(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 195 44 328 B4** 2014.03.20

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **195 44 328.4**
(22) Anmeldetag: **28.11.1995**
(43) Offenlegungstag: **30.05.1996**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **20.03.2014**

(51) Int Cl.: ***B24B 29/02*** (2006.01)
B24B 7/22 (2006.01)
B24B 41/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

319289/94	**29.11.1994**	**JP**
330209/94	**06.12.1994**	**JP**
330210/94	**06.12.1994**	**JP**

(73) Patentinhaber:
Ebara Corp., Tokio/Tokyo, JP; Kabushiki Kaisha Toshiba, Kawasaki, Kanagawa, JP

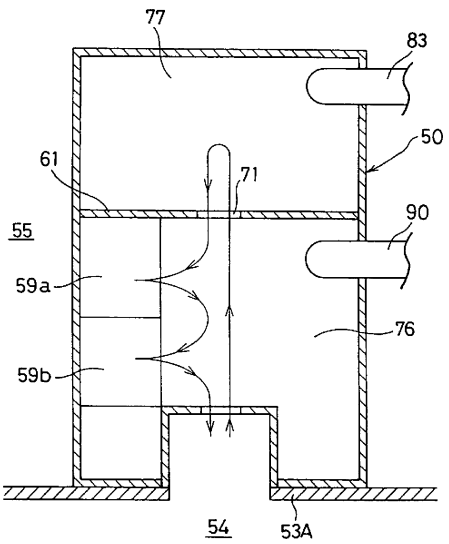
(74) Vertreter:
WAGNER & GEYER Partnerschaft Patent- und Rechtsanwälte, 80538, München, DE

(72) Erfinder:
Nishi, Toyomi, Yokohama, Kanagawa, JP; Togawa, Tetsuji, Fujisawa, Kanagawa, JP; Saito, Harumitsu, Yokohama, Kanagawa, JP; Tsujimura, Manabu, Yokohama, Kanagawa, JP; Yajima, Hiromi, Yokohama, Kanagawa, JP; Himukai, Kazuaki, Chigasaki, Kanagawa, JP; Kodama, Shoichi, Tokio/Tokyo, JP; Imoto, Yukio, Zama, Kanagawa, JP; Aoki, Riichiro, Tokio/Tokyo, JP; Watase, Masako, Yokohama, Kanagawa, JP; Shigeta, Atsushi, Fujisawa, Kanagawa, JP; Mishima, Shiro, Yokkaichi, Mie, JP; Kouno, Gisuke, Oita, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Poliervorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Eine Vorrichtung zum Polieren und anschließenden Reinigen eines Halbleiterwafers (4) wobei die Vorrichtung Folgendes aufweist:
eine umschlossene Struktur mit einer Außenwand und einer Unterteilung, die mindestens zwei Kammern in der umschlossenen Struktur bildet, wobei die Unterteilung eine Öffnung hat, um es dem Halbleiterwafer (4) zu gestatten, dahindurch zu gehen;
einen Polierabschnitt (2) zum Polieren des Halbleiterwafers (4), wobei der Polierabschnitt (2) in einer ersten Kammer (48) der mindestens zwei Kammern angeordnet ist;
eine Reinigungseinheit (74) zum Reinigen des Halbleiterwafers (4), der poliert wurde, wobei die Reinigungseinheit (74) in einer zweiten Kammer (49) der mindestens zwei Kammern angeordnet ist,
wobei der Reinigungsabschnitt (30) eine Vielzahl von Reinigungseinrichtungen aufweist, die einen zunehmend höheren Grad an Reinheit des Halbleiterwafers (4) vorsehen;
Transfermittel zum Transferieren des polierten Halbleiterwafers (4) von dem Polierabschnitt (2) durch die Öffnung zu der Reinigungseinheit;
eine Trockeneinheit (75) zum Trocknen des Halbleiterwafers (4), der gereinigt wurde, wobei die Trockeneinheit (75) in einer anderen als der ersten Kammer (48) der mindestens zwei Kammern gelegen ist; und ...



(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 195 44 328 B4** 2014.03.20

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**31 48 957**	**A1**
FR	**2 696 429**	**A1**
US	**5 431 600**	**A**
US	**5 779 520**	**A**
US	**5 425 793**	**A**
US	**5 299 584**	**A**
US	**5 655 954**	**A**
US	**5 096 477**	**A**
WO	**87/ 02 608**	**A1**
JP	**H05- 223 300**	**A**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Polieren und anschließenden Reinigen eines Halbleiterwafers.

[0002] Der schnelle Fortschritt auf dem Gebiet der Integration von Halbleitervorrichtungen macht kleinere und kleinere Verdrahungs- und Anschlußmuster sowie Zwischenverbindungen erforderlich und auch schmälere Räume oder Abstände zwischen den Zwischenverbindungen, welche die aktiven Gebiete verbinden. Eines der verfügbaren Verfahren zur Bildung einer solchen Zwischenverbindung ist die Fotolithografie. Obwohl das Fotolithografieverfahren Zwischenverbindungen mit höchstens 0,5 Mikrometer Breite bilden kann, macht dieses Verfahren es notwendig, daß die Oberflächen auf denen die Musterbilder fokussiert werden sollen und zwar durch eine Schritt- oder Steppervorrichtung, so flach wie möglich sein müssen, weil die Fokustiefe des optischen Systems relativ klein ist.

[0003] Es ist daher notwendig, die Oberflächen der Halbleiterwafer für die Zwecke der Fotolithografie flach auszubilden. Ein übliche Möglichkeit des Flachmachens der Oberflächen der Halbleiterwafer besteht darin, diese mittels einer Poliervorrichtung zu polieren.

[0004] Üblicherweise besitzt eine Poliervorrichtung einen Drehtisch und einen oberen Ring, wobei diese sich mit entsprechenden individuellen Geschwindigkeiten drehen. Ein Abriebs- oder Abrasionstuch ist an der Oberseite des Drehtischs befestigt. Ein zu polierender Halbleiterwafer wird auf dem Abriebstuch angeordnet und zwischen dem oberen Ring und dem Drehtisch festgeklemmt. Während des Betriebs übt der obere Ring einen bestimmten Druck auf den Drehtisch aus und die Oberfläche des Halbleiterwafers, die gegen das Abriebstuch gehalten wird, wird daher poliert und zwar auf eine flache spiegelartige Endbearbeitung, wobei der obere Ring und der Drehtisch sich drehen.

[0005] Bei der Poliervorrichtung wird ferner eine Abriebsaufschlemmung von einer Düse an das Polier- oder Abriebstuch geliefert, welches an der Oberseite des Drehtischs angebracht ist. Die Abriebsaufschlemmung enthält Abrasions- oder Abriebsmaterial, wie beispielsweise Siliziumdioxid (SiO_2) oder Cerdioxid (CeO_2) und zwar mit einem Durchmesser von 1 Mikrometer oder weniger in einer Flüssigkeit. Die Abriebsaufschlemmung enthält Wasser, ein Abrasionsmaterial und eine kleine Menge eines Dispersionsmittels, um die Zusammenballung oder Aggregation des Abrasions- oder Abriebmaterials zu verhindern. Um ferner zusätzlich zu einer mechanischen Polierung einen chemischen Poliervorgang vorzusehen, kann eine Säure oder ein Alkalimaterial der Abriebsaufschlemmung hinzugegeben werden.

[0006] Die Oberfläche des polierten Halbleiterwafers ist im allgemeinen recht verunreinigt und zwar nicht nur mit Teilchen des Halbleitermaterials, sondern auch mit solchen des Abriebmaterials. Der Zählerstand oder die Menge der Verunreinigungen an der Oberfläche des Halbleiterwafers kann bis zu 100.000 Teilchen pro Wafer erreichen und es ist erforderlich, diesen Zählerstand oder diese Menge auf ungefähr 100 Teilchen pro Wafer durch irgendein effizientes Verfahren abzusenken.

[0007] Die konventionelle Poliervorrichtung könnte nicht in einem Reinraum angeordnet werden, weil die Staubteilchen durch die Poliervorrichtung selbst erzeugt werden. Sobald die Verunreinigungen, welche an der Oberfläche des polierten Halbleiterwafers anhaften, getrocknet sind, ist es schwer, die Verunreinigungen durch Reinigen zu entfernen. Die vorliegende Erfindung sieht daher vor, die polierten Halbleiterwafer in Wasser aufzubewahren und zwar unmittelbar nach dem Poliervorgang und zwar insbesondere in einem speziell konstruierten Wasser enthaltenden Träger, der in den Reinraum gebracht wird, so daß die Halbleiterwafer in einer Reinigungsvorrichtung gereinigt werden können.

[0008] Bei der konventionellen Vorrichtung ist jedoch die Reinigungsvorrichtung abgelegen gegenüber der Poliervorrichtung und die Halbleiterwafer müssen von der Poliervorrichtung zu der Reinigungsvorrichtung in einem solchen Zustand gebracht werden, daß sie in Wasser aufbewahrt werden, wodurch die Produktivität der Halbleiterwaferherstellung sinkt. Da ferner die Reinigungsvorrichtung selbst recht verunreinigt wird durch die Staubteilchen, die an den Halbleiterwafern anhaften, ist es nicht möglich, allgemeine im Reinraum vorhandene Reinigungsvorrichtungen einzusetzen. Das heißt, es muß eine spezielle Reingigungsmaschine vorgesehen werden, die exklusiv zur Reinigung der polierten Halbleiterwafer dient. Dies bedeutet, hohe Kosten für die zu verwendenden Anlagen.

[0009] Speziell sei zum Stand der Technik auf folgende Druckschriften hingewiesen:
Die DE 31 48 957 A1 betrifft ein Verfahren zur rückseitigen Oberflächenbehandlung von Halbleiterscheiben bei dem eine Halbleiterscheibe durch einen Zylinder poliert und ferner durch die Reinigungsdüsen gereinigt wird. Darauffolgend wird diese durch Trockenrollen sowie einen Ventilator getrocknet, worauf unmittelbar nach dem Trocknen eine Oxidierung erfolgt.

[0010] Die WO 87/02608 A1 betrifft ein automatisches Poliersystem bei dem der Wafer durch dieses poliert wird und, sodann mittels des Roboters wei-

ter transportiert wird, um schließlich mit einer Bürste gereinigt zu werden, worauf eine Aufbewahrung im Wasser in einer Schlittenanordnung erfolgt.

[0011] Gemäß der Druckschrift FR 2 696 429 A1 wird ein automatisches Transfersystem vorgesehen, um den Transport einer Kassette sicherzustellen. Allerdings zeigt diese Druckschrift keine Poliervorrichtung.

[0012] Die JP H05-223300 A bezeichnet voneinander getrennte Raumkörper, wobei in jeder Raumeinheit Luft innerhalb dieses Raums mittels einer Ventilatoreinheit (Luftzirkulationsmittel) in Umlauf gebracht wird. Dabei sind "Liftdiffuservorrichtungen" oder Türen vorgesehen und zwar in Öffnungen der Raumeinheitskörper. Fernerhin ist ein Raum in einem Kupplungsabschnitt der entsprechenden Körper oder ein Saugschlauch vorgesehen, und zwar in dem Raum, wodurch der Einfluss der benachbarten Körper aufeinander verhindert wird. Diese Druckschrift zeigt aber keinerlei Ausstoßmittel zum Ausstoßen von Umgebungsluft von sowohl dem Polierabschnitt als auch dem Reinigungsabschnitt, und zwar gesondert und unabhängig.

[0013] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde eine Poliervorrichtung vorzusehen, die in einem Reinraum eingebaut bzw. in diesem verwendet werden kann, wobei die Umgebungsatmosphäre in dem Reinraum nicht verunreinigt wird, und die Halbleiterwafer poliert, gereinigt und getrocknet, an die nächste Verarbeitungsstation unter Verwendung regulärer Träger, wie sie im Reinraum im allgemeinen verfügbar sind, abgegeben werden können.

[0014] Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die Erfindung eine Poliervorrichtung gemäß Anspruch 1 vor. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0015] Erfindungsgemäß sind bei der Poliervorrichtung der Polierabschnitt und der Reinigungsabschnitt in der Gehäuseeinheit untergebracht, und die zwei Abschnitte sind voneinander durch die Unterteilungswand getrennt. Daher kann die gesamte Poliervorrichtung in einem Reinraum angeordnet werden, ohne dass die Reinraumatmosphäre verunreinigt wird. Die Halbleiterwafer können innerhalb der Poliervorrichtung poliert und gereinigt werden, und unter Verwendung regulärer allgemein in dem Reinraum verfügbaren Träger zu den nächsten Verarbeitungsstationen transferiert werden. Die zwei Abschnitte der Poliervorrichtung sind durch die Unterteilungswand getrennt und besitzen eine Öffnung, die mit einem Verschluß verschlossen ist, und die Umgebungsatmosphären im Polierabschnitt und im Reinigungsabschnitt werden gesondert und unabhängig voneinander abgesaugt oder gereinigt. Diese Anordnung verhindert, daß irgendwelche Staubteilchen, wie beispielsweise Nebel aus der Abriebsaufschlemmung und abgeschliffenes Material erzeugt während des Poliervorgangs den Reinraum verunreinigen, und zwar entweder dadurch, daß man den Polierabschnitt auf einem niedrigeren Druck als dem Druck im Reingigungsabschnitt hält, oder aber dadurch, daß man einen Verschluß schließt, der für das Öffnen der Unterteilungswand vorgesehen ist. Auch beide Maßnahmen können gleichzeitig vorgesehen sein.

[0016] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Poliervorrichtung zum Polieren einer Oberfläche eines Werkstücks vorgesehen, die folgendes aufweist: eine Gehäuseeinheit; eine Unterteilungswand, welche einen Innenraum der Gehäuseeinheit in eine erste und eine zweite Kammer unterteilt, wobei die Unterteilungwand eine erste Öffnung aufweist, um den Hindurchtritt des Werkstücks zu gestatten; einen Polierabschnitt mit einem Drehtisch mit einem Abriebstuch befestigt an einer Oberseite des Drehtischs und mit einem oberen Ring oder oberen Befestigungselement positioniert oberhalb des Drehtischs zum Tragen des Werkstücks, welches poliert werden soll und zum Pressen des Werkstücks gegen das Abriebstuch, wobei der Polierabschnitt in der ersten Kammer angeordnet ist; einen Reinigungsabschnitt zum Reinigen des polierten Werkstücks, wobei dieser Reinigungsabschnitt in der zweiten Kammer angeordnet ist; eine Transfer oder Transportvorrichtung zum Transportieren oder Übertragen des polierten Werkstücks vom Polierabschnitt zu dem Reinigungsabschnitt durch die erste Öffnung; und Ausstoß oder Absaugmittel zum Ausstoßen von Umgebungsluft vom Polierabschnitt, insbesondere von jeweils dem Polierabschnitt und dem Reinigungsabschitt; wobei der Reinigungsabschnitt eine Reinigungseinheit aufweist zum Reinigen des Werkstücks, während Reinigungslösungsmittel geliefert wird und ferner mit einer Trocknungseinheit zum Trocknen des Werkstücks, welches gereinigt wurde.

[0017] Bei der oben beschriebenen Poliervorrichtung ist insbesondere vorgesehen, daß ein Werkstück, wie beispielsweise ein Halbleiterwafer in dem Polierabschnitt poliert wird, wobei das polierte Werkstück vom Polierabschnitt zum Reinigungsabschnitt transportiert wird, worauf dann das Werkstück in dem Reinigungsabschnitt gereinigt und getrocknet wird. Daher ist das von der Poliervorrichtung abgegebene Werkstück in einem sauberen und trockenen Zustand.

[0018] Weitere Vorteile, Ziele und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung; in der Zeichnung zeigt:

[0019] **Fig.** 1 eine Schnittansicht einer Poliervorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0020] Fig. 2 eine geschnittene Draufsicht auf die Poliervorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0021] Fig. 3 eine perspektivische Ansicht einer Poliervorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0022] Fig. 4A eine perspektivische Ansicht des inneren der Poliervorrichtung der **Fig.** 3;

[0023] Fig. 4B eine perspektivische Ansicht einer in **Fig.** 4A gezeigten Kassette;

[0024] Fig. 5 eine Seitenansicht der Innenanordnung der Poliervorrichtung der **Fig.** 3;

[0025] Fig. 6 eine Querschnittsdraufsicht der Poliervorrichtung der **Fig.** 3;

[0026] Fig. 7 eine schematische Darstellung der Luftströmung in der Poliervorrichtung der **Fig.** 3;

[0027] Fig. 8 eine schematische Darstellung der Bewegung der Halbleiterwafer in der Poliervorrichtung gemäß **Fig.** 3;

[0028] Fig. 9 eine perspektivische Ansicht der Poliervorrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0029] Fig. 10 eine Seitenansicht der Innenanordnung der Poliervorrichtung gemäß **Fig.** 9; und

[0030] Fig. 11 eine Seitenansicht der Innenanordnung einer Poliervorrichtung gemäß einer Abwandlung des dritten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

[0031] Eine Poliervorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung sei nunmehr unter Bezugnahme auf die **Fig.** 1 und **Fig.** 2 beschrieben.

[0032] Wie man in den **Fig.** 1 und **Fig.** 2 erkennt, besitzt eine Poliervorrichtung eine Gehäuseeinheit **1** mit Seitenwänden, einer oberen Wand und einer Bodenwand, wobei darinnen ein Polierabschnitt **2** untergebracht ist zum Polieren von Halbleiterwafern und ferner ist ein Reinigungsabschnitt **30** vorgesehen zum Reinigen der polierten Halbleiterwafer. Das Innere der Gehäuseeinheit **1** ist durch eine Unterteilungswand **22** in eine erste Kammer **48** und eine zweite Kammer **49** unterteilt. Der Polierabschnitt **2** ist in der ersten Kammer **48** angeordnet und der Reinigungsabschnitt **30** ist in der zweiten Kammer **49** angeordnet.

[0033] Der Polierabschnitt weist einen Drehtisch **3** und ein Halteelement- oder einen oberen Ring **5** auf, um ein Halbleiterwafer **4** zu halten und dieses gegen den Drehtisch **3** zu drücken. Der Drehtisch **3** ist mit einem Motor M_1 gekuppelt. Ein Abriebs- oder Poliertuch **7** ist an der Oberfläche des Drehtischs **3** angebracht. Der obere Ring **5** ist mit einem Ringkopf **8** gekuppelt, der mit einem oberen Ringmotor M_2 versehen ist und zwar zum Drehen des oberen Rings und ferner ist ein Luftzylinder **11** zur Vertikalbewegung des oberen Rings **5** vorgesehen, wodurch der obere Ring **5** auf und ab bewegbar ist und drehbar ist um eine Achse des oberen Rings **5**. Der obere Ringkopf **8** ist über den Drehtisch **3** entlang Führungsschienen **9** bewegbar. Eine Abriebsaufschlemmung enthält Abriebsmaterial wie beispielsweise Silziumdioxid (SiO_2) und Cerdioxid (CeO_2) und zwar geliefert von einer Düse **10** auf die Oberseite des Poliertuchs **7**.

[0034] Eine Ladevorrichtung **12** zum Liefern von Halbleiterwafern **4** an den oberen Ring **5** weist eine erste Transfereinheit **13**, einen Inverter (Umdrehvorrichtung) **14** und eine zweite Transfereinheit **15** auf. Die erste Transfereinheit **13** nimmt den Halbleiterwafer **4** von einer Kassette **17** angeordnet an einer Kassettenstation **16** und transferiert den Halbleiterwafer **4** zum Inverter **14**, der den Halbleiterwafer **14** invertiert oder umdreht, so daß die zu polierende Oberfläche nach unten weist. Der umgedrehte Halbleiterwafer **4** wird von der ersten Transfereinheit **13** empfangen und zur zweiten Transfereinheit **15** transferiert.

[0035] Die zweite Transfereinheit **15** weist ein Waferhalteglied **19** auf, um den Halbleiterwafer **4** zu halten und ferner weist die Einheit **15** ein Schraubstange **20** auf, die zur Vertikalbewegung des Waferhalteglieds **19** dient und das von der ersten Transfereinheit **13** transferierte Halbleiterwafer zum oberen Ring **5** transferiert.

[0036] Sodann wird der Wafer **4** dadurch poliert, daß man diesen gegen das Poliertuch **7** am Drehtisch **3** drückt. Nachdem der Poliervorgang vollendet ist, wird der Halbleiterwafer **4** zu einer Position oberhalb einer Wafertragstation **21** transferiert, und zwar durch den oberen Ring **5**, der sich integral mit dem oberen Ringkopf **8** entlang der Führungsschienen **9** bewegt. Der Halbleiterwafer **9** wird von dem oberen Ring **5** entfernt und auf der Wafertragstation **21** plaziert.

[0037] Die den Polierabschnitt **2** von dem Reinigungsabschitt **30** trennende Unterteilungswand **22** besitzt eine Öffnung **22a**. Ein Verschluß **23** ist an der Öffnung **22a** angeordnet, um als ein Tor für die Öffnung **22a** zu wirken. Ein Inverter oder eine Umwendvorrichtung **24** ist benachbart zu der Unterteilungswand **22** angeordnet. Der Inverter **24** weist eine Inverterwelle **25** auf, ferner einen Inverterbetätiger **26** und einen Inverterarm **27**. Der Arm **27** wird durch den Betätiger **26** durch die Inverterwelle **25** verdreht.

[0038] Wenn der Verschluß **23** offen ist, so dreht sich der Inverterarm **27** und hält den Halbleiterwafer **4** plaziert auf der Wafertragstation **21** durch Vakuumansaugen, und der Halbleiterwafer **4** wird invertiert während er zu der Reinigungsstation **20** transportiert wird und zwar durch die Umkehrbewegung des Inverterarms **27** durch die Öffnung **22a**.

[0039] Der Reinigungsabschnitt **30** weist eine erste Stufe besitzende Reinigungseinheit **31** auf, um eine Primärreinigung des polierten Halbleiterwafers **4** auszuführen und ferner weist der Reinigungsabschnitt **30** eine zweite Stufe einer Reinigungseinheit **40** auf, um eine sekundäre Reinigung des Halbleiterwafers **4** auszuführen. Die erste-Stufe-Reinigungseinheit **31** weist folgendes auf: eine Vielzahl von Rollen **32** zum Halten des Außenumfangs des Halbleiterwafers **4** und zum Drehen des Halbleiterwafers **4**; eine Schwammrolle oder eine Schwammwalze **33** zum Schrubben des Halbleiterwafers **4**, und eine Reinigungslösungsmittelversorgungsleitung **34** zum Liefern von Reinigungslösungsmitteln wie beispielsweise Wasser zu dem Halbleiterwafer **4**. Während der Halbleiterwafer **4** durch die Rollen **32** gehalten ist, wird der Halbleiterwafer **4** durch die Rollen **32** angetrieben durch einen (nicht gezeigten) Motor gedreht. Der primäre Reinigungsprozeß wird ausgeführt während die Schwammrolle **33** gegen den Halbleiterwafer **4** gedrückt wird, während Reinigungslösungsmittel an den Halbleiter von dem Halbleiterlösungsmittelversorgungsrohr **34** geliefert wird. Der der primären Reinigung unterworfene Halbleiterwafer **4** wird zu der zweiten Stufe-Reinigungseinheit **40** durch eine dritte Transfereinheit **35** transferiert oder transportiert.

[0040] Die dritte Transfereinheit **35** weist eine Waferhaltestation **36** auf, einen, Waferhalteglied **37** oberhalb der Waferhaltestation **36**, einen Motor **38** zum Drehen der Waferhaltestation **36** und eine Schraubenstange **39** zur Bewegung der Waferhaltestation **36** in Vertikalrichtung. Das Waferhalteglied **37** bewegt sich in horizontaler Richtung angedeutet durch einen Pfeil in **Fig.** 1 und sieht die Handhabung des Halbleiterwafers **4** vor, der weg von der Waferhaltestation **36** positioniert ist. Nach dem Empfang des Halbleiterwafers **4**, der der primären Reinigung unterworfen war, sieht die dritte Transfereinheit **35**, das Waferhalteglied **37** zurück und bewegt den Halbleiterwafer **4** zu einer Position oberhalb der Waferhaltestation **36**. Sodann senkt die dritte Transfereinheit **35** die Waferhaltestation **36** ab, während die Waferhaltestation **36** gedreht wird und transferiert den Halbleiterwafer **4** zu der zweite-Stufe-Reinigungseinheit **40** durch erneutes Ausfahren des Waferhaltegliedes **37**.

[0041] Eine zweite-Stufe-Reinigungeinheit **40** weist eine Waferhaltestation **41** auf und ferner einen Motor **42** zum Drehen der Waferhaltestation **41**, einen Reinigungsschwamm **43** zum Schrubben des Halbleiterwafers **4** und ein Reinigungslösungsmittelversorgungsrohr **44** zum Liefern von Reinigungslösungsmittel wie beispielsweise Wasser an den Halbleiterwafer **4**. Der Wafer **4** wird auf der Waferhaltestation **41** gereinigt und zwar durch Lieferung von Reinigungslösungsmittel an den Halbleiterwafer **4** von dem Reinigungslösungsmittelversorgungsrohr **44** und durch Drücken des Reinigungsschwamms **43** gegen den Halbleiterwafer **4**. Nachdem der Reinigungsprozeß vollendet ist, wird der Schwamm **43** zurückgezogen, die Wasserversorgung wird gestoppt und der Halbleiterwafer **4** wird durch schnelles Drehen der Waferhaltestation **41** mit hoher Geschwindigkeit durch den Motor **42** getrocknet.

[0042] Nachdem der sekundäre Reinigungsvorgang und das Drehtrocknen vollendet sind, wird der Halbleiterwafer **4** wiederum durch das Waferhalteglied **37** der dritten Transfereinheit **35** aufgenommen und wird zu einer Position oberhalb der Waferhaltestation **36** bewegt. Die Waferhaltestation **36** wird während ihrer Drehung angehoben und das Waferhalteglied **37** wird ausgefahren, um den polierten, gereinigten und getrockneten Halbleiterwafer in der Kassette **45** aufzubewahren.

[0043] Der Polierabschnitt **2** und der Reinigungsabschnitt **30** sind jeweils mit Auslaßkanälen **46** bzw. **47** ausgestattet, um Umgebungsluft im Polierabschnitt **2** und Reinigungsabschnitt **30** gesondert und unabhängig auszustoßen.

[0044] Im folgenden wird die Arbeitsweise der Poliervorrichtung gemäß den **Fig.** 1 und **Fig.** 2 erläutert.

[0045] Ein Halbleiterwafer **4** wird aus der Kassette **17** entnommen und an der Kassettenstation **16** angeordnet, und zwar mittels eines Zungengliedes **13a** der ersten Transfereinheit **13**, sodann erfolgt der Transfer zu dem Inverter **14**. Der Halbleiterwafer **4** wird durch den Inverter **14** invertiert oder umgedreht, so daß die zu polierende Oberfläche nach unten weist, wobei der Halbleiterwafer von der ersten Transferteinheit **13** aufgenommen wird und auf das Waferhalteglied **19** der zweiten Transfereinheit **15** übertragen oder transferiert wird.

[0046] Als nächstes bewegt sich der obere Ringkopf **8** entlang der Führungsschiene **9**, so daß das Element oder der obere Ring **5** oberhalb des Waferhalteglieds **19** der zweiten Transfereinheit **15** angeordnet ist. Das Waferhalteglied **19** wird sodann angehoben, um den Halbleiterwafer **4**, der darauf gehalten ist, zu dem oberen Ring **5** zu übertragen.

[0047] Der obere Ring **5** hält den Halbleiterwafer **4** und bewegt sich zu einer Polierposition oberhalb des Drehtisches **5**. Der Drehtisch **3** und der obere Ring **5** werden in Rotation versetzt und die Abriebsaufschlemmung, die das Abriebsmaterial enthält wird von der Düse **10** zur Oberseite des Abriebstuchs oder

Poliertuchs **7** auf dem Drehtisch **3** geliefert. Der obere Ring **5** wird abgesenkt und drückt den Halbleiterwafer **4** gegen das Poliertuch **7**, wodurch das Halbleiterwafer **4** poliert wird.

[0048] Nachdem der Poliervorgang vollendet ist, bewegt sich der obere Ringkopf **8** entlang der Führungsschienen **9** und der das Halbleiterwafer **4** haltende obere Ring **5** ist direkt oberhalb der Wafertragstation **21** positioniert. Sodann wird der Halbleiterwafer **4** vom oberen Ring **5** entfernt und an der Wafertragstation **21** plaziert. Nunmehr bewegt sich der obere Ring **5** zu der zweiten Transfereinheit **15** hin, um den nächsten Poliervorgang eines weiteren Halbleiterwafers auszuführen.

[0049] Wenn der polierte Halbleiterwafer **4** auf der Wafertragstation **21** angeordnet ist, so wird der Verschluß **23** geöffnet und der Invertierarm **27** des Inverters **24** wird verdreht und oberhalb des Halbleiterwafers **4** positioniert, um den Halbleiterwafer **4** durch Vakuumansaugung aufzunehmen. Der Halbleiterwafer **4** wird sodann durch die umgekehrte Drehung des Armes **27** umgedreht und zu der erste-Stufe-Reinigungseinheit **31** transferiert. Zu dieser Zeit ist die Öffnung **22a** der Unterteilungswand **22** in einer Öffnungsposition, um zu gestatten, daß der den Halbleiterwafer **4** haltende Arm **27** hindurchlaufen kann. Wenn der Halbleiterwafer **4** und der Arm **27** durch die Öffnung **22a** gelaufen sind und vollständig in den Reinigungsabschnitt **30** bewegt sind, so wird die Öffnung **22a** durch Schließen des Verschlusses **23** geschlossen.

[0050] Nachdem der Halbleiterwafer zu der erste-Stufe-Reinigungseinheit **31** durch den Arm **27** transferiert wurde, zieht sich der Arm **27** nach unten zurück. In der erste-Stufe-Reinigungs-Einheit **31** wird der Halbleiterwafer durch die Rollen **32** gehalten und durch die Rollen **32** verdreht. Die Primärreinigung wird ausgeführt durch Rotation des Halbleiterwafers **4** und durch Pressen der Schwammrolle **33** gegen den Halbleiterwafer **4** während Reinigungslösungsmittel von dem Reinigungslösungsversorgungsrohr **34** zu dem Halbleiterwafer **4** geliefert wird.

[0051] Der der primären Reinigung ausgesetzte Halbleiterwafer **4** wird durch die dritte Transfereinheit **35** empfangen. Nach dem Empfang des Halbleiterwafer **4** zieht die dritte Transfereinheit **35** das Waferhalteglied **37** zurück, um den Halbleiterwafer **4** oberhalb der Waferhaltestation **36** zu positionieren. Sodann wird die Waferhaltestation **36** abgesenkt, während sie gedreht wird und der Halbleiterwafer **4** wird zu der zweiten-Stufe-Reinigungseinheit **40** dadurch transferiert, daß das Waferhalteglied **37** wieder ausgefahren wird.

[0052] In der zweiten-Stufe-Reinigungseinheit **40** wird das Halbleiterwafer **4** durch die Waferhaltestation **41** gedreht und dadurch gereinigt, daß an den Reinigungsschwamm **43** gegen den Halbleiterwafer **4** drückt, während von dem Reinigungslösungsmittelversorgungsrohr **44** Reinigungslösungsmittel an den Halbleiterwafer **4** geliefert werden. Nachdem die Sekundärreinigung vollendet ist, wird der Reinigungsschwamm **43** zurückgezogen, die Wasserversorgung wird gestoppt und die Drehgeschwindigkeit bzw. die Drehzahl des Motors **42** wird erhöht, um die Waferhaltestation **41** mit einer hohen Drehzahl zu drehen, wodurch die Drehtrocknung des Halbleiterwafers **4** bewirkt wird.

[0053] Der der sekundären Reinigung und der Trockung ausgesetzte Halbleiterwafer **4** wird wiederum aufgenommen durch das Waferhalteglied **37** der dritten Transfereinheit **35**. Nachdem der Halbleiterwafer **4** zu einer Position oberhalb der Waferhaltestation **36** bewegt wurde, wird die Waferhaltestation **36** angehoben während sie gedreht wird und das Waferhalteglied **37** wird ausgefahren, um den Halbleiterwafer **4** in die Kassette **45** zu transferieren.

[0054] Bei dem oben beschriebenen Polierverfahren wird der Eintritt von Nebel aus der Abriebsaufschlemmung und abgeschliffenen Teilchen des Halbleiterwafers vom Polierabschnitt **2** in den Reinigungsabschnitt **30** in effektiver Weise durch die zwischen dem Polierabschnitt **2** der Reinigungsstation **30** angeordnete Unterteilungswand **22** verhindert. Zusätzlich zu diesem strukturellen Merkmal der Poliervorrichtung sind gesonderte Ausstoßsysteme vorgesehen und zwar einschließlich der Ausstoßleitungen **46** und **47**, um die Verunreinigung des Reinigungsabschnitts **30** zu verhindern. Dadurch, daß man den Innendruck des Polierabschnitts **2** niedriger hält als den Druck in dem Reinigungsabschnitt **30**, ist es möglich, den an der Unterteilungswand **22** vorgesehenen Verschluß wegzulassen.

[0055] Wie sich aus der vorstehenden Beschreibung ergibt, ist es möglich, da der Polierabschnitt **2** und der Reinigungsabschnitt **30** in der Gehäuseinheit **1** untergebracht sind und zwar mit den Seitenwänden, der oberen Wand und der unteren Wand, sowie getrennt voneinander durch die Unterteilungswand **22**, die Poliervorrichtung in einem Reinraum zu installieren, und es ist ferner möglich, den Halbleiterwafer **4** zu polieren und zu reinigen ohne die Reinraumatmosphäre durch Nebel und Staubteilchen erzeugt während des Polierens und des Reinigens zu verunreinigen. Ferner kann ein regulärer Waferträger im Reinraum verwendet werden, um die polierten, gereinigten und getrockneten Halbleiterwafer zu der nächsten Verarbeitungsstation zu transferieren.

[0056] Da ferner der Polierabschnitt **2** und der Reinigungsabschnitt **30** durch die Unterteilungswand **22** mit dem Verschluß **23** getrennt sind und gesonderte Ausstoß- oder Absaugsysteme einschließlich der Lei-

tungen **46** und **47** für jeden Polierabschnitt **2** und Reinigungsabschnitt **30** vorgesehen sind, wird verhindert, daß der Nebel aus Abriebsaufschlemmung und abgeschliffenen Teilchen des Halbleiterwafers aus dem Polierabschnitt **2** in den Reinigungsabschnitt **30** eintritt.

[0057] Im folgenden wird unter Bezugnahme auf die **Fig.** 3-**Fig.** 8 eine Poliervorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel beschrieben.

[0058] **Fig.** 3 ist eine perspektivische Ansicht einer Poliervorrichtung **50**, die in einem Reinraum installiert ist. Eine Wand **53** mit einer Seitenwand **53A** unterteilt den Reinraum in eine Arbeitszone **54** mit einem hohen Ausmaß an Reinheit und eine Nutzzone **55** mit einem niedrigen Ausmaß an Reinheit. Die Seitenwand **53A** ist mit einer Kassettenliefer- oder Zuführöffnung **51** und einer Betätigertafel **52** versehen. Die Poliervorrichtung **50** ist eine umschlossene Struktur und zwar durch eine Gehäuseeinheit, die Seitenwände **53A**, **53B** und eine Decke **53C** aufweist und einen Lade/Entladeabschnitt enthält zur Lieferung einer Kassette, die eine Vielzahl von Halbleiterwafern speichert, wobei ferner ein Transferabschnitt zum Transfer der Halbleiterwafer vorgesehen ist, ein Polierabschnitt zum Polieren der Halbleiterwafer, eine Reinigungseinheit zum Reinigen der Halbleiterwafer, die poliert wurden und schließlich mit einer Steuereinheit zur Steuerung des Betriebs der gesamten Vorrichtung. Alle diese Einheiten sind auf einer gemeinsamen Basis angebracht. Die gesamte Struktur der Poliervorrichtung ist durch die Seitenwände **53A**, **53B** und die Decke **53C** umschlossen und somit in der Form eines Kastens.

[0059] **Fig.** 4A zeigt das Innere der Poliervorrichtung **50**. Obwohl der Polierabschnitt **56** und alle anderen Abschnitte wie Lade/Entladeabschnitt **57**, Transferabschnitt **58**, Reinigungsabschnitt **59** und Steuerabschnitt **60** auf der gemeinsamen Basis **62** installiert sind, ist nur die letzt genannte Gruppe von Abschnitten vom Polierabschnitt **56** durch eine Unterteilungswand **61** isoliert oder getrennt. Die Unterteilungswand **61** besitzt eine Öffnung **71**, welche den Hindurchtritt des Halbleiterwafers **4** gestattet.

[0060] **Fig.** 4B zeigt die Kassette **63** mit einer Vielzahl von Speicher- oder Aufbewahrungsregalen **67**, auf denen die Halbleiterwafer **4** plaziert sind.

[0061] Wie man in **Fig.** 4A erkennt wird die von der Kassettenzuführöffnung **51** (vgl. **Fig.** 3) eingesetzte Kassette **63** auf einer Stufe **64** des Lade/Entladeabschnitts **57** plaziert und die Anzahl der Halbleiterwafer **4** und die Position der Speicherregale **67** werden mittels eines Sensors **65** detektiert und die Detektionsdaten werden in einem Computer **68** im Steuerabschnitt **60** gespeichert. Nachdem die obige Detektierung vollendet ist, nimmt ein Finger **70** eines Roboters **69** angeordnet am Transferabschnitt **58** ein Halbleiterwafer **4** aus der Kassette **63** heraus und zwar einen nach dem anderen.

[0062] Der aus der Kassette **63** herausgenommene Halbleiterwafer **4** wird zum Durchtritt durch die Öffnung **71** veranlaßt, wie dies in **Fig.** 4A gezeigt ist, und zwar handelt es sich dabei um die Öffnung **71** in der Unterteilungswand **61**, wobei der Halbleiterwafer **4** durch den Finger **70** des Roboters **69** gehalten wird. Der Halbleiterwafer **4** wird durch den oberen Ring **5** in dem Polierabschnitt **56** gehalten. Der durch den oberen Ring **5** gehaltene Halbleiterwafer **4** wird dadurch poliert, daß man den Halbleiterwafer **4** gegen das Abriebstuch **7** auf dem Drehtisch **3** drückt, wobei Abriebaufschlemmung an das Abrieb- oder Poliertuch **7** geliefert wird.

[0063] Der polierte Halbleiterwafer **4** wird durch den Roboter **69** zum Reinigungsabschnitt **59** transferiert, der eine Reinigungseinheit **74** und eine Trockeneinheit **75** aufweist. Nachdem das Reinigen des Halbleiterwafer **4** in der Reinigungseinheit **74** vollendet ist, wird der Halbleiterwafer **4** in der Trockeneinheit **75** getrocknet. Nachdem der Halbleiterwafer **4** getrocknet ist, wird der Halbleiterwafer **4** von dem Reinigungsabschnitt **59** durch den Roboter **69** auf das Speicherregal **67** der Kassette **63** transferiert. Durch die obigen Operationen wird eine Folge von Polier- und Reinigungsvorgängen des Halbleiterwafers ausgeführt und andere Halbleiterwafer **4** werden in der gleichen Art und Weise verarbeitet. Wenn alle Halbleiterwafer **4** in der Kassette **63** verarbeitet sind, dann wird die die polierten und gereinigten Halbleiterwafer **4** enthaltene Kassette **63** mit einer anderen Kassette **63** ersetzt, die zu polierende und zu reinigende Halbleiterwafer **4** enthält.

[0064] **Fig.** 5 ist eine Seitenansicht des Inneren der Poliervorrichtung **50**. Die Poliervorrichtung **50** ist durch die Unterteilungswand **61** in einer erste Kammer **77** und eine zweite Kammer **76** unterteilt. Der Polierabschnitt **56** ist in der ersten Kammer **77** angeordnet und der Lade/Entladeabschnitt **57**, der Transferabschnitt **58**, der Reinigungsabschnitt **59** und der Steuerabschnitt **60** sind in der zweiten Kammer **76** angeordnet.

[0065] Innerhalb der ersten Kammer **77** ist ein Trog **88** vorgesehen, und zwar um den Außenumfang des Drehtischs **3** herum, um zu verhindern, daß Aufschlemmungen oder dergleichen verstreut wird oder vielmehr im Trog gesammelt wird. Der Trog **88** und eine sich vom Trog **88** horizontal erstreckende Wand dienen zu Trennung der ersten Kammer **77** in eine obere Kammer **77a** und eine untere Kammer **77b**. Wie man in **Fig.** 5 erkennt, ist die obere Kammer **77a** mit einer oberen Leitung **79** versehen, die einen Dämpfer **80** aufweist und die untere Kammer **77b** mit einem unteren Kanal **81** mit einem Dämpfer **82** ver-

sehen. Die Kanäle **79** und **81** sind in einem Hauptkanal **93** vereinigt und zwar mit einer Auslaßöffnung **83a** verbunden mit einem Auslaßrohr **95** (vgl. **Fig.** 3), welches sich von dem Reinraum in eine äußere Umgebung erstreckt.

[0066] Während des Poliervorgangs erzeugter Nebel wird von der Auslaßöffnung **83a** durch die Oberleitung **79** und die Hauptleitung **83** ausgestoßen. Die von dem Antriebsriemen des Antriebsabschnitts **64** für den Drehtisch **3** erzeugten Staubteilchen werden von der Auslaßöffnung **83a** durch den unteren Kanal **81** und die Hauptleitung oder den Hauptkanal **83** ausgestoßen. Ferner werden die Nebel und Staubteilchen aus der ersten Kammer **77** zu einer äußeren Umgebung durch das Auslaßrohr **95** abgegeben. Die Unterteilungswand **61** ist mit einer Öffnung **86** versehen und zwar gesondert von der Öffnung **71**. Bewegliche Verschließmittel oder Jalousien **85** sind an der Öffnung **86** vorgesehen, um die Öffnungsfläche der Öffnung **86** einzustellen.

[0067] Die Einlaßluft wird in die obere Kammer **77a** in der folgenden Art und Weise eingeführt. Als erstes wird Luft mit hoher Reinheit von der Arbeitszone **54** in die zweite Kammer **76** durch die Waferzuführöffnung **51** eingeführt. Die Luft läuft dann durch die Öffnung **71** der Unterteilungswand **61** und die Öffnung **86**, deren Öffnungsfläche in geeigneter Weise eingestellt wurde durch die Jalousien **85** und tritt dann in die obere Kammer **77a** ein. Die Strömungsrate wird durch die Einstellung der Jalousien **85** und das Ventil **80** reguliert.

[0068] Die Menge der die untere Kammer **77b** verlassenden Staubteilchen ist wesentlich kleiner als die Menge an Nebel aus Abriebsaufschlemmung von der oberen Kammer **77**. Daher muß nur ein kleines Volumen an Luft von der unteren Kammer **77b** fließen und somit ist das Öffnungsausmaß des Ventils **82** klein, um so einen geringfügig negativen Druck in der unteren Kammer **77b** zu erzeugen. Eine kleine Luftmenge entsprechend der ausgestoßenen Luftmenge wird an die untere Kammer **77b** geliefert, und zwar durch einen kleinen Zwischenraum zwischen den baulichen Gliedern.

[0069] Die Reinigungseinheit **74** und die Trocknungseinheit **75** angeordnet im Reinigungsabschnitt **59** in der zweiten Kammer **76** sind mit entsprechenden Auslaßleitungen **87a** und **87b** versehen, die Einstellventile **88'** bzw. **89** besitzen. Die Leitungen **87a** und **87b** sind in eine Hauptleitung **90** vereinigt, und zwar mit einer Auslaßöffnung **90a** verbunden mit dem Auslaßrohr **95** (vgl. **Fig.** 3). Daher wird der von der Reinigungseinheit **74** und der Trockeneinheit **75** erzeugte Nebel von der Auslaßöffnung **90a** ausgestoßen, und zwar durch die Leitungen **87a** und **87b** und die Hauptleitung **90** und die Abgabe erfolgt an eine Außenumgebung durch das Auslaßrohr **95**. Die Eingangsluft entsprechend der Ausgangsluft wird von der gemeinsamen Quelle von Nachfülluft an die zweite Kammer **76** geliefert und zwar durch die Waferzuführöffnung **51** und die Strömungsrate wird durch die Ventile **88** und **89** eingestellt.

[0070] Ein Verschluß ist an der Öffnung **71** der Unterteilungswand **61** vorgesehen und wird hauptsächlich für die Zwecke der Wartung verwendet. Wenn die erste Kammer **77** zur Zeit der Wartung offen ist, so wird der Verschluß **91** geschlossen, so daß der Staub nicht aus der ersten Kammer **77** in die zweite Kammer **76** durch die Öffnung **71** fließt.

[0071] Es ist hier möglich, anstelle der beweglichen Jalousien **85** die Öffnung **86** derart anzuordnen, daß die Öffnungsfläche der Öffnung **86** eingestellt werden kann, und ein Verschluß kann vorgesehen sein, um die Öffnung **86** zu öffnen und zu schließen. Ebenfalls können anstelle eines Verschlußes Schließmittel wie beispielsweise eine Tür verwendet werden.

[0072] **Fig.** 6 zeigt eine Querschnittsdraufsicht der Poliervorrichtung **50**. Im Inneren der kastenförmigen Poliervorrichtung **50** sind der Polierabschnitt **56**, der Reinigungsabschnitt **59**, der Transferabschnitt **58** und der Steuerabschnitt **60** und dergleichen vorgesehen. Man erkennt, daß der Polierabschnitt **56** an der Innenseite angeordnet ist und zwar weg von der Arbeitszone **54**.

[0073] Das Muster der Luftströmung durch die Poliervorrichtung **50** wird nunmehr unter Bezugnahme auf **Fig.** 7 beschrieben.

[0074] Die Luft in jeder Kammer, der ersten Kammer **77**, die nur den Polierabschnitt **56** enthält und der zweiten Kammer **76**, die den Reinigungsabschnitt und andere Abschnitte enthält, wird gesondert und unabhängig abgegeben oder ausgestoßen, so daß die entsprechenden Innendrücke von hoch auf niedrig abnehmen und zwar in der Reihenfolge von: Arbeitszone **54** des Reinraums, der zweiten Kammer **76** und der ersten Kammer **77**. Die Luft von den ersten und zweiten Kammern **76** und **77** wird durch die Hauptleitungen **83** und **90** wie in **Fig.** 7 gezeigt, ausgestoßen. Die Reinluft von der Arbeitszone **54** tritt in die zweite Kammer **76** mit dem Reinigungsabschnitt **59** und anderen, ein und ein Teil der Luft fließt zu der Hauptleitung **90** in der zweiten Kammer **76**. Der andere Teil, der in die zweite Kammer **76** eintretenden Reinluft läuft durch die Öffnung **71** der Unterteilungswand **61** und tritt in die erste Kammer **77** ein, die nur den Polierabschnitt **56** aufweist und sodann fließt die Luft zu der Leitung **83**. Die Strömungsmuster des Reinluftstroms sind durch die Pfeile in **Fig.** 7 dargestellt.

[0075] Da die Luft von der Hochdruckseite zur Niederdruckseite geleitet wird und ausgestoßen wird, um

einen Druckgradienten aufrecht zu erhalten und zwar in der Reihenfolge des Reinraums, der zweiten Kammer **76** und der ersten Kammer **77**, tritt keine Gegenströmung auf. Man versteht, daß Nebel und Staubteilchen erzeugt im Polierabschnitt **56** nicht in die Reinraumzone fließen und es besteht keine Verunreinigung der Reinigungsvorrichtungen, da die hoch verunreinigte Umgebungluft nicht von der ersten Kammer **77** zur zweiten Kammer **76** fließt.

[0076] Ferner wird das Ausstoßen und das Einziehen der Umgebungsluft der Kammern und die Innendrücke der Kammern in der Poliervorrichtung **50** gesteuert und zwar durch Steuerung der Jalousien **85** an der Öffnung **86** und der Ventile **80**, **82**, **88** und **89** an den Kanälen **83** und **90**. Daher kann der Luftstrom in geeigneter Weise mit einer minimalen Anzahl von Steuervorrichtungen gesteuert werden.

[0077] Es sei bemerkt, daß die einfache Form der Unterteilung der Innenstruktur der Poliervorrichtung **50** dazu führt, die Richtung des Luftstroms in der Poliervorrichtung festzulegen und somit die Konstruktion der Poliervorrichtung einfach zu machen, was zu einem einfachen Aufbau des Auslaßkanalsystems führt. Die vereinfachte Konstruktion sieht einen hohen Ausstoßwirkungsgrad vor, da der Druckabfall, der durch Biegungen und lange Auslaßdurchlässe oder eine komplizierte Unterteilung des Inneren der Poliervorrichtung hervorgerufen werden kann, verhindert wird.

[0078] Als nächstes sei die Bewegung der Halbleiterwafer innerhalb der Poliervorrichtung **50** unter Bezugnahme auf **Fig.** 8 beschrieben.

[0079] Die Halbleiterwafer von der Arbeitszone **54** werden in die Poliervorrichtung **50** gebracht und laufen dann durch die zweite Kammer **76** mit dem Reinigungsabschnitt **59** und anderen und erreichen schließlich die erste Kammer **77** mit dem Polierabschnitt **56**, um poliert zu werden. Das Polieren wird ausgeführt unter Verwendung eines Abriebmittels oder einer Abriebaufschlemmung und daher werden die polierten Halbleiterwafer mit restlichem Abriebaufschlemmittel verunreinigt. Die polierten Halbleiterwafer werden von der ersten Kammer **77** zu einer Reinigungsvorrichtung **59a** in der zweiten Kammer **76** transferiert. Die gereinigten Halbleiterwafer werden zu einer Reinigungsvorrichtung **59b** transferiert, um das Einheitsausmaß weiter zu steigern. Die Reinigungseinheit **74** weist die Reinigungsvorrichtungen **59a** und **59b** auf. Die gereinigten Halbleiterwafer werden in der Reinigungsvorrichtung **59b** getrocknet und sodann zu der Arbeitszone **54** übertragen. Die Bewegung der Halbleiterwafer ist durch die Pfeile in **Fig.** 8 gezeigt.

[0080] Wie in den **Fig.** 7 und **Fig.** 8 gezeigt, erfolgt die Bewegung der Halbleiterwafer, die gereinigt sind und von der Poliervorrichtung abgegeben werden, entgegen der Luftströmung, daher erfolgt die Übertragung des Halbleiterwafers in das Reinigungsgebiet in der Richtung eines höheren Reinheitsausmaßes, wodurch die Verunreinigung der Halbleiterwafer während des Transferschrittes verhindert wird.

[0081] Um die obige Wirkung zu erzielen seien die folgenden Betrachtungen hinsichtlich der Anordnung der Halbleiterwaferreinigungsvorrichtungen berücksichtigt. Wenn eine Vielzahl von Reinigungsvorrichtungen verwendet werden soll, so werden die Reinigungsvorrichtungen mit einem fortlaufend höherem Ausmaß an Reinheit in der Gegenrichtung zum reinen Luftstrom angeordnet. Anders ausgedrückt gilt folgendes: wenn das Reinheitsausmaß eines durch eine Reinigungsvorrichtung vorgesehenen Halbleiterwafers höher liegt, so sollte die Vorrichtung an einer weiter stromabwärts gelegenen Seite des Luftstroms positioniert sein. In **Fig.** 8 ist dies dargestellt durch die Positionierung der Reinigungsvorrichtung **59a**, **59b**. Wenn das Reinheitsausmaß des Halbleiterwafers in der Reinigungsvorrichtung **59b** höher ist als das in der Reinigungsvorrichtung **59a**, so wird die Reinigungsvorrichtung **59b** an der stromaufwärts gelegenen Seite der Reinigungsvorrichtung **59a** angeordnet. Das gleiche Prinzip gilt für die Halbleiterwafer in Transit, d. h. die Halbleiterwafer, die sich zwischen der Vielzahl von Reinigungsvorrichtungen bewegen.

[0082] Die Poliervorrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung hat die folgenden Vorteile:

(1) Der Reinraum und der Reinigungsabschnitt **59** sind nicht mit Verunreinigungen verunreinigt, die in dem Polierabschnitt **56** erzeugt werden.

(2) Die polierten und gereinigten Halbleiterwafer oder die Antriebskomponenten wie beispielsweise Motore oder Leistungsgetriebeglieder werden nicht verunreinigt mit Verunreinigungen wie beispielsweise Staubteilchen und Nebel erzeugt in dem Polierverfahren.

(3) Die Steuerung der Luftströmung in jeder Kammer kann durch eine minimale Anzahl von Steuervorrichtungen erreicht werden.

(4) Die Richtung des Luftstroms ist festgelegt und die Konstruktion des Ausstoßsystems wird vereinfacht.

(5) Der Druckverlust wird minimiert und eine hohe Ausstoßeffizienz wird erreicht.

[0083] Nunmehr wird unter Bezugnahme auf die **Fig.** 9 und **Fig.** 10 eine Poliervorrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

[0084] Die Poliervorrichtung der **Fig.** 9 und **Fig.** 10 ist identisch zur Poliervorrichtung gemäß den **Fig.** 3–**Fig.** 5 mit der Ausnahme, daß eine Filtereinheit **100** an der Decke **53C** vorgesehen ist. Diejeni-

gen Teile gemäß den **Fig.** 9 und **Fig.** 10, die identisch zu denjenigen der **Fig.** 3–**Fig.** 5 sind, werden durch identische Bezugszeichen bezeichnet und werden im folgenden nicht mehr im einzelnen beschrieben.

[0085] Wie **Fig.** 9 zeigt, befindet sich oberhalb der Decke **53C** eine Filtereinheit **100** zum Zirkulieren von Reinluft durch die zweite Kammer **76**, welche den Lade/Entladeabschnitt **57**, den Transferabschnitt **58** und den Reinigungsabschnitt **59** enthält.

[0086] **Fig.** 10 ist eine Seitenansicht des Inneren der Poliervorrichtung **50**. Die Poliervorrichtung **50** ist die durch die Unterteilungswand **61** in eine erste Kammer **77** mit dem Polierabschnitt **56** und eine zweite Kammer **76** unterteilt, welch letztere den Lade/Entladeabschnitt **57**, den Transferabschnitt **58**, den Reinigungsabschnitt **59** und den Steuerabschnitt **60** besitzt.

[0087] Wie in **Fig.** 10 gezeigt, besitzt die Filtereinheit **100** einen Ventilator **101**, einen Filter **102** mit einer 0,1 Mikrometer Filterkapazität und zwar angeordnet an der Austrittsseite des Ventilators **101** und einen chemischen Filter **103** zum Herausfiltern schädlicher Gase und zwar angeordnet an der Einlaßseite des Ventilators **101**. Die vom Filter **102** abgegebene gereinigte Luft wird nach unten in das allgemeine Gebiet geblasen über den Bewegungsbereich des Robotors **69** und in ein Gebiet, welches die Reinigungseinheit **74** und die Trockeneinheit **75** enthält, d. h. über das Gebiet der Bewegung der Halbleiterwafer. Die Geschwindigkeit der Luftströmung liegt im Bereich von 0,3 bis 0,4 m/s, um so effektiv zu sein hinsichtlich der Verhinderung einer Querverunreinigung von benachbart angeordneten Halbleiterwafern. Ein Teil der in die obigen Gebiete geblasenen Luft strömt in die erste Kammer **77** und die entsprechenden Öffnungen der Reinigungseinheit **74** und der Trockeneinheit **75**, der größte Teil der Luft steigt aber zum Boden der Poliervorrichtung **50** hinab.

[0088] Der Boden ist mit einem kastenförmigen Kanal oder Kanalkopf **104** versehen und zwar mit einer flachen Oberfläche. Der Kanal oder Kanalkopf **104** besitzt eine Anzahl von Öffnungen **105**, deren jede Verschlußmittel oder eine Jalousie **106** aufweist und zwar zur Einstellung der Öffnungsfläche der Öffnung **105**. Der Kanalkopf **104** ist mit der Filtereinheit **100** durch eine Kanalleitung oder ein Kanalrohr **107** verbunden. Die Luft, die zum Boden herabgestiegen ist, läuft durch die Öffnung **105** und strömt in den Kanalkopf **104** und wird in den chemischen Filter **103** durch das Kanalrohr **107** eingeführt.

[0089] Daher werden die schädlichen Gase von den nassen Halbleiterwafern **17** und die Flüssigkeitstropfen, die an dem Finger **20** des Robotors **19** anhaften und Spuren von Abriebsaufschlemmung enthalten, zusammen mit der hinabsteigenden Luftströmung durch den chemischen Filter **103** entfernt. Das Abriebsmaterial und die abgeschliffenen Teilchen des Halbleiterwafers, die mit dem Reinigungslösungsmittel herabgetropft sein können und am Boden getrocknet sind, werden daran gehindert durch die herabsteigende Luft zerstreut zu werden und ein Teil der Teilchen wird durch den Filter **102** entfernt.

[0090] Ergänzungsluft oder Nachfülluft wird hauptsächlich von den Luftversorgungsöffnungen **111** geliefert, deren jede Verschlußmittel oder Jalousie **110** aufweist und zwar angeordnet an der Filtereinheit **100**. Eine kleine Luftmenge wird von der Kassettenöffnung **51** geliefert. Die Abstiegsgeschwindigkeit der Luft in der zweiten Kammer **76** kann dadurch eingestellt werden, daß man die Jalousien oder Öffnungsmittel **106** des Kanalkopfes **104** und auch die Öffnungsmittel **110** der Luftversorgungsöffnungen **100** für die Nachfülluft, einstellt.

[0091] **Fig.** 11 zeigt eine modifizierte Ausführung des dritten Ausführungsbeispiels gemäß den **Fig.** 9 und **Fig.** 10.

[0092] In diesem Ausführungsbeispiel ist die Filtereinheit **100** entfernt und die Decke der zweiten Kammer **76** ist ebenfalls entfernt. Ein Auslaß- oder Ausstoßventilator **112** ist an der Bodenoberfläche des Kanalkopfes **104** vorgesehen. Diese Art einer Vorrichtung kann in dem Fall verwendet werden, wo keine Erzeugung schädlicher Gase aus der Abriebsaufschlemmung vorliegt und die Poliervorrichtung in einem Reinraum relativ hoher Reinheit installiert ist. Es ist möglich, nur die herabströmende Umgebungsluft innerhalb des Reinraums zu verwenden. Die abwärts strömende Luft wird an einer Außenumgebung der Poliervorrichtung **50** durch den Auslaßventilator **112** abgegeben. In diesem Ausführungsbeispiel ist auch die Basis der zweiten Kammer **76** mit zahlreichen Bodenöffnungen **105** versehen, und zwar über bzw. zusätzlich zu dem Kanalkopf **104** und die Umgebungsluft wird durch den Ausstoßventilator **112** durch den Kanalkopf **104** ausgestoßen.

[0093] Der Kanalkopf **104** muß nicht notwendigerweise eine flache Rohrform besitzen, sondern es können auch Rohre mit anderer Gestalt verwendet werden, solange sie nur in der Lage sind, den nach unten gerichteten Fluß an Umgebungsluft aufzusammeln. Auch hängen die Betriebsparameter der Vorrichtung, wie beispielsweise die Filterfähigkeit und die Notwendigkeit eines chemischen Filters von einem speziellen Reinheitsausmaß im Reinraum ab und von der Art der Abriebsaufschlemmung, die in dem Poliervorgang verwendet werden soll.

[0094] Gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der **Fig.** 9–**Fig.** 11 wird die Teilchenverunreinigung der Halbleiterwafer, die poliert und gereinigt wurden in der Poliervorrichtung erreicht und die Entfernung schädlicher Gase. Daher kann die Poliervorrichtung

in dem Reinraum installiert werden, wodurch die Einschränkungen hinsichtlich der Produktionsbedingungen beseitigt werden, etwa hinsichtlich der Arten von verwendbarer Abriebsaufschlemmung und es ergibt sich ein höher Grad an Freiheit hinsichtlich der Anordnung des Poliervorgangs zum Zwecke der Handhabung unterschiedlicher Arten von Oberflächenschichten von Halbleiterwafern bei der Erzeugung einer großen Verschiedenheit von Halbleitervorrichtungen.

[0095] Die erfindungsgemäße Poliervorrichtung kann unterschiedliche Werkstücke verarbeiten, einschließlich Halbleiterwafern, Glassubstraten, und dergleichen.

[0096] In den zweiten und dritten Ausführungsbeispielen der **Fig.** 3–**Fig.** 11 können auch die integral vorgesehene Ladestation und Entladestation unabhängig voneinander vorgesehen sein.

[0097] Bei der erfindungsgemäßen Poliervorrichtung wird ein Halbleiterwafer in dem Polierabschnitt poliert, der polierte Halbleiterwafer wird vom Polierabschnitt zum Reinigungsabschnitt transferiert und der Halbleiterwafer wird gereinigt und getrocknet und zwar in dem Reinigungsabschnitt. Daher wird der Halbleiterwafer von der Poliervorrichtung in einem Zustand abgegeben, wo der Halbleiterwafer sowohl sauber als auch trocken ist.

[0098] Zusammenfassend sieht die Erfindung folgendes vor:
Eine Poliervorrichtung zum Polieren einer Oberfläche eines Werkstücks. Die Poliervorrichtung weist folgendes auf: eine Gehäuseeinheit, eine Unterteilungswand, welche das Innere der Gehäuseeineheit, die mindestens eine erste Kammer und eine zweite Kammer unterteilt. Ein Polierabschnitt angeordnet in der ersten Kammer und mit einem Drehtisch, mit einem Poliertuch, welches an der Oberseite des Drehtischs angebracht ist, und mit einem weiteren Element insbesondere einen oberen Ring positioniert oberhalb des Drehtischs, um das Werkstück zu tragen, welches poliert werden soll. Dabei wird das Werkstück gegen das Poliertuch gedrückt und es ist ein ferner ein Reinigungsabschnitt vorgesehen, und zwar inbesondere angeordnet in einer zweiten Kammer und zwar zum Reinigen des polierten Werkstücks. Die Poliervorrichtung weist ferner eine Poliervorrichtung auf, um das Werkstück, welches poliert wurde von dem Polierabschnitt zu dem Reinigungsabschnitt zu transferieren. Dazu ist insbesondere eine Öffnung vorgesehen und ein Aufsatzglied ist ferner um Umgebungsluft von sowohl dem Polierabschnitt als auch dem Reinigungsabschnitt gesondert unabhängig abzugeben.

Patentansprüche

1. Eine Vorrichtung zum Polieren und anschließenden Reinigen eines Halbleiterwafers (**4**) wobei die Vorrichtung Folgendes aufweist:
eine umschlossene Struktur mit einer Außenwand und einer Unterteilung, die mindestens zwei Kammern in der umschlossenen Struktur bildet, wobei die Unterteilung eine Öffnung hat, um es dem Halbleiterwafer (**4**) zu gestatten, dahindurch zu gehen;
einen Polierabschnitt (**2**) zum Polieren des Halbleiterwafers (**4**), wobei der Polierabschnitt (**2**) in einer ersten Kammer (**48**) der mindestens zwei Kammern angeordnet ist;
eine Reinigungseinheit (**74**) zum Reinigen des Halbleiterwafers (**4**), der poliert wurde, wobei die Reinigungseinheit (**74**) in einer zweiten Kammer (**49**) der mindestens zwei Kammern angeordnet ist,
wobei der Reinigungsabschnitt (**30**) eine Vielzahl von Reinigungseinrichtungen aufweist, die einen zunehmend höheren Grad an Reinheit des Halbleiterwafers (**4**) vorsehen;
Transfermittel zum Transferieren des polierten Halbleiterwafers (**4**) von dem Polierabschnitt (**2**) durch die Öffnung zu der Reinigungseinheit;
eine Trockeneinheit (**75**) zum Trocknen des Halbleiterwafers (**4**), der gereinigt wurde, wobei die Trockeneinheit (**75**) in einer anderen als der ersten Kammer (**48**) der mindestens zwei Kammern gelegen ist; und
einen Entladeabschnitt (**57**) zum Aufnehmen des reinen und trockenen polierten Halbleiterwafers (**4**) von der Trockeneinheit (**75**),
wobei der zu polierende Halbleiterwafer (**4**) in die erste Kammer (**48**) von den mindestens zwei Kammern durch die zweite Kammer (**49**) von den mindestens zwei Kammern eingeführt wird, wobei der Halbleiterwafer (**4**), der in der ersten Kammer (**48**) von den mindestens zwei Kammern poliert wurde, von der ersten Kammer (**48**) von den mindestens zwei Kammern zu der zweiten Kammer (**49**) von den mindestens zwei Kammern transferiert wird, und wobei der Halbleiterwafer (**4**), der in der zweiten Kammer (**49**) von den mindestens zwei Kammern gereinigt wurde, von der zweiten Kammer (**49**) von den mindestens zwei Kammern ausgegeben wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die umschlossene Struktur eine Gehäuseeinheit (**1**) aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, die des weiteren Auslaßmittel zum Abgeben von Umgebungsluft von einem Inneren der umschlossenen Struktur aufweist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Auslaßmittel Mittel zum Abgeben von Umgebungsluft von jeder der ersten Kammer (**48**) der mindestens zwei Kammern und der weiteren der mindestens zwei Kammern aufweisen, und zwar gesondert und unabhängig voneinander.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Auslaßmittel einen Luftstrom bilden, um Innendrücke zu erzeugen, die von einem hohen Wert zu einem niedrigen Wert abnehmen, in der Reihenfolge der zweiten Kammer (**49**) der mindestens zwei Kammern und der ersten Kammer (**48**) der mindestens zwei Kammern.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Polierabschnitt (**2**) einen Drehtisch (**3**) aufweist mit einem Poliertuch (**7**) angebracht an der Oberseite davon und einem oberen Ring (**5**) positioniert oberhalb des Drehtischs (**3**) zum Tragen des Halbleiterwafers (**4**) und zum Pressen des Halbleiterwafers (**4**) gegen das Poliertuch (**7**).

7. Poliervorrichtung (**50**) nach Anspruch 1, wobei die Trockeneinheit eine Einrichtung zum Schleudertrockenen des Halbleiterwafers (**4**) aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, die des weiteren einen Verschluß (**23**) aufweist zum Öffnen und Schließen der Unterteilung.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, die des Weiteren einen Ladeabschnitt aufweist zum Aufnehmen einer Kassette (**17**), die eine Vielzahl von zu polierenden Halbleiterwafern (**4**) enthält;
wobei der Entladeabschnitt eine Kassette (**17**) aufnimmt, die die Halbleiterwafer (**4**) aufnimmt, die gereinigt wurden; und
wobei die Transfermittel einen Transferabschnitt (**58**) aufweisen zum Entfernen eines Halbleiterwafers (**4**) aus einer Kassette (**17**) an dem Ladeabschnitt und zum Transferieren eines solchen entfernten Halbleiterwafers (**4**).

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Polierabschnitt (**2**) einen Tisch zum Polieren aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Reinigungseinheit eine Reinigungseinheit der ersten Stufe aufweist zum Durchführen einer Primärreinigung des Halbleiterwafers (**4**), und zwar durch Schrubben des Halbleiterwafers (**4**), während Reinigungslösung zu dem Halbleiterwafer (**4**) geliefert wird.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Reinigungseinheit eine Reinigungseinheit der zweiten Stufe aufweist zum Durchführen einer Sekundärreinigung des Halbleiterwafers (**4**), der einer Primärreinigung unterzogen wurde, wobei die Sekundärreinigung des Halbleiterwafers (**4**) durch Schrubben des Halbleiterwafers (**4**) durchgeführt wird.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Transfermittel einen Roboter (**69**) aufweisen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die umschlossene Struktur eine Kassettenlieferöffnung hat.

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Halbleiterwafer (**4**), der in der zweiten Kammer (**49**) gereinigt wurde, von der zweiten Kammer (**49**) in einen Reinraum ausgegeben wird, in dem die Poliervorrichtung (**50**) installiert ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Auslaßmittel Leitungsmittel aufweisen einschließlich einer Leitungsverbindung mit dem Reinigungsabschnitt (**30**) und mit einem Ventil, und wobei eine Hauptleitung mit der Leitung verbunden ist und ferner in Verbindung steht mit einer Außenumgebung.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Transfermittel eine Transferiereinrichtung aufweisen, die betreibbar, ist um den zu polierenden Halbleiterwafer (**4**) von der zweiten Kammer (**49**) der mindestens zwei Kammern zu der ersten Kammer (**48**) der mindestens zwei Kammern zu transferieren, und um den Halbleiterwafer (**4**), der poliert wurde, von der ersten Kammer (**48**) der mindestens zwei Kammern zu der zweiten Kammer (**49**) der mindestens zwei Kammern zu transferieren.

18. Vorrichtung nach Anspruch 1, die des Weiteren einen Ladeabschnitt aufweist zum Aufnehmen einer Kassette (**17**), die eine Vielzahl von zu polierenden Halbleiterwafern (**4**) enthält;
wobei der Entladeabschnitt eine Kassette (**17**) aufnimmt, die die Halbleiterwafer (**4**) aufnimmt, die gereinigt wurden;
wobei die Transfermittel einen Transferabschnitt (**58**) aufweisen zum Entfernen eines Halbleiterwafers (**4**) aus einer Kassette (**17**) an dem Ladeabschnitt und zum Transferieren eines solchen entfernten Halbleiterwafers (**4**); und
wobei der Ladeabschnitt, der Entladeabschnitt und der Transferabschnitt (**58**) in der zweiten Kammer (**49**) der mindestens zwei Kammern angeordnet sind.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei die umschlossene Struktur eine Kassettenlieferöffnung hat zum Liefern einer Kassette (**17**) an den Ladeabschnitt und/oder den Entladeabschnitt.

20. Vorrichtung nach Anspruch 1, die des Weiteren Folgendes aufweist:
eine Filtereinheit mit einem Gehäuse und Filterelement angeordnet an einem Deckenabschnitt oberhalb der zweiten Kammer (**49**) der mindestens zwei Kammern; und
Leitungs- bzw. Kanalmittel zum Zirkulieren von Umgebungsluft in der zweiten Kammer (**49**) der mindestens zwei Kammern durch die Filtereinheit.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, wobei die Kanalmittel einen Kanalkopf aufweisen und zwar angeordnet an einem unteren Teil der zweiten Kammer (**49**) der mindestens zwei Kammern und mit einer Vielzahl von Öffnungen, und einen Kanal, der

die Filtereinheit und den Kanalkopf verbindet, und die des Weiteren Mittel aufweist, vorgesehen an den Öffnungen des Kanalkopfes, zur Einstellung der Umgebungsluftströmung.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20, wobei die Filtereinheit einen chemischen Filter aufweist, der an einer Umgebungslufteinlaßseite des Gebläses angeordnet ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 20, wobei die Filtereinheit des Weiteren eine Vielzahl von Öffnungen aufweist zum Einführen von Auffüllluft in die zweite Kammer (**49**) der mindestens zwei Kammern.

24. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Reinigungsabschnitt (**30**) eine Vielzahl von Reinigungseinrichtungen aufweist, die einen zunehmend höheren Reinigungsgrad des Halbleiterwafers (**4**) vorsehen, und zwar angeordnet in einer Richtung entgegen der Strömungsrichtung des Luftstroms in der zweiten Kammer (**49**) der mindestens zwei Kammern.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

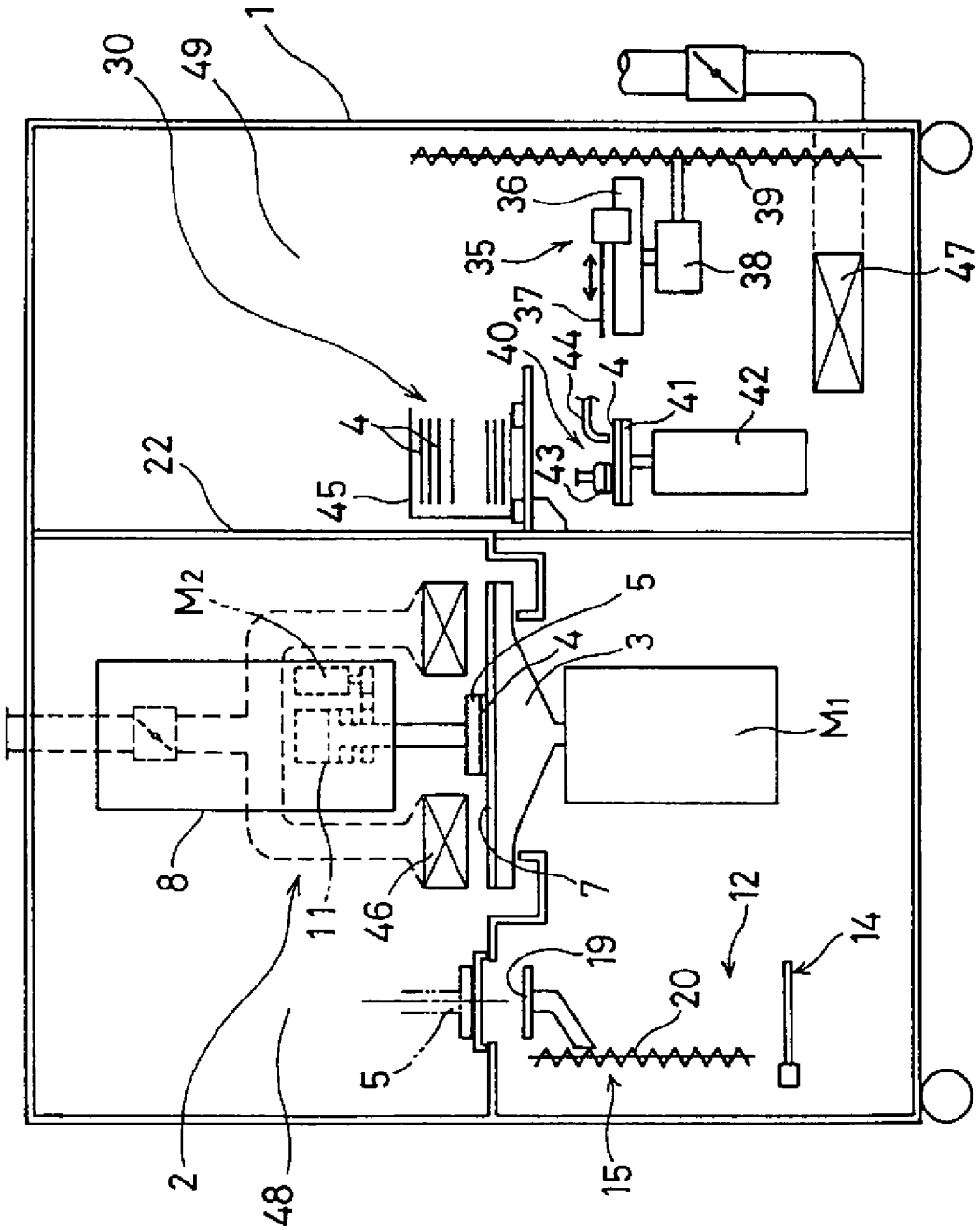


FIG. 2

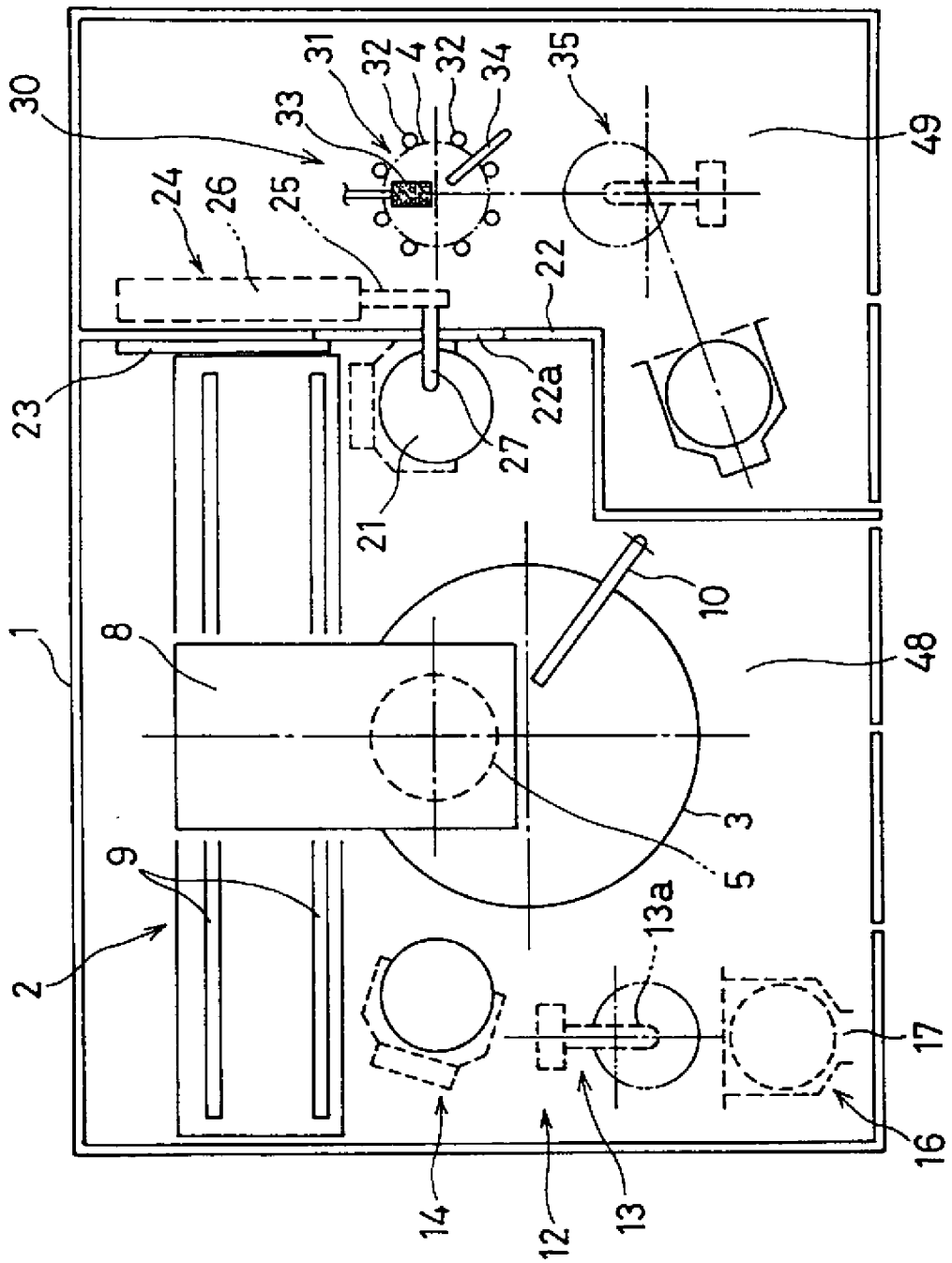

30
31
32
4
32
34
35
33
49
24
26
25
22
23
22a
27
21
10
1
8
48
3
5
9
2
13a
17
16
14
12
13

FIG. 3

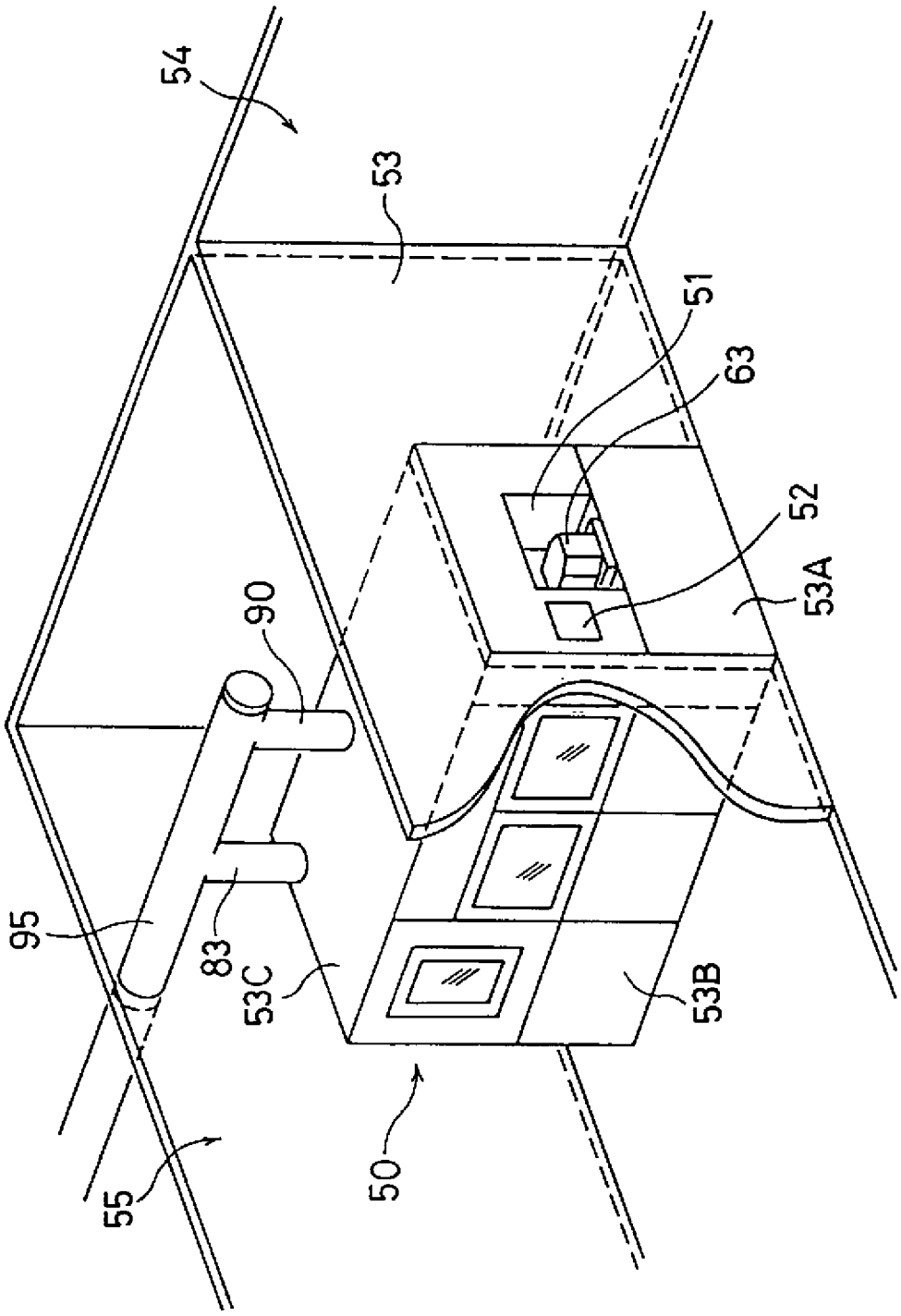


FIG. 4B

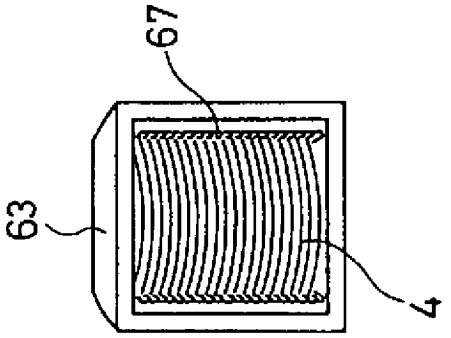


FIG. 4A

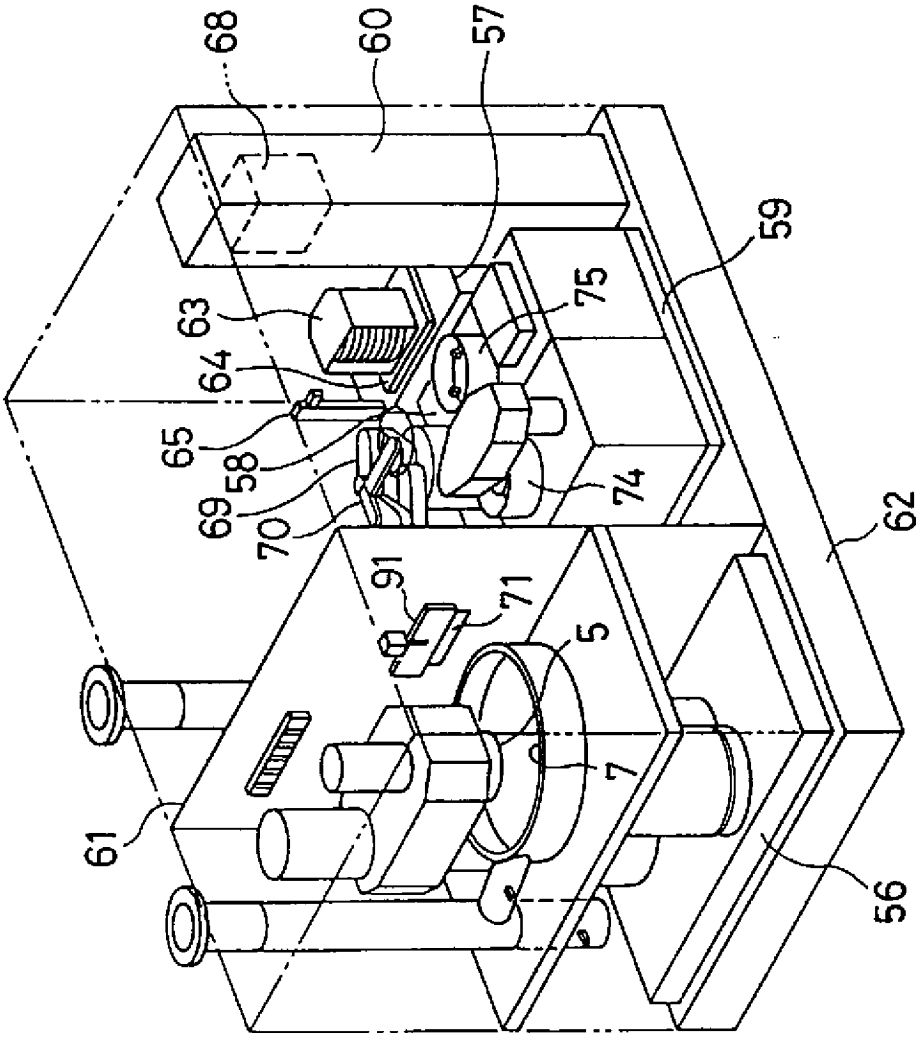


FIG. 5

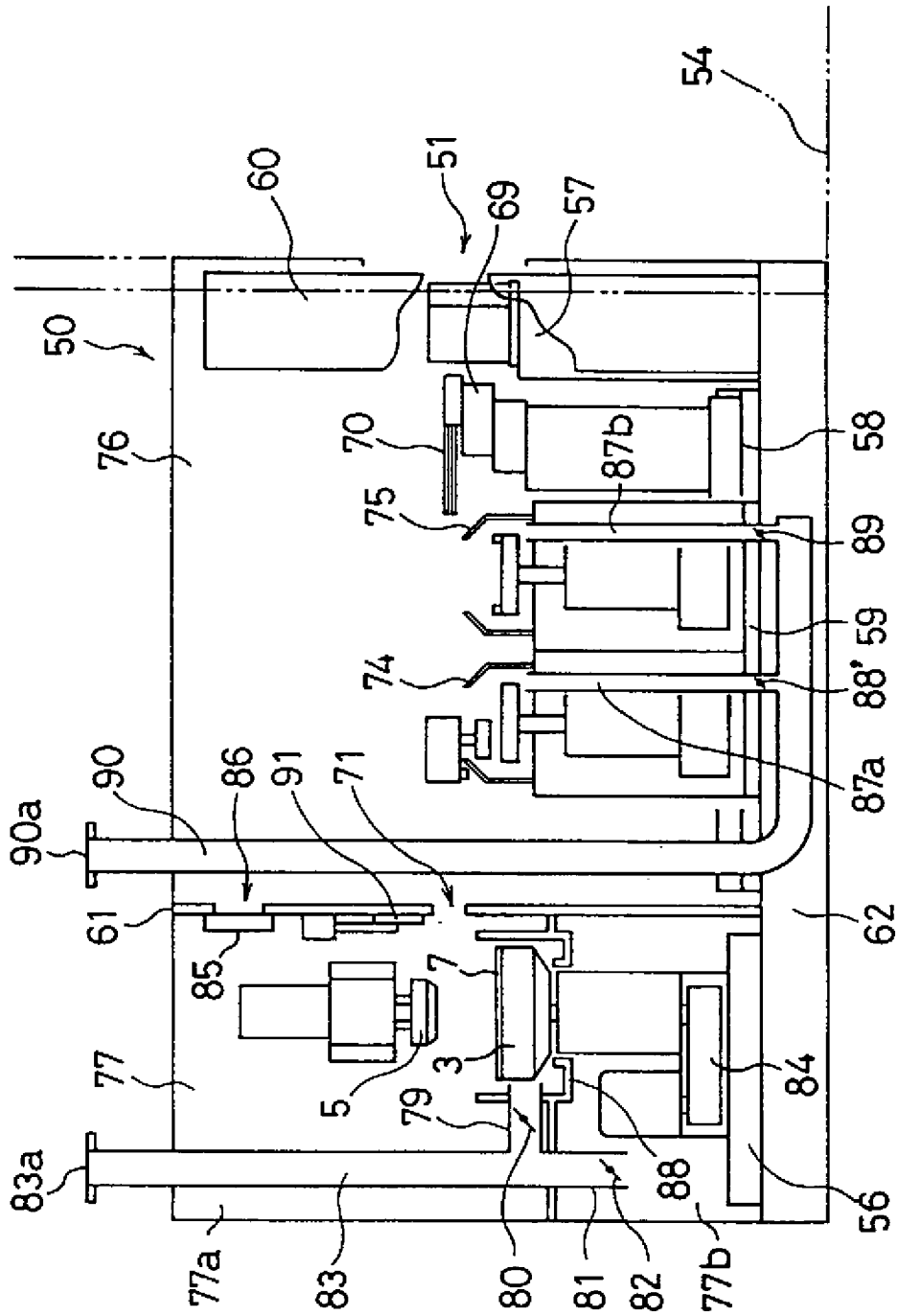

54
60
51
69
57
50
76
70
87b
58
75
89
59
74
88'
87a
90
86
91
71
90a
61
62
85
7
3
84
77
5
79
88
56
83a
77a
83
80
81
82
77b

FIG. 6

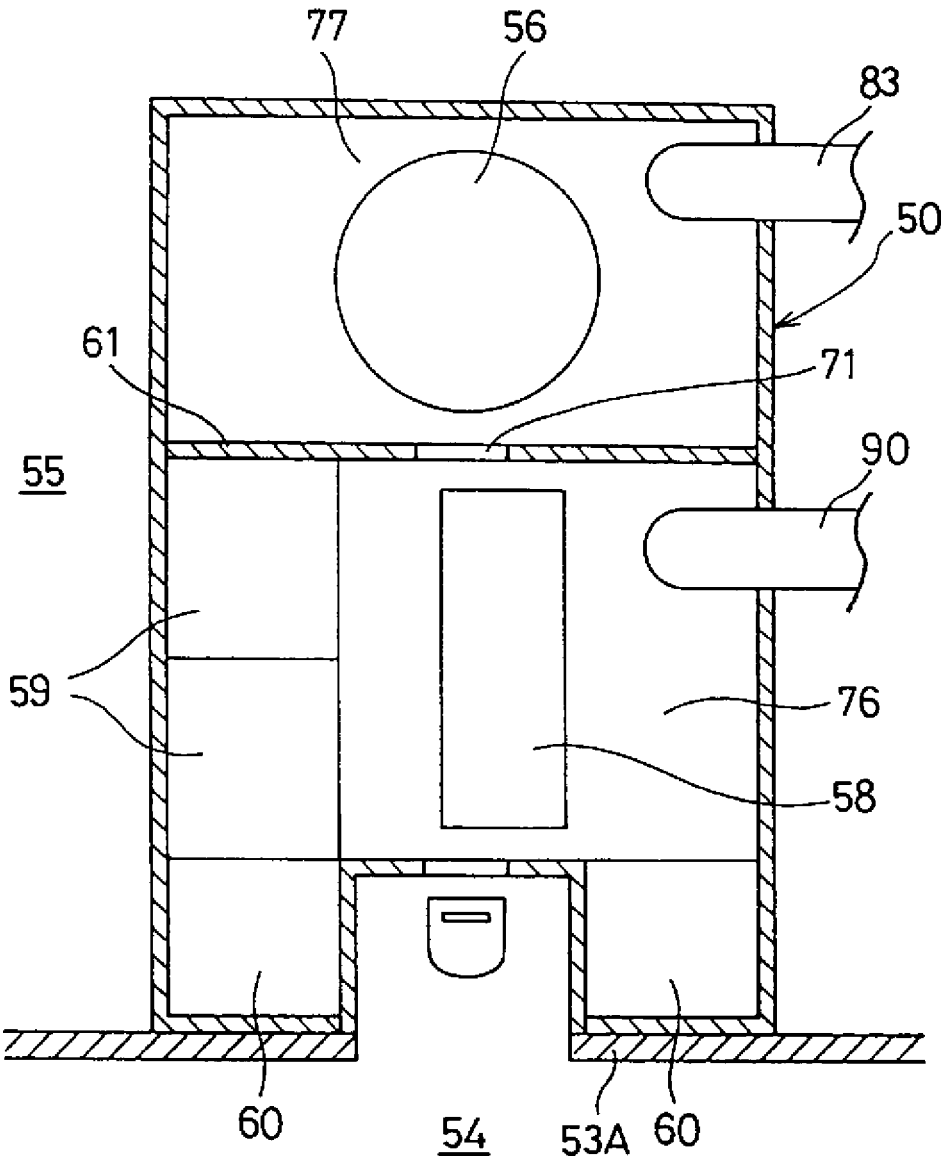


FIG. 7

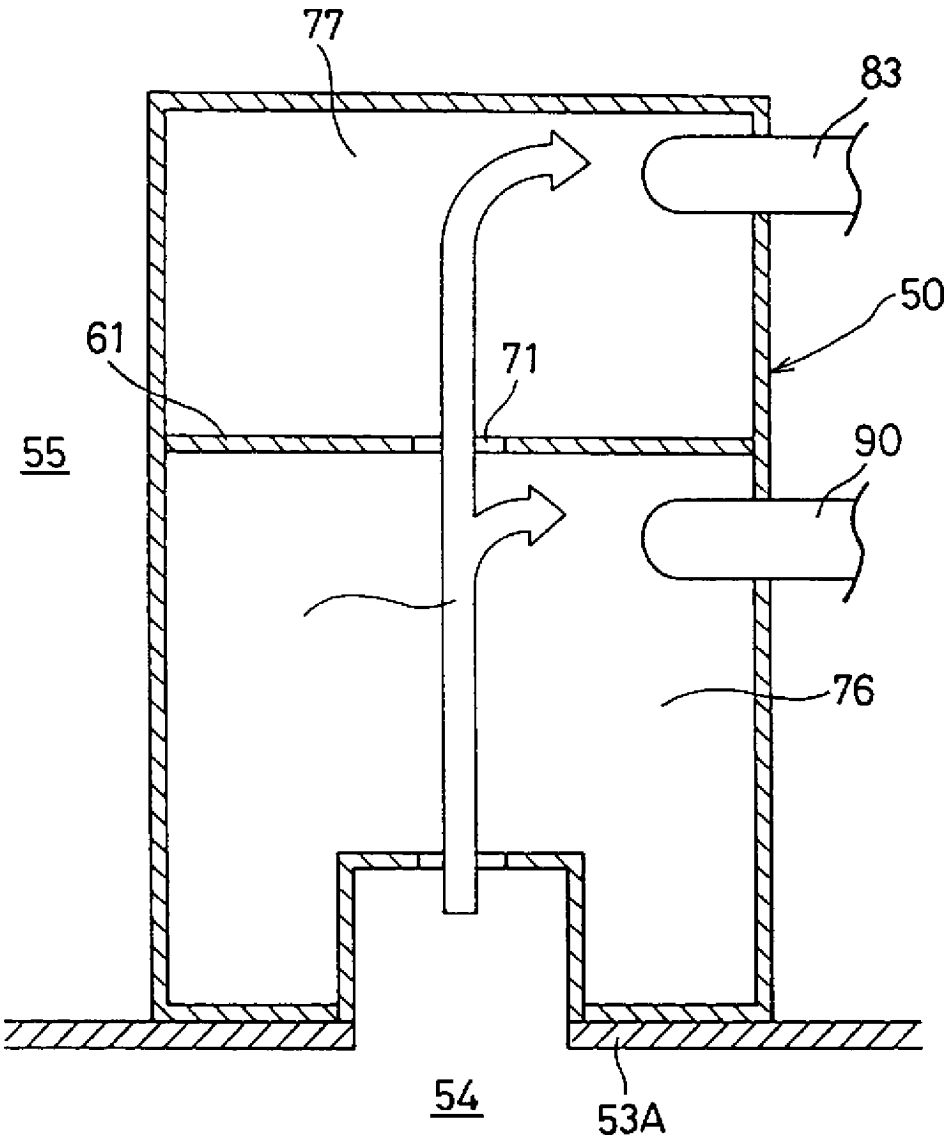


FIG. 8

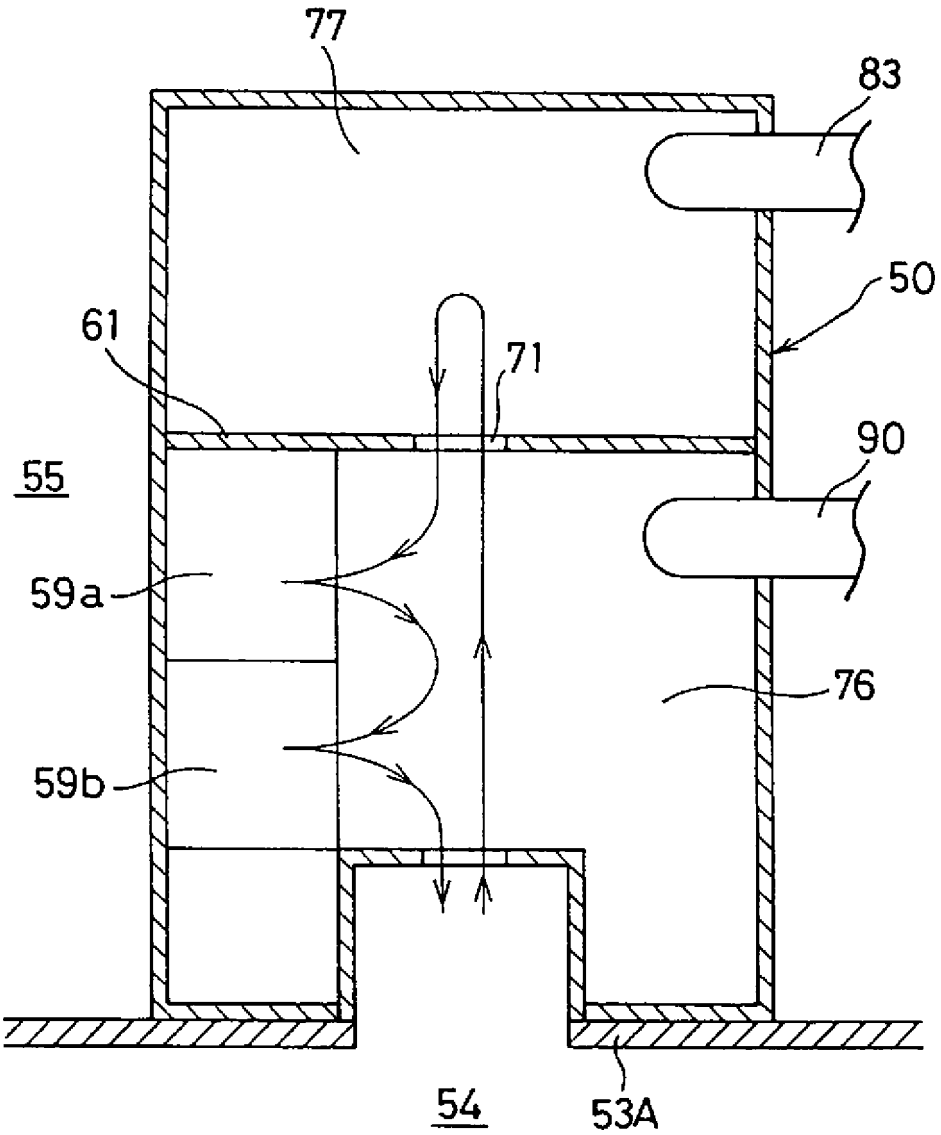


FIG. 9

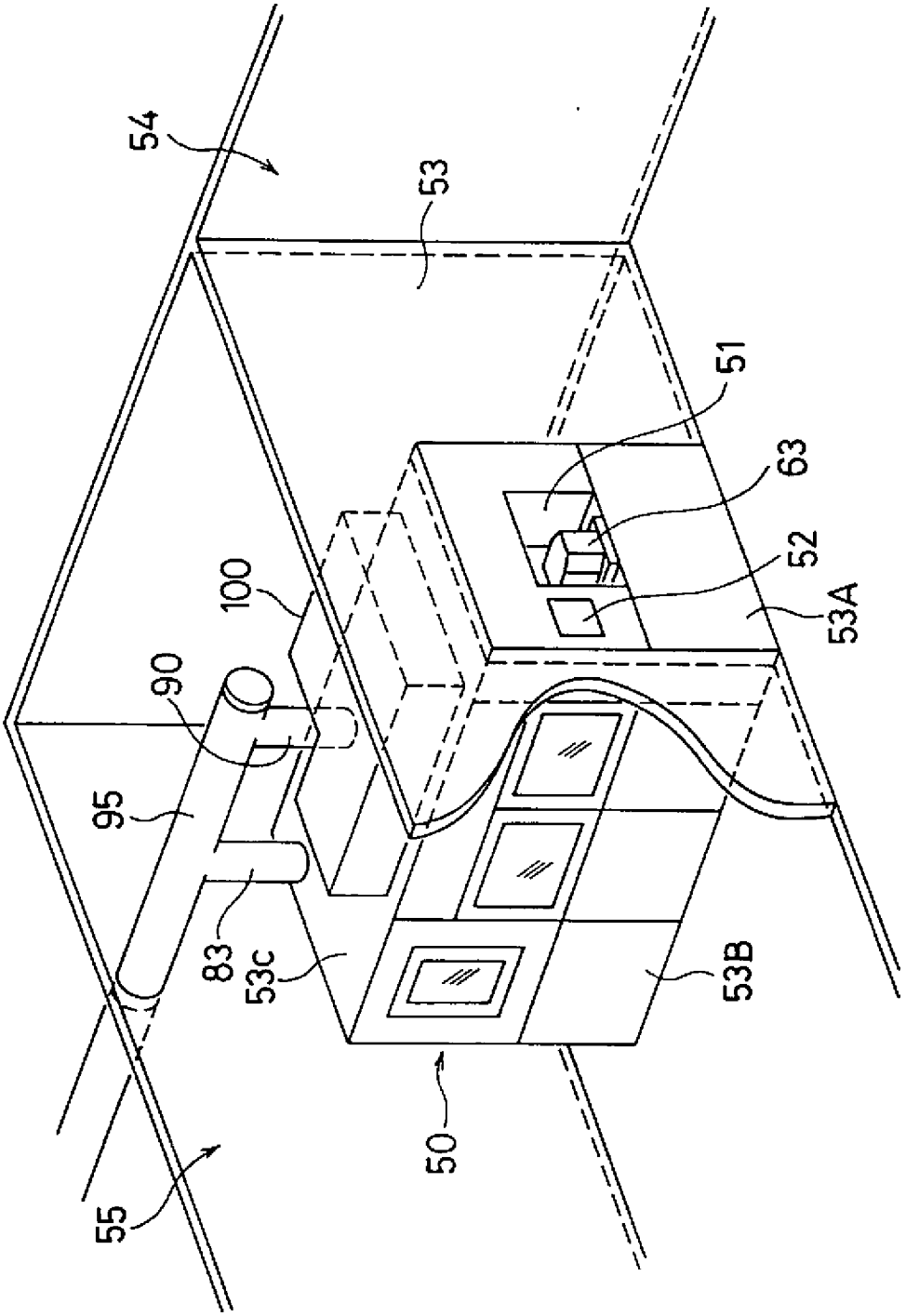


FIG. 10

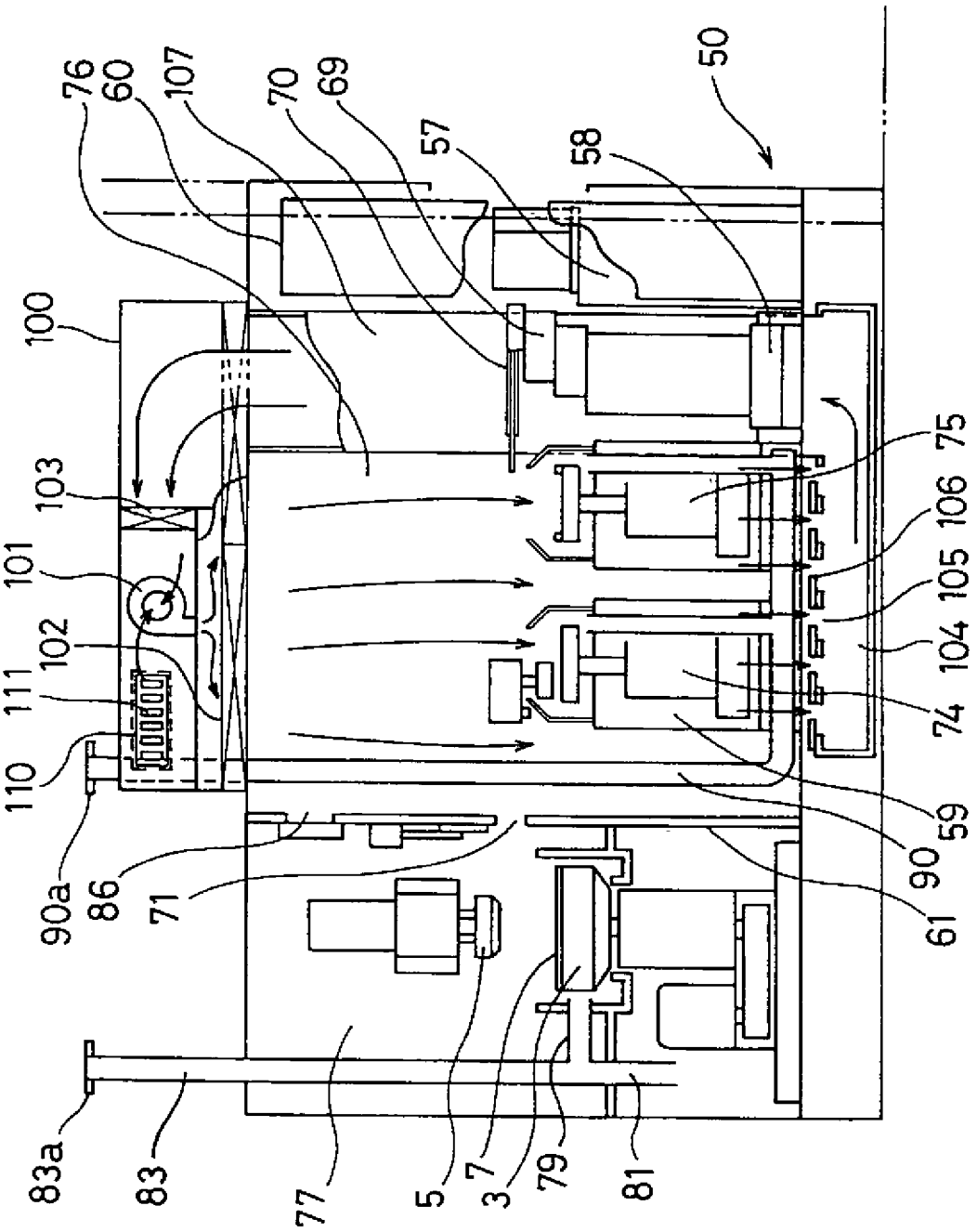
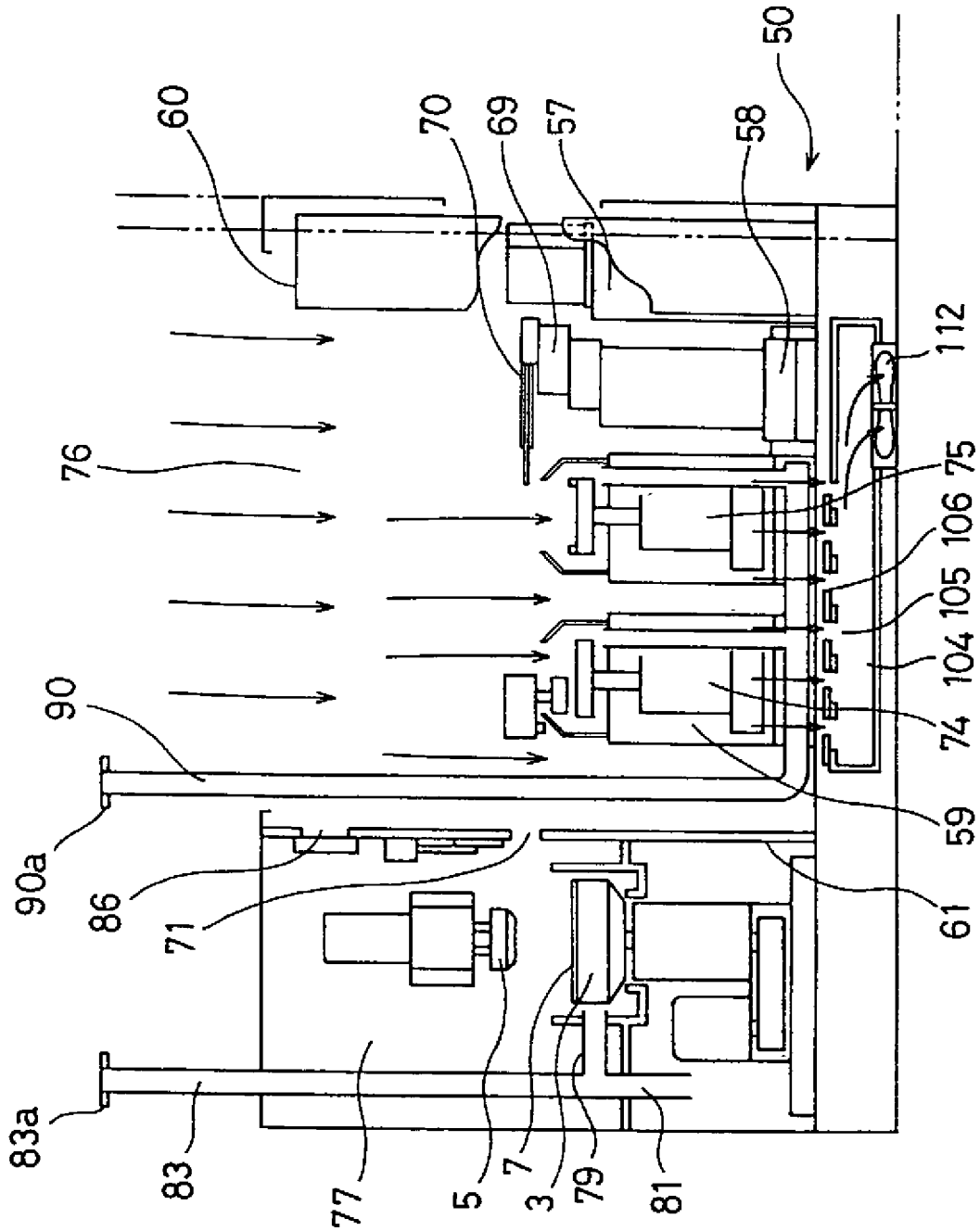

50
76
60
107
70
69
57
58
100
103
101
102
111
110
90a
86
71
75
106
105
104
74
59
90
61
83a
83
77
5
7
3
79
81

FIG. 11


50
60
70
69
57
58
112
76
75
106
105
104
74
90
59
90a
86
71
61
83a
83
77
5
7
3
79
81