auf dem Gebiet bekannter Wafer-Reinigungsmaschinen wird beispielsweise hingewiesen auf Lutz, US-Patent Nr. 5,442,828, erteilt 22. August 1995; Frank et al., US-Patent Nr. 5,213,451, erteilt 25. Mai 1993; und Onodera, US-Patent Nr. 5,357,645, erteilt 25. Oktober 1994.

[0004] Gegenwärtig bekannte Wafer-Reinigungsmaschinen sind in mehrerer Hinsicht nicht zufriedenstellend. Da beispielsweise die Nachfrage für Halbleiterprodukte zunimmt, und insbesondere für integrierte Schaltkreis-Vorrichtungen, hat sich der Be-

darf an Wafer-Reinigungsmaschinen mit höherem Durchsatz entsprechend erhöht.

[0005] Die bekannten Reinigungsmaschinen für Halbleiterscheiben sind jedoch für eine Reinigung von Halbleiterscheiben mit hohem Durchsatz nicht geeignet.

[0006] Aus Seiichiro, US-Patent Nr. 4,519,846, erteilt Mai 1985 ist eine Reinigungsstation für Maschinen zum Reinigen von Halbleiterscheiben bekannt. Bei dieser Reinigungsstation wird eine Halbleiterscheibe mit der Prozessseite nach unten weisend über einen Wassertank gehalten und mittels eines Wasserstrahls aus dem Tank gereinigt. Die oberliegende Unterseite der Halbleiterscheibe wird mit Wasser aus einer darüberliegenden Vorrichtung gereinigt.

[0007] Eine derart ausgebildete Reinigungsstation entspricht im Hinblick auf ihre Wirtschaftlichkeit und auf das Reinigungsergebnis nicht den heutigen Anforderungen. Vor allem aber eignet sich die bekannte Reinigungsstation nicht für einen größeren Durchsatz an Halbleiterscheiben.

Aufgabenstellung

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Reinigungsstation zur Verwendung in einer Halbleiterscheiben-Reinigungsmaschine zu schaffen, die eine wirtschaftliche und zuverlässige Reinigung in Verbindung mit einem hohen Durchsatz an Halbleiterscheiben ermöglicht.

[0009] In Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe durch eine Reinigungsstation nach Anspruch 1 gelöst. Danach umfaßt die Reinigungsstation ein Gehäuse mit einer oberen Wandung; Mittel zum Aufnehmen eines Werkstücks in das Gehäuse; eine Mehrzahl Reinigungselemente, die in dem Gehäuse enthalten sind, welche Reinigungselemente zum Reinigen der oberen und der unteren Fläche der Werkstücke bei deren Durchlauf durch das Gehäuse ausgebildet sind; und eine Verzweigungsanordnung, die in der oberen Wandung angeordnet ist und derart ausgebildet ist, daß mindestens ein Reinigungsmittel an die Reinigungselemente verteilt wird.

[0010] Gemäß der vorliegenden Erfindung sind die Reinigungselemente in der Reinigungsstation sämtlich in einem vorzugsweise abgeschlossenen Gehäuse enthalten, das in einfacher Weise von der Maschine entfernt werden kann, um einen Austausch der Reinigungselemente zu erleichtern, wenn die Oberflächen der Reinigungselemente abgenutzt sind. Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine Mehrzahl Kanäle in einer oberen Innenfläche des Gehäuses ausgebildet, um die Verteilung einer Mehrzahl verschiedener Reinigungsmittel (z.B. Wasser, Reinigungslösung, oberflächenaktive Stoffe, reibungsmindernde Mittel und Mittel zur Steuerung des pH-Wertes der verschiedenen Lösungen) in einzelne Bereiche des Gehäuses zu gestatten. In dieser Weise kann ein Werkstück, das einen ersten Satz

Reinigungselemente passiert, einer ersten chemischen Lösung ausgesetzt werden, wonach dieselbe Scheibe anschließend einer zweiten chemischen Lösung in einer späteren Stufe des Gehäuses ausgesetzt wird.

[0011] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfaßt die Scheiben-Reinigungsstation eine Mehrzahl Rollenpaare, die Rollen ziehen die Scheiben durch die Reinigungsstation und reinigen dadurch die obere und die untere flache Oberfläche der Scheiben. Insbesondere können verschiedene der Rollen in dem Rollenbehälter bei verschiedenen Drehgeschwindigkeiten arbeiten. In dieser Weise können bestimmte Rollen als Antriebsrollen wirken, um die Scheibe durch die Reinigungsstation zu bewegen, während andere Rollen bei unterschiedlichen Drehgeschwindigkeiten arbeiten können, wodurch die Oberflächen der Scheiben gereinigt werden, wenn sie durch die Reinigungsstation befördert werden.

[0012] Bevorzugt ist das Gehäuse zur Ausgabe von Halbleiterscheiben an eine Spülstation ausgebildet.

[0013] Bei einem System zum Reinigen, Spülen und Trocknen von Halbleiterscheiben, bei dem die erfindungsgemäße Reinigungsstation Verwendung finden soll, wird ein einziger Wasserweg eingesetzt, um seriell Scheiben in die Scheiben-Reinigungsstation der vorliegenden Erfindung einzuführen. Um den Durchsatz zu erhöhen und es der Scheiben-Reinigungsmaschine zu gestatten, im wesentlichen kontinuierlich zu arbeiten, sind zwei oder mehr Scheiben-Eingangsstationen ausgebildet, um dem einzigen Wasserweg Scheiben zuzuführen. In dieser Weise kann die Bedienungsperson, wenn eine Kassette Scheiben aus einer ersten Kassettenladestation in den Wasserweg zur weiteren Behandlung entladen ist, eine volle Kassette Scheiben in eine zweite Kassettenladestation einladen. Wenn die erste Ladestation sämtliche Scheiben aus der Kassette abgegeben hat, prüft ein Sensor für das Vorliegen einer Kassette in der zweiten Ladestation das Vorliegen der zweiten vollständig geladenen Kassette und beginnt, dem Wasserweg in einer im wesentlichen nicht unterbrochenen Folge Scheiben von der zweiten Ladestation zuzuführen. Während die zweite Scheiben-Kassettenladestation dem Wasserweg Scheiben zuleitet, kann die Bedienungsperson eine neue Kassette voll mit Scheiben, die zu reinigen sind, in die erste Kassettenladestation einladen; alternativ kann die Beladung mit vollen Kassetten der jeweiligen Ladestationen in einer automatisierten Weise, ohne daß eine menschliche Bedienungsperson benötigt wird, durchgeführt werden.

[0014] Der einzige Wasserweg führt die Scheiben in die erfindungsgemäße Reinigungsstation ein, wobei beide Oberflächen jeder Scheibe gewaschen und gereinigt werden.

[0015] Nach der Reinigung werden die Halbleiterscheiben in einer seriellen Weise in der Spülstation gespült, die zum Kippen nach unten während der

Spülprozedur ausgebildet ist. Das Kippen nach unten vereinfacht einen effektiven Abfluß und eine effektive Entfernung irgendwelchen Schutts oder irgendwelcher Chemikalien. Eine Anzahl Wasserstrahl-Einrichtungen drücken jedes Werkstück in die Spülstation, erhalten die Position des Werkstücks während eines Spülens aufrecht und führen das Spülen der oberen und der unteren Oberfläche des Werkstücks durch. Die Wasserstrahl-Einrichtungen tragen außerdem das Werkstück in der Spülstation, so daß ein mechanischer Kontakt mit dem Werkstück minimiert wird.

[0016] Desweiteren umfaßt die Spülstation geeigneterweise zwei im wesentlichen identische Spülringe, deren jeder mit einem Pendelarm verbunden ist, der zum Pendeln zurück und nach vorne ausgebildet ist, um dadurch einen höheren Werkstück-Durchsatz zu fördern.

[0017] Im weiteren werden die Werkstücke nach ihrer Entnahme aus der Spülstation zu einer dualen Schleuder-Trockenstation verbracht. Eine Handhabungseinrichtung hebt die gespülten Werkstücke von der Spülstation an und verbringt die Werkstücke zu einer der Schleuder-Trockenstationen. Der Zeitablauf der Handhabungsvorrichtung wird zur Optimierung des Durchsatzes gesteuert; die Handhabungsvorrichtung kann ein gespültes Werkstück transportieren, während ein anderes Werkstück gespült wird. Die Verwendung der Handhabungsvorrichtung vermindert das Ausmaß für ein Bewegen von Teilen innerhalb der Maschine und vereinfacht die Steuerungs- und Zeitablaufsprozesse. Eine andere Schleuder-Trockenstation wirkt mit der dualen Spülring-Ausführung so zusammen, daß eine erste Schleuder-Trockenstation sequentiell gespülte Werkstücke von dem ersten Spülring abnimmt und eine zweite Schleuder-Trockenstation sequentiell Werkstücke von dem zweiten Spülring abnimmt.

[0018] Weiter wird ein Paar Entladekassetten eingesetzt, deren jede zur Aufnahme von Werkstücken von beiden Schleuder-Trockenstationen ausgebildet ist. Somit kann die Maschine, wenn eine Entladekassette mit sauberen, trockenen Scheiben gefüllt wird, so ausgebildet werden, daß sie mit einem Befüllen einer zweiten Entladekassette mit sauberen, trockenen Werkstücken beginnt. Wenn die zweite Entladekassette gefüllt wird, kann die erste Entladekassette (manuell oder automatisch) von der Maschine abgenommen werden, um dadurch einen im wesentlichen kontinuierlichen, nicht unterbrochenen Betrieb des Gegenstands der Erfindung, der Scheiben-Reinigungsmaschine, zu gestatten.

[0019] Die Fluidströme zu der Scheiben-Ladestation, dem Wasserweg, der Reinigungsstation und den Spülstationen werden geeigneterweise durch den Einsatz einer Fluidstrom-Regelvorrichtung gesteuert, die den Fluidstrom überwacht, und zwar im Gegensatz zu Vorrichtungen nach dem Stand der Technik, die typischerweise einen Fluiddruck messen. Durch direkte Messung eines Fluidstroms ist das System weniger empfindlich gegenüber Änderungen im Ein-

laß-Fluiddruck.

[0020] Die vorliegende Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die Zeichnungen in Verbindung mit einer Maschine zum Reinigen von Halbleiterscheiben beschrieben, für die eine erfindungsgemäße Reinigungsstation verwendet werden kann. In den Zeichnungen zeigen:

Ausführungsbeispiel

[0021] **Fig. 1A** eine detaillierte Vorderansicht einer integrierten Maschine zum Waschen, Spülen, Schleuder-Trocknen und Entladen von Werkstücken;
 [0022] **Fig. 1B** eine perspektivische, schematische Ansicht einer geschlossenen, in sich abgeschlossenen Maschine ist, die eine Maschine mit einem dualen Eingang und einem einzigen Weg zum Waschen, Spülen, Schleuder-Trocknen und Entladen in einer kontinuierlichen Weise von Wafer-Platten-Werkstücken gemäß der vorliegenden Erfindung bildet;
 [0023] **Fig. 2A** eine schematische Draufsicht der Maschine, die in **Fig. 1A** gezeigt ist;
 [0024] **Fig. 2B** eine schematische Draufsicht der Maschine, die in **Fig. 1B** gezeigt ist;
 [0025] **Fig. 3** eine schematische, perspektivische Ansicht eines Entlademechanismus zum Drücken von Werkstücken aus Ladekassetten;
 [0026] **Fig. 4** eine Draufsicht einer Werkstück-Ladestation, die den Weg zeigt, der von Werkstücken, die aus einer der Kassetten in den Wasserweg entladen werden, zurückgelegt wird;
 [0027] **Fig. 5** eine detaillierte Draufsicht einer beispielhaften Eingangs-Verzweigung zum Aufnehmen von Werkstücken von zwei Eingängen und zum Drücken der Werkstücke entlang des Wasserweges;
 [0028] **Fig. 6** eine perspektivische, schematische Ansicht des Eingangsmoduls, dargestellt in **Fig. 5**;
 [0029] **Fig. 7A** eine perspektivische, schematische Ansicht eines beispielhaften Schrubb-Behälters mit einer Mehrzahl jeweiliger Rollenpaare;
 [0030] **Fig. 7B** eine schematische Aufriß-Ansicht des Schrubb-Behälters, der in **Fig. 7A** gezeigt ist;
 [0031] **Fig. 7C** eine Ansicht des Schrubb-Behälters von oben von **Fig. 7A**;
 [0032] **Fig. 7D** eine perspektivische Ansicht der unteren Wand des Schrubb-Behälters, der in **Fig. 7A** gezeigt ist;
 [0033] **Fig. 7E** eine perspektivische-Ansicht der Frontwand des Schrubb-Behälters, der in **Fig. 7A** gezeigt ist;
 [0034] **Fig. 8A** eine schematische Draufsicht der oberen Wand des Rollenbehälters, der in **Fig. 7A** gezeigt ist;
 [0035] **Fig. 8B** eine obere Querschnittsansicht der oberen Wand, die in **Fig. 8A** gezeigt ist, entlang der Linie **8B-8B** gesehen;
 [0036] **Fig. 9** eine perspektivische Ansicht der oberen Wand, die in **Fig. 8A** gezeigt ist;
 [0037] **Fig. 10A** eine Draufsicht eines beispielhaften Rollenstabes, der im Zusammenhang mit dem Rol-

lenbehälter, der in den **Fig. 7A** und **7B** gezeigt ist, einsetzbar ist;
 [0038] **Fig. 10B** eine Querschnittsansicht des Schaftabschnitts des Rollenstabes, der in **Fig. 10A** gezeigt ist;
 [0039] **Fig. 11** eine Seitenansicht einer beispielhaften Spülstation;
 [0040] **Fig. 12** eine Ansicht der Spülstation von oben, die in **Fig. 11** gezeigt ist;
 [0041] **Fig. 13** eine Vorderansicht der Spülstation, die in **Fig. 11** gezeigt ist;
 [0042] **Fig. 14** eine Querschnitts-Darstellung der Spülstation, gesehen von der Linie **14-14** in **Fig. 13** aus;
 [0043] **Fig. 15** eine Querschnitts-Darstellung einer Handhabungsvorrichtung, die bei der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird, gesehen von der Linie **15-15** in **Fig. 16** aus;
 [0044] **Fig. 16** eine Ansicht der Handhabungsvorrichtung;
 [0045] **Fig. 17A** eine schematische Draufsicht einer anderen Spülstation, die bei der Maschine, die in **Fig. 1B** dargestellt ist, eingesetzt werden kann;
 [0046] **Fig. 17B** eine schematische Vorderansicht der Spülstation, die in **Fig. 17A** gezeigt ist;
 [0047] **Fig. 18** eine Detailansicht der Spülring-Pendeleinrichtung von **Fig. 17A**, gezeigt in der verschobenen rechten Position;
 [0048] **Fig. 19A** eine Detailseitenansicht der Spülstation, die in **Fig. 17B** gezeigt ist, dargestellt mit einem der Spülringe in der verkippten Position;
 [0049] **Fig. 19B** eine Ansicht aus der Nähe der Spülringstation von **Fig. 19A**, die der Spülfluid-Strömungsanschlüsse veranschaulicht;
 [0050] **Fig. 20** eine perspektivische, schematische Detailansicht eines beispielhaften Spülringkörpers entsprechend der Spültation, die in den **Fig. 17A** und **17B** gezeigt ist;
 [0051] **Fig. 21** eine Ansicht einer beispielhaften Schleuder-Trägerplattform von oben;
 [0052] **Fig. 22** eine Seitenansicht im Schnitt, einer beispielhaften Schleuder-Plattform, wobei eine Halterung an dem entfernten Ende jedes Armes der Schleuder-Plattform angebracht gezeigt ist;
 [0053] **Fig. 23** eine perspektivische Ansicht aus der Nähe einer beispielhaften Schleuder-Halterung;
 [0054] **Fig. 24** eine Querschnittsdarstellung einer Schleuder-Trocknungseinrichtung, in die die Schleuder-Plattform eingebaut ist, die in den **Fig. 21** und **22** gezeigt ist;
 [0055] **Fig. 25** ein Blockdiagramm eines beispielhaften Fluidstrom-Steuersystems;
 [0056] **Fig. 26** eine Vorderansicht der Maschine, die in **Fig. 1A** gezeigt ist; und
 [0057] **Fig. 27** eine perspektivische, schematische, teilweise auseinander gezogene Ansicht der Maschine, die in **Fig. 1B** dargestellt ist, und verschiedene funktionsbezogene Fächer veranschaulicht.
 [0058] Eine beispielhafte Ausführungsform einer Wafer-Reinigungsmaschine **100** – es wird nun auf die

Fig. 1A und 2A Bezug genommen – umfaßt geeigneterweise eine Wafer-Ladestation **102**, eine Wasserweg-Transporteinrichtung **116**, eine erfindungsgemäße Reinigungsstation **104**, eine Spülstation **106**, eine Handhabungsvorrichtung **108** (in **Fig. 1A** nicht gezeigt), eine Schleuder-Trockenstation **110** und eine Wafer-Entladestation **114**. Eine andere Ausführungsform, die in **Fig. 1B** und **2B** dargestellt ist, kann auch eine erste Transferstation **107** aufweisen. Jede der vorgenannten Stationen ist strukturell und funktional unten mehr im einzelnen beschrieben.

[0059] In Bezugnahme auf **Fig. 1A, 1B, 2A** und **2B** ist die Wafer-Ladestation **102** geeigneterweise zur Unterbringung von mindestens zwei Wafer-Kassetten ausgebildet, um den im wesentlichen kontinuierlichen Betrieb der Maschine **100** zu gestatten. Dies bedeutet, daß eine erste Wafer-Ladeeinrichtung **118** (vgl. **Fig. 2A** und **2B**) zur Aufnahme einer Kassette voll mit Wafern, die zu reinigen sind, ausgebildet ist. In dieser Hinsicht können praktisch irgendwelche im wesentlichen flachen, im wesentlichen kreisförmigen Werkstücke geeigneterweise im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden.

[0060] Da einzelne Werkstücke einzeln aus der ersten Ladeeinrichtung **118** entnommen werden, kann die Bedienungsperson eine zweite Kassette, (teilweise oder vollständig) mit Werkstücken gefüllt, die zu reinigen sind, in eine zweite Wafer-Ladeeinrichtung **120** einsetzen. In dieser Weise kann, wenn sämtliche der Werkstücke von der ersten Ladeeinrichtung **118** seriell in den Wasserweg **116** entladen worden sind, sodortanach begonnen werden, die Wafer, die sich in der zweiten Ladeeinrichtung **120** befinden, in den Wasserweg **116** auszugeben. Während die Wafer von der zweiten Ladeeinrichtung **120** entladen werden, kann die Bedienungsperson eine neue Kassette mit Wafern, die zu reinigen sind, in die erste Ladeeinrichtung **118** einsetzen. Dementsprechend kann eine im wesentlichen kontinuierliche, nicht unterbrochene Eingabe von Wafern in die Maschine **100** erreicht werden, wodurch ein wesentlich höherer Werkstück-Durchsatz gefördert wird, als er mit gegenwärtig bekannten Wafer-Reinigungsmaschinen zuvor erreichbar war.

[0061] Für eine detailliertere Diskussion von Wafer-Kassetten und Kassetten, die im Zusammenhang mit der Maschine **100** einsetzbar sind, vgl. beispielsweise die WO 98/00855 A1 mit dem Titel "Adjustable Wafer Cassette Stand", eingereicht am 28. Juni 1996 im Namen von Erich Edlinger, deren gesamter Inhalt hierdurch aufgrund dieser Bezugnahme in diese Anmeldung einbezogen, wird.

[0062] Die Bezugnahme auf **Fig. 2A** und **2B** wird fortgesetzt – obwohl eine jeweilige erste und zweite Ladeeinrichtung **118, 120** in einer im wesentlichen "T-förmigen" Ausbildung dargestellt ist, kann selbstverständlich irgendeine geeignete Ausbildung eingesetzt werden, um Werkstücke von den Kassetten bequem in den Wasserweg **116** zu entladen. Beispielsweise können eine "Y"-Ausbildung oder eine modifi-

zierte "T"-Ausbildung, bei denen die Werkstücke nicht auf die gegenüberliegende Kassetteneinrichtung gerichtet sind, im Sinne der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden, wie später mehr im Detail beschrieben ist.

[0063] Wie am besten in **Fig. 1B** zu sehen ist, kann jede Ladeeinrichtung **118, 120** eine Plattform **124** aufweisen, die eine Kassette **126**, gefüllt mit Werkstücken, trägt. Eine Hebeeinrichtung **128**, beispielsweise eine Servoeinrichtung, ein Schrittmotor, eine Drehmomentmotor-Einrichtung oder ähnliches ist geeigneterweise zum Anheben der Plattform **124** auf ein Niveau ausgebildet, das näherungsweise durch die obere Oberfläche der Wasserwegeinrichtung **116** (vgl. **Fig. 1A**) definiert ist. Es ist hervorzuheben, daß Kassetten, die entweder teilweise oder vollständig mit Werkstücken gefüllt sind, in die Maschine eingeladen werden können. Aus Gründen der Klarheit sind einige der oben genannten Elemente der Ladeeinrichtungen **118** und **120** in **Fig. 1A** nicht im Detail gezeigt.

[0064] Im Zusammenhang mit vielen Werkstück-Reinigungsprozessen ist es wünschenswert, die Werkstücke in einer feuchten Umgebung zu halten, bevor sie durch die Maschine **100** behandelt werden. Somit umfaßt eine beispielhafte Maschine jede Ladeeinrichtung **118, 120** außerdem einen Tank oder eine Kammer **132**, die geeigneterweise mit einer gewünschten Flüssigkeit, beispielsweise deionisiertem Wasser, gefüllt sein kann, die oberflächenaktive Stoffe, Reinigungsagenzien, Agenzien zur Steuerung des pH-Wertes und ähnliches enthalten kann. Die Hebeeinrichtung **128** ist geeigneterweise so ausgebildet, daß sie in den Tank **132** hineinreicht, um dadurch die vertikale Position der Kassette **126** innerhalb des Tanks **132** zu steuern.

[0065] Die Weise, in der die Wafer einzeln aus einer Kassette entnommen werden, wird nun im Zusammenhang mit einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung beschrieben. Es wird nun auf die **Fig. 1A, 1B** und **3** Bezug genommen – eine Wafer-Entladeeinrichtung **134** umfaßt geeigneterweise den Befeuchtungstank **132**, der zum Halten der Kassette **126** eingetaucht in Flüssigkeit ausgebildet ist. Die Werkstückentladeeinrichtung **134** umfaßt außerdem eine Düse **136**, die so ausgebildet ist, daß sie kraftvoll einen Fluidstrom in Richtung auf die Kante des oberen Werkstücks innerhalb einer Kassette abgibt, um das Werkstück aus der Kassette zu entnehmen. Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist es ersichtlich, daß, obwohl der Begriff "Fluid" sich bei der bevorzugten Ausführungsform auf eine Flüssigkeit bezieht, der Begriff "Fluid" sich auch für solche Anwendungen der Maschine **100** auf ein Gas beziehen kann, bei denen ein Gas verwendet wird, um die Wafer auszugeben, beispielsweise, wenn es nicht erforderlich ist, die Werkstücke in dem befeuchteten Zustand zu halten.

[0066] Die Werkstück-Entladeeinrichtung **134** – es wird weiter auf **Fig. 3** Bezug genommen – ist geeig-

neterweise so ausgebildet, daß praktisch jede gewünschte Orientierung der Düse **136** gegenüber dem zu entladenen Werkstück vereinfacht wird. Insbesondere umfaßt die Entladeeinrichtung **134** außerdem eine Rückplatte **138**, jeweilige Seitenplatten **140**, **142**, eine Bodenplatte **143** und eine Frontplatte **144**. Wie am besten in **Fig. 3** zu sehen ist, ist die Rückplatte **138** geeigneterweise so ausgebildet, daß sie (entlang der Z-Achse) durch einen mit einem Schlitz versehenen Eingriffsmechanismus **146** mit der Seitenplatte **140** nach oben und nach unten gleitet. Eine Z-Achsen-Steuereinrichtung **148** sichert geeigneterweise die vertikale Position der Rückplatte **138** gegenüber der Entladeeinrichtung **134**. In dieser Weise kann die vertikale Position der Düse **136** gegenüber dem obersten Werkstück in der Kassette eingestellt und aufrechterhalten werden. Für diesen Zweck weist die Z-Achsen-Steuereinrichtung **148** geeigneterweise eine Schraube **149** zum Sichern der Z-Position der Düse **136** auf.

[0067] Die X-Achsenposition der Düse **136** kann eingestellt und aufrechterhalten werden durch Gleiten eines Düsenstützblocks **150** entlang der X-Achse innerhalb einer rechtwinkligen Aussparung **152**, die in der Rückplatte **138** ausgebildet ist. Die X-Position des Blockes **150** (und somit die X-Position der Düse **136**) kann durch Sichern eines Paares Schrauben (nicht dargestellt) in jeweiligen ovalen Einstellungs-ausnehmungen **154** des Blockes **150** aufrechterhalten werden. Die Position der Düse **136** gegenüber dem Werkstück, das zu entladen ist, kann weiter durch Verkippen der Z-Achse durch Handhaben jeweiliger Verkipfungsschrauben **156** eingestellt werden. In dieser Weise kann die Rückplatte **138**, die der Z-X-Ebene entspricht, um die X-Achse wie gewünscht verkippt werden. Zuletzt kann ein radialer Einstellungsmechanismus **158** gehandhabt werden, um die Düse **136** wirksam um die Z-Achse zu drehen.

[0068] Durch Einstellen der Position der Düse **136** gegenüber dem Werkstück, das zu entladen ist, gemäß den zuvor erwähnten Einstellungsmechanismen kann eine optimale Platzierung der Düse **136** gegenüber dem Werkstück erreicht werden. Die Frontplatte **144** der Entladeeinrichtung **134** umfaßt geeigneterweise einen Wafer-Entladeauslaß **160**, durch den hindurch Werkstücke aus der Entladeeinrichtung **134** in den Wasserweg **116** entladen werden, wie unten mehr im Detail beschrieben ist. Wie außerdem unten beschrieben ist, ist die Frontplatte **144** geeigneterweise an der Wasserwegeinrichtung **116** durch jeweilige Wasserwegbefestigungen **162** gesichert.

[0069] Es ist hervorzuheben, daß – es wird weiter auf **Fig. 1B** und **3** Bezug genommen – die Hebeeinrichtung **128** geeigneterweise so ausgebildet ist, daß die Plattform **124** (und somit die Kassette **126**) nach oben entlang der Z-Achse in einer schrittweisen Art innerhalb des Tanks **132** angehoben wird, um dadurch den obersten Wafer der nächsten Kassette **126** in der Nähe der Düse **136** zu positionieren, so daß das Fluid, das von der Düse **136** abgegeben wird, se-

quentiell das dann oberste Werkstück durch den Wafer-Auslaßdurchgang **160** hindurch und in den Wasserweg **116** drückt, wie unten mehr im Detail beschrieben ist.

[0070] Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann das Ausmaß an Wasserdruck, das für die Maschine **100** erreichbar ist, aufgrund irgendeiner Zahl anwendungsspezifischer Faktoren begrenzt sein. Aus diesem Grund ist die Düse **136** bevorzugt zum Erhöhen der Kraft des abgegebenen Wassers ausgebildet, so daß eine angemessene und verlässliche Entladekraft auf die Werkstücke ausgeübt wird. Bei einer bevorzugten Ausführungsform zeigt die Düse **136** eine Verminderung in der Querschnittsfläche in einer longitudinalen Weise von ihrem Einlaß zu ihrem Auslaß. In anderen Worten ausgedrückt, ist die Düse **136** an ihrem Abgabeende in der Nähe des Werkstücks enger. Dementsprechend nimmt die Geschwindigkeit von Wasser zu, wenn es durch die Düse **136** hindurchtritt, was für Anwendungen mit relativ niedrigem Druck wünschenswert sein kann.

[0071] Der Wasserweg **116** – es wird nun auf **Fig. 4** Bezug genommen – weist ein Eingabemodul **400** auf, daß so ausgebildet ist, daß es Werkstücke **122**, abgegeben von jeweiligen Ladeeinrichtungen **118** und **120**, aufnimmt und die Werkstücke **122** in einer Weise ohne Kontakt den Wasserweg **116** hinunterführt (z.B. in **Fig. 4** nach rechts). Wie am besten in **Fig. 4** zu sehen ist, weist gemäß einer beispielhaften Ausführungsform die Werkstückladestation **102** geeigneterweise eine modifizierte "T"-Ausbildung auf, wobei jede jeweiliger Ladeeinrichtungen **118**, **120** im wesentlichen orthogonal zu der Bahn des Wasserweges **116** ist, jedoch um einen bestimmten Betrag zueinander versetzt, um zu gewährleisten, daß ein Wafer, der aus einer der Kassetten entladen wird, nicht nachteiligerweise die gegenüberliegend angeordnete Kassette berührt, beispielsweise, wenn die Entladekraft irrtümlicherweise zu groß eingestellt ist. Wie oben kurz diskutiert worden ist, ist es hervorzuheben, daß praktisch irgendeine duale oder mehrfache Kassetteneingabeausbildung eingesetzt werden kann, beispielsweise eine "Y"-Ausbildung, wie gewünscht. In dieser Hinsicht kann es wünschenswert sein, drei oder mehr Kassetteneinrichtungen unter Verwendung einer Fluidverzweigung zu verwirklichen, um die Werkstücke, die von den jeweiligen Kassetteneinrichtungen auf den Wasserweg **116** entladen werden, zu führen.

[0072] Das Eingabemodul **400** – es wird nun auf **Fig. 4 – 6** Bezug genommen – ist geeigneterweise so ausgebildet, daß es Werkstücke, die aus der Ladeeinrichtung **120** entlang des Pfeiles **408** entladen werden, und Werkstücke, die von der Ladeeinrichtung **118** entlang des Pfeiles **410** entladen werden, aufnimmt. Sobald die Werkstücke von dem Eingabemodul **400** aufgenommen sind, werden sie durch Fluid getragen, das von der Ebene des Weges aus durch eine Mehrzahl Fluid-Strahleinrichtungen nach oben ausgestoßen wird, wie unten mehr im Detail be-

schrieben ist, so daß mechanischer Kontakt zwischen den Werkstücken und dem Eingabemodul **400** im wesentlichen eliminiert ist. Das Eingabemodul **400** umfaßt geeigneterweise eine Mehrzahl an Zug-Strahleinrichtungen **416** (vgl. **Fig. 5**), die so ausgebildet sind, daß sie Werkstücke aus der Ladeeinrichtung **120** entlang der Richtung von Pfeil **408** drücken. Insbesondere sind die Zug-Strahleinrichtungen **416** geeigneterweise so orientiert, daß sie Fluid nach oben in einem Winkel gegenüber der horizontalen Ebene in dem Bereich von $20^\circ - 70^\circ$ und am meisten bevorzugt etwa 40° ausstoßen, wobei der horizontale Strömungsvektor entlang der Richtung von Pfeil **408** orientiert ist. In dieser Weise werden Werkstücke, die von der Ladeeinrichtung **120** empfangen werden, in die Fluid-Verzweigung gezogen, die den inneren Teil des Eingabemoduls **400** bildet.

[0073] Das Eingabemodul **400** umfaßt außerdem eine Mehrzahl Zug-Strahleinrichtungen **414**, ähnlich den Zug-Strahleinrichtungen **416**, die so ausgebildet sind, daß Werkstücke, die aus der Ladeeinrichtung **118** in den Wasserweg **116** entladen werden, entlang der Richtung des Pfeiles **410** gezogen werden. Nachdem sie von dem Eingabemodul **400** aufgenommen worden sind, werden die Werkstücke, die aus der Ladestation **102** entladen sind, entlang dem Wasserweg **116** entlang der Richtung des Pfeiles **412** zur Reinigungsstation **104** getragen. Insbesondere weist das Eingabemodul **400** außerdem eine Mehrzahl Reihen **418** auf, deren jede eine Anzahl (z.B. 10 – 20 und insbesondere etwa 17) Fluid-Strahleinrichtungen aufweist, die so ausgebildet sind, daß die Werkstücke entlang der Richtung von Pfeil **412** gedrückt werden. Die Fluid-Strahleinrichtungen bilden Reihen **418** und sind auch so ausgebildet, daß Fluid nach oben von dem Wasserweg **116** aus abgegeben wird, und sie sind geeigneterweise gegenüber der horizontalen Ebene in einem Winkel in dem Bereich von $20^\circ - 70^\circ$ und am meisten bevorzugt etwa 45° geneigt. In dieser Weise werden Werkstücke, aufgenommen aus der Ladestation **102**, im wesentlichen ohne irgendeinen mechanischen Kontakt entlang des Wasserweges **116** gedrückt.

[0074] Ein erster Werkstück-Detektionssensor **402** ist geeigneterweise in der Nähe eines Entladeauslaß **160** der Ladeeinrichtung **120** angeordnet; ein ähnlicher Werkstück-Detektionssensor **404** ist geeigneterweise in der Nähe eines Entladeauslaß **160** angeordnet, der der Ladeeinrichtung **118** zugeordnet ist. Ein Werkstück-Sensor **106** ist ebenfalls geeigneterweise innerhalb des Eingangsmoduls **400** in der Nähe des Eingangs zur Reinigungsstation **104** angeordnet. Es ist hervorzuheben, daß bei dem Wasserweg **116** irgendeine Anzahl Sensoren zusätzlich zu den Sensoren **402**, **404** und **406** eingesetzt werden kann. Beispielsweise wird bei einer beispielhaften Ausführungsform der Maschine **100** ein vierter Sensor **407** benutzt, der zur Überwachung des Fortschreitens oder des Vorliegens von Werkstücken **122** auf dem Wasserweg **116** positioniert ist. Jeweilige Werk-

stück-Sensoren **402**, **404**, **406** und **407** überwachen den gegenwärtigen Zustand des Betriebs der Maschine **100** und können so ausgebildet sein, daß sie Alarm geben oder den Betrieb der Maschine **100** beenden, wenn der Fall auftritt, daß für das Werkstück festgestellt wird, daß es "festhängt" oder in anderer Weise in der Nähe des Sensors verbleibt. Zusätzlich können die Sensoren dazu eingesetzt werden, Werkstücke zu zählen, wenn diese den Sensor passieren (oder festzustellen, daß kein Werkstück vorliegt), um dadurch festzustellen, daß sämtliche der Werkstücke aus einer Kassette entladen sind. Die Werkstück-Sensoren **402**, **404**, **406** und **407** können irgendeinen geeigneten Mechanismus zum Detektieren des Vorhandenseins und/oder der Abwesenheit eines Werkstücks aufweisen, beispielsweise einschließlich optische Sensoren.

[0075] Eine beispielhafte Reinigungsstation **104** gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung – es wird nun auf **Fig. 7A – 7E** Bezug genommen – weist ein Gehäuse auf, z.B. einen Schrub-Behälter, die eine Mehrzahl Rollenpaare umschließt. Insbesondere weist die Reinigungsstation **104** geeigneterweise eine Bodenwand **740**, eine obere Wand **742**, eine Rückwand **744** und eine Frontwand **738** auf. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform bilden diese Wände einen in sich abgeschlossenen Behälter, der schnell und einfach entfernt und ausgetauscht werden kann, wenn ein Austausch einer oder mehrerer der Rollen gewünscht wird. Die Möglichkeit, Rollen und Rollenbehälter im Sinne der vorliegenden Erfindung schnell und bequem zu entfernen und auszutauschen, fördert wesentlich einen kontinuierlichen Betrieb der Maschine **100**.

[0076] Die Reinigungsstation **104** weist geeigneterweise eine Mehrzahl Rollenpaare auf, die zum Antrieb jedes Werkstücks durch den Rollenbehälter hindurch und zum gleichzeitigen Reinigen der oberen und der unteren flachen Oberfläche jedes Werkstücks, das dadurch hindurchtritt, ausgebildet ist. Wie in **Fig. 7B** gezeigt ist, umfaßt die Reinigungsstation **104** bevorzugt einen Werkstückeingang **700**, der zur geeigneten Aufnahme von Werkstücken in die Umfassung ausgebildet ist. Wenn das Werkstück in die Umfassung eintritt, "faßt" das erste Paar Antriebsrollen (unten beschrieben) das Werkstück und führt es dem nächsten Paar Rollen zu.

[0077] Insbesondere – es wird besonders auf **Fig. 7B** Bezug genommen – weist die Reinigungsstation **104** geeigneterweise Rollenpaare im Bereich von 5 – 15 auf, und am meisten bevorzugt etwa 9 Rollenpaare. Bei der veranschaulichten Ausführungsform umfaßt der Schrub-Behälter ein erstes Rollenpaar, das jeweilige Rollen **702** und **704** aufweist; ein zweites Rollenpaar, das eine obere Rolle **706** und eine untere Rolle **708** aufweist; ein drittes Rollenpaar, das eine obere Rolle **710** und eine untere Rolle **712** aufweist; ein viertes Paar, das eine obere Rolle **714** und eine untere Rolle **716** aufweist; ein fünftes Paar,

das eine obere Rolle **718** und eine untere Rolle **720** aufweist; ein sechstes Paar, das eine obere Rolle **722** und eine untere Rolle **724** aufweist; ein siebtes Paar, das eine obere Rolle **726** und eine untere Rolle **728** aufweist, ein achttes Paar, das eine obere Rolle **730** und eine untere Rolle **732** aufweist, und ein neuntes, endständiges Rollenpaar, das eine obere Rolle **734** und eine untere Rolle **736** aufweist. Die Maschine **100** ist geeigneterweise so ausgebildet, daß Werkstücke in die Reinigungsstation **104** von der äußeren linken Seite eintreten und nacheinander durch den Rollenbehälter gezwungen werden, während sie an der äußeren rechten Position (in der Nähe der Rollen **734** und **736**) aus dem Rollenbehälter entladen werden.

[0078] Gemäß einer bevorzugten, beispielhaften Ausführungsform arbeitet jedes der ungeraden Rollenpaare (z.B. das erste, dritte, fünfte, siebte und neunte Rollenpaar) als Antriebsrollen, wobei jedes Antriebsrollenpaar bei einer Antriebsgeschwindigkeit S1 arbeitet. Somit arbeiten die Rollen **702**, **704**, **710**, **712**, **718**, **720**, **726**, **728**, **734** und **736** bei der Antriebsgeschwindigkeit S1. Darüber hinaus drehen die unteren Rollen (nämlich die Rollen **704**, **708**, **712**, **716**, **720**, **724**, **728**, **732** und **736**) im Uhrzeigersinn, wie in **Fig. 7B** gezeigt ist. Zusätzlich dreht auch die obere Rolle jedes geraden Rollenpaares (nämlich Rollen **706**, **714**, **722** und **730**) aus der Perspektive, die in **Fig. 7B** gezeigt ist, ebenfalls im Uhrzeigersinn. Zuletzt dreht die obere Rolle bei jedem ungeraden Rollenpaar (nämlich Rollen **702**, **710**, **718**, **726** und **734**) vorteilhafterweise entgegen dem Uhrzeigersinn.

[0079] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform – die Bezugnahme auf **Fig. 7B** wird fortgesetzt – ist jede gerade, untere Rolle (nämlich Rollen **708**, **716**, **724** und **732**) vorteilhafterweise so ausgebildet, daß sie bei einer zweiten Antriebsgeschwindigkeit S2 arbeitet. Zuletzt ist jede gerade obere Rolle (nämlich Rollen **706**, **714**, **722** und **730**) vorteilhafterweise zum Arbeiten bei einer Prozeßgeschwindigkeit **53** ausgebildet. Zusätzlich ist die Spannung zwischen den zwei Rollen, die jedes jeweilige Rollenpaar bilden, geeigneterweise über den Rollenbehälter etwa gleich.

[0080] Gemäß einer bevorzugten, beispielhaften Ausführungsform der Erfindung wird jedes ungerade Rollenpaar geeigneterweise von einem ersten Antriebsmotor angetrieben, so daß jedes ungerade Rollenpaar (die "Antriebsrollen") die Werkstücke durch die Reinigungsstation hindurch mit einer im wesentlichen gleichen Rate antreiben. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird jede gerade obere Rolle geeigneterweise von einem zweiten Motor bei einer Prozeßgeschwindigkeit S3 angetrieben; jede gerade untere Rolle wird geeigneterweise von dem zweiten Motor bei der zweiten Antriebsgeschwindigkeit S2 bei einem vorbestimmten Übersetzungsverhältnis unter der Prozeßgeschwindigkeit S3 angetrieben. In dieser Weise kann die Bedienungsperson die Antriebsgeschwindigkeit S1 durch Einstel-

len einer ersten Steuerung, die dem ersten Motor zugeordnet ist, steuern; die Bedienungsperson kann auch unabhängig die Antriebsgeschwindigkeit S3 durch Handhabung einer zweiten Steuerung, die dem zweiten Motor zugeordnet ist, steuern. Indem dies vorgenommen wird, steuert die Bedienungsperson indirekt auch die Antriebsgeschwindigkeit S2, da die Antriebsgeschwindigkeit S2 gemäß dem vorbestimmten Übersetzungsverhältnis, das oben diskutiert ist, der Antriebsgeschwindigkeit S3 folgt. Dadurch, daß es der Bedienungsperson gestattet ist, die jeweiligen Antriebsgeschwindigkeiten S1, S2 und S3 dynamisch einzustellen, wird für die Reinigungsstation **104** eine erhebliche Prozeßflexibilität erreicht. Durch Einstellen von S3 höher als S1 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform reinigen die geraden Rollenpaare darüber hinaus wirksam gleichzeitig die obere und die untere Fläche der Werkstücke, wenn die Werkstücke durch den Schrubbehälter bei der Antriebsgeschwindigkeit S1 durch die Antriebsrollen (z.B. die ungeraden Rollenpaare) bewegt werden.

[0081] Obwohl die zuvor erwähnten Rollengeschwindigkeiten die beste Art zur Umsetzung der Erfindung wiedergeben, die den Erfindern z.Zt. der Einreichung dieser Anmeldung bekannt war, können selbstverständlich praktisch irgendeine Anzahl an Rollen und irgendeine Kombination von Rollengeschwindigkeiten und Rollenrichtungen im Sinne der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden. Beispielsweise können zwei, drei oder sogar mehr als drei verschiedene Rollengeschwindigkeiten eingesetzt werden, bei variierenden Permutationen und Kombinationen von Geschwindigkeit und Richtung, die bei jeder der Rollen innerhalb des Rollenbehälters benutzt wird, um für irgendeinen gewünschten Prozeß ein optimales Reinigungsvermögen zu erreichen.

[0082] Die Reinigungseinrichtung **104** – es wird weiter auf **Fig. 7A** – **7E** Bezug genommen – ist vorteilhafterweise zum einfachen Einbau in und Ausbau aus der Maschine **100** ausgebildet. Insbesondere weist die Bodenwand **740** geeigneterweise eine oder mehrere Vertiefungen (z.B. schwalbenschwanzförmige Vertiefungen) **750** auf, um einen gleitenden Eingriff der Reinigungseinrichtung **104** mit der Maschine **100** zu gestatten. Beispielsweise kann die Maschine **100** vorteilhafterweise einen Rahmenabschnitt aufweisen, der entsprechende Erhöhungen (nicht dargestellt) hat, die zur Aufnahme in den Vertiefungen **750** für einen bequemen gleitenden Eingriff und eine Ausrichtung der Reinigungseinrichtung **104** gegenüber der Maschine **100** ausgebildet sind. Die Bodenwand **740** umfaßt außerdem einen Fluidauslaß **748**, durch den Reinigungsfluid aus der Reinigungsstation **104** herausfließen kann, wie unten mehr im Detail beschrieben wird. Wenn gewünscht, kann das Fluid, das aus dem Fluidauslaß **748** wiedergewonnen wird, wiederverwertet werden.

[0083] Jede der jeweiligen Antriebsrollen **702** – **736** – es wird nun auf **Fig. 7A**, **7C** und **7E** Bezug genom-

men – weist ein Antriebsende **760** und ein mitlaufendes Ende **762** auf. Gemäß der veranschaulichten Ausführungsform ist jedes der jeweiligen Antriebsenden **760** so ausgebildet, daß es durch die Rückwand **744** reicht. Jedes jeweilige mitlaufende Ende **762** ist vorteilhafterweise zur drehenden Aufnahme in jeweiligen Mitlauf-Aufnahmen **764** ausgebildet, die in der Frontwand **738** ausgebildet sind. Zusätzlich weist die Frontwand **738** außerdem eine Befestigungseinrichtung **746** zur Anbringung der Reinigungseinrichtung **104** an dem Rahmen (nicht dargestellt) der Maschine **100** auf. Es ist hervorzuheben, daß die Befestigungseinrichtung **746** eine Schraube, eine Mutter, eine Schnellauslöseeinrichtung oder irgendeinen anderen geeigneten Befestigungsmechanismus zum sicheren, jedoch lösbaren Eingriff der Reinigungseinrichtung **104** mit dem Rahmen der Maschine **100** aufweisen kann.

[0084] Die Reinigungseinrichtung **104** kann wie folgt bequem entfernt und ausgetauscht werden. Die Maschine **100** kann in die Aus- oder Stillstands-Betriebsart versetzt werden, um die Entfernung und den Austausch der Reinigungseinrichtung **104** zu gestatten. In diesem Zustand wird die Befestigungseinrichtung **746** gelöst, beispielsweise durch Abschrauben einer Schraube, die der Befestigungseinrichtung **746** zugeordnet ist. Die Reinigungsstation **104** kann dann manuell durch die Bedienungsperson durch Ziehen des Behälters entfernt werden, beispielsweise entlang des Pfeiles **766** in **Fig. 7A**. Die Antriebsenden **760** der Rollen werden geeigneterweise passiv von dem Antriebsmechanismus (nicht dargestellt) gelöst, der der Maschine **100** zugeordnet ist, wenn die Reinigungsstation **104**, geführt durch die Vertiefungen **750**, entlang des Pfeiles **766** verschoben wird. Wenn einmal die Reinigungsstation **104** entfernt ist, kann ein Austauschbehälter, der von der Bedienungsperson im voraus hergerichtet worden ist, anstelle des entfernten Behälters eingesetzt werden; alternativ können die Reinigungsstation **104** geöffnet und die Rollen schnell ausgetauscht werden, so daß die überholte Reinigungsstation schnell zurück in die Maschine **100** eingesetzt werden kann. In jedem Fall kann die Reinigungsstation **104** wieder mit der Maschine **100** zusammengebaut werden, und zwar durch Ausrichten der Vertiefungen **750** mit entsprechenden Erhöhungen, die der Maschine zugeordnet sind, und Verschieben des Behälters zurück in die ursprüngliche Arbeitsposition. Die Vertiefungen **750** vereinfachen die Ausrichtung der Antriebsende **760** auf den dazu passenden Antriebsmechanismus (der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt), der der Maschine **100** zugeordnet ist. Wenn die Reinigungsstation **104** wieder in ihre Arbeitsposition eingebaut worden ist, kann die Befestigungseinrichtung **746** von der Bedienungsperson wieder in Eingriff gebracht werden, um die Reinigungsstation **104** am Platz zu sichern. Natürlich muß irgendeine Fluideinlaß-, Fluidabgabe- oder Werkstücksensorhardware, die der Reinigungsstation **104** zugeordnet ist, auch

während eines Ausbaus und eines Wiedereinbaus beachtet werden.

[0085] Die obere Wandung **742** – es wird auf **Fig. 7B, 8A, 8B** und **9** Bezug genommen – umfaßt außerdem eine oder mehrere Fluideinlaßanschlüsse, die zur Verteilung von Fluid auf einen bestimmten Abschnitt oder auf das gesamte Innere der Reinigungseinrichtung **104** ausgebildet sind. **Fig. 8A** stellt einen horizontalen Querschnitt einer beispielhaften oberen Wandung **742** dar, die als Fluidverteilungsvorrichtung ausgebildet ist, und **Fig. 8B** stellt einen vertikalen Querschnitt der oberen Wandung **742** dar. Die obere Wandung **742** umfaßt bevorzugt eine Anzahl Verzweigungen, die zur Abgabe von Fluid an bestimmten Orten innerhalb des Schrubb-Behälters angeordnet sind. Insbesondere weist die obere Wandung **742** geeigneterweise einen ersten Fluideinlaßanschluß **802** auf, der mit einer ersten Verzweigung **803** in Verbindung steht, die zum Verteilen eines ersten Fluids in der Nähe einer Anzahl Rollen innerhalb des Rollenbehälters ausgebildet ist. Die erste Verzweigung **803** ist bevorzugt so angeordnet, daß Fluid vorteilhafterweise im wesentlichen gleichmäßig entlang der Länge (oder in der Nähe) eines oder mehrerer der oberen Rollen freigesetzt wird. Die obere Wandung **742** weist außerdem einen ähnlich ausgebildeten zweiten Fluideinlaßanschluß **804** auf, der mit einer zweiten Verzweigung **805** zum Verteilen eines zweiten Fluids über einen anderen Abschnitt des Rollenbehälters in Verbindung steht, beispielsweise in der Region, die von einigen ersten Rollenpaaren eingenommen wird. Die obere Wandung **742** kann auch einen dritten Fluideinlaßanschluß **806** aufweisen, der mit einer dritten Verzweigung **807** in Verbindung steht, die zum Verteilen eines dritten Fluids über eine dritte Region des Rollenbehälters ausgebildet ist, beispielsweise eine Region in der Nähe der letzten wenigen Rollenpaare. Ähnlicherweise kann die obere Wandung **742** einen vierten Fluideinlaßanschluß **808** aufweisen, der mit einer vierten Verzweigung **809** in Verbindung steht.

[0086] Jede einzelne Verzweigung ist geeigneterweise so ausgebildet, daß sie von den übrigen Verzweigungen hinsichtlich des Fluids getrennt ist. Jedoch kann ein oder mehrere Flüssigkeitseinlaßanschlüsse miteinander so verbunden sein, daß ein einziges Fluid mehr als einer Verzweigung zugeführt wird. Bei der beispielhaften Ausführungsform, die in **Fig. 8A** gezeigt ist, sind die Verzweigungen so ausgebildet, daß sie Reinigungsflüssigkeit auf Orte zwischen einander benachbarten Rollen verteilen (die Rollen, die in **Fig. 8A** mit Scheinlinien dargestellt sind). Diese Anordnung ist wünschenswert, um es dem Reinigungsfluid zu gestatten, das Werkstück zu erreichen, wenn es den Schrupp-Behälter durchläuft. Bei der bevorzugten Ausführungsform umfaßt jede einzelne Verzweigung eine Mehrzahl davon ausgehender Kanäle **812**. Darüber hinaus können die Kanäle **812**, die gegenüberliegenden Verzweigungen zugeordnet sind, z.B. die erste Verzweigung **803** und

die dritte Verzweigung **807**, in einer abweichenden Ausbildung angeordnet sein. Natürlich ist es hervorzuheben, daß irgendeine Anzahl an Fluideinlaßanschlüssen und/oder Fluidverzweigungen im Zusammenhang mit der Reinigungsstation **104** eingesetzt werden können, und daß die Verzweigungen mit irgendeinem gewünschten Abschnitt der Reinigungsstation **104** mit oder ohne Überlapp zusammenwirken können, wie es zur Optimierung besonderer Behandlungsanwendungen gewünscht wird.

[0087] Bei der bevorzugten Ausführungsform ist die obere Wandung **742** als einstückige, im wesentlichen nahtlose Einrichtung hergestellt. Die nahtlose Ausbildung ermöglicht es für die Verzweigungen **803**, **805**, **807** und **809**, mit Druck beaufschlagt zu werden, ohne daß Reinigungsfluid, Wasser, oder Chemikalien zu dem äußeren Abschnitt der Reinigungsstation **104** entweichen. Bei einer beispielhaften Ausbildung sind die Verzweigungen **803** und **805** und **807** und **809** durch Bohren oder Herstellen eines Loches in einem festen Stück Plexiglas oder anderem steifen Material gebildet. Die Kanäle **812** (in Fig. 8A vertikal ausgerichtet) werden so gebildet, daß benachbarte Kanäle von gegenüberliegenden Seiten der oberen Wandung **742** ausgehen. Danach werden einige Kanäle, die von einer gemeinsamen Seite ausgehen, miteinander durch einen kreuzenden Kanal **814** (in Fig. 8A horizontal ausgerichtet) miteinander "verbunden". Stopfen können eingesetzt werden, um die Eingangslöcher abzudichten, die während des Bohr- oder Lochbildungsprozesses gebildet werden.

[0088] Jede der Verzweigungen, die oben beschrieben ist, gibt ein jeweiliges Fluid in die Reinigungseinrichtung **104** durch eine Anzahl Öffnungen **810** ab. Die Öffnungen **810** sind in der oberen Wandung **742** so ausgebildet, daß sie mit den Verzweigungen verbunden sind. Die Öffnungen **810** können durch herkömmliches Bohren oder andere Techniken gebildet werden. Obwohl bei anderen Verzweigungen ein einziges Düsen-Element eingesetzt werden kann, um Fluid in den Schrubbehälter auszustoßen, können die Öffnungen **810** wünschenswert sein, um die Abdichtungssicherheit der oberen Wandung **742** zu erhöhen. Zusätzlich können die Kosten zur Herstellung und Wartung der oberen Wandung **742** durch Vermeiden einzelner Düsenelemente vermindert werden.

[0089] Jede der Rollen innerhalb der Reinigungsstationseinrichtung **104** – nun auf die Fig. 7B, 10A und 10B Bezug genommen – weist geeigneterweise einen Rollenträger **780** mit einem Antriebsende **760**, einem mitlaufenden Ende **762** und einem länglichen Schaft **782** auf. Wie im Querschnitt von Fig. 10B gezeigt ist, weist der Schaft **782** geeigneterweise äußere Strukturen **784** auf, die zum Eingriff mit einem weichen, schwammartigen, länglichen, kreisförmigen Ring (nicht dargestellt) um den Schaft **782** herum geeignet sind. Obwohl die Oberflächenstrukturen **784** als längliche, parallel angetriebene Zähne veranschaulicht sind, kann praktisch irgendein Mechanis-

mus eingesetzt werden, der eine Passung mit starker Reibung zwischen dem Schaft **782** und dem schwammartigen Rollenmaterial fördert. In dieser Weise kann ein Rutschen zwischen dem Schaft des inneren Rollenkörpers und dem äußeren, schwammartigen Rollenmaterial minimiert sein, während zur selben Zeit die einfache Entfernung und das einfache Wiederaufbringen von Rollenmaterial von dem bzw. auf den Rollenträger **780** gefördert wird. In dieser Hinsicht kann geeignetes Rollenmaterial aus PVA-Rollen bestehen, erhältlich von der Meracel Company aus New Jersey.

[0090] Bevorzugte beispielhafte Ausführungsformen der Ausbildung und des Betriebs der Spülstation **106** werden nun unter Bezugnahme auf die Fig. 1A, 2A und 11 – 14 beschrieben. Im einzelnen wird jedes Werkstück, wenn es aus der Reinigungsstation **104** herauskommt, in der Spülstation **106** aufgenommen. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist der Luftspalt zwischen der Reinigungsstation **104** und der Spülstation **106** relativ klein, z.B. etwa 4,8 mm (3/16 Zoll), so daß gewährleistet wird, daß das Wafer-Werkstück zwischen dem Reinigungs- und dem Spülprozeß nicht wesentlich trocknet. Allgemein ist die Spülstation **106** zur Aufnahme von Werkstücken in einer seriellen Weise, zum gründlichen Spülen jedes Werkstücks mit einer oder mehreren Spül-Lösungen wie deionisiertem Wasser und zum Halten jedes gespülten Werkstücks für eine Handhabungsvorrichtung **108** ausgebildet, die danach das gespülte Werkstück zur Schleuder-Trocknungsstation **110** (vergl. Fig. 1A) transportiert. Insbesondere umfaßt eine bevorzugte beispielhafte Ausführungsform der Spülstation **106** einen oberen Abschnitt **1002**, einen unteren Abschnitt **1004**, der mit dem oberen Abschnitt **1002** verbunden ist, und ein Tragegestell **1006**, das zum Verbinden des unteren Abschnitts **1004** mit der Maschine **100** ausgebildet ist.

[0091] Der obere Abschnitt **1002** wird über dem unteren Abschnitt **1004** durch aufrechtstehende Klammern **1008** und **1010** so gehalten, daß ein Eingangsdurchgang **1012** (vergl. Fig. 13) zwischen den Klammern **1008** und **1010** definiert wird. Der Eingangsdurchgang **1012** ist geeigneterweise in der Nähe der Eingangs-Seitenkanten des oberen und des unteren Abschnitts **1002** und **1004** angeordnet. Werkstücke durchlaufen den Eingangsdurchgang **1012**, wenn sie von der Reinigungsstation **104** zur Spülstation **106** gelangen. Bei der bevorzugten Ausführungsform ist eine Anzahl anfänglicher Spül-Strahleinrichtungen (in den Figuren nicht sichtbar) geeigneterweise am oberen Abschnitt **1002** und/oder am unteren Abschnitt **1004** in der Nähe des Eingangsdurchgangs **1012** angeordnet, um sofort mit dem Spülen des Werkstückes zu beginnen und ein Trocknen des Werkstückes zu vermeiden. Bei einer beispielhaften Ausführungsform sind die anfänglichen Fluid-Strahleinrichtungen innerhalb des oberen Abschnitts **1002** oder nahe der Säule, die in Fig. 12 mit der Bezugsziffer **1013** bezeichnet ist, angeordnet. Die anfängli-

chen Spül-Strahleinrichtungen können so ausgebildet sein, daß sie das Spülfluid in irgendeinem geeigneten Winkel relativ zu der oberen Fläche **1014** des unteren Abschnitts **1004** ausrichten. Bevorzugt richten die anfänglichen Spül-Strahleinrichtungen das Fluid etwa senkrecht auf die obere Fläche **1014** oder unter einem vorwärts gerichteten Winkel relativ zu dem Eingangsweg des Werkstücks. Ein solcher nach vorne gerichteter Winkel ist in **Fig. 11** als Pfeil **1016** bezeichnet.

[0092] Wenn ein Werkstück **122** aus der Reinigungsstation **104** entnommen wird – es wird insbesondere auf **Fig. 1A** und **11** Bezug genommen –, ist die Bewegungsebene des Werkstücks **122** im wesentlichen durch die Ebene **123** definiert. Wie am besten in **Fig. 11** zu sehen ist, liegt die Ebene **123** etwas über der oberen Fläche **1014** des unteren Abschnitts **1004** (z.B. 5–20 mm und bevorzugt etwa 10 mm). Das Fluid (nicht dargestellt), das von einer Mehrzahl unterer Strahleinrichtungen **1018** ausgestoßen wird, trägt das Werkstück **122**, wenn es von der Reinigungsstation **104** zu der Spülstation **106** verbracht wird. Das Fluid von unteren Strahleinrichtungen **1018** spült auch die untere Fläche des Werkstücks **122** während des Transportierens und Spülens. Es kann mindestens ein Fluidzuführungsanschluß **1020** geeigneter Ausbildung eingesetzt werden, um Fluid von einer äußeren Quelle dem unteren Abschnitt **1004** zuzuführen. Bevorzugt steht der Fluidzuführungsanschluß **1020** mit einer Verteilungs-Verzweigung (nicht dargestellt) in Verbindung, die im unteren Abschnitt **1004** gebildet ist; die Verteilungs-Verzweigung schafft eine Flüssigkeitsverbindung der unteren Strahleinrichtungen **1018** miteinander.

[0093] Der obere Abschnitt **1002** kann eine Mehrzahl oberer Strahleinrichtungen (in den **Fig.** nicht zu sehen) aufweisen, die zum Richten des Spülfluids auf die obere Fläche des Werkstücks **122** während eines Übergangs von der Reinigungsstation **104** und während des Spülprozesses ausgebildet sind. Bei der bevorzugten, beispielhaften Ausführungsform sind die oberen Strahleinrichtungen im wesentlichen entlang eines Pfeiles **1016** ausgerichtet, um das Werkstück vollständig nach vorne in die Spülstation **106** zu drücken. Bevorzugt richten die oberen Strahlen Fluid in einem Winkel von etwa 10 – 60° relativ zum oberen Abschnitt **1002** aus. Um sicherzustellen, daß das Werkstück geeignet zu der Spülposition innerhalb der Spülstation **106** geführt wird, kann der untere Abschnitt **1004** irgendeine Anzahl Waferführungen **1022** aufweisen. Bei der veranschaulichten Ausführungsform sind die Waferführungen **1022** als Wandungen aus Vollmaterial in der Nähe der äußeren, sich gegenüberliegenden Kanten des unteren Abschnitts **1004** ausgebildet. Die Waferführungen **1022** sind bevorzugt so ausgebildet und bemessen, daß die Ebene **123** unterhalb der Ausdehnung nach oben der Waferführungen **1022** liegt.

[0094] Der untere Abschnitt **1004** enthält bevorzugt mindestens einen Zentrierungsstift **1024**, der zum

Festhalten des Werkstücks **122** innerhalb eines Spülbereichs der Spülstation **106** ausgebildet ist. Der Spülbereich kann als die am weitesten vorne liegende Position definiert sein, die das Werkstück **122** innerhalb der Spülstation **106** erreichen kann. Im einzelnen berührt das Werkstück **122** den Zentrierungsstift **124**, wenn es eine vorbestimmte Strecke nach vorne zurückgelegt hat. Wenn ein Werkstück – es wird insbesondere auf **Fig. 11** Bezug genommen – in der Spülstation **106** im wesentlichen zentriert und von dem Trägerfluid, das von den unteren Strahleinrichtungen **1018** (vgl. **Fig. 14**) ausgestoßen wird, getragen wird, wird gesagt, daß das Werkstück vollständig von der Reinigungsstation **104** übergegangen ist und innerhalb des Spülbereichs liegt. An diesem Punkt wird bewirkt, daß sich die Spülstation **106** nach unten verkippt, wobei sie von der Horizontalebene um einen Winkel in dem Bereich von 10°–50°, und am meisten bevorzugt etwa 30°, abweicht. Wie in **Fig. 11** dargestellt ist, wird ein Verkipps-Steuermechanismus **1026**, z.B. ein mit einem Solenoid betriebener Auslegerarm, aktiviert, um die Spülstation **106** in die verkippte Lage zu bringen.

[0095] In der verkippten Lage wird Spülfluid sowohl der oberen Fläche als auch der unteren Fläche des Werkstücks zugeführt. Obere Strahleinrichtungen und untere Strahleinrichtungen **1018** sind bevorzugterweise mit Druck beaufschlagt, um einen geeigneten Strom an Fluid, wie deionisiertes Wasser, an das Werkstück abzugeben. Es ist hervorzuheben, daß der Werkstückdurchsatz durch gleichzeitiges Spülen sowohl der oberen als auch der unteren Fläche jedes Werkstücks erhöht werden kann. Darüber hinaus können die Positionen der oberen Strahleinrichtungen und der unteren Strahleinrichtungen **1018** geeigneterweise relativ zu der oberen Fläche des Werkstücks so angeordnet sein, daß die gesamte Fläche des Werkstücks und der äußere Rand des Werkstücks wirksam gespült werden. Bei einer bevorzugten, beispielhaften Ausführungsform werden bei der Spülstation **106** etwa **256** einzelne Fluid-Strahleinrichtungen eingesetzt, die die Werkstücke tragen, transportieren und spülen. Die Vielzahl an Strahleinrichtungen fördert ein gleichmäßiges Spülen und eine verbesserte Flächenabdeckung des Werkstücks.

[0096] In einer bevorzugten Ausführungsform wird Spülfluid auf die obere Fläche mit einer Rate in dem Bereich von 0,1–20 l/min aufgebracht, und am meisten bevorzugt etwa 4–5 l/min; ähnlicherweise wird Spülfluid auf die untere Fläche bei einer Rate in dem Bereich von 0,1–10 l/min, und am meisten bevorzugt etwa 1,5 l/min, aufgebracht. Die einzelnen Strahlen sind bevorzugt so bemessen und ausgebildet, daß sie einen im wesentlichen gleichmäßigen Fluiddruck während des Spülprozesses bereitstellen. Die Maschine **100** steuert die Zuführung für Spülfluid so, daß Fluid aufbewahrt wird, wenn der Spülzyklus beendet ist.

[0097] Bei Beendigung des Spülvorgangs wird die

dann verkippte Spülstation **106** zurück in die horizontale Lage gebracht, wonach eine Handhabungsvorrichtung **108** das gespülte Werkstück entnimmt und das Werkstück zur Schleuder-Trocknungsstation **110** verbringt. Es ist hervorzuheben, daß die Handhabungsvorrichtung **108** und die Spülstation **106** alternativ so ausgebildet sein können, daß das Werkstück aus der Spülstation **106** entnommen wird, während die Spülstation **106** in der verkippten Lage ist.

[0098] Zum Vereinfachen eines Zusammenwirkens mit der Handhabungsvorrichtung **108** – es wird auf **Fig. 11** und **14** Bezug genommen – kann der untere Abschnitt **1004** der Spülstation **106** eine darin ausgebildete bogenförmige Ausnehmung **1028** aufweisen. Die Ausnehmung **1028** ist so ausgebildet, daß sie einen Abschnitt der Handhabungsvorrichtung **108** aufnimmt, wenn die Spülstation **106** in der horizontalen Lage ist. Wenn das Werkstück vollständig vorne innerhalb der Spülstation **106** angeordnet ist, liegt die Ausnehmung **1028** unterhalb des Werkstücks.

[0099] Die Handhabungsvorrichtung **108** – es wird nun auf **Fig. 15** und **16** und weiter auf **Fig. 14** Bezug genommen – weist geeigneterweise einen bogenförmigen Arm **1500** auf, der zur Entnahme eines gespülten Werkstücks aus der Spülstation **106** und zum Verbringen des Werkstücks zur Schleuder-Trockenstation **110** ausgebildet ist. Bei der bevorzugten Ausführungsform umfaßt die Schleuder-Trockenstation **110** mindestens zwei Schleuder-Trockeneinrichtungen **111** und **113**. Der Einsatz der Spülstation **106**, der Handhabungsvorrichtung **108** und der dualen Schleuder-Trockenstation **110** gemäß der vorliegenden Erfindung fördert weiter die Erhöhung des Werkstück-Durchsatzes durch die Maschine **100**.

[0100] Die Handhabungsvorrichtung **108** weist bevorzugt eine Basis **1512** auf, die mit der Maschine **100** verbunden ist. Ein Schwingarm **1506** ist bevorzugt mit der Basis **1512** so verbunden, daß er sich um eine im wesentlichen vertikale Drehachse drehen kann. Wie in **Fig. 16** dargestellt ist, sind eine erste und eine zweite Transportsektion **1502** und **1504** an dem freien Ende des Schwingarms **1506** angeordnet. Die Basis **1512** kann irgendeine Anzahl herkömmlicher elektromechanischer Komponenten zum Drehen und Anheben des Schwingarms **1506** gemäß einem Betriebsprotokoll, das von dem Manipulator **108** eingesetzt wird, aufweisen.

[0101] Der Arm **1500** umfaßt bevorzugt eine erste Werkstücktransportsektion **1502** und eine zweite Werkstücktransportsektion **1504**, die allgemein als gegenüberliegenden Seiten des Armes **1500** angeordnet sind. Die erste und die zweite Transportsektion **1502** und **1504** sind so bemessen, daß sie in die Ausnehmung **1028** (vgl. **Fig. 14**) und unter das Werkstück passen, das in der Spülstation **106** liegt. Obwohl die erste und die zweite Transportsektion **1502** und **1504** zur Aufnahme in der Ausnehmung **1028** ausgebildet sind, kann der Schwingarm **1506** (verbunden mit dem bogenförmigen Arm **1500**) nicht unter das Werkstück gelangen, wenn es in der abge-

senkten Lage ist. Bei abgesenkter Lage bewirkt beispielsweise die Handhabungsvorrichtung **108**, daß der Schwingarm **1506** sich um eine vertikale Drehachse **1508** dreht, so daß die erste Transportsektion **1502** in der Ausnehmung **1028** und unter dem Werkstück liegt.

[0102] Als nächstes bewirkt die Handhabungsvorrichtung **108**, daß sich der Schwingarm **1506** entlang der Richtung anhebt, die von der Achse **1508** definiert wird. Ein erstes Saugkissen **1510**, das der ersten Transportsektion **1502** zugeordnet ist, kann aktiviert werden, um das Werkstück an der ersten Transportsektion **1502** während des Verbringens von der Spülstation **106** zur Schleuder-Trocknungsstation **110** schonend zu befestigen. Eine typische Lage für ein Werkstück **122**, das auf der ersten Transportsektion **1502** angeordnet ist, ist in **Fig. 16** mit Scheinlinien veranschaulicht. Der Schwingarm **1506** wird geeigneterweise auf eine Höhe angehoben, die ausreicht, um es dem Schwingarm **1506** und dem Werkstück **122** zu gestatten, zwischen dem oberen Abschnitt **1002** und dem unteren Abschnitt **1004** der Spülstation **106** hindurchzutreten. Danach dreht sich der Schwingarm **1506**, um das Werkstück auf z.B. der ersten Schleuder-Trockeneinrichtung **111** abzusetzen. Der Schwingarm **1506** kann geeigneterweise den bogenförmigen Arm **1500** auf die erste Schleuder-Trockeneinrichtung **111** absenken und sich in eine vorbestimmte Warteposition zwischen der Schleuder-Trockenstation **110** und der Spülstation **106** drehen.

[0103] Bei der bevorzugten Ausführungsform kann die Handhabungsvorrichtung **108** pausieren, bis das nächste Werkstück von der Spülstation **106** vollständig gespült ist. Wenn das nächste Werkstück für eine Schleuder-Trocknung fertig ist, bewirkt die Handhabungsvorrichtung **108**, daß die zweite Transportsektion **1504** sich unter das Werkstück bewegt, und die anhand des vorhergehenden Werkstücks oben beschriebene Prozedur wird wiederholt, bis das Werkstück auf der zweiten Schleuder-Trockeneinrichtung **113** abgesetzt ist. Der Einsatz von zwei Transportsektionen ermöglicht es für die Handhabungsvorrichtung **108**, von einer relativ einfachen Ausführung mit nur einer Drehachse und mit einem begrenzten Drehbereich zu sein. Zusätzlich kann die Handhabungsvorrichtung **108** durch einen "stummen" Roboter verwirklicht sein, der keine interaktiven Sensoren oder komplexen Steuerabläufe hat. Folglich kann die Handhabungsvorrichtung **108** verlässlich und robust betrieben werden, um eine große Menge an Werkstücken ohne Wartung oder Beaufsichtigung zu behandeln.

[0104] Fachleute werden erkennen, daß irgendein geeigneter Betätigungsmechanismus, ein Steuersystem, ein Motor und ähnliches bei einer praktischen Verwirklichung der Handhabungsvorrichtung **108** eingesetzt werden können. Dementsprechend müssen besondere Betriebselemente der Handhabungsvorrichtung **108** hier nicht im Detail beschrieben werden.

[0105] Eine andere Ausführungsform der Spülstation **106** ist unter Bezugnahme nunmehr auf die **Fig. 17 – 20** veranschaulicht. Die Ausführungsform der Spülstation **106** weist geeigneterweise einen ersten Spülring **1102** und einen zweiten Spülring **1104** auf, deren jeder auf einem Pendelarm **1106** befestigt ist. Im Betrieb verschiebt sich der Pendelarm **1106** alternierend vor und zurück von einer linken Position (wie in **Fig. 2B** gezeigt ist) zu einer rechten Position (wie in **Fig. 18** gezeigt ist). Als Ergebnis des alternierenden Verschiebebetriebs von links nach rechts der Pendeleinrichtung **1106** kann ein Werkstück, getragen von dem Spülring **1102**, Position A (wenn die Pendeleinrichtung **1106** in der linken Position, dargestellt in **Fig. 2B**, ist) oder Position B (wenn die Pendeleinrichtung **1106** in der rechten Position, gezeigt in **Fig. 18**, ist) einnehmen; analog kann das Werkstück, getragen von dem Spülring **1104**, Position B (wenn die Pendeleinrichtung **1106** in der linken Position, gezeigt in **Fig. 2B**, ist) oder Position C (wenn die Pendeleinrichtung **1106** in der rechten Position, gezeigt in **Fig. 18**, ist) einnehmen.

[0106] Die duale Spülringeinrichtung – es wird insbesondere auf **Fig. 17 – 20** Bezug genommen – fördert einen erhöhten Werkstück-Durchsatz durch Entnehmen eines Werkstücks aus der Reinigungsstation **104**, während ein zuvor entnommenes Werkstück gespült wird. Bei der bevorzugten Ausführungsform weist jede jeweilige Spülringeinrichtung **1102**, **1104** geeigneterweise einen Ringkörper **1108** auf, der an dem Pendelarm **1106** angebracht ist. Der Ringkörper **1108** weist geeigneterweise eine Fluidverzweigung **1110** auf, die mit jeweiligen Fluidzuführungsanschlüssen **1112A**, **1112B** und **1112C** in Verbindung steht. Die Verzweigung **1110** ist vorteilhafterweise mit einer Mehrzahl Strahleinrichtungen **1114** ausgebildet, die etwa in einer im wesentlichen horizontalen Fläche **1116** des Ringkörpers **1108** angeordnet sind. Die Fluidzuführungsanschlüsse **1112** fördern Fluid in die innere Region der Verzweigung **1110**, so daß Fluid von jeweiligen Strahleinrichtungen **1114** bei einem(r) im wesentlichen gleichmäßigen Druck und Strömung über den Abschnitt, der von der Fläche **1116** definiert ist, ausgestoßen wird.

[0107] Wenn ein Werkstück **122** aus der Reinigungsstation **104** – es wird insbesondere auf **Fig. 17B** und **19A** Bezug genommen – entnommen wird, ist die Ebene des Verbringens des Werkstücks im wesentlichen durch die Ebene **123** definiert. Wie am besten in **Fig. 19A** zu sehen ist, liegt die Ebene **123** etwas oberhalb (z.B. 5 – 20 mm und bevorzugt etwa 10 mm) der horizontalen Fläche, die von der Oberfläche **1116** des Ringkörpers **1108** definiert ist. Das Fluid (nicht dargestellt) das aus den Strahleinrichtungen **1114** ausgestoßen wird, trägt das Werkstück **122**, wenn das Werkstück von dem Schrubbehälter aus zu dem Spülring verbracht wird.

[0108] Das Werkstück ist – es wird nun auf **Fig. 18** und **20** Bezug genommen – im wesentlichen gegen-

über der Verzweigung **1110** zentriert, und zwar durch Zusammenwirken der jeweiligen Waferführungen **1122**, **1124** und jeweiliger Zentrierungsstifte **1118**, **1120**, wenn jedes Werkstück von der Reinigungsstation **104** zu dem jeweiligen Spülring entlang des Pfeiles **1126** verbracht wird. Obwohl der äußere Rand jedes Werkstücks die Waferführungen **1122**, **1124** und/oder einen oder beide Zentrierungsstifte **1118**, **1120** sanft berühren kann, kann der mechanische Kontakt zwischen den Flächen des flachen Werkstücks und dem Spülringkörper **1108** im wesentlichen vermieden werden.

[0109] Wenn ein Werkstück – es wird insbesondere auf **Fig. 17B** und **19A** Bezug genommen – im wesentlichen in dem Spülring zentriert ist und von dem Trägerfluid getragen wird, das aus den Strahleinrichtungen **1114** (**Fig. 20**) ausgestoßen wird, wird gesagt, daß das Werkstück vollständig von der Schrubstation **104** übertragen worden ist und in der Spülstation aufgenommen worden ist. An diesem Punkt pendelt die Pendeleinrichtung **1106** (**Fig. 18**) in die nächste Position, so daß der andere Spülring ein Werkstück von der Reinigungsstation **104** aufnehmen kann. Beim Pendeln von der rechten Position zu der linken Position (oder umgekehrt) wird bewirkt, daß der Spülring **1102** (oder alternativ der Spülring **1104**) sich nach unten verkippt, wie in **Fig. 17B** und **19A** gezeigt ist, abweichend von der horizontalen Ebene um einen Winkel in dem Bereich von 10° – 50°, und am meisten bevorzugt etwa 30°. In dieser Position wird Spülfluid sowohl der oberen Fläche als auch der unteren Fläche des Werkstücks zugeführt. Insbesondere – gegenwärtig wird auf **Fig. 19B** Bezug genommen – ist eine erste Fluiddüse **1202** geeigneterweise zum Abgeben von Spülfluid an die obere Fläche des Werkstücks im wesentlichen entlang des Pfeiles **1204** ausgebildet. Eine zweite Spüldüse **1206** ist geeigneterweise zum Abgeben von Spülfluid an die untere Fläche des Werkstücks im wesentlichen entlang des Pfeiles **1208** ausgebildet.

[0110] Bei dieser Ausführungsform der Spülstation **106** kann der Durchsatz durch gleichzeitiges Spülen sowohl der oberen als auch der unteren Fläche jedes Werkstücks erhöht werden.

[0111] Darüber hinaus kann durch Orientieren der ersten Spüldüse **1202** gegenüber der oberen Fläche des Werkstücks, wie in **Fig. 19B** dargestellt ist, der äußere Rand des Werkstücks ebenso wirksam gespült werden. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird Spülfluid auf die obere Fläche bei einer Rate in dem Bereich von 0,1 – 20 l/min, und am meisten bevorzugt etwa 4 – 5 l/min, aufgebracht; ähnlich wird Spülfluid vorteilhafterweise auf die untere Fläche bei einer Rate in dem Bereich von 0, 1 – 10 l/min, und am meisten bevorzugt etwa 1,5 l/min, aufgebracht.

[0112] Bei Beendigung des Spülvorgangs wird die dann verkippte Spülringeinrichtung zurück in die horizontale Lage bewegt, wonach die erste Transferstation **107** das gespülte Werkstück entnimmt und das

Werkstück zu der Schleuder-Trockenstation **110** verbringt; alternativ kann die erste Transferstation **107** geeigneterweise das gespülte Werkstück aus dem Spülring entnehmen, während der Spülring in der verkippten Position ist.

[0113] Die erste Transferstation **107** – es wird erneut auf **Fig. 1B** und **2B** Bezug genommen – weist geeigneterweise einen Roboterarm **109** auf, der zur Entnahme eines gespülten Werkstücks aus dem Spülring **1104** und zum Verbringen des Werkstücks zur Schleuder-Trockeneinrichtung **111** ausgebildet ist. Eine ähnliche Roboter-Einrichtung (nicht dargestellt) ist in der Übertragungsstation **107** angeordnet und zur Entnahme eines gespülten Werkstücks aus dem Spülring **1102** (wenn der Spülring **1102** in der Position A ist, wie in **Fig. 2B** gezeigt) und zum Verbringen des Werkstücks zur Schleuder-Trockeneinrichtung **113** ausgebildet. Der Einsatz von zwei Spülringen, Transfereinrichtungen und Schleuder-Trockenstationen gemäß der vorliegenden Erfindung fördert weiter einen erhöhten Werkstück-Durchsatz durch die Maschine **100**.

[0114] Die Ausbildung und der Betrieb einer bevorzugten, beispielhaften Ausführungsform jeweiliger Schleuder-Trockeneinrichtungen **111** und **113** wird nun im Zusammenhang mit **Fig. 21 – 24** beschrieben. Für Fachleute ist es ersichtlich, daß die vorliegende Erfindung zusammen mit irgendeiner Anzahl von Schleuder-Trockeneinrichtungen eingesetzt werden kann, die hinsichtlich der hierin gezeigten und beschriebenen Anzahl abweicht.

[0115] Jede Schleuder-Trockeneinrichtung **111** und **113** umfaßt geeigneterweise eine Schleuderplattform **1600**, die zum Halten des Werkstücks bei seinem Schleuder-Trocknen ausgebildet ist. Insbesondere weist die Plattform **1600** geeigneterweise eine flache obere Fläche **1602** mit einer Mehrzahl (z.B. drei oder fünf) Schlitze **1610** auf, die durch die scheibenförmige Plattform **1600** hindurchverlaufen. Die untere Fläche der Plattform **1600** weist geeigneterweise eine Nabe **1606** mit einem zylindrischen Hohlraum **1604** zur Aufnahme einer Antriebswelle (nicht dargestellt) auf; die Antriebswelle ist geeigneterweise mit einem unten diskutierten Schleuder-Motor zum Drehen der Trägerplattform **1600** verbunden. Geeigneterweise ist in jedem Schlitz **1610** eine Halterung **1800** angeordnet, die zum Einklemmen eines Werkstücks während der Drehung der Schleuderplattform **1600** ausgebildet ist, wie unten mehr im Detail beschrieben wird. Bei einer bevorzugten, beispielhaften Ausführungsform werden fünf Halterungen **1800** so eingesetzt, daß die Schleuder-Trockeneinrichtungen **111** und **113** für herkömmliche runde Wafer-Werkstücke oder im wesentlichen runde Wafer-Werkstücke mit einem Abschnitt mit gerader Kante eingesetzt werden können. Eine andere Ausführungsform mit nur drei Halterungen **1800** kann, obwohl sie für runde Wafer-Werkstücke geeignet ist, nicht wirksam einen Wafer mit gerader Kante festklemmen, wenn der gerade Abschnitt auf eine der Halterungen **1800** ausgerichtet

ist.

[0116] Jede Halterung **1800** weist geeigneterweise einen oberen Körperabschnitt **1802**, einen unteren Körperabschnitt **1804**, einen Schwenkarm **1810**, eine Wafer-Klemme **1806**, einen Knopf **1808** und einen Federsitz **1812** auf. Jede Halterung **1800** ist geeigneterweise schwenkbar in jedem jeweiligen Schlitz **1610** durch irgendeinen geeigneten Mechanismus befestigt, beispielsweise dadurch, daß ein Schwenkzapfen **1810** durch entsprechende Schwenk-Stützeinrichtungen (nicht dargestellt) in der Plattform **1600** hindurchverläuft.

[0117] Während des Betriebs der Schleuderplattform **1600**, d.h. wenn die Schleuderplattform **1600** schleudert, ist das Äußere des Werkstücks **122** geeignet durch jeweilige Halterungen **1800** festgeklemmt. Im einzelnen ist eine geeignete Feder **1608** so ausgebildet, daß die Halterung **1800** so vorgespannt wird, daß die Waferklemme **1806** nach oben gedrückt wird; dadurch wird jede Waferklemme auch nach innen gedrückt und hält das Werkstück **122** sicher am Platz, wie in **Fig. 22** dargestellt ist. Wenn es gewünscht ist, ein getrocknetes Werkstück von der Schleuderplattform **1600** abzunehmen und ein neues, vor kurzem gespültes Werkstück auf die leere Schleuderplattform **1600** aufzusetzen, ist eine jeweilige Knopfbetätigungseinrichtung **1704**, die in der Nähe einer jeden der Halterungen **1800** angeordnet ist, so ausgebildet, daß sie nach oben entlang des Pfeiles **1702** verläuft und die Unterseite der Halterung **1800** berührt, allgemein wie durch den Pfeil **1702** angegeben. Als Ergebnis wird der Federkraft, die von der Feder **1608** ausgeübt wird, entgegengewirkt, so daß jede Waferklemme **1806**, die einer jeden Halterung **1800** zugeordnet ist, radial nach außen gedrückt wird, wodurch es dem Werkstück **122** gestattet wird, nach unten zu fallen, getragen nur durch die jeweiligen Knöpfe **1808**. In diesem Zusammenhang ist jeder jeweilige Knopf **1808** geeigneterweise aus einem weichen, nachgiebigen Material hergestellt, das die untere Fläche des Werkstücks **122** nicht beschädigt. Wenn sich die Waferklemmen in dieser zurückgezogenen Position befinden, entnimmt ein Transfermechanismus **112** (vgl. **Fig. 1A** und **2A**) das Werkstück und verbringt es zur Entladestation **114**.

[0118] Während ein Werkstück getrocknet oder von der Schleuder-Trockeneinrichtung **111**, **113** zur Entladestation **114** verbracht wird, kann ein zweites Werkstück durch die Handhabungsvorrichtung **108** gehandhabt werden. Bei der anderen Ausführungsform, die oben beschrieben ist, kann die erste Transferstation **107** dann ein vor kurzem gespültes Werkstück der Spülstation **106** entnehmen und das Werkstück zur Schleuderplattform **1600** verbringen. Im einzelnen setzt die Handhabungsvorrichtung (oder die erste Übertragungsstation **107**) bei jeweiligen Waferklemmen **1806** in ihren zurückgezogenen, nicht klemmenden Positionen ein Werkstück auf die Schleuderplattform **1600**, getragen nur durch die je-

weiligen Knöpfe **1808**. Als nächstes werden die Knopfbetätigungsverrichtungen **1704** nach unten bewegt, so daß jede jeweilige Feder **1608** bewirkt, daß jede Halterung **1800** um einen Schwenkzapfen **1810** schwenkt, so daß die jeweiligen Waferklemmen **1806** radial nach innen gedrückt werden, wodurch das Werkstück eingeklemmt wird. Die jeweiligen Knopfbetätigungsverrichtungen **1704** können durch irgendeinen gewünschten Mechanismus, beispielsweise pneumatisch, nach oben und nach unten gebracht werden. Die abgeschrägte Ausbildung der jeweiligen Klemmen **1806** gestattet es, daß die Klemmen das Werkstück geringfügig von den Knöpfen abheben, geeigneterweise um einen Kontakt zwischen dem Werkstück und den Knöpfen während des Schleudervorgangs zu verhindern.

[0119] In dieser anfänglich eingeklemmten Position beginnt die Schleuderplattform **1600**, angetrieben von dem Antriebsmotor (nicht dargestellt), der unten diskutiert wird, mit relativ niedrigem UPM-Wert (z.B. in dem Bereich von 500 UPM) zu schleudern. Wenn einmal eine gewünschte zweite Klemm-Schleudergeschwindigkeit erreicht ist, bewirkt die Zentrifugalkraft, daß jede Halterung **1800** um den Schwenkzapfen **1810** weiter schwenkt, so daß die jeweiligen Waferklemmen **1806** das Werkstück sicherer halten.

[0120] Bei der bevorzugten Ausführungsform umfaßt jede Schleuder-Trockeneinrichtung **111**, **113** eine Abschirmungseinrichtung **1820**, die so ausgebildet ist, daß sie die jeweilige Plattform **1602** im wesentlichen umgibt. Während des Schleuder-Trocknungsvorgangs, d.h. wenn das vor kurzem gespülte Werkstück bei hoher Geschwindigkeit geschleudert wird, um Wasser von den Oberflächen des Werkstücks zu entfernen, werden jeweilige Abschirmungseinrichtungen **1820** vorteilhafterweise angehoben, um zu vermeiden, daß Fluid oder Schutt, das (der) von dem Werkstück und der Schleuder-Trockeneinrichtung **111**, **113** abgeworfen oder auf andere Weise freigesetzt wird, trockene Wafer in der Entladestation **114** oder Wafer, die gerade von der Nachbar-Schleuder-Trockeneinrichtung behandelt werden, verunreinigt. Dementsprechend ist die Abschirmungseinrichtung **1820** geeigneterweise aus einem Material gebildet, das im wesentlichen für Reinigungs- und Spülfluids, -verbindungen und andere Chemikalien, die bei der Maschine **100** eingesetzt werden, undurchlässig ist.

[0121] **Fig. 24** zeigt eine Abschirmungseinrichtung **1820** in einer abgesenkten Position (durchgezogene Linien) und in einer angehobenen Position (Scheitlinien). Die Abschirmungseinrichtung **1820** umfaßt bevorzugt eine äußere obere Kante **1822**, die während des Schleuder-Trocknungsprozesses in einer geeigneten Höhe über der Schleuderplattform **1600** liegt. Nachdem der Schleuder-Trocknungsprozeß beendet ist, wird die obere Kante **1822** auf eine Höhe unterhalb der oberen Fläche **1602** der Schleuderplattform **1600** abgesenkt. Bei der bevorzugten Ausführungsform hebt sich die obere Kante **1822** etwa 25,4 mm

(1 Zoll) über die obere Fläche **1602** der Schleuderplattform **1600**. Die genaue Höhe kann abhängig von der Schleudergeschwindigkeit, der Anordnung der Nachbar-Komponenten der Maschine **100** oder dem Ausmaß an gewünschtem Schutz variieren. Die Abschirmungseinrichtung **1820** kann durch irgendeine Anzahl geeigneter Betätigungsmechanismen **1823** angehoben und abgesenkt werden, wie einen Solenoiden oder eine pneumatische Hebevorrichtung. Die Betätigungsmechanismen **1823** können gemäß Zeitablaufprotokollen gesteuert werden, die der jeweiligen Schleuder-Trockeneinrichtung **111**, **113** zugeordnet sind.

[0122] Die Abschirmungseinrichtung **1820** hat bevorzugt eine zylindrische Form; die Schleuderplattform **1600** ist bevorzugt rund. Wie in **Fig. 21** dargestellt ist, können die Abschirmungseinrichtung **1820** und die Schleuderplattform **1600** im wesentlichen konzentrisch sein, was einen wirksamen Schutz der umgebenden Werkstücke und Komponenten der Maschine **100** vereinfacht und dazu beiträgt, die Größe der Maschine **100** zu vermindern. Jede der jeweiligen Schleuder-Trockeneinrichtungen **111**, **113** – gegenwärtig wird auf **Fig. 2B** Bezug genommen – kann alternativ zur Unterbringung in einer Schleuder-Trocknungskammer **1840** ausgebildet sein. Im einzelnen können eine erste Tür **1842** und eine zweite Tür **1844** geeigneterweise ausgebildet sein, um zu öffnen (z.B. durch Bewegen vertikal nach oben, vertikal nach unten oder in irgendeiner bequemen Weise), um es dem Roboterarm, der der ersten Transferstation **107** zugeordnet ist, zu gestatten, ein Werkstück von der Spülstation **106** auf die Schleuder-Trocknungsplattform zu verbringen. Analog kann eine zweite Tür **1844** ausgebildet sein zu öffnen, um es für eine zweite Transferstation **112** zu ermöglichen, ein getrocknetes Werkstück nach einer Schleuder-Trocknung von der Schleuder-Trockenplattform zur Entladestation **114** zu verbringen. Jedoch sind während des Schleuder-Trocknungsvorgangs, d.h., wenn das zuletzt gespülte Werkstück bei hoher Geschwindigkeit geschleudert wird, um Wasser von den Oberflächen des Werkstücks zu entfernen, jeweilige Türen **1842** und **1844** vorteilhafterweise geschlossen.

[0123] Jeweilige Schleuder-Trockeneinrichtungen **111** und **113** weisen einen Motor (nicht dargestellt) auf, der zum Drehen der Schleuderplattform **1600** und des davon getragenen Werkstücks bei hoher Geschwindigkeit ausgebildet ist, um dadurch Fluid von dem Werkstück zu entfernen. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist ein im wesentlichen lineare Steigung vorgesehen, und zwar im Gegensatz zu den Techniken mit schrittweiser Steigung, die im Stand der Technik üblich sind. Beispielsweise ist die gesamte Beschleunigungssteigung, obwohl das Werkstück anfänglich für einen relativ niedrigen UPM-Wert (z.B. 200–1000 UPM) eingeklemmt wird, im wesentlichen linear von 0 zu der oberen Betriebsgeschwindigkeit. Bei einer bevorzugten Ausführungs-

form wird die Schleudereinrichtung bis in den Bereich 3000–5000 UPM, und am meisten bevorzugt etwa 4000 UPM, beschleunigt. Somit wird gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform eine im wesentlichen lineare Steigung von etwa der Ruheposition auf 4000 UPM vorgesehen.

[0124] Die Schleudereinrichtung **111**, **113** vollzieht eine Steigung von dem Punkt, bei dem das Werkstück sicher an der Schleuderplattform festgeklemmt ist (z.B. 500 UPM) auf etwa 4000 UPM in einem Bereich von 4–30 Sekunden, und am meisten bevorzugt etwa 6–8 Sekunden. Wenn einmal die obere Geschwindigkeit (z.B. 4000 UPM) erreicht ist, wird sie für einen Bereich von 4–20 Sekunden, und am meisten bevorzugt etwa 10 Sekunden, aufrechterhalten. Danach wird eine im wesentlichen lineare Steigung eingesetzt, um die Schleudereinrichtung abzubremesen. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird das Abbremsen in etwa 4–30 Sekunden, und am meisten bevorzugt etwa 6–8 Sekunden, bewirkt.

[0125] Gemäß einer anderen Ausführungsform wird die Schleuder-Trockeneinrichtung **111**, **113** geeigneterweise aus der Ruheposition auf etwa die zweite Klemmggeschwindigkeit bei einer ersten Beschleunigung beschleunigt, beispielsweise in dem Bereich von 20–1000, und am meisten bevorzugt etwa 250–300 UPM/s/s. Bei einer anderen Ausführungsform tritt diese ursprüngliche Beschleunigung geeigneterweise bis zur zweiten Klemmggeschwindigkeit in dem Bereich von 0,5–5 Sekunden auf, und am meisten bevorzugt in dem Bereich von 1–2 Sekunden. Danach, wenn das Werkstück einmal von der Schleudereinrichtung **111**, **113** sicher festgeklemmt ist, beschleunigt die Einrichtung von der Klemmggeschwindigkeit (z.B. 500 UPM) bis zur oberen Geschwindigkeit (z.B. 4000 UPM) bei einer im wesentlichen linearen (aber etwas höheren) Beschleunigung. Beispielsweise kann die Schleudereinrichtung von 500–4000 UPM in dem Bereich von 0,5–10 Sekunden und am meisten bevorzugt in dem Bereich von etwa 1–2 Sekunden beschleunigt werden.

[0126] Entsprechend einem weiteren Gesichtspunkt werden Oberwellen- und Resonanzfrequenzen von dem Werkstück im wesentlichen isoliert, um dadurch die Möglichkeit eines Werkstückbruches in der folgenden Weise zu minimieren. Die vorliegenden Erfinder haben festgestellt, daß ein Schleudereinrichtungs-Leistungsvermögen durch eine sorgfältige Auswahl eines geeigneten Motors zum Schleudern erheblich verbessert werden kann. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird ein Servomotor ohne Bürsten mit der Modellnummer ASM **121**, erhältlich von Berkeley Process Control, Inc. aus Richmond, Kalifornien oder ein funktionell entsprechender Motor geeigneterweise als der Motor zum Schleudern eingesetzt. Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt weist der Motor zum Schleudern eine Selbstabstimmungs-Eigenschaft auf, wodurch der Motor so ausgebildet werden kann, daß er sich automatisch zur Optimierung seines Leistungsvermögens innerhalb

der betreffenden Betriebsumgebung innerhalb der Maschine **100** abstimmt.

[0127] Im einzelnen kann der Motor, der jeder Schleuder-Trockeneinrichtung **111** und **113** zugeordnet ist, durch Setzen eines Probe-Werkstücks in die Schleuder-Trocknungseinrichtung und Setzen des Motors (nicht dargestellt) in eine automatische oder Selbst-Abstimmungsbetriebsart im voraus abgestimmt werden. Dies wird bevorzugt vorgenommen, während die Maschine **100** in vollständigem Betrieb ist, wodurch die Betriebsumgebung optimal simuliert wird. Die Schleuder-Trockeneinrichtung **111**, **113** wird dann gemäß normalen Betriebsprozeßparametern in Betätigung versetzt und es wird dem Motor gestattet, sich selbst auf die Betriebsumgebung abzustimmen. In dieser Hinsicht definieren sich selbst abstimmende Motoren allgemein ein Betriebsprofil innerhalb dessen der Motor optimal in der beabsichtigten Betriebsumgebung durch Anpassung verschiedener Parameter arbeitet, einschließlich Strom, Frequenz, Drehmoment und ähnliches. Durch diese Maßnahmen werden Oberwellen- und Resonanzfrequenzen, die sonst durch den Motor dem Schleuder-Trocknungssystem auferlegt würden, im wesentlichen eliminiert.

[0128] Zusätzlich haben viele sich selbst abstimmende Motoren das Vermögen, intern einen Bereich von Betriebsparametern (d.h. das optimale Betriebsprofil des Motors) für eine beabsichtigte Umgebung zu speichern. Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt wird ein Ausgangssignal von dem Motor geeigneterweise dem Prozessorsystem, das der Maschine **100** zugeordnet ist, zugeführt, so daß, solange der Motor innerhalb seiner vorbestimmten, im voraus abgestimmten Betriebsparameter arbeitet, der Betrieb der Schleuder-Trocknungsstation **110** ununterbrochen bleibt. Wenn jedoch der Motor feststellt, daß er sich dem Bereich außerhalb seines vorbestimmten Profils (d.h. seinem vorher abgestimmten Bereich an Betriebsparametern) nähert oder in diesem Bereich arbeitet, ist die Maschine **100** geeigneterweise so ausgebildet, daß sie ein Außerhalb-der-Abstimmung-Signal von dem Motor empfängt und es der Bedienungsperson anzeigt. Bei Empfang eines Außerhalb-des-Profiles-Signals von dem Motor zum Schleudern kann die Maschine **100** so ausgebildet sein, daß sie automatisch einen Betrieb beendet; alternativ kann die Bedienungsperson geeigneterweise die Maschine stoppen und den Motor zum Schleudern neu abstimmen, und zwar durch Setzen des Motors zum Schleudern zurück in seine selbstabstimmende Betriebsart und Neu-Abstimmen des Motors. In dieser Weise können beschädigte und zerbrochene Werkstücke als Ergebnis des geringen Leistungsvermögens des Motors zum Schleudern im wesentlichen vermieden werden.

[0129] Die zweite Transfereinrichtung **112** – es wird erneut auf **Fig. 1A** und **2A** Bezug genommen – ist geeigneterweise so ausgebildet, daß alternativ getrocknete Werkstücke von jeweiligen Schleuder-Trocken-

einrichtungen **111** und **113** entnommen werden. Insbesondere weist die zweite Transfereinrichtung **112** geeigneterweise einen ausfahrbaren, drehbaren Roboterarm **115** auf, der zum Fassen von Werkstücken von jeder Schleuder-Trockeneinrichtung und zum Einladen der Werkstücke in die Entladestation **114** ausgebildet ist.

[0130] Im einzelnen – es wird weiter auf die **Fig. 1A**, **1B**, **2A** und **2B** Bezug genommen – weist die Entladestation **114** geeigneterweise eine erste Kassettenentlade-Einrichtung **117** und eine zweite Kassettenentlade-Einrichtung **119** auf. Bei einer bevorzugten Ausführungsform entnimmt die Transfereinrichtung **112** alternierend trockene Werkstücke beiden Schleuder-Trockeneinrichtungen **111** und **113** und lädt nachfolgend die Werkstücke in die Kassette ein, die der Entladeeinrichtung **119** zugeordnet ist, bis die Kassette gefüllt ist. In diesem Zusammenhang kann ein Kassette-Voll-Sensor (nicht dargestellt) innerhalb oder nahe der Kassettenentladeeinrichtung **119** angeordnet sein, um anzugeben, daß die Kassette, die der Einrichtung **119** zugeordnet ist, mit trockenen Werkstücken gefüllt ist. Wenn einmal die Kassette, die der Einrichtung **119** zugeordnet ist, vollständig gefüllt ist, wie durch den Kassette-Voll-Sensor angegeben, fährt die Transferstation **112** fort, trockene Werkstücke aus jeweiligen Schleudereinrichtungen **111** und **113** zu entladen und beginnt, sie in die Kassette einzuladen, die der Kassettenentlade-Einrichtung **117** zugeordnet ist. Während die Kassettenentlade-Einrichtung **117** mit trockenen Wafern gefüllt wird, kann die volle Kassette aus der Einrichtung **119** (entweder manuell oder automatisch) entnommen und durch eine leere Kassette ausgetauscht werden. In dieser Weise kann das Entladen trockener Kassetten aus der Maschine **100** in einer im wesentlichen kontinuierlichen, nicht unterbrochenen Weise, wie gewünscht, bewerkstelligt werden.

[0131] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt, wie oben verschiedentlich beschrieben worden ist, müssen während des Betriebs der Maschine **100** verschiedene Fluids den Spülringen (um sowohl das Werkstück zu tragen und das Werkstück zu spülen) dem Wasserweg und dem Rollenbehälter zugeführt werden. Darüber hinaus kann es erforderlich sein, daß eine Mehrzahl verschiedener Fluids (z.B. 3) dem Schrubbehälter während des Reinigungsvorgangs zugeleitet wird. Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung ist die Maschine **100** geeigneterweise so ausgebildet, daß eine gewünschte Volumenrate für die Strömung für die verschiedenen Vorgänge bereitgestellt wird, welche Strömungsrate im wesentlichen durch Änderungen im Fluidzuführungsdruck, wie unten beschrieben ist, unbeeinflusst ist.

[0132] Es wird nun auf **Fig. 25** Bezug genommen – ein beispielhaftes Fluidsteuerschema ist veranschaulicht. Insbesondere kann eine beispielhafte Fluidseite **1408** beispielsweise eine Spülstation **106**, einen Fluideinlaßanschluß in der Reinigungsstation **104** oder

einen Werkstück-Spülzuführungsanschluß aufweisen. Durch den Betrieb des Prozeß-Kontrollers (oder einen einiger Prozeßkontroller) **1416**, der der Maschine **100** zugehörig ist, kann die Volumenrate für Fluidströmung zur Fluidseite **1408** genau gesteuert werden, ungeachtet des Vorliegens von Veränderungen in dem Fluidzuführungsdruck.

[0133] Ein beispielhaftes hydraulisches Steuerschema **1400** umfaßt geeigneterweise einen Tank **1402**, der einen Vorrat eines gewünschten Behandlungsfluids enthält, ein Strömungsmesser **1406** mit einer variablen Öffnungsgröße, ein Stopfenventil **1404** zum Steuern der Öffnungsgröße des Strömungsmessers **1406** und einen Luftservo **1410** zum Bereitstellen eines analogen Luftsignals für das Stopfenventil **1404** und einen Prozessor **1416**. Gemäß einer Ausführungsform kann ein geeigneter Luftservo von der Modellnummer QB2T **1300** gebildet werden, hergestellt von Proportion-Air aus McCordsville, Indiana, aus dem US-Patent Nr. 4,901,758. Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist das Servoventil **1410** geeigneterweise ein Modell mit einer einzigen Schleife auf, das interne Ventile, eine Verzweigung, interne Druckwandler und elektronische Steuerungen hat, die zur Ausgabe eines Luftdrucks proportional zu einem elektrischen Eingangssignal ausgebildet sind. Bei der veranschaulichten Ausführungsform steuert ein elektrisches Signal **1412** von dem Prozessor **1416** geeigneterweise die Ausgabe des Servos **1410**. Ebenfalls gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann der Strömungsmesser **1406** geeigneterweise von einem Strömungsmesser/-Schalter mit sich drehendem Rad gebildet werden, beispielsweise eine Modellnummer M-10000 T, M10000TM-200T oder ähnliches, erhältlich von der Malema Engineering Corporation.

[0134] Eine gewünschte Strömungsrate durch den Strömungsmesser **1406** zur Fluidseite **1408** – es wird weiter auf **Fig. 25** Bezug genommen – wird geeigneterweise in den Prozessor **1416** vor dem (oder während des) Betriebs) der Maschine **100** einprogrammiert. Während des Betriebs gibt der Strömungsmesser **1406** ein elektrisches Signal **1414** aus, das die aktuelle Strömungsrate durch den Strömungsmesser **1406** zur Seite **1408** angibt. Der Prozessor **1416** empfängt ein elektrisches Signal **1414** und paßt in Reaktion darauf die Öffnungsgröße, die dem Strömungsmesser **1406** zugeordnet ist, an, wie es erforderlich ist, um die aktuelle Strömungsrate innerhalb eines vorbestimmten Bereiches von der gewünschten Einstellpunkt-Strömungsrate aus aufrechtzuerhalten. Wenn insbesondere die aktuelle Strömungsrate des Strömungsmessers **1406**, wie durch das Signal **1414** angegeben, von dem Einstellpunkt um mehr als ein vorbestimmtes Fehlintervall abweicht, gibt der Prozessor **1416** ein elektrisches Signal **1412** an den Servo **1410** aus, um dadurch das analoge Luftdrucksignal **1418**, das von dem Luftservo **1410** ausgegeben und dem Stopfenventil **1404** zugeführt wird, zu ändern. In Reaktion auf das analoge Luftsig-

nal **1418** ändert das Stopfenventil **1404** die Öffnungsgröße, die dem Strömungsmesser **1406** zugeordnet ist, in einem Ausmaß, das zur Minimierung des Fehlens zwischen der aktuellen Strömungsrate und der gewünschten Strömungsrate durch den Strömungsmesser **1406** erforderlich ist. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird bei dem Prozessor **1416** ein Echtzeit-PID-Steuerschema mit geschlossener Schleife eingesetzt, um diese Funktion zu bewirken.

[0135] Gemäß einer anderen Ausführungsform können der Luftservo **1410** und das Stopfenventil **1404** einfach fortgelassen werden, so daß eine direkte Betätigungsvorrichtung eingesetzt werden kann, um die Öffnungsgröße des Strömungsmessers **1406** zu variieren. In diesem Zusammenhang kann irgendein geeigneter Drehmomentmotor, Schrittmotor, Servomotor oder ähnliches eingesetzt werden, um die Öffnungsgröße, die dem Strömungsmesser zugeordnet ist, direkt zu steuern.

[0136] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt kann die Wafer-Reinigungs-Maschine **100** vorteilhafterweise in einer im wesentlichen modularen Ausbildung ausgebildet sein, um eine bequeme Wartung, Reparatur, Fehlerbeseitigung, Anpassung und Erweiterung der Maschine zu fördern. Insbesondere bei einer bevorzugten Ausführungsform – es wird auf **Fig. 26** und **27** Bezug genommen – weist die Maschine **100** geeigneterweise eine erste Steueretage **1902**, eine zweite Wartungsetage **1904** und eine dritte Prozeßebenenetage **1906** auf. Die obere Etage **1906** entspricht geeigneterweise den Werkstück-Prozessen, die oben beschrieben sind, und umfaßt vorteilhafterweise die verschiedenen Schleudereinrichtungen, Spüleinrichtungen, den Schrupp-Behälter und ähnliches sowie die verschiedenen Motoren und Betätigungsvorrichtungen, die damit verbunden sind. Die Wartungsetage **1904** weist geeigneterweise eine Mehrzahl von Zugriffswänden (aus Gründen der Deutlichkeit nicht dargestellt) auf, um einen bequemen Zugriff auf verschiedene täglich und wöchentlich zu wartende Stücke, einschließlich Luftfilter, Fluidfilter und ähnliches, zu gestatten. In der Steueretage **1902** sind geeigneterweise verschiedene Elemente untergebracht, die sich auf Steuerfunktionen beziehen, vorteilhafterweise in getrennten Abteilungen organisiert, deren jede funktionell zugehörige Hardware und zugehörige Befestigungen aufweist.

[0137] Insbesondere weist die Etage **1902** außerdem eine Anzahl Schubladen und/oder Abdeckwände auf, die es der Bedienungsperson gestatten, auf verschiedene Steuer- und Funktionskomponenten zuzugreifen. Insbesondere kann in einer ersten Schublade **1908** eine Fluid-Abteilung mit Fluidsteuerventilen und ähnlichem untergebracht sein. In einer zweiten Schublade **1910** kann eine Pneumatik-Abteilung mit Vakuumleitungen, pneumatischen Steuerventilen und ähnlichem untergebracht sein. Eine dritte Schublade **1912** kann Steuerfunktionsvorrichtungen enthalten, die sich auf die Elektronik der Maschi-

ne beziehen, einschließlich Eingabe-Ausgabe-Anschlüsse und ein dezentraler Prozessor, beispielsweise einer, erhältlich von Berkeley Process Control. Die oben beschriebenen funktionellen und Steuerelemente können alternativ über eine oder mehrere Abdeckwände zugänglich sein.

[0138] Durch Ausbildung der Maschine **100** gemäß der vorstehend beschriebenen modularen Anordnung kann die Wartung und die Reparatur der Maschine **100** wesentlich vereinfacht werden. Beispielsweise können im wesentlichen sämtliche Komponenten, die logisch miteinander in Beziehung stehen, in einer gemeinsamen Abteilung untergebracht sein, so daß beispielsweise an einem einzigen Ort sämtliche Fluids geprüft und Fluidsysteme modifiziert werden können. Als weiteres Beispiel kann im wesentlichen auf alle elektronischen Steuer- und Verarbeitungssysteme an einem einzigen Ort (d.h. Schublade **1912**) zugegriffen werden.

[0139] Um die bequeme Wartung, Reparatur und Erweiterung der Maschine **100** weiter zu vereinfachen, sind jeweilige Schubladen **1908–1912** geeigneterweise gleitend gegenüber dem Rahmen der Maschine **100** beweglich, beispielsweise unter Verwendung von Kugellager-Gleitmechanismen, die funktionell analog zu denjenigen sind, die bei Aktenschubladen verwendet werden. Zur Vereinfachung des Öffnens, Schließens und Entfernens der Schubladen sind die verschiedenen elektrischen Leitungen, die der Schublade **1912** zugeordnet sind, die pneumatischen Leitungen, die der Schublade **1910** zugeordnet sind, und die hydraulischen Leitungen, die der Schublade **1908** zugeordnet sind, geeigneterweise in jeweiligen flexiblen Leiterführungen **1914A-D** untergebracht. Im Betrieb kann ein Ende **1916** einer beispielhaften flexiblen Leitung **1914A** geeigneterweise an dem rückwärtigen Abschnitt **1918** der Schublade **1912** angebracht sein. Somit bewegt sich, wenn die Schublade **1912** geöffnet wird, die flexible Leitung **1916** mit der Schublade mit. Wenn die Leitungen **1914A** mit der Schublade **1912** mitgleitet, bleiben die verschiedenen elektrischen Leitungen innerhalb der Ummantelung **1914A** am Platz und vor Beschädigung durch die Leitungen **1914A** geschützt.

[0140] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt vereinfacht die modulare Konstruktion der Maschine **100** die Erweiterung der Maschine, um zusätzliche, zugehörige Funktionselemente oder sogar abweichende Funktionselemente vollständig einzubauen. Insbesondere – es wird auf die **Fig. 2A** und **2B** Bezug genommen – können die verschiedenen Behandlungsstationen (z.B. Wafer-Ladestation **102** oder Reinigungsstation **104**) in getrennten Hilfsrahmenstrukturen enthalten sein, die zusammen den Rahmen bilden, der der Maschine **100** zugeordnet ist. Beispielsweise ist ein Rahmenbauteil **2102**, zugeordnet der Ladestation **102**, als gegen ein Rahmenbauteil **2104**, zugeordnet der Reinigungsstation **104**, stoßend dargestellt. Jeweilige Rahmenbauteile **2102** und **2104** können aneinander befestigt sein, beispielsweise

durch Schrauben oder andere Befestigungsmittel, wie gewünscht. Wenn es gewünscht ist, die Maschine **100** zu vergrößern, um ein zusätzliches Modul, beispielsweise einen zusätzlichen Schrubbehälter, eine zusätzliche Kassetteneinrichtung oder vielleicht ein Modul, daß zu einer völlig anderen Funktion (z.B. Ebenen, Lappen oder ähnliches) gehört, mit einzuschließen, können jeweilige Stationen **102** und **104** an der Verbindungsstelle **2106** getrennt werden, die deren Grenzfläche definiert, und ein zusätzliches funktionelles Modul kann dazwischen eingesetzt werden. Das neu eingesetzte funktionelle Modul kann auch eine erste, eine zweite und eine dritte Etagekomponente umfassen, in denen jeweils die Behandlungs-, Wartungs- und Steuerfunktionselemente des zusätzlichen Moduls, wie gewünscht, untergebracht sind.

[0141] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt kann geeigneterweise eine berührungssensitive Bildschirmanzeige (nicht dargestellt) eingesetzt werden, um es der Bedienungsperson zu gestatten, die Maschine **100** zu überwachen, neu auszubilden, Fehler zu beseitigen oder in anderer Weise zu bedienen. Insbesondere kann eine berührungssensitive Bildschirmanzeigewand so ausgebildet sein, daß sie, bevorzugt in drei Dimensionen, eine grafische Wiedergabe der verschiedenen Betriebsmerkmale der Maschine **100**, wie oben beschrieben ist, anzeigt. Wenn beispielsweise die Bedienungsperson wünscht, eine neue Kassette in die Ladestation **102** einzuladen, kann die Bedienungsperson auf ein grafisches Bildzeichen drücken, das die Ladestation **102** auf der berührungssensitiven Bildschirmanzeige wiedergibt. Die berührungssensitive Bildschirmanzeige kann dann an die Bedienungsperson Fragen richten oder es einfach der Bedienungsperson gestatten, die Tür zu berühren, die der Kassettenladefunktion zugeordnet ist, um dadurch die Tür zu öffnen. Dieses Modell eines Berührungsbildschirm-Zusammenspiels kann auf praktisch jeden Gesichtspunkt der Maschine **100**, der hierin beschrieben ist, angewandt werden.

Patentansprüche

1. Reinigungsstation zur Verwendung bei einem System zum Reinigen, Spülen und Trocknen von Halbleiterscheiben bildenden Werkstücken, welche Reinigungsstation umfaßt:
ein Gehäuse mit einer oberen Wandung (**742**);
Mittel zum Aufnehmen eines Werkstücks in das Gehäuse;
eine Mehrzahl Reinigungselemente, die in dem Gehäuse enthalten sind, welche Reinigungselemente zum Reinigen der oberen und der unteren Fläche der Werkstücke bei deren Durchlauf durch das Gehäuse ausgebildet sind; und
eine Verzweigungsanordnung, die in der oberen Wandung (**742**) angeordnet ist und derart ausgebildet ist, daß mindestens ein Reinigungsmittel an die Reinigungselemente verteilt wird.

2. Reinigungsstation nach Anspruch 1, bei der die obere Wandung (**742**) aus einem einstückigen Körper gebildet ist.

3. Reinigungsstation nach Anspruch 1, bei der die Verzweigungsanordnung eine Mehrzahl einzelner Verzweigungen (**803**, **805**, **807**, **809**) aufweist, die voneinander fluidgetrennt sind.

4. Reinigungsstation nach Anspruch 3, bei der die Mehrzahl einzelner Verzweigungen (**803**, **805**, **807**, **809**) umfaßt:

eine erste Verzweigung (**803**) mit einer ersten Mehrzahl abzweigender Kanäle; und
eine zweite Verzweigung (**805**) mit einer zweiten Mehrzahl abzweigender Kanäle, die in einer alternierenden Ausbildung relativ zu der ersten Mehrzahl abzweigender Kanäle angeordnet sind.

5. Reinigungsstation nach Anspruch 1, bei der die Verzweigungsanordnung mit einer Mehrzahl von Öffnungen (**810**) in Verbindung steht, die zum Verteilen eines Reinigungsmittels an die Reinigungselemente ausgebildet in der oberen Wandung (**742**) angeordnet sind.

6. Reinigungsstation nach Anspruch 1, bei der die Reinigungselemente eine Mehrzahl Rollen (z.B. **702**) aufweisen und die Verzweigungsanordnung so ausgebildet ist, daß das Reinigungsmittel im wesentlichen gleichmäßig entlang der Länge mindestens einer der Rollen (z.B. **702**) verteilt wird.

7. Reinigungsstation nach Anspruch 6, bei der die Verzweigungsanordnung zum Verteilen eines Reinigungsmittels an einen Ort zwischen mindestens zwei der Rollen (z.B. **702**) ausgebildet ist.

Es folgen 25 Blatt Zeichnungen

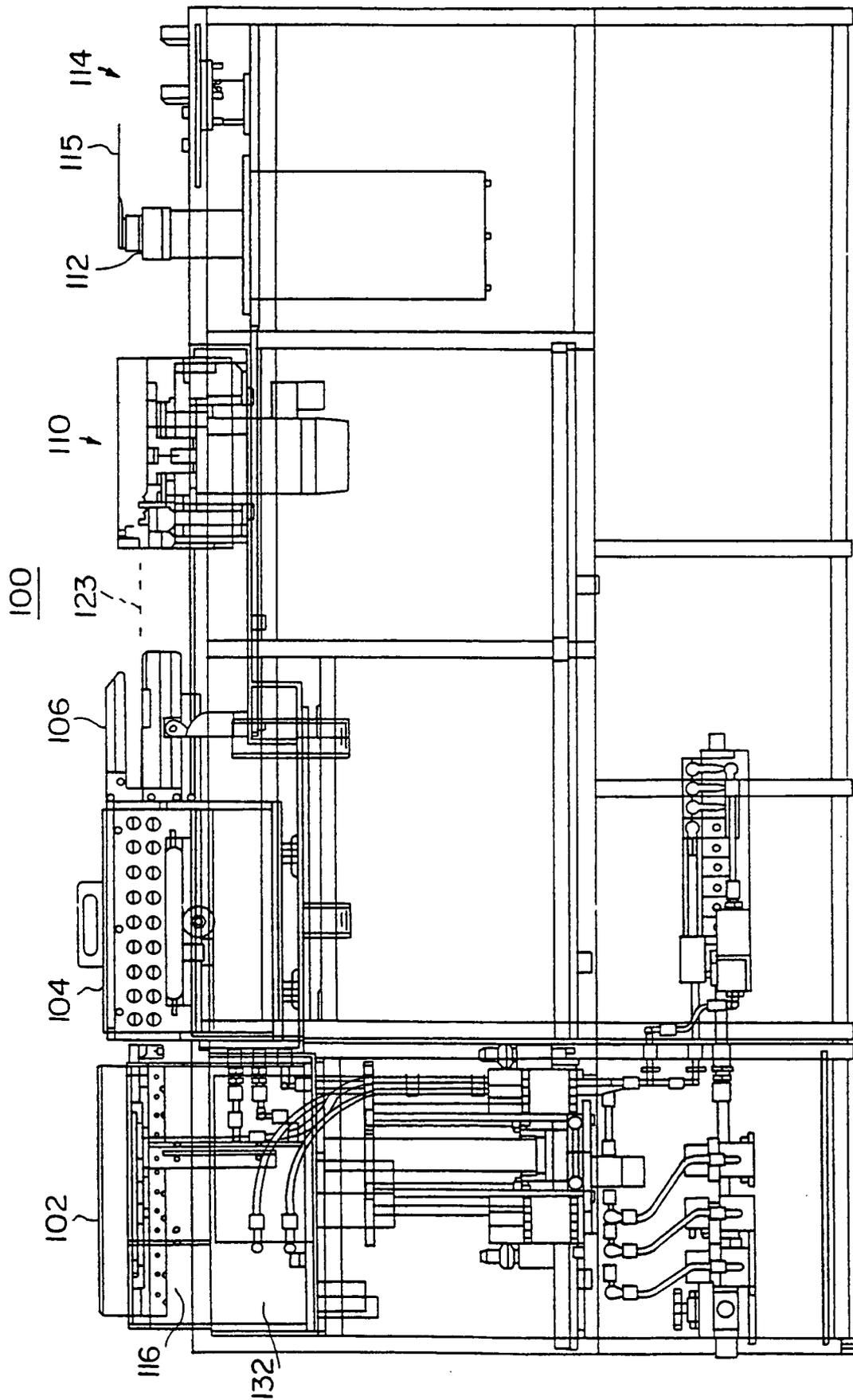


FIG. 1A

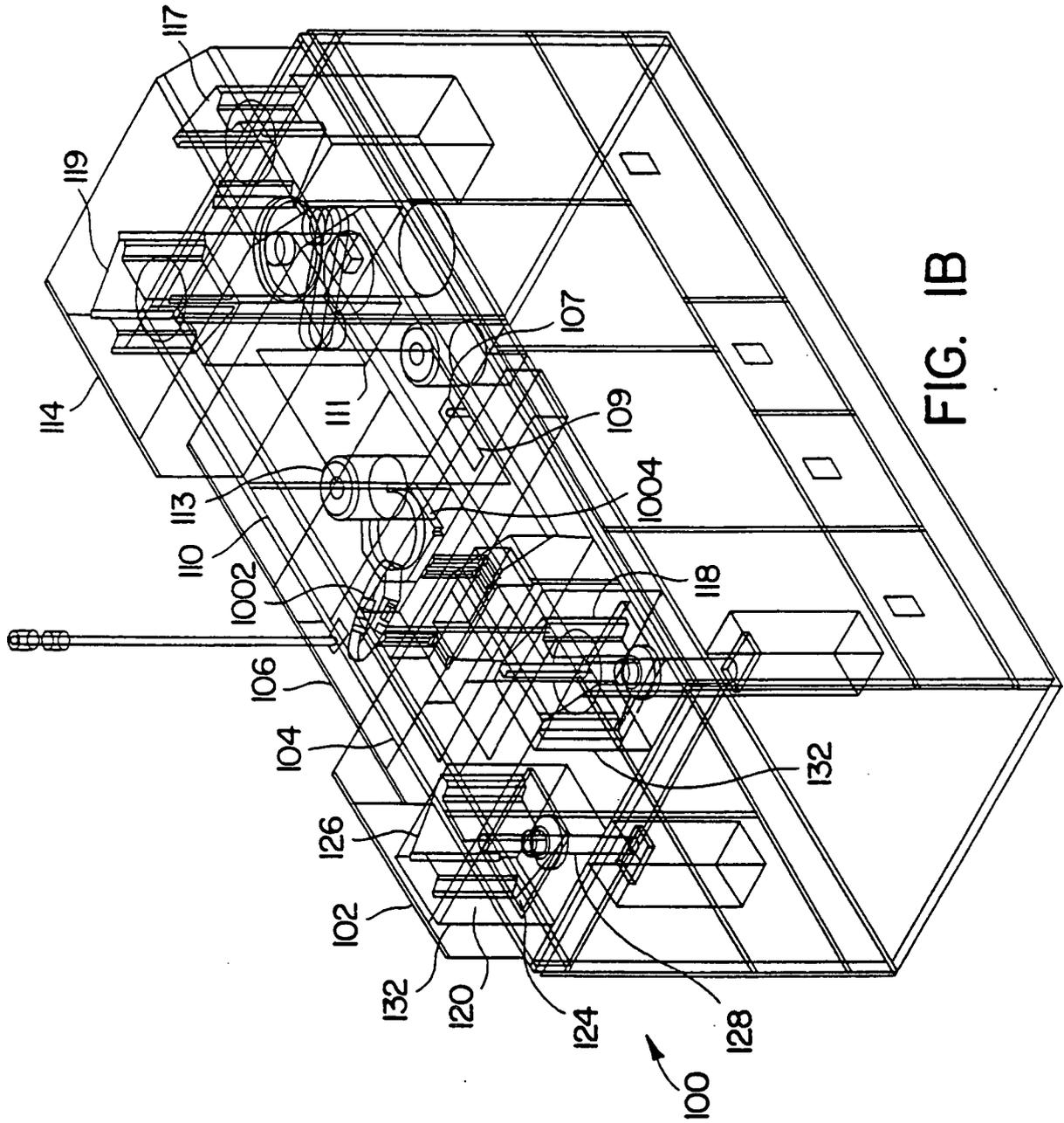


FIG. 1B

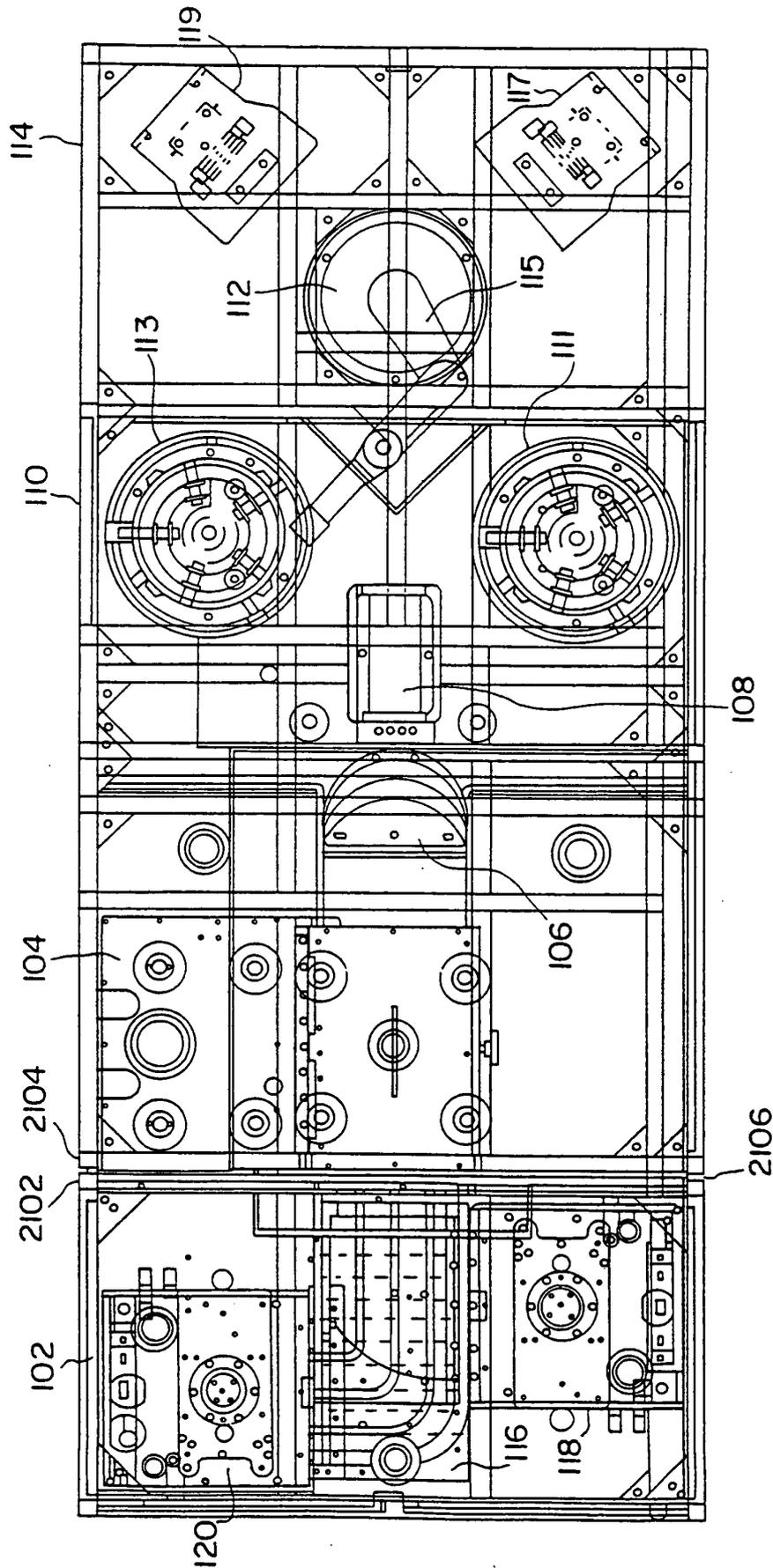


FIG. 2A

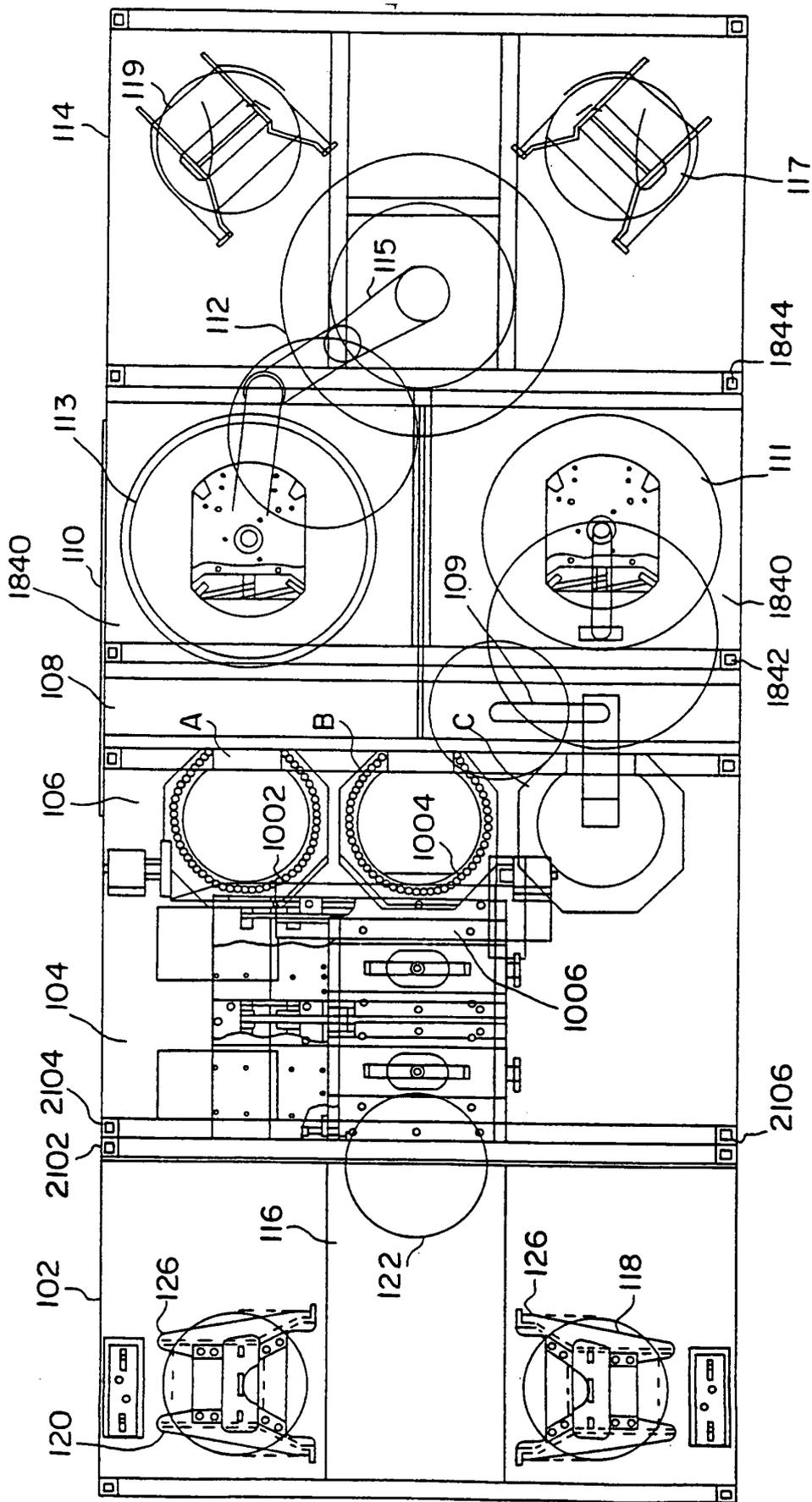


FIG. 2B

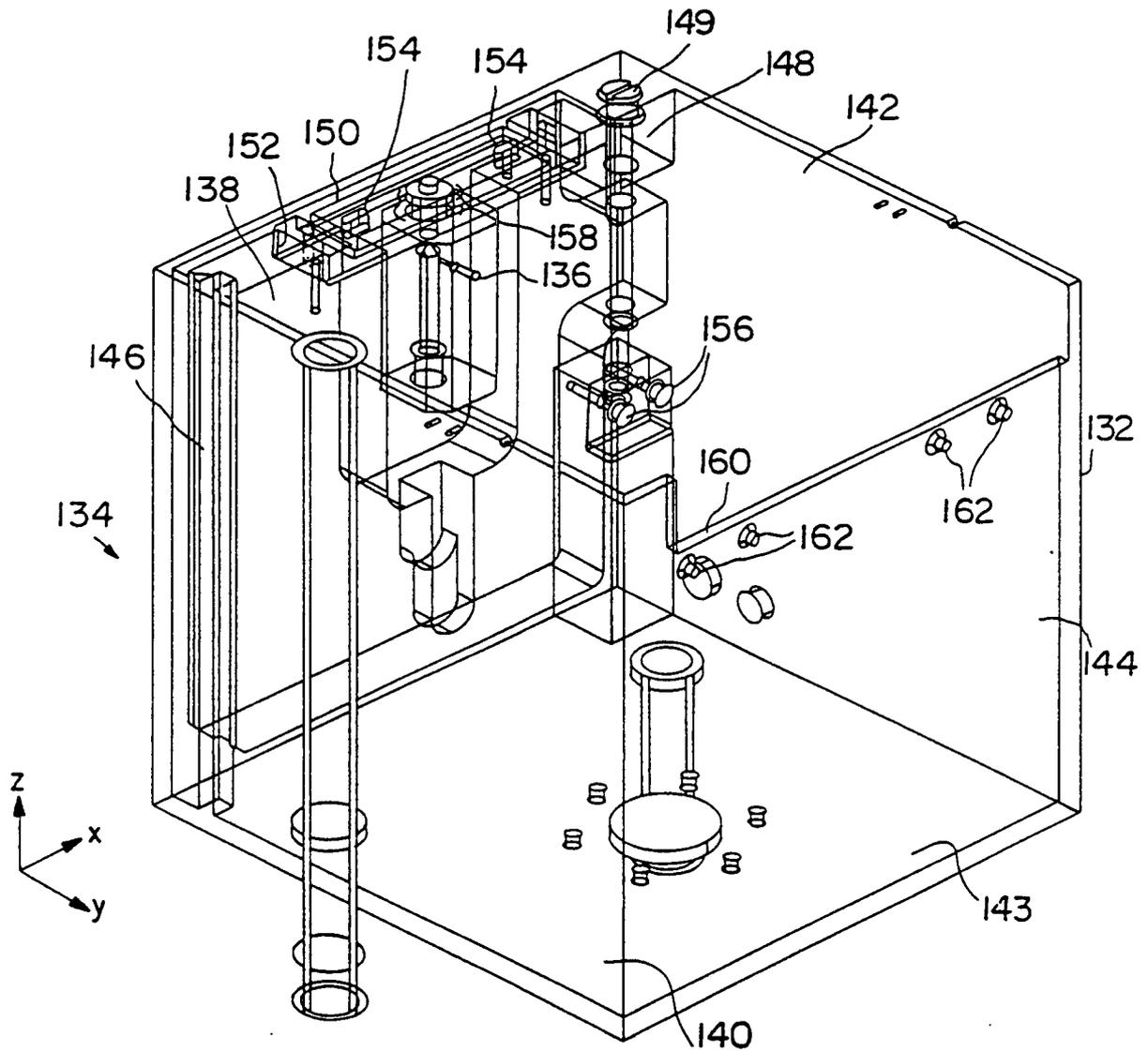


FIG. 3

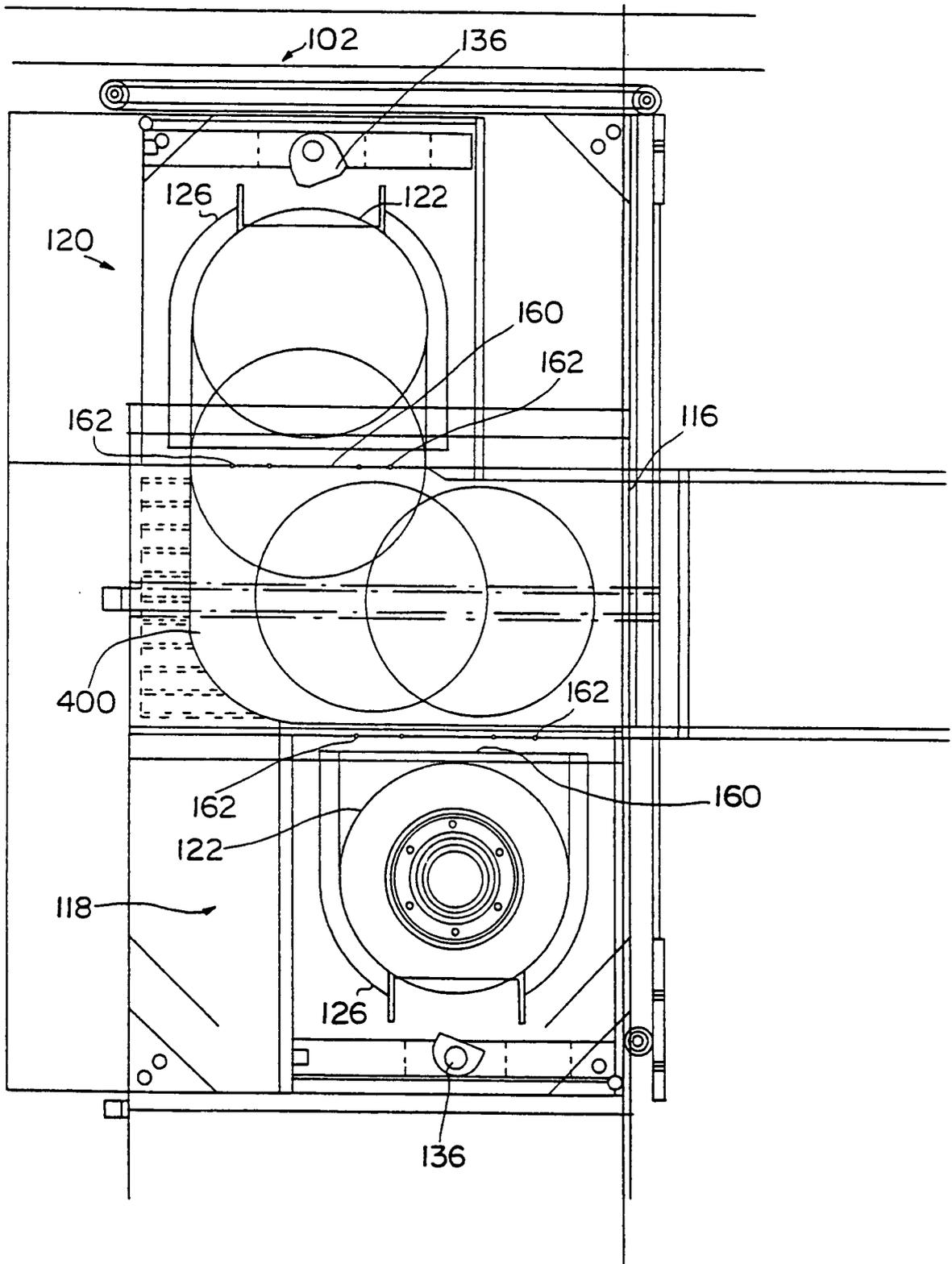


FIG. 4

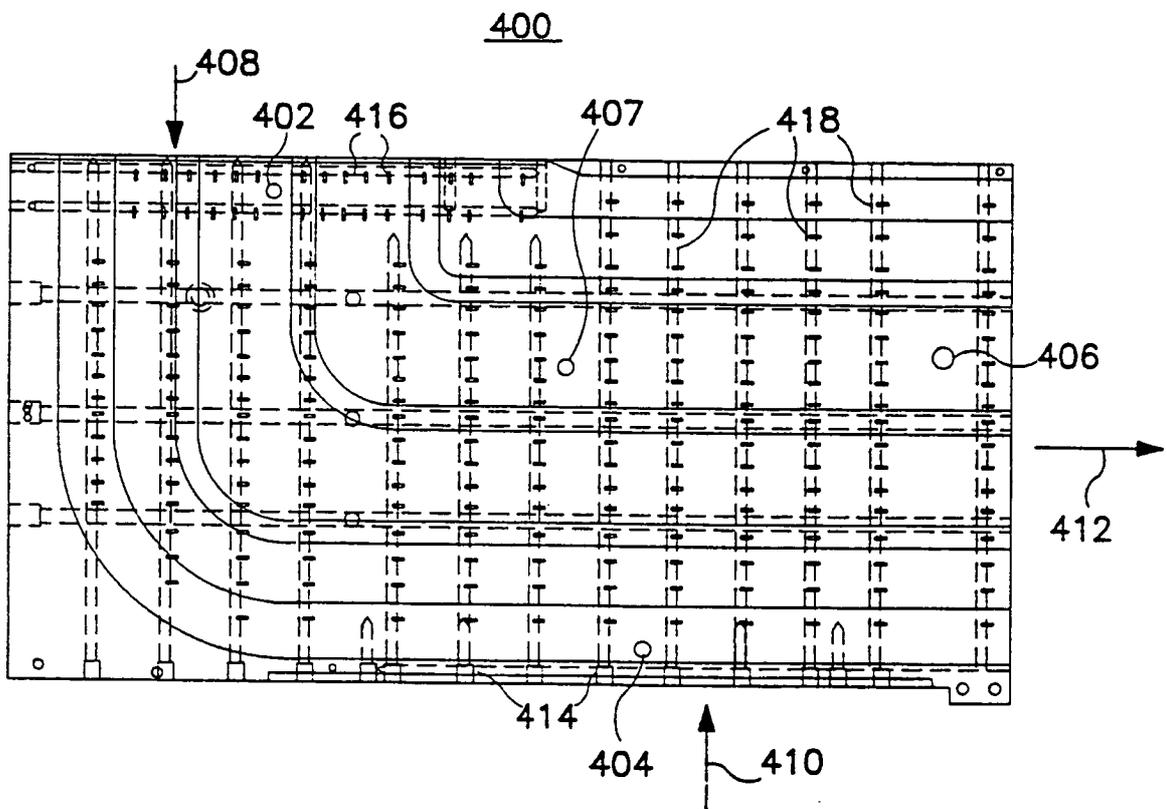


FIG. 5

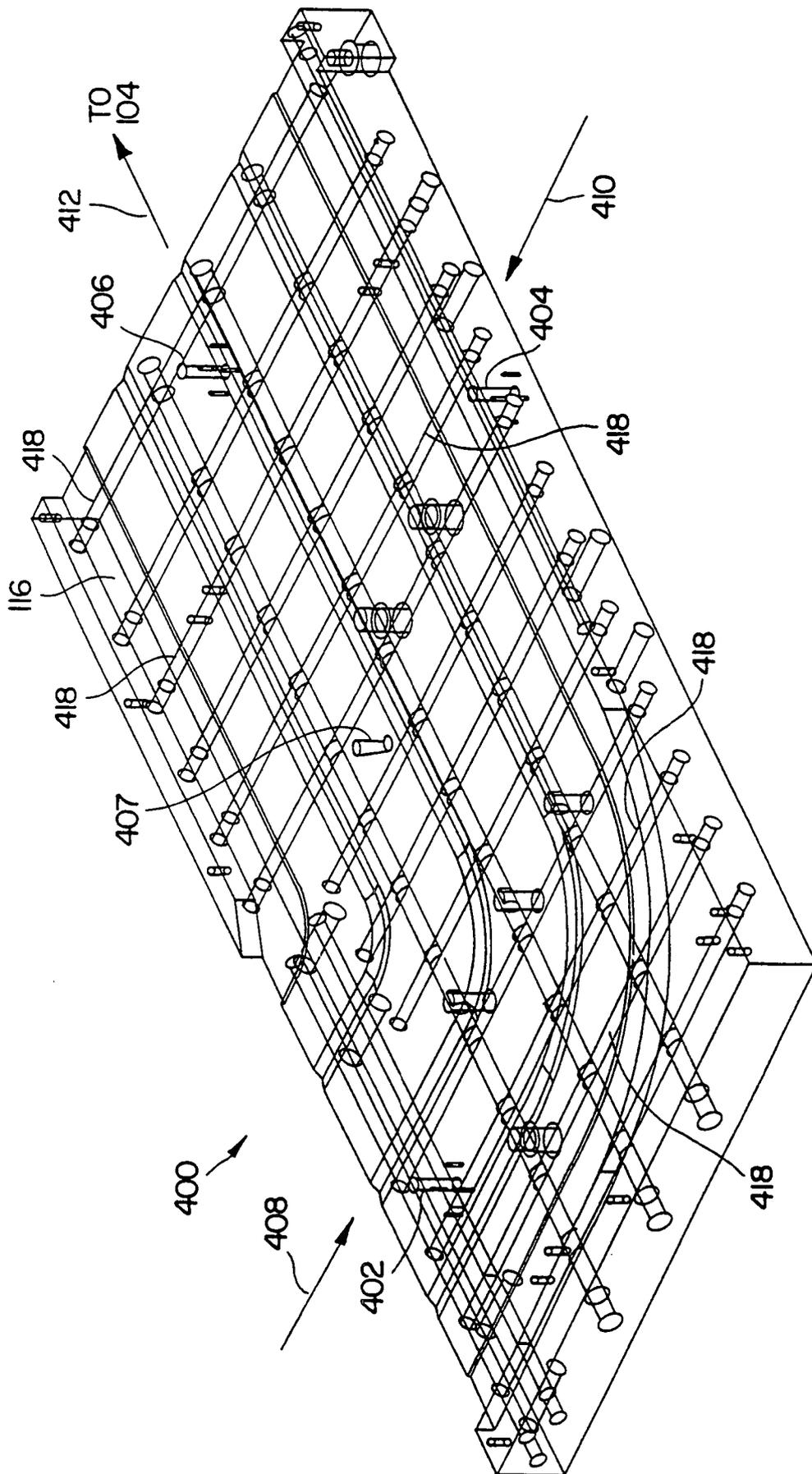


FIG. 6

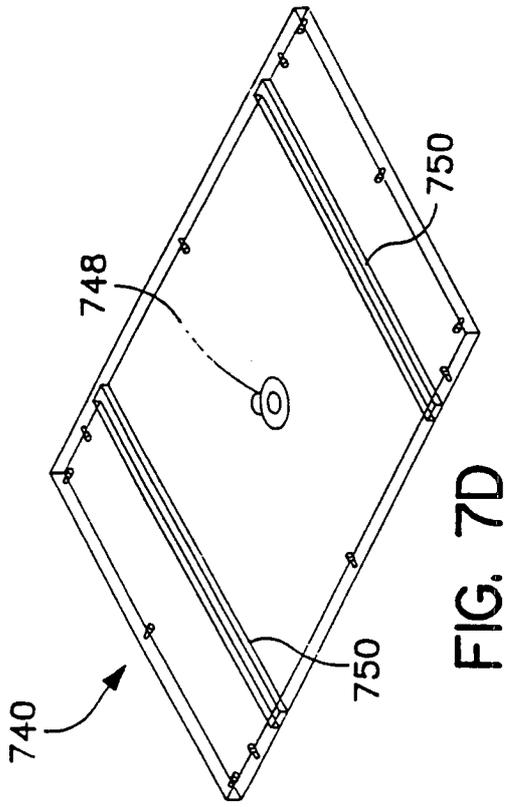


FIG. 7D

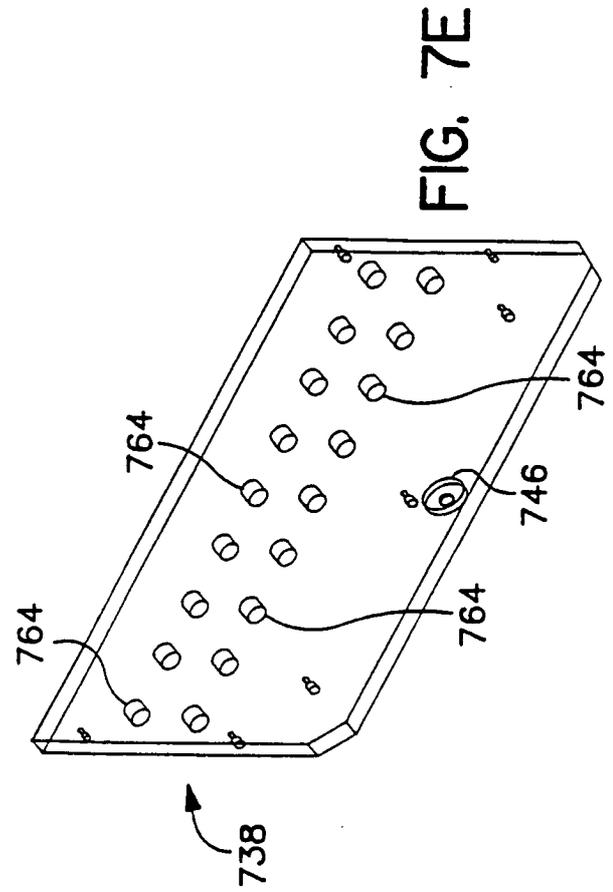


FIG. 7E

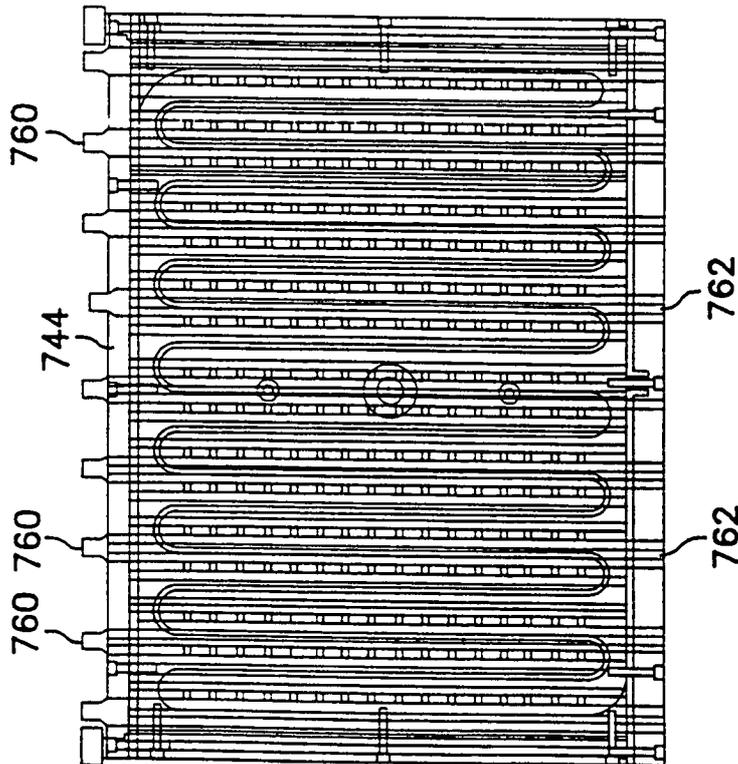


FIG. 7C

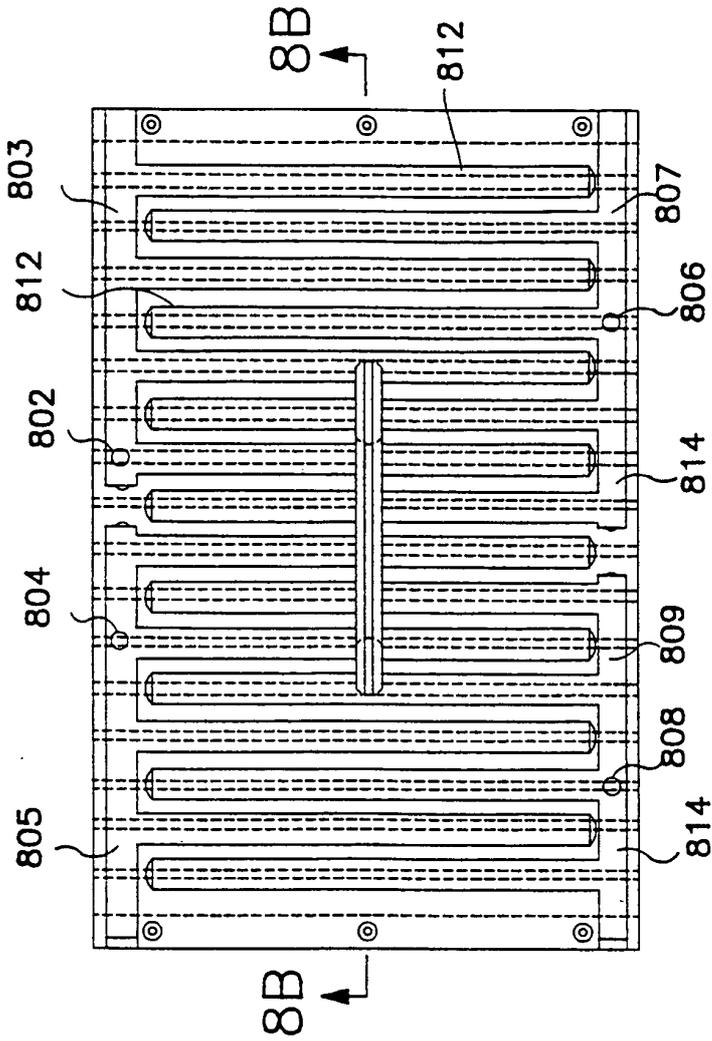


FIG. 8A

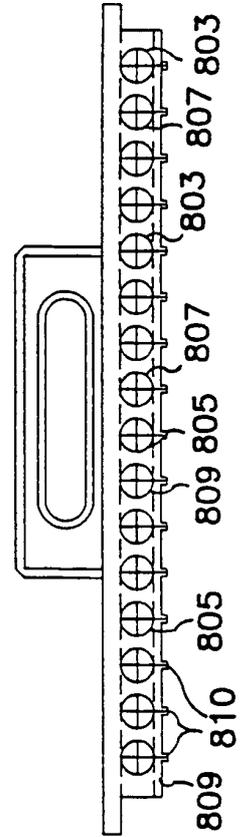


FIG. 8B

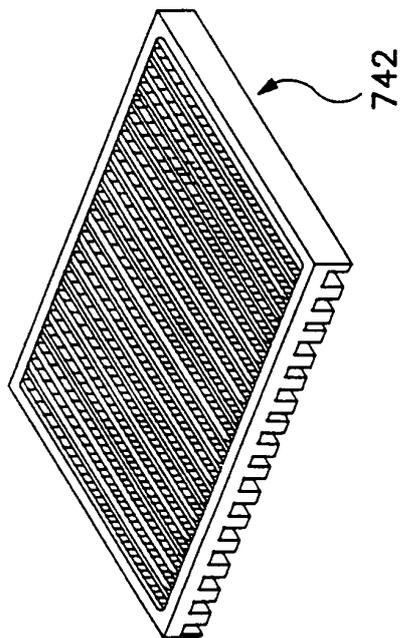


FIG. 9

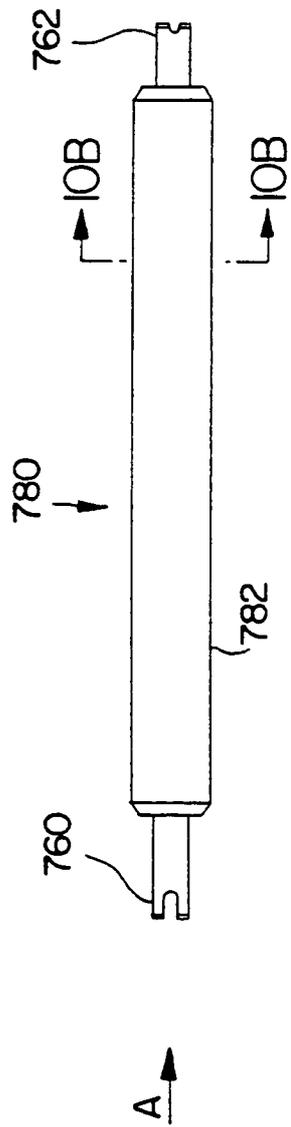


FIG. 10A

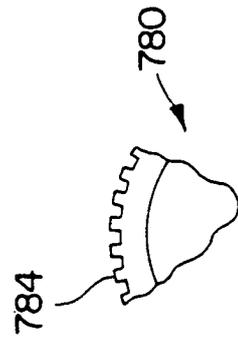


FIG. 10B

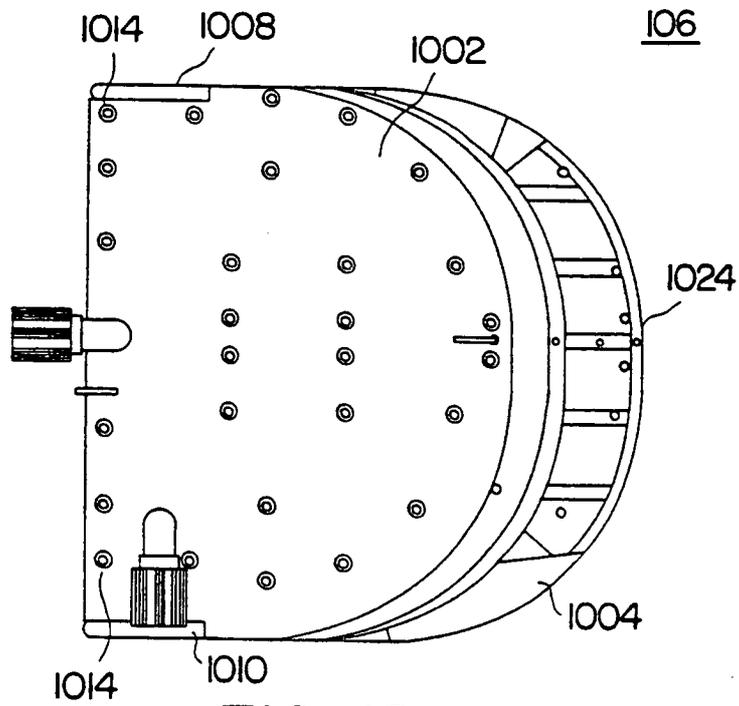


FIG. 12

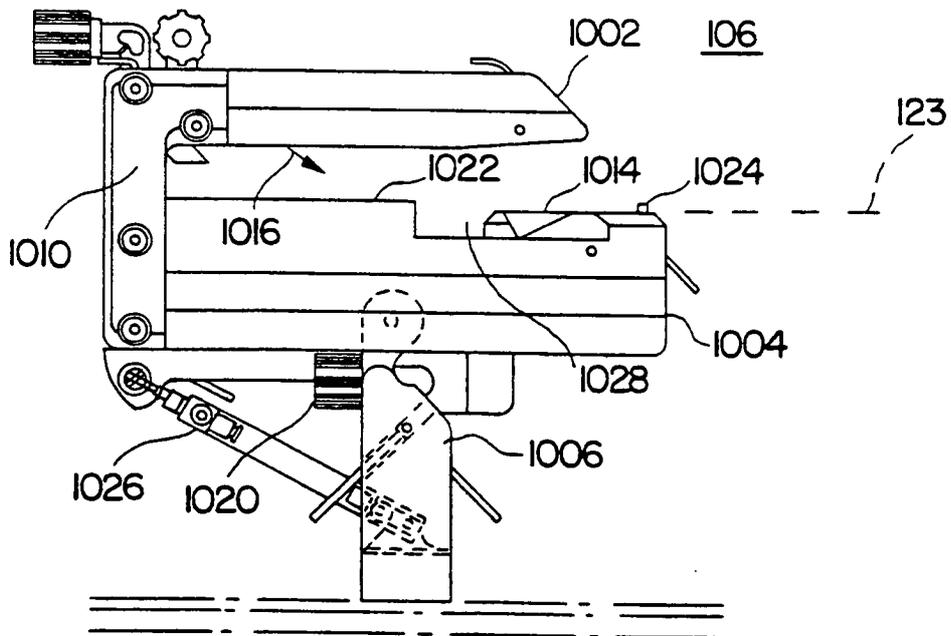


FIG. 11

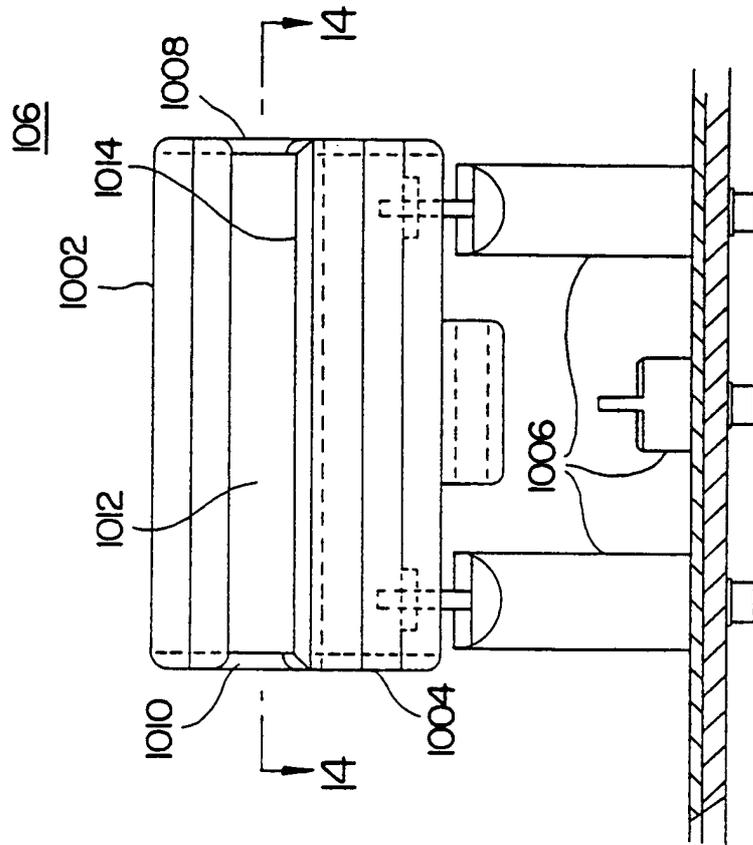


FIG. 13

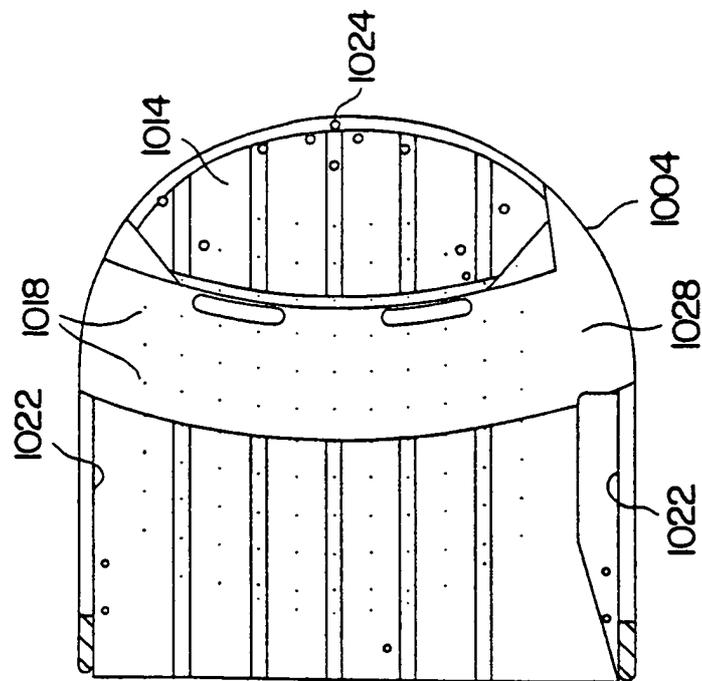


FIG. 14

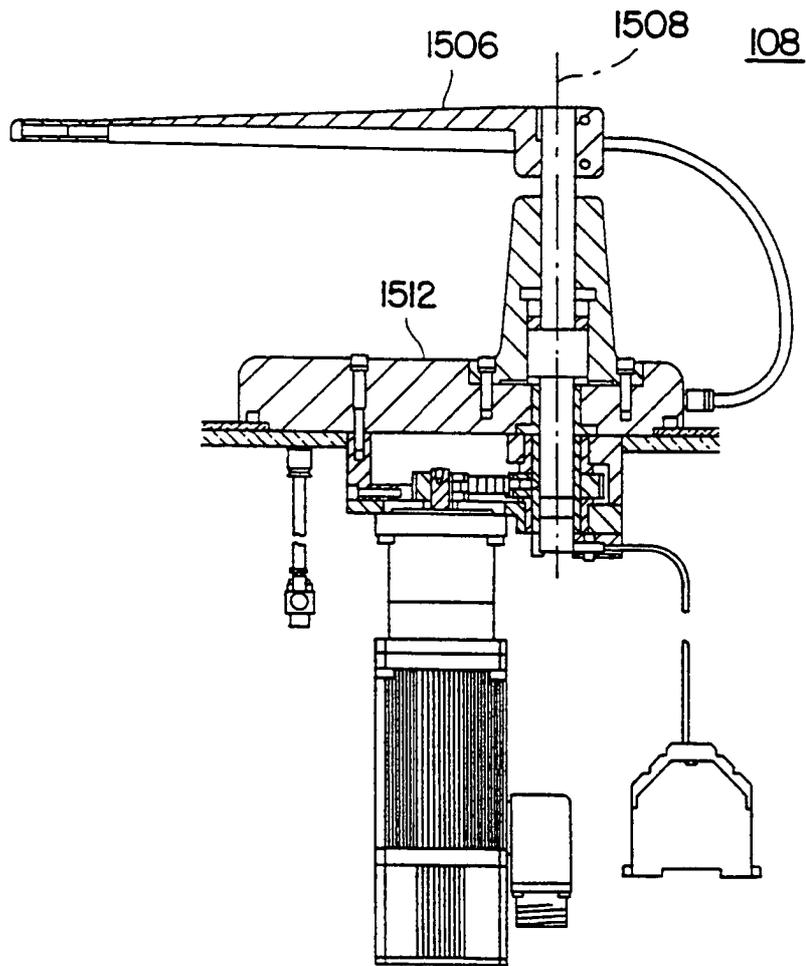
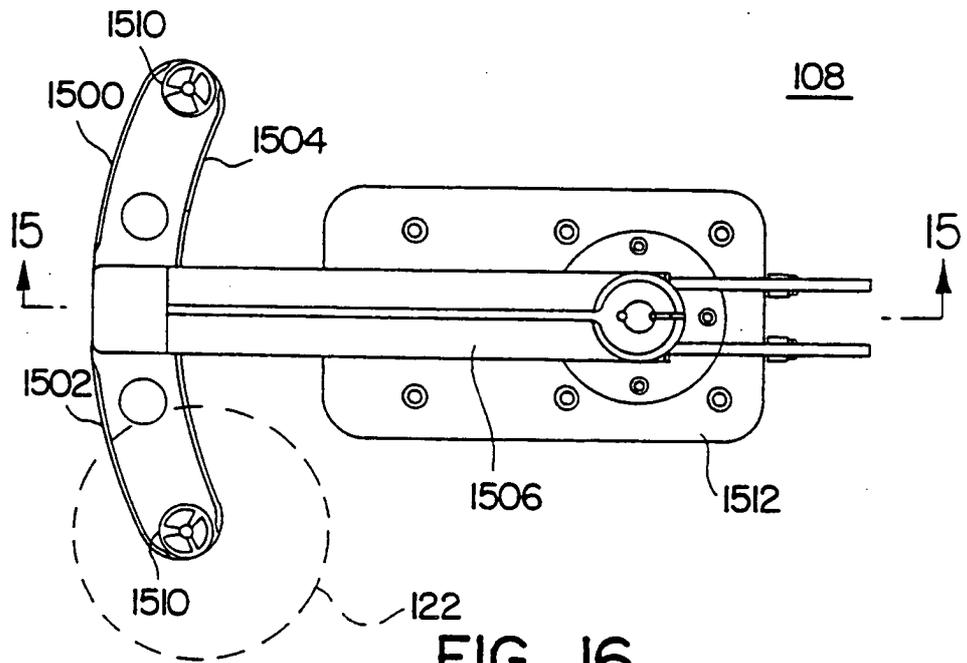


FIG. 17A

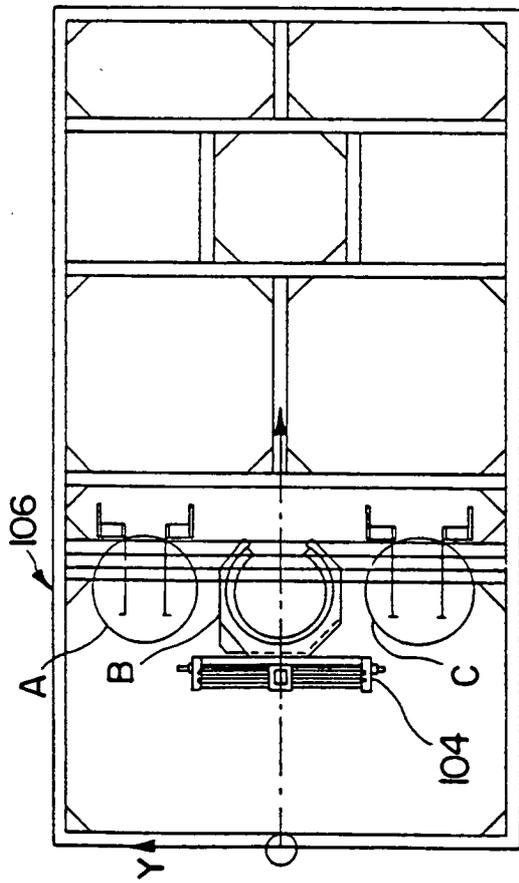
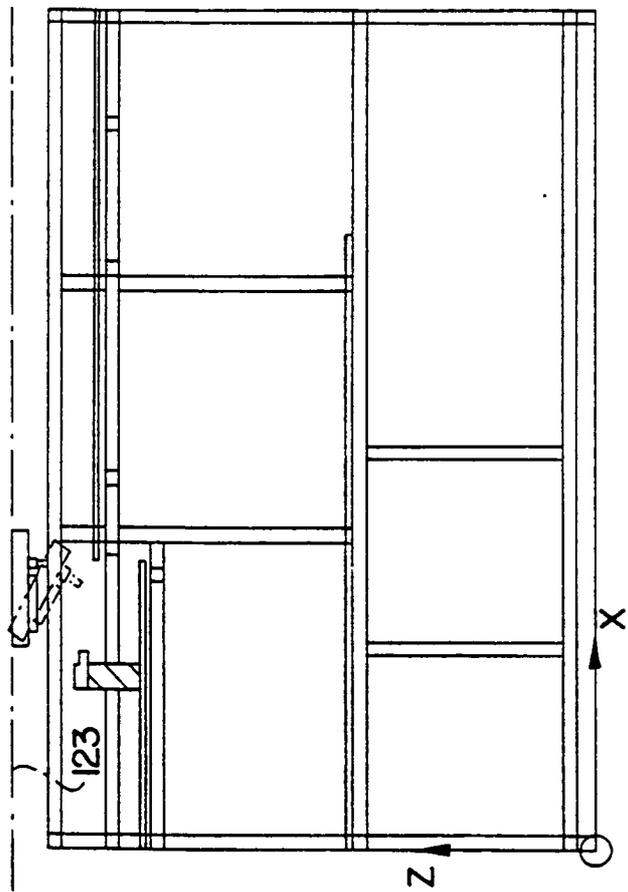


FIG. 17B



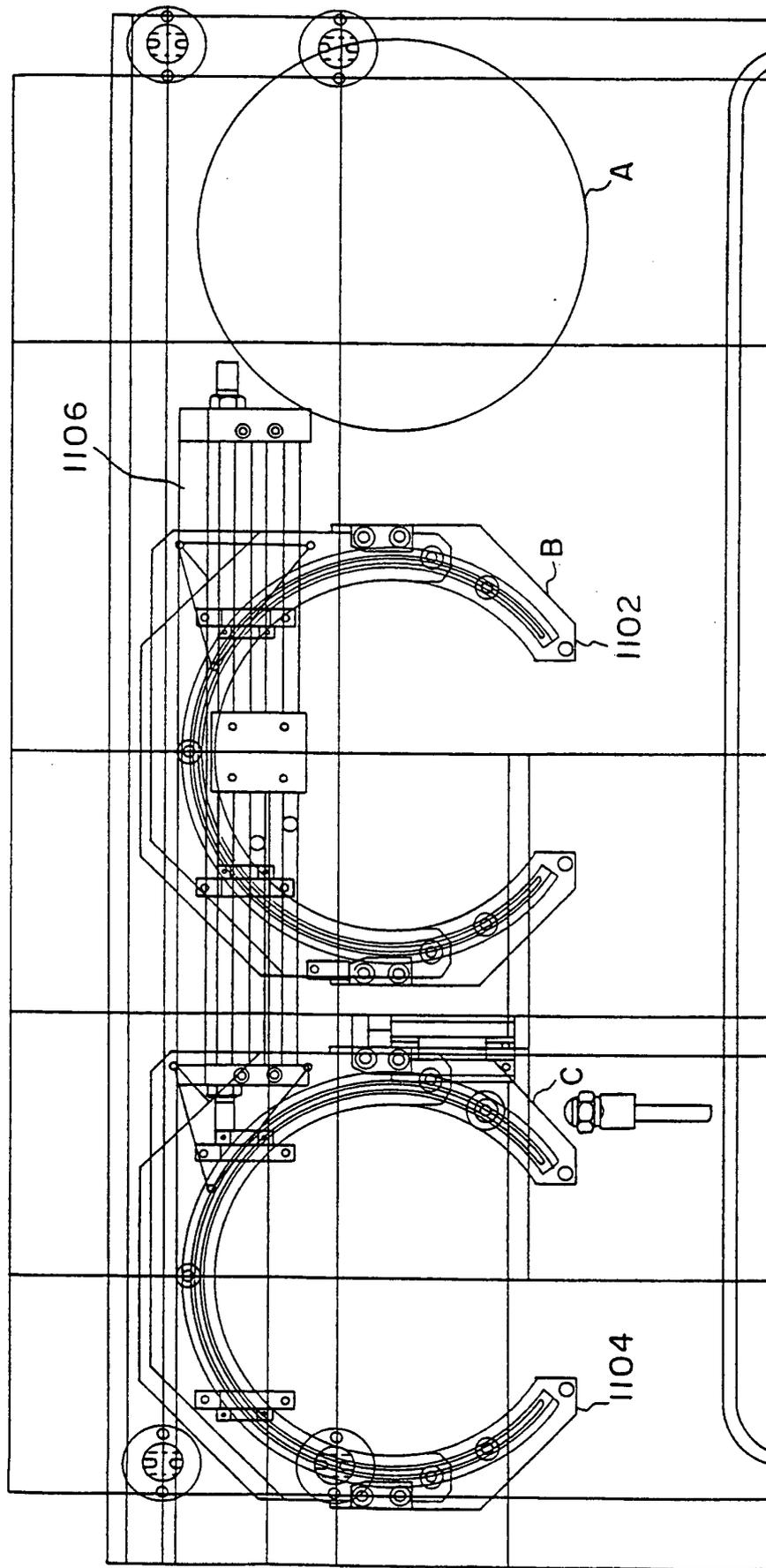


FIG.18

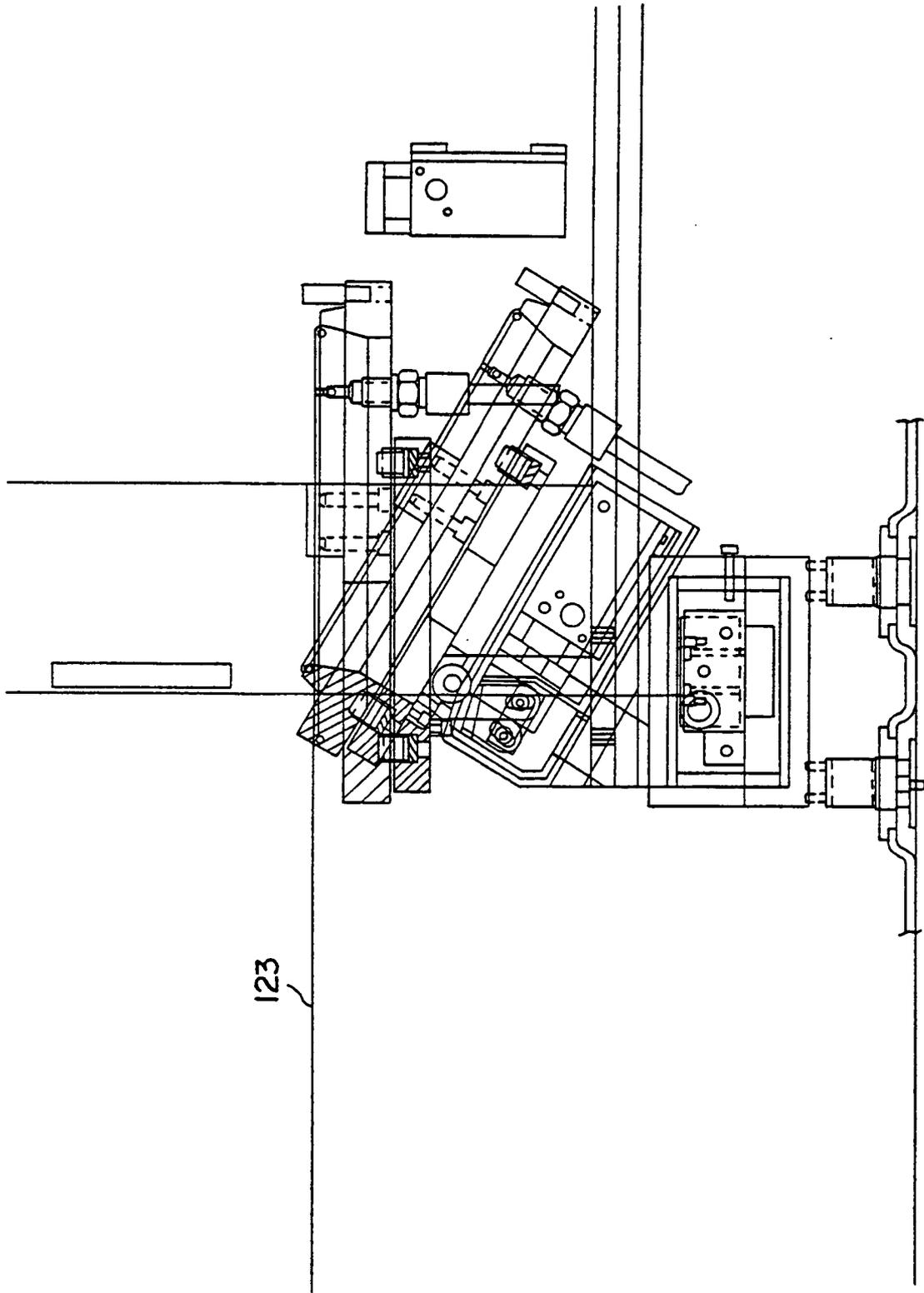


FIG. 19A

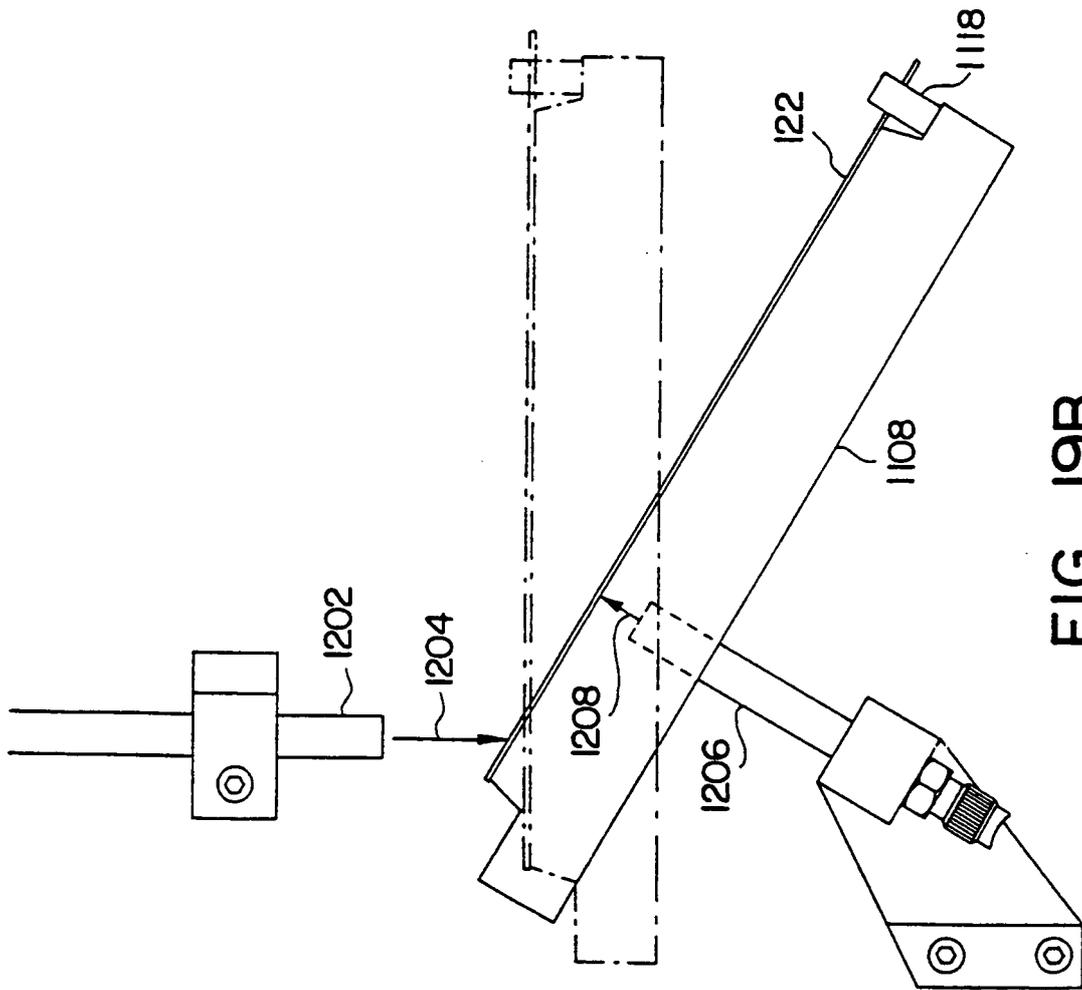


FIG. 19B

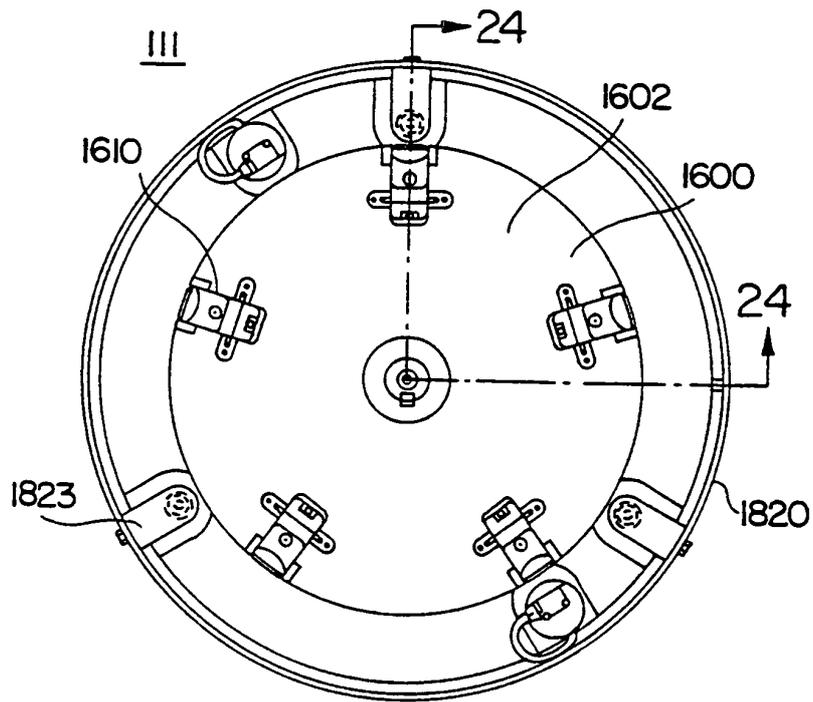


FIG. 21

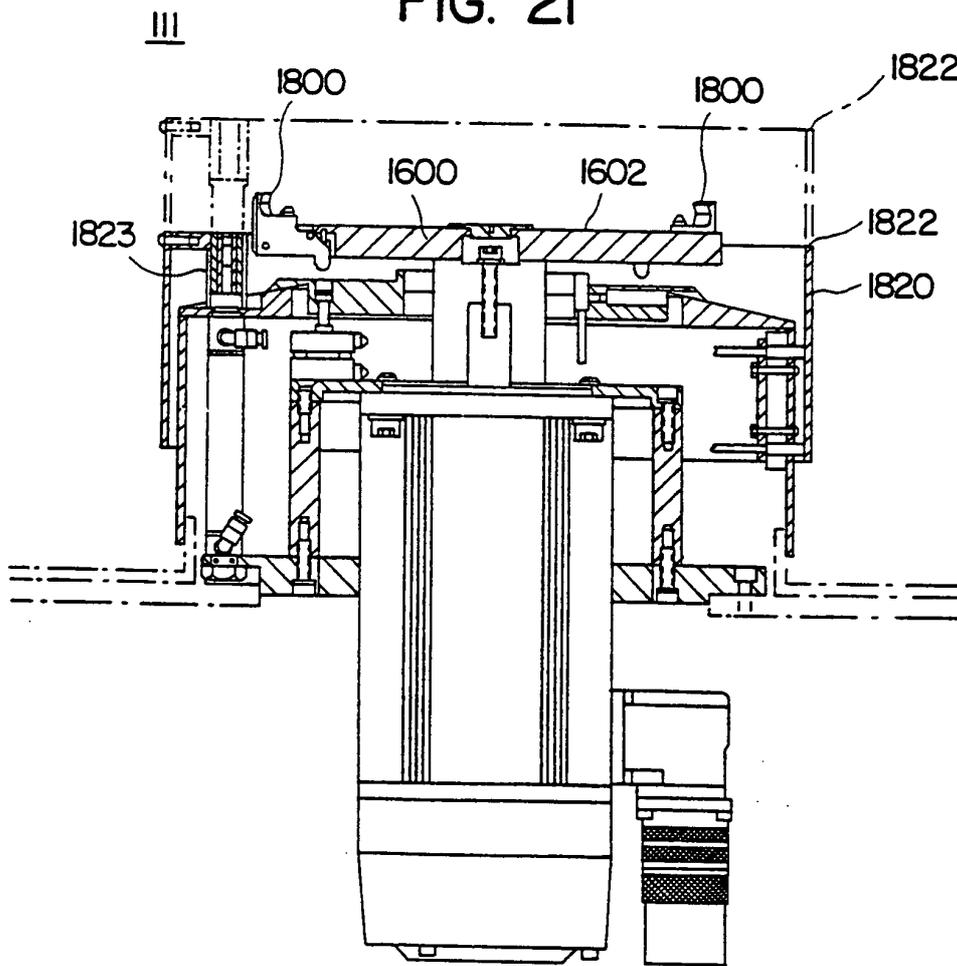


FIG. 24

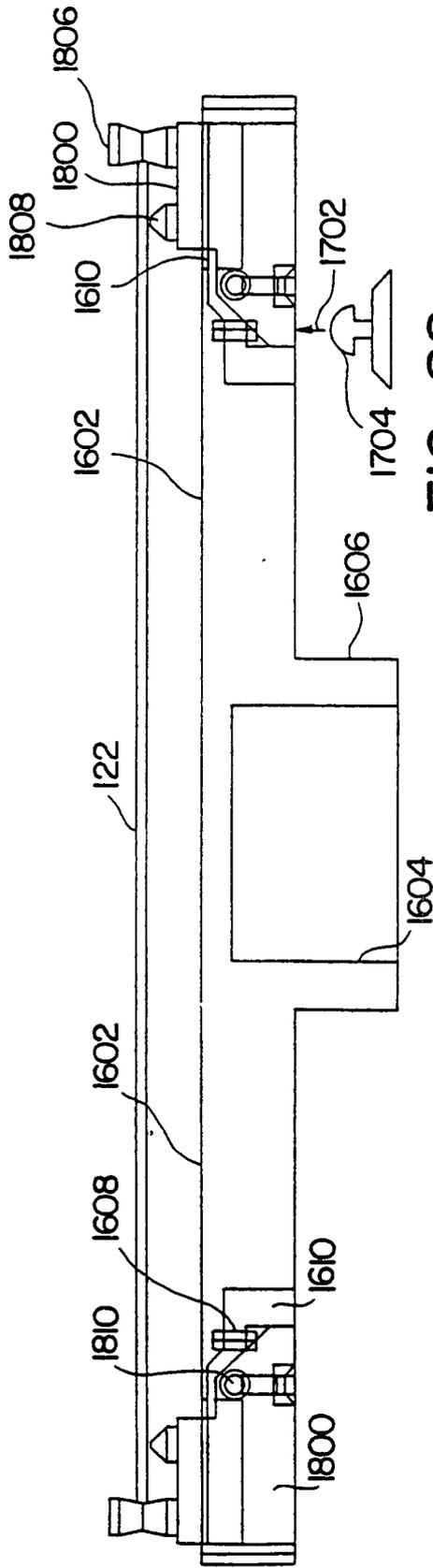


FIG. 22

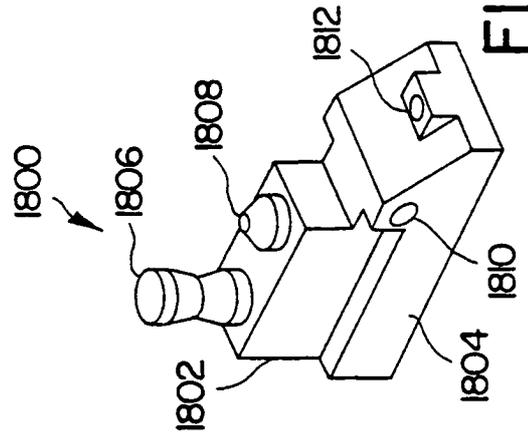


FIG. 23

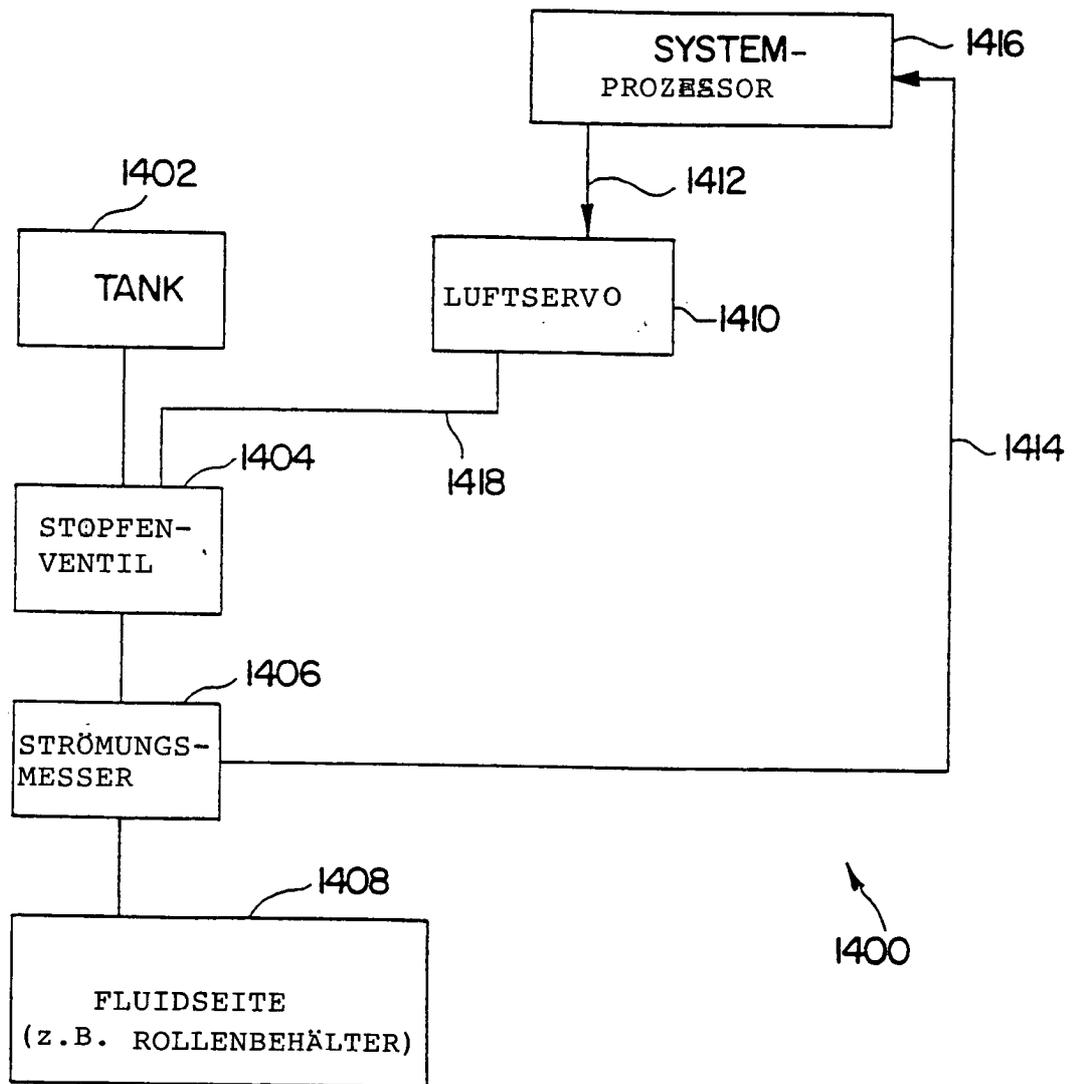


FIG. 25

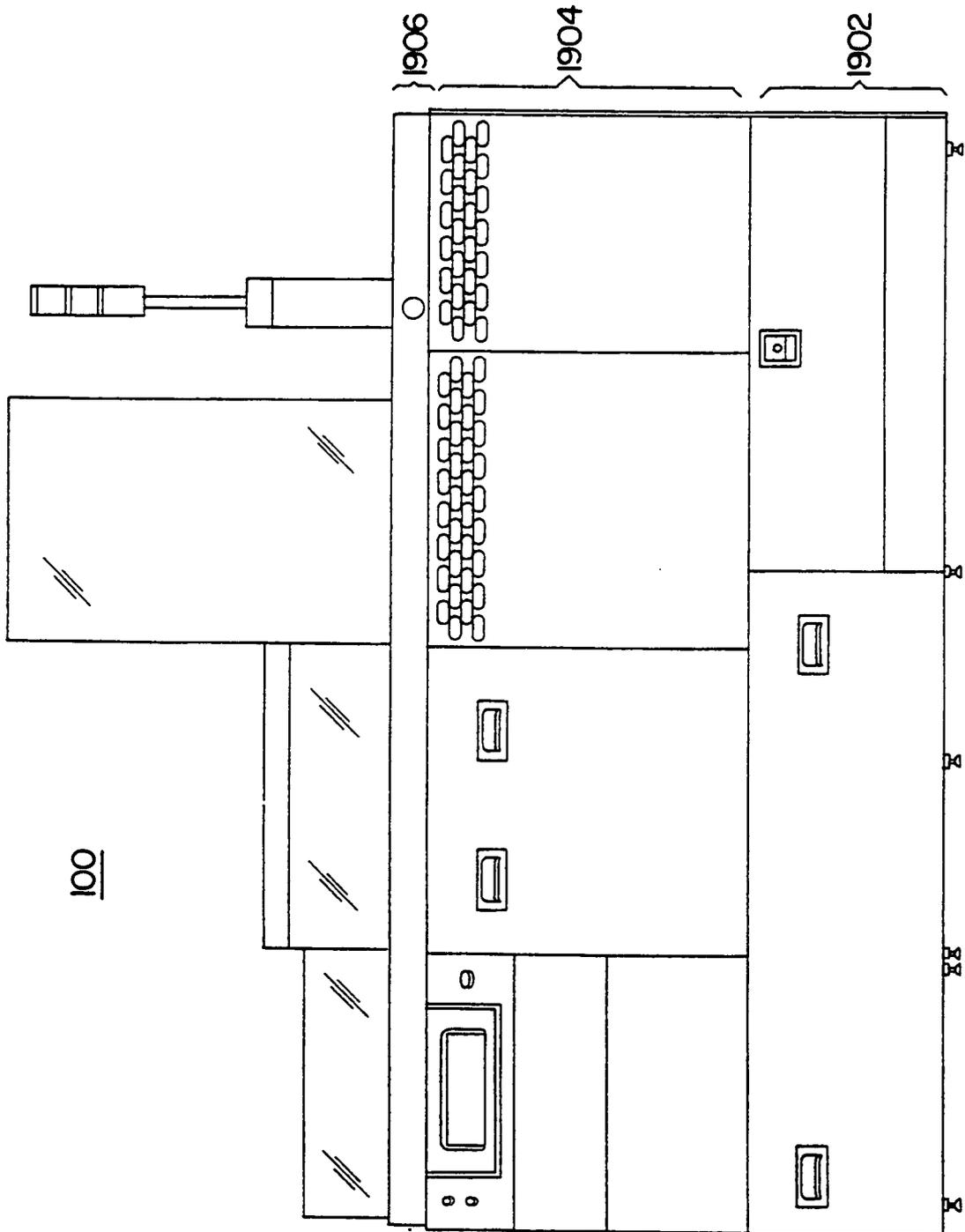


FIG. 26

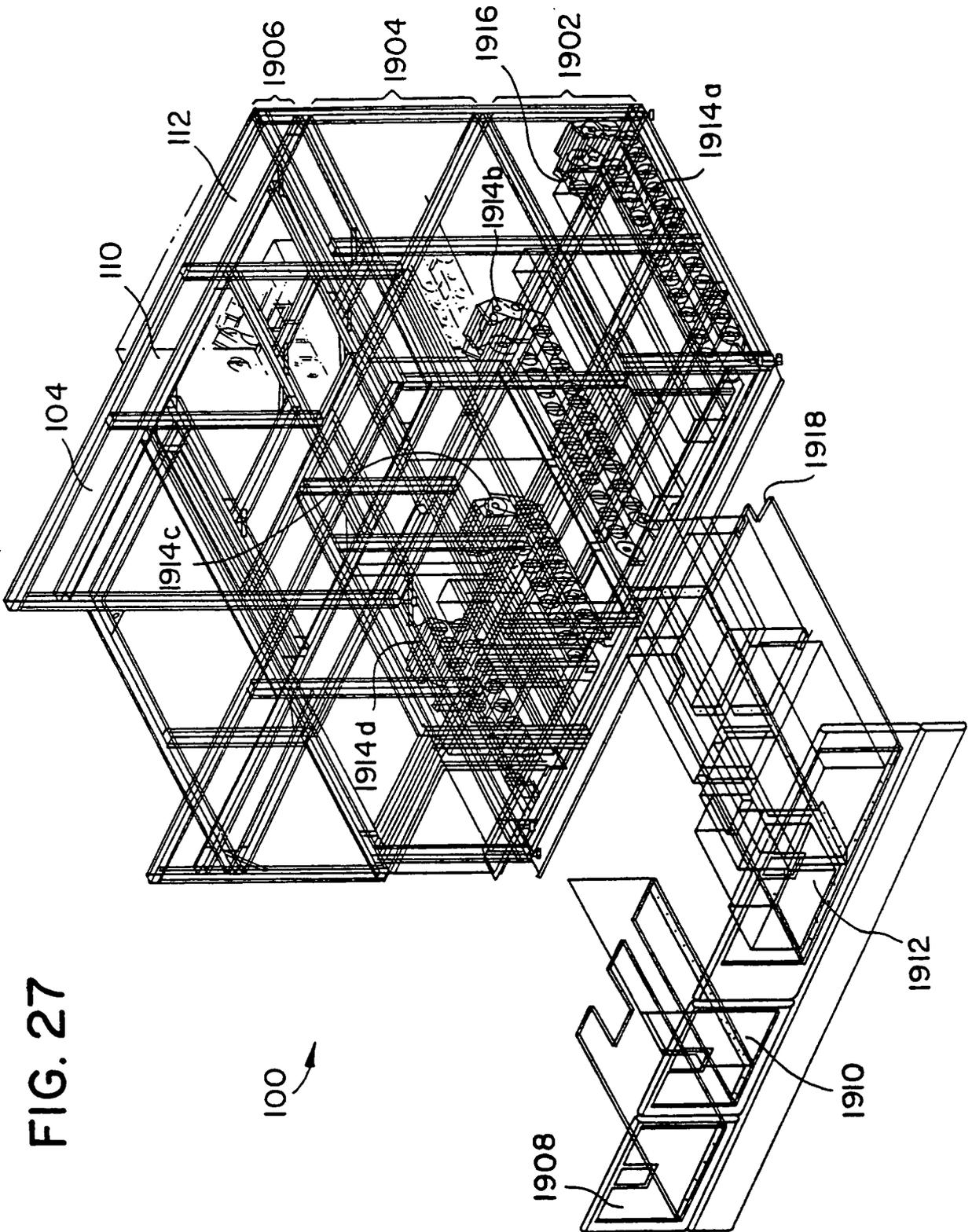


FIG. 27