

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7635243号
(P7635243)

(45)発行日 令和7年2月25日(2025.2.25)

(24)登録日 令和7年2月14日(2025.2.14)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 1 L 21/683(2006.01)	H 0 1 L 21/68			R
H 0 1 L 21/3065(2006.01)	H 0 1 L 21/302		1 0 1	R
H 0 1 L 21/31 (2006.01)	H 0 1 L 21/31			C
H 0 2 N 13/00 (2006.01)	H 0 2 N 13/00			D

請求項の数 13 (全17頁)

(21)出願番号	特願2022-541146(P2022-541146)	(73)特許権者	000127961
(86)(22)出願日	令和3年6月22日(2021.6.22)		株式会社堀場エステック
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/023585		京都府京都市南区上鳥羽鉾立町11番地
(87)国際公開番号	WO2022/030124		5
(87)国際公開日	令和4年2月10日(2022.2.10)	(74)代理人	100121441
審査請求日	令和5年12月21日(2023.12.21)		弁理士 西村 竜平
(31)優先権主張番号	特願2020-133376(P2020-133376)	(74)代理人	100154704
(32)優先日	令和2年8月5日(2020.8.5)		弁理士 齊藤 真大
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(74)代理人	100206151
(31)優先権主張番号	特願2021-15473(P2021-15473)		弁理士 中村 惇志
(32)優先日	令和3年2月3日(2021.2.3)	(74)代理人	100218187
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 前田 治子
		(74)代理人	100227673
			弁理士 福田 光起
		(72)発明者	馬 雷

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 静電チャック装置、圧力算出方法及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

静電力により対象物を吸着する静電チャック装置であって、
前記対象物を吸着する吸着面を有する吸着プレートと、
前記吸着面と前記対象物の被吸着面との間の隙間に熱伝導性ガスを供給するガス供給ラインと、
前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出する圧力算出部とを備え、
前記ガス供給ラインには、前記熱伝導性ガスが流れる際の抵抗となる流量抵抗素子が設けられており、
前記圧力算出部が、前記流量抵抗素子の一次側圧力と、前記流量抵抗素子を通過する前記熱伝導性ガスの流量と、前記流量抵抗素子の流量特性とに基づいて、前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出する静電チャック装置。

【請求項2】

前記ガス供給ラインが、前記吸着面上に開口するように前記吸着プレート内に形成されたガス供給流路を備え、
前記流量抵抗素子が当該ガス供給流路内に設けられている請求項1に記載の静電チャック装置。

【請求項3】

前記圧力算出部が、前記ガス供給ラインに導入される前記熱伝導性ガスの流量と、前記ガス供給ラインにおける熱伝導性ガスの流量の物質収支を示す関係式とに基づき、前記流

量抵抗素子を通して前記熱伝導性ガスの流量を算出する請求項 1 又は 2 に記載の静電チャック装置。

【請求項 4】

流量センサが搭載され、前記ガス供給ライン内の前記熱伝導性ガスの圧力を計測制御する圧力制御器を更に備え、

前記圧力算出部が、

前記流量抵抗素子の一次側圧力として、前記圧力制御器が計測した圧力値を用い、

前記ガス供給ラインに導入される熱伝導性ガスの流量値として、前記流量センサが計測した流量値を用いて、前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出する請求項 3 に記載の静電チャック装置。

10

【請求項 5】

前記ガス供給ラインを流れる前記熱伝導性ガスの流量を計測制御する圧力式流量制御器を更に備え、

前記圧力算出部が、

前記流量抵抗素子の一次側圧力として、前記圧力式流量制御器が計測した圧力値を用い、

前記ガス供給ラインに導入される熱伝導性ガスの流量値として、前記圧力式流量制御器が計測した流量値を用いて、前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出する請求項 3 に記載の静電チャック装置。

【請求項 6】

前記算出される前記熱伝導性ガスの圧力と所定の基準圧力とを比較して、前記被吸着面にかかる熱伝導性ガスの圧力値の異常を診断する診断部を更に備える請求項 1～5 のいずれか一項に記載の静電チャック装置。

20

【請求項 7】

前記算出される前記熱伝導性ガスの圧力が所定の範囲内の値になるように、前記ガス供給ライン内の前記熱伝導性ガスの圧力を調整する請求項 1～6 のいずれか一項に記載の静電チャック装置。

【請求項 8】

前記算出される前記熱伝導性ガスの圧力が所定の範囲内の値になるように、前記ガス供給ラインを流れる前記熱伝導性ガスの流量を調整する請求項 1～6 のいずれか一項に記載の静電チャック装置。

30

【請求項 9】

前記ガス供給ラインを複数備えており、各ガス供給ラインが、前記吸着面と前記被吸着面との間における互いに異なる領域に前記熱伝導性ガスを供給するように構成されている請求項 1～8 のいずれか一項に記載の静電チャック装置。

【請求項 10】

前記ガス供給ラインが、複数種類の前記熱伝導性ガスを任意の混合比で供給できるように構成されている請求項 1～9 のいずれか一項に記載の静電チャック装置。

【請求項 11】

前記ガス供給ラインから分岐する、抵抗体が設けられたメインリークラインと、

前記抵抗体をバイパスするように設けられたバイパスラインと、

前記バイパスライン上に設けられた開閉弁と、

前記開閉弁を制御する弁制御部とを備え、

前記バイパスラインの流路抵抗が前記メインリークラインの流路抵抗よりも小さくなるように構成されている請求項 1～10 のいずれか一項に記載の静電チャック装置。

40

【請求項 12】

静電力により対象物を吸着する静電チャック装置における圧力算出方法であって、

前記静電チャック装置が、前記対象物を吸着する吸着面を有する吸着プレートと、前記吸着面と前記対象物の被吸着面との間の隙間に熱伝導性ガスを供給するガス供給ラインとを備え、当該ガス供給ラインには、前記熱伝導性ガスが流れる際の抵抗となる流量抵抗素子が設けられており、

50

前記流量抵抗素子の一次側圧力と、前記流量抵抗素子を通過する前記熱伝導性ガスの流量と、前記流量抵抗素子の流量特性とに基づいて、前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出する圧力算出方法。

【請求項 13】

静電力により対象物を吸着する静電チャック装置用の圧力算出プログラムであって、前記静電チャック装置が、前記対象物を吸着する吸着面を有する吸着プレートと、前記吸着面と前記対象物の被吸着面との間の隙間に熱伝導性ガスを供給するガス供給ラインとを備え、当該ガス供給ラインには、前記熱伝導性ガスが流れる際の抵抗となる流量抵抗素子が設けられており、

前記流量抵抗素子の一次側圧力と、前記流量抵抗素子を通過する前記熱伝導性ガスの質量流量と、前記流量抵抗素子の流量特性とに基づいて、前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出する圧力算出部としての機能をコンピュータに発揮させる静電チャック装置用の圧力算出プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、静電力により対象物を吸着する静電チャック装置、圧力算出方法及びプログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、プラズマエッチング装置、プラズマCVD装置等のプラズマ処理装置を用いた半導体製造工程においては、真空チャンバー内でシリコンウエハ等の試料を固定するために静電チャック装置が用いられている。この静電チャック装置は、静電力により対象物を吸着する吸着プレートと、吸着プレートの裏面に接触する金属製のベースプレートとを備えている。静電チャック装置を用いて、シリコンウエハの裏面（被吸着面）を吸着プレートで吸着することにより、シリコンウエハを固定するとともに、例えばシリコンウエハに加わるプラズマ熱をベースプレート側に逃がして冷却し、表面温度分布の均一化を図ることができる。

【0003】

ところで、吸着プレートの吸着面やシリコンウエハの被吸着面には微細な凹凸が存在している。そのため、静電チャック装置によりシリコンウエハを吸着している状態であっても被吸着面と吸着面との間には厚さ10 μ m程の微小な隙間が生じ、物理的な接触面積が小さくなることで熱伝導の効率が低下している。従来、吸着プレートの吸着面に複数のガス供給口を設け、シリコンウエハの被吸着面と吸着プレートの吸着面との間の隙間に熱伝導性ガスを供給することで、シリコンウエハに加わるプラズマ熱を吸着プレート側に効率よく逃がすようにしている（特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2020-053576号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記したプラズマ処理装置を用いた半導体製造工程においては、ウエハ等の対象物の加工寸法の高精度化のためには、ウエハの表面温度の均一性を高めることが求められる。そしてこのウエハの表面温度の均一性はウエハの被吸着面にかかる熱伝導性ガスの圧力（以下、ウエハ裏面圧力とも言う）に大きく依存するため、ウエハの加工寸法の精度を向上するためには、ウエハ裏面圧力を把握することが重要となる。また、経年劣化等により静電チャック装置の吸着力の安定性低下といった異常の発生やその兆候を早期に把握するという観点からも、半導体製造工程においてウエハ裏面圧力を把握することが重要となる。し

10

20

30

40

50

かしながら従来、静電チャック装置により対象物を吸着している際に、ウエハ裏面圧力を把握する術がなかった。

【0006】

本発明は、上記問題点を解決すべくなされたものであり、静電チャック装置を用いた半導体製造工程において、ウエハ裏面圧力を把握できるようにすることを主たる課題とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

すなわち本発明に係る静電チャック装置は、静電力により対象物を吸着するものであって、前記対象物を吸着する吸着面を有する吸着プレートと、前記吸着面と前記対象物の被吸着面との間の隙間に熱伝導性ガスを供給するガス供給ラインと、前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出する圧力算出部とを備え、前記ガス供給ラインには、前記熱伝導性ガスが流れる際の抵抗となる流量抵抗素子が設けられており、前記圧力算出部が、前記流量抵抗素子の一次側圧力と、前記流量抵抗素子を通過する前記熱伝導性ガスの流量と、前記流量抵抗素子の流量特性とに基づいて、前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出することを特徴とする。

【0008】

このようなものであれば、ガス供給ラインに設けられた流量抵抗素子の流量特性、すなわち流量抵抗素子の一次側圧力（例えばガス供給ライン内の圧力）及び二次側圧力（例えばウエハ裏面圧力）と、通過する熱伝導性ガスの流量との関係を示す固有の特性、を利用

【0009】

前記静電チャック装置の具体的態様としては、前記ガス供給ラインが、前記吸着面上に開口するように前記吸着プレート内に形成されたガス供給流路を備え、当該ガス供給流路に前記流量抵抗素子が設けられているものが挙げられる。

【0010】

このようなものであれば、吸着プレートの吸着面に開口するガス供給流路に流量抵抗素子を設けるので、ウエハ裏面圧力をより正確に算出することができる。

【0011】

この“流量抵抗素子”は、一次側の圧力と二次側の圧力とによって、通過する熱伝導性ガスの流量が定まるという流量特性を有するものであれば任意のものでよいが、層流素子抵抗体であれば特に好ましい。

層流素子抵抗体は加工精度が優れており、優れた再現性が得られるため、流量抵抗素子として層流素子抵抗体を用いることにより、吸着面と被吸着面との間の隙間における熱伝導性ガスの圧力をより精度よく算出することができる。また層流素子抵抗体はその設計自由度が高いため、熱伝導性ガスの吹出口の外径自由度を高めることができ、アーク放電の発生の抑制を期待できる。

【0012】

前記圧力算出部の具体的態様として、前記ガス供給ラインに導入される前記熱伝導性ガスの流量と、前記ガス供給ラインにおける熱伝導性ガスの流量の物質収支を示す関係式とに基づき、前記流量抵抗素子を通過する前記熱伝導性ガスの流量を算出するように構成されたものが挙げられる。

【0013】

静電チャック装置の具体的態様としては、流量センサが搭載され、前記ガス供給ライン内の前記熱伝導性ガスの圧力を計測制御する圧力制御器を更に備え、前記圧力算出部が、前記流量抵抗素子の一次側圧力として、前記圧力制御器が計測した圧力値を用い、前記ガス供給ラインに導入される熱伝導性ガスの流量値として、前記流量センサが計測した流量値を用いて、前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出するものが挙げられる。

【0014】

静電チャック装置の別の具体的態様としては、前記ガス供給ラインを流れる前記熱伝導

性ガスの流量を計測制御する圧力式流量制御器を更に備え、前記圧力算出部が、前記流量抵抗素子の一次側圧力として、前記圧力式流量制御器が計測した圧力値を用い、前記ガス供給ラインに導入される熱伝導性ガスの流量値として、前記圧力式流量制御器が計測した流量値を用いて、前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出するものが挙げられる。

【0015】

装置の経年劣化等によるウエハに対する吸着力の低下といった、プラズマ処理中におけるウエハの裏面における異常の有無を診断できるようにするには、前記静電チャック装置が、前記算出される前記熱伝導性ガスの圧力と所定の基準圧力とを比較して、前記被吸着面にかかる熱伝導性ガスの圧力値の異常を診断する診断部を更に備えたものであればよい。

【0016】

前記静電チャック装置は、前記算出される前記熱伝導性ガスの圧力が所定の範囲内の値になるように、前記ガス供給ライン内の前記熱伝導性ガスの圧力を調整するように構成されていることが好ましい。

【0017】

前記静電チャック装置は、前記算出される前記熱伝導性ガスの圧力が所定の範囲内の値になるように、前記ガス供給ラインを流れる前記熱伝導性ガスの流量を調整するように構成されていることが好ましい。

【0018】

前記静電チャック装置は、前記ガス供給ラインを複数備えており、各ガス供給ラインが、前記吸着面と前記被吸着面との間における互いに異なる領域に前記熱伝導性ガスをそれぞれ供給するように構成されていることが好ましい。

このようにすれば、ウエハの裏面にかかる圧力を領域毎に調整することができる。

【0019】

前記静電チャック装置の具体的態様として、前記ガス供給ラインが、複数種類の前記熱伝導性ガスを任意の混合比で供給できるように構成されているものが挙げられる。

このようにすれば、熱伝導性ガスを複数種の混合ガスにすることにより、高価なガス（例えばヘリウムガス）の使用量を低減でき、これによりコストを低減できる。

【0020】

また前記静電チャック装置は、ガス供給ラインにおける熱伝導性ガスの圧力の時間変化に基づいて前記隙間からリークする前記熱伝導性ガスの流量 Q_{LEAK} を算出するように構成されてよい。その場合、静電チャック装置は、下記（a）式に基づいて、流量 Q_{LEAK} を算出するのが好ましい。

$$Q_{LEAK} = \left(\frac{V}{Z R_u T_{gas}} \right) \frac{dP}{dt} \quad (a)$$

ここで、 V ：ガス供給ラインを構成する流路の体積、 Z ：熱伝導性ガスの圧縮係数、 R_u ：熱伝導性ガスの気体定数、 T_{gas} ：ガス供給ラインを流れる熱伝導性ガスの温度、 dP/dt ：ガス供給ラインにおける熱伝導性ガスの圧力の時間変化、である。

このように構成されていれば、吸着対象物との間の隙間からリークする熱伝導性ガスの流量を把握することができ、静電チャック装置の劣化具合等を把握することができる。

【0021】

ところで前記した静電チャック装置では、ウエハの裏面に供給される熱伝導性ガスの圧力が大きすぎるとウエハが吸着面から離れてしまう恐れがある。そのため、従来の静電チャック装置では、ガス供給ラインから分岐する、抵抗体が設けられたリークラインを設け、過剰な熱伝導性ガスを所定の流量で排気するように構成されている。一方でこのリークラインは、プラズマ処理終了後にガス供給ライン内に残っている熱伝導性ガスを排気するためにも用いられるが、リークライン上に抵抗体が設けられていることにより、プラズマ処理終了後、熱伝導性ガスを即座に排気することができず時間が掛かってしまうという問題がある。これにより、プラズマ処理が終了して静電チャック装置がデチャック状態に切り替わった際に、ガス供給ライン内に残っている熱伝導性ガスが真空チャンバー内に流出

10

20

30

40

50

し、スパークを発生させて機器を故障させてしまう恐れがある。

そのため前記した静電チャック装置は、前記ガス供給ラインから分岐する、抵抗体が設けられたメインリークラインと、前記抵抗体をバイパスするように設けられたバイパスラインと、前記バイパスライン上に設けられた開閉弁と、前記開閉弁を制御する弁制御部とを備え、前記バイパスラインの流路抵抗が前記メインリークラインの流路抵抗よりも小さくなるように構成されているのが好ましい。

このようにすれば、プラズマ処理が終了して静電チャック装置がデチャック状態に切り替わった際に、開閉弁を開放することにより、流量抵抗が相対的に小さいバイパスラインを介して熱伝導性ガスを即座に排気することができる。これにより、プラズマ処理終了直後の真空チャンバー内に熱伝導性ガスが流出することでスパークを生じさせてしまうリスクを低減できる。

10

【0022】

また本発明の圧力算出方法は、静電力により対象物を吸着する静電チャック装置における圧力算出方法であって、前記静電チャック装置が、前記対象物を吸着する吸着面を有する吸着プレートと、前記吸着面と前記対象物の被吸着面との間の隙間に熱伝導性ガスを供給するガス供給ラインとを備え、当該ガス供給ラインには、前記熱伝導性ガスが流れる際の抵抗となる流量抵抗素子が設けられており、前記流量抵抗素子の一次側圧力と、前記流量抵抗素子を通過する前記熱伝導性ガスの流量と、前記流量抵抗素子の流量特性とに基づいて、前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出することを特徴とする。

【0023】

20

また本発明の圧力算出プログラムは、静電力により対象物を吸着する静電チャック装置用の圧力算出プログラムを記録させるものであって、前記静電チャック装置が、前記対象物を吸着する吸着面を有する吸着プレートと、前記吸着面と前記対象物の被吸着面との間の隙間に熱伝導性ガスを供給するガス供給ラインとを備え、当該ガス供給ラインには、前記熱伝導性ガスが流れる際の抵抗となる流量抵抗素子が設けられており、前記圧力算出プログラムが、前記流量抵抗素子の一次側圧力と、前記流量抵抗素子を通過する前記熱伝導性ガスの質量流量と、前記流量抵抗素子の流量特性とに基づいて、前記隙間における前記熱伝導性ガスの圧力を算出する圧力算出部としての機能をコンピュータに発揮させることを特徴とする。

【0024】

30

このような圧力算出方法及び圧力算出プログラムであっても、上記した本発明の静電チャック装置と同様の作用効果を奏し得る。

【発明の効果】

【0025】

このように構成した本発明によれば、静電チャック装置を用いた半導体製造工程において、ウエハ裏面圧力を把握することができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本実施形態の静電チャック装置の全体構成を示す模式図。

【図2】同実施形態の静電チャック装置の構成を模式的に示す断面図。

40

【図3】同実施形態の静電チャック部と冷却部の構成を模式的に示す斜視図。

【図4】同実施形態の静電チャック部と冷却部の構成を模式的に示す斜視図。

【図5】同実施形態のガス供給部の構成を模式的に示す図。

【図6】他の実施形態のガス供給部の構成を模式的に示す図。

【図7】他の実施形態のガス供給部の構成を模式的に示す図。

【図8】他の実施形態のガス供給部の構成を模式的に示す図。

【図9】他の実施形態のガス供給部の構成を模式的に示す図。

【図10】他の実施形態のガス供給部の構成を模式的に示す図。

【符号の説明】

【0027】

50

1 0 0 . . . 静電チャック装置
1 1 1 . . . 吸着面
3 1 . . . ガス供給ライン
3 1 a . . . ガス供給口
3 4 . . . 流量抵抗素子
W . . . ウエハ（対象物）
S . . . 被吸着面
G . . . 隙間

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下に本発明に係る静電チャック装置100の一実施形態について図面を参照して説明する。

【0029】

本実施形態の静電チャック装置100は、図1に示すように、例えばプラズマを用いた半導体製造装置の真空チャンバーC内において、処理対象となるウエハWを静電吸着するためのものである。具体的にこの静電チャック装置100は、図2に示すように、ウエハWを静電吸着する吸着面111を有する静電チャック部1と、静電チャック部1を冷却する冷却面211を有する冷却部2と、静電チャック部1の吸着面111とウエハWの被吸着面Sとの間の隙間Gに熱伝導性ガス（バックサイドガスともいう）を供給するガス供給部3とを備えている。なお、真空チャンバーCは、真空ポンプV1によって真空排気されるように構成されている。

【0030】

静電チャック部1は、図2及び図3に示すように、セラミックスやガラス等の絶縁体からなる円形平板状をなす吸着プレート11と、当該吸着プレート11内に埋設された内部電極12と、当該内部電極12に電圧を印加する電源13とを備えている。電源13によって内部電極12に電圧を印加することによって、吸着プレート11内で誘電分極現象が生じ、吸着プレート11の上面111が概略平面状の吸着面となる。本実施形態の静電チャック部1は双極式のものであるが、これに限らず単極式のものであってもよい。

【0031】

冷却部2は、図2～図4に示すように、円形平板状をなす金属製のベースプレート21と、ベースプレート21内に形成された冷媒流路212と、冷媒流路212に冷媒を流通させるチラー等の冷媒流通機構（図示しない）とを備えている。冷媒流通機構により冷媒流路212に冷媒を流すことにより、ベースプレート21全体の温度が低下し、ベースプレート21の上面211が概略平面状の冷却面となる。前記した吸着プレート11は、その下面112（裏面）がベースプレート21の冷却面211に面接触するようにベースプレート21の上に載置されている。冷媒流路212は、ベースプレート21の内部において冷却面211と平行な方向に沿って形成されている。

【0032】

ガス供給部3は、図5に示すように、熱伝導性ガスの流量を制御するための流量制御器32が設けられたガス供給ライン31と、流量制御器32等を制御する制御装置33と、ガス供給ライン31から分岐するリークラインLとを備える。この熱伝導性ガスは、例えばヘリウムガス、アルゴンガス、複数のガスを任意の比率で混合した混合ガス等の任意のものであってもよい。

【0033】

ガス供給ライン31は、上流側にガス供給源（図示しない）が接続されており、下流端に設けられたガス供給口31aから、吸着面111とウエハWの被吸着面Sとの間の隙間Gに熱伝導性ガスを供給するものである。このガス供給口31aは吸着プレート11の吸着面111に形成されている。

【0034】

具体的にこのガス供給ライン31は、下流側から順に、吸着プレート11内に形成され

10

20

30

40

50

た第1内部流路（請求項で言う、ガス供給流路である）311と、第1内部流路311に連通するようにベースプレート21内に形成された第2内部流路312と、第2内部流路312に連通し、ベースプレート21とガス供給源との間を接続する配管により形成された配管流路（図示しない）と、を備えている。

【0035】

図2及び図4に示すように、第1内部流路311は吸着プレート11を板厚方向に貫通し、吸着面111上に開口するように複数形成されている。吸着面111上における各第1内部流路311の開口がガス供給口31aとなる。各ガス供給口31aは、例えば吸着プレート11の回転軸を対称軸とする回転対称となるように形成されている。本実施形態では、各第1内部流路311は、吸着プレート11の外周部において同心円上状に列をなすように複数（ここでは2列）形成されており、各列において円周方向に沿って互いに略等間隔になるように形成されている。

10

【0036】

具体的に各第1内部流路311は、吸着プレート11を板厚方向に貫通する横断面円形状の直線状の貫通孔113により構成されている。この貫通孔113は、数 μm ～数十 μm 程度（例えば0.03mm）の径寸法（内径）であり、数mm程度（例えば2mm）の長さ寸法（軸方向に沿った寸法）であるが、これらの寸法は適宜変更して構わない。

【0037】

第2内部流路312は、ベースプレート21を板厚方向に貫通するように形成されており、その上流端がベースプレート21の下面に開口し、下流端がベースプレート21の上面（冷却面）211に開口して第1内部流路311に連通している。

20

【0038】

図2及び図3に示すように、ベースプレート21の上面211には面内方向に沿って溝213が形成されており、この溝213の少なくとも一部はベースプレート21を板厚方向に貫通して下面に開口している。この溝213に蓋をするように吸着プレート11が載置されることで、溝213の内面と吸着プレート11の下面112とによって第2内部流路312が構成されている。この溝213は、ベースプレート21上に吸着プレート11が載置された状態で、吸着プレート11の各貫通孔113の真下を通るように形成されている。

【0039】

流量制御器32は、通過するガスの流量を計測制御するものであり、配管流路に設けられている。この流量制御器32の具体的態様としては、例えば、通過するガスの圧力を計測する圧力センサと、ガスの流量を計測する流量センサと、流体制御バルブと、流体制御バルブの開度を制御するバルブ制御器と、を有する所謂圧力式のマスフローコントローラ等である。流量制御器32は、計測したガス流量を制御装置33が設定した目標値に一致させるように、流体制御バルブの開度等をフィードバック制御する。

30

【0040】

制御装置33は、CPUや内部メモリ等を内蔵する汎用乃至専用のコンピュータである。この制御装置33は、内部メモリに記憶された所定のプログラムに基づきCPU及びその周辺機器が協働することによって、図5に示すように、流量制御器32の流量の目標値を設定する流量目標設定部334としての機能を少なくとも発揮する。

40

【0041】

リークラインLは、ガス供給ライン31における流量制御器32よりも下流から分岐している。リークラインLは、一定流量のガスを通過させる任意の抵抗体R（例えばオリフィス等）を介して、真空ポンプV2によって排気されるように構成されている。

【0042】

しかして、本実施形態の静電チャック装置100は、ガス供給ライン31の各第1内部流路311内の全てに流量抵抗素子34が設けられている。

【0043】

この流量抵抗素子34は、熱伝導性ガスが流れる際の抵抗となるものであり、一次側圧

50

力と、二次側圧力と、ガスの温度とに基づいて通過するガスの質量流量が定まる固有の流量特性を備えるものであり、本実施形態では層流素子抵抗体である。ここでは、ガス供給ライン31内の熱伝導性ガスの圧力（一次側圧力）と、吸着面111及び被吸着面S間の隙間Gにおける熱伝導性ガスの圧力（二次側圧力。以下において、ウエハ裏面圧力とも言う。）と、通過する熱伝導性ガスの温度とに基づいて、層流素子抵抗体34を通過する熱伝導性ガスの流量が定まるようになっている。

【0044】

具体的にこの層流素子抵抗体34は、抵抗となる流路（以下、抵抗流路とも言う。）341aを有する流路形成部材341により構成されている。この流路形成部材341は、円柱状をなしており、その径寸法（外径）及び長さ寸法（軸方向に沿った寸法）が、吸着プレート11の貫通孔113の径寸法（内径）及び長さ寸法と略同一である。図4に示すように、各流路形成部材341は、嵌め合い公差をもって、吸着プレート11の各貫通孔113内に隙間なく嵌め込まれている。流路形成部材341は、例えばセラミック等の任意の絶縁材料により構成されてよい。この層流素子抵抗体34は、下流側の端面が、吸着プレート11の吸着面111と面一になるように設けられているのが好ましい。

【0045】

抵抗流路341aは、流路形成部材341の軸方向に沿って1又は複数本形成されている。各抵抗流路341aは、流路形成部材341を軸方向に貫通してなり、横断面円形状の直線状のものであって、例えば流路形成部材341の軸上に形成されたものや、軸周りに規則的に配置された複数ものなどを挙げることができる。

【0046】

そして本実施形態の静電チャック装置100では、制御装置33が、圧力算出部331、記憶部332及び診断部333としての機能を更に発揮することの特徴としている。

【0047】

しかして、本実施形態の静電チャック装置100では、圧力算出部331は、ガス供給口31aから供給される熱伝導性ガスの質量流量 Q_{ESC} と、層流素子抵抗体34の一次側圧力 P_1 と、層流素子抵抗体34が備える固有の流量特性とに基づいて、ウエハ裏面圧力 $P_{waf er}$ を算出するように構成されている。なお、質量流量 Q_{ESC} は、吸着プレート11に形成された第1内部流路311（貫通孔113）を通過する熱伝導性ガスの質量流量であり、貫通孔113に層流素子抵抗体34が設けられている本実施形態では、層流素子抵抗体34を通過する熱伝導性ガスの質量流量である。

【0048】

具体的にこの圧力算出部331は、ガス供給ライン31を流れる熱伝導性ガスの質量流量の物質収支（すなわち、ガス供給ライン31に入ってくる熱伝導性ガスの量と、ガス供給ライン31から出ていく熱伝導性ガスの量との収支）を示す以下の関係式（1）と、ガス供給ライン31に導入される熱伝導性ガスの質量流量 Q_{in} とに基づいて、ガス供給口31aから供給される熱伝導性ガスの質量流量 Q_{ESC} を算出するように構成されている。そして圧力算出部331は、算出した熱伝導性ガスの質量流量 Q_{ESC} と、層流素子抵抗体34が備える固有の流量特性との関係を示す以下の式（2）とに基づいてウエハ裏面圧力 $P_{waf er}$ を算出するように構成されている。

【0049】

【数1】

$$Q_{in} = Q_{ESC} + Q_{VAC} - \left(\frac{V}{ZR_u T_{gas}} \right) \frac{dP}{dt} \quad \cdots (1)$$

【0050】

式（1）において、

Q_{in} ：ガス供給ライン31に導入される熱伝導性ガスの質量流量、

Q_{VAC} ：リークラインLから排気される熱伝導性ガスの質量流量であり抵抗体Rを通過する質量流量、

10

20

30

40

50

$(V/Z \cdot R_u \cdot T_{gas}) \cdot (dP/dT)$: 吸着プレート 11 とウエハ W との間からチャンバー内にリークする熱伝導性ガスの質量流量 Q_{LEAK} 、

V : ガス供給ライン 31 における流量制御器 32 から層流素子抵抗体 34 までの間の流路の体積、

Z : ガスの圧縮係数 (ここでは、 $Z = 1$)、

R_u : 気体定数 ($8.3145 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)、

T_{gas} : ガス供給ライン 31 における流量制御器 32 から層流素子抵抗体 34 までの流路内の熱伝導性ガスの平均温度、

dP/dt : ガス供給ライン 31 における流量制御器 32 から層流素子抵抗体 34 までの流路内の熱伝導性ガスの圧力の時間変化、である。

なお、吸着プレート 11 の吸着面 111 の表面性状 (例えば形状、粗さ等) が面内で均一ではなく、またプロセス中の熱エネルギー交換が安定的ではないことを考慮すると、ガス供給ライン 31 により熱伝導性ガスの供給を開始してから十分に時間が経過した後も、質量流量 Q_{LEAK} は安定状態 (定常状態) とはならず、 dP/dt が 0 とはならない可能性がある。

【0051】

ここで圧力算出部 331 は、流量制御器 32 から質量流量 Q_{in} を取得し、ガス供給ライン 31 に設けられた温度計 T_1 から平均温度 T_{gas} を取得し、リークガスの質量流量 Q_{VAC} 、流路の体積 V 、圧縮係数 Z 及び気体定数 R_u を記憶部 332 から取得し、これらの情報と式 (1) とに基づいてガス供給口 31a から供給される熱伝導性ガスの質量流量 Q_{ESC} を算出するように構成されている。

【0052】

【数 2】

$$Q_{ESC} = f_{res}(P_1, P_{wafer}, T_{ESC}) \quad \dots (2)$$

【0053】

式 (2) において、 f_{res} : 層流素子抵抗体 34 の流量特性を示す関数、 P_1 : 層流素子抵抗体 34 にかかる一次側 (上流側) の圧力、 P_{wafer} : ウエハ裏面圧力 (層流素子抵抗体 34 にかかる二次側の圧力)、 T_{ESC} : 層流素子抵抗体 34 を通過する熱伝導性ガスの温度 (ここでは、吸着プレート 11 の温度に等しいとみなす)、である。

【0054】

圧力算出部 331 は、流量制御器 32 が計測した圧力から一次側圧力 P_1 を取得し、吸着プレート 11 の温度を計測する光ファイバー式の温度計 T_2 から熱伝導性ガスの温度 T_{ESC} を取得し、流量特性関数 f_{res} を記憶部 332 から取得し、これらの情報と式 (2) とに基づいてウエハ裏面圧力 P_{wafer} を算出するように構成されている。記憶部 332 に予め格納されている流量特性関数 f_{res} は、例えば、層流素子抵抗体 34 にかかる一次側の圧力 P_1 と、層流素子抵抗体 34 にかかる二次側の圧力 P_{wafer} と、層流素子抵抗体 34 を通過する熱伝導性ガスの温度 T_{ESC} とを入力変数とし、層流素子抵抗体 34 を通過する質量流量を出力変数とする関数で表されるマップ等である。

【0055】

診断部 333 はウエハ W の被吸着面 S における異常の有無を診断するものである。具体的にこの診断部 333 は、圧力算出部 331 が算出したウエハ裏面圧力 P_{wafer} と、記憶部 332 に予め格納されている所定の圧力 P_s とを比較して、ウエハ W の被吸着面 S における異常の有無を診断するように構成されている。例えば、ウエハ裏面圧力 P_{wafer} と圧力 P_s との差分の絶対値が所定値以上となっている場合には、ウエハ W の被吸着面 S に異常が発生していると診断し、所定値以下であれば正常であると診断する。なおこの圧力 P_s は、ウエハ W に対する真空処理の内容に応じて適宜設定されるものである。

【0056】

そして、上記した流量目標設定部 334 は、圧力算出部 331 が算出したウエハ裏面圧

力 $P_{w a f e r}$ が所定の範囲内の値になるように、流量制御器32の流量目標値を設定し、これを流量制御器32に送信するように構成されている。具体的に流量目標設定部334は、圧力算出部331が算出したウエハ裏面圧力 $P_{w a f e r}$ と、記憶部332に予め格納されている目標値 P_t とを比較し、その差分の絶対値が所定範囲内になるように、実験やシミュレーションにより予め算出した所定の関係式に基づいて、流量目標値を設定するように構成されている。

【0057】

このように構成した本実施形態の静電チャック装置100によれば、ガス供給ライン31のガス供給口31aに連通する第1内部流路311に、その流量特性 f_{res} が予め既知である流量抵抗素子34を設けることにより、その流量特性 f_{res} 及び流量抵抗素子34の一次側圧力 P_1 を利用してウエハ裏面圧力 $P_{w a f e r}$ を把握することができる。これにより、ウエハWの加工寸法の精度の向上に寄与でき、また経年劣化等に吸着力の安定性低下といった異常の発生やその兆候を把握することができる。さらに、熱伝導性ガスが流れる際の抵抗となる流量抵抗素子34がガス供給口31aを塞ぐように第1内部流路311に設けられているので、ウエハWのデチャッキング時や処理室のクリーニング時に、ガス供給口31aから過剰量の熱伝導性ガスが流出してしまうことを抑制できる。

【0058】

なお、本発明は前記実施形態に限られるものではない。

【0059】

例えば、他の実施形態の静電チャック装置100は、図6に示すように、ガス供給ライン31を複数備えており、各ガス供給ライン31が、吸着プレート11の吸着面111とウエハWの被吸着面Sとの間における互いに異なる領域に熱伝導性ガスを供給するように構成されていてもよい。この場合、吸着プレート11の吸着面111が、ガス供給ライン31の数に対応する複数のガス供給領域に区切られており、各ガス供給ライン31は、各ガス供給領域に設けられたガス供給口31aから、熱伝導性ガスを個別に供給できるように構成されてもよい。各ガス供給ライン31から供給される熱伝導性ガスの種別、流量及びウエハ裏面圧力は、ガス供給ライン31毎に設定されてもよい。

【0060】

また他の実施形態の静電チャック装置100は、図7に示すように、ガス供給部3がリークラインLを備えていなくてもよい。この場合、圧力算出部331は、上記式(1)において“ $Q_{V A C}=0$ ”として $R_{w a f e r}$ を算出するように構成される。

【0061】

また前記実施形態の静電チャック装置100は圧力式の流量制御器32を備えていたが、これに限らない。本発明の静電チャック装置100は、ガス供給ライン31に導入される熱伝導性ガスの質量流量 Q_{in} と、ガス供給ライン31内の熱伝導性ガスの圧力 P_1 とを測定できるよう構成されていれば、ウエハ裏面圧力 $P_{w a f e r}$ を把握することができる。

【0062】

例えば、他の実施形態の静電チャック装置100は、図8に示すように、流量制御器32の代わりに、ガス供給ライン31内の熱伝導性ガスの圧力を計測制御する圧力制御器35が設けられていてもよい。この圧力制御器35の具体的態様としては、例えば、流量センサと、流体制御バルブと、圧力センサと、前記圧力センサの出力に基づいて前記流体制御バルブの開度をフィードバック制御するバルブ制御器と、を備えたものが挙げられる。このような実施形態であっても、圧力算出部331は、流量抵抗素子34の一次側圧力 P_1 として圧力制御器35が計測した圧力値を用い、ガス供給ライン31に導入される熱伝導性ガスの流量 Q_{in} として、圧力制御器35が備える流量センサが計測した流量値を用いて、ウエハ裏面圧力 $P_{w a f e r}$ を算出することができる。

【0063】

またこれに限らず、図9に示すように、流量制御器32の代わりに、ガス供給ライン31に導入される熱伝導性ガスの質量流量 Q_{in} を計測するマスフローメータ等の流量計36と、ガス供給ライン31内の熱伝導性ガスの圧力 P_1 を測定する圧力計37を備えるよ

うにしてもよい。

【0064】

また前記実施形態では、複数の第1内部流路311の全部に流量抵抗素子34が設けられていたがこれに限らない。他の実施形態では、複数の第1内部流路311の一部にだけ流量抵抗素子34が設けられていてもよい。

【0065】

また前記実施形態では、流量抵抗素子34は第1内部流路311内に設けられていたが、これに限らない。他の実施形態では、流量抵抗素子34は、第2内部流路312や、ベースプレート21とガス供給源との間を接続する配管流路（図示しない）等、隙間Gに連通するガス供給ライン31の流路内に形成されていてもよい。なお、ウエハ裏面圧力をより正確に算出するには、流量抵抗素子34は、ガス供給ライン31におけるより下流側に設けられることが好ましい。

【0066】

また前記実施形態の流量抵抗素子34は層流素子抵抗体であったが、これに限らない。一次側の圧力と二次側の圧力とによって、通過する熱伝導性ガスの流量が定まるという流量特性を有するものであれば、流量抵抗素子34は任意のものでよい。

また流量抵抗素子34は、ガス供給ライン31が備える流路内に設けられる抵抗体でなくともよい。流量抵抗素子34は、例えば、流量特性が既知である、ガス供給ライン31が備える流路そのもの（第1内部流路311等）であってもよい。このようなものであっても、流路の流量特性を利用することにより、ウエハ裏面圧力を把握することができる。

【0067】

また他の実施形態の静電チャック装置100は、熱伝導性ガスに対するリークラインLの流路抵抗の大きさを変更する抵抗変更機構4を備えている。具体的にこの抵抗変更機構4は、図10に示すように、リークラインLにおいて抵抗体Rをバイパスするように設けられたバイパスライン41と、バイパスライン41上に設けられた開閉弁42と、開閉弁42を制御する弁制御部335とを備えている。本実施形態のバイパスライン41は、リークラインLにおいて、抵抗体Rの上流側で分岐して、抵抗体Rの下流側で合流するように設けられている。開閉弁42が開状態となっている際に、バイパスライン41の流路抵抗（管路抵抗）は、抵抗体Rが設けられているメインリークライン43の流路抵抗よりも小さくなるように設定されている。開閉弁42は、弁制御部335からの制御信号に応じて開閉が切り替わるように構成されたものであり、例えば、エアバルブ、ピエゾアクチュエータバルブ、ソレノイドアクチュエータバルブ、サーマルアクチュエータバルブ等である。この開閉弁42は、常時閉（ノーマルクローズ）となっている。弁制御部335は、制御装置33により発揮される機能であり、開閉弁42に制御信号を送信してその開閉状態を切り替えるものである。本実施形態の弁制御部335は、静電チャック部1によるウエハの静電吸着が解除（デチャック）される旨の信号を取得すると、即座に弁制御部335に信号を送信して、弁制御部335を開放するように構成されている。他の実施形態の静電チャック装置100は、このような抵抗変更機構4を備えることで、静電チャック部1がデチャック状態に切り替わった際に、バイパスライン41を介して熱伝導性ガスを即座に排気することができる。これによりプラズマ処理終了直後の真空チャンバーC内に熱伝導性ガスが流出することでスパークを生じさせてしまうリスクを低減できる。

【0068】

なお、静電チャック装置100が抵抗変更機構4を備える場合、バイパスライン41は、抵抗体Rの下流側で合流することなく他の真空ポンプによって排気されるように構成されてもよい。またバイパスライン41は、リークラインLにおける抵抗体Rの上流側で分岐するように設けられていなくてもよい。例えば、バイパスライン41は、ガス供給ライン31におけるリークラインLの分岐点よりも上流側又は下流側において分岐するように構成されてもよい。また、バイパスライン41には、例えば流量抵抗素子等の任意の抵抗体が設けられていてもよい。このような場合であっても、バイパスライン41の流路抵抗がメインリークライン43の流路抵抗よりも小さくなるように設定されていれば、静電チ

10

20

30

40

50

ャック部 1 がデチャック状態に切り替わった際に、バイパスライン 4 1 を介して熱伝導性ガスを即座に排気することができる。

【 0 0 6 9 】

その他、本発明は前記実施形態に限られず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であるのは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 7 0 】

本発明の静電チャック装置によれば、静電チャック装置を用いた半導体製造工程において、ウエハ裏面圧力を把握することができる。

10

20

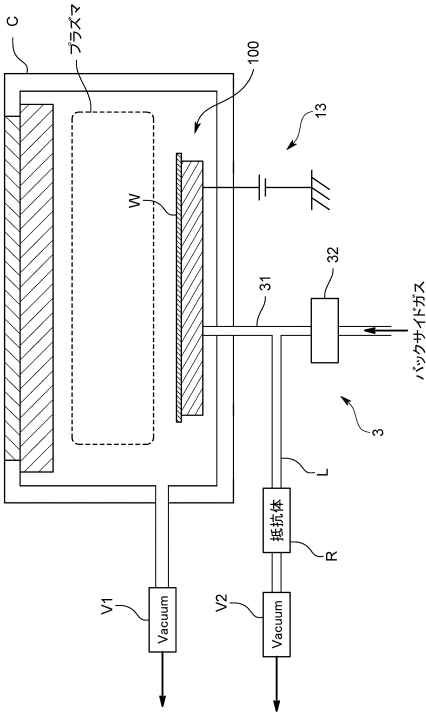
30

40

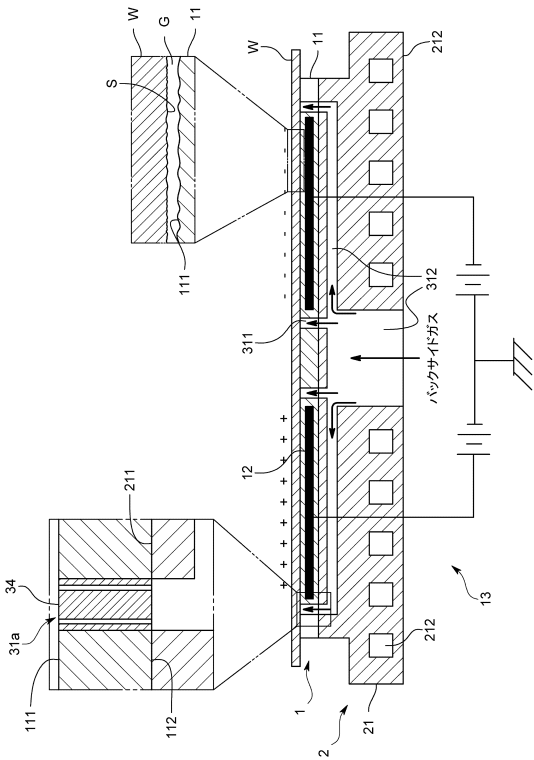
50

【図面】

【図 1】



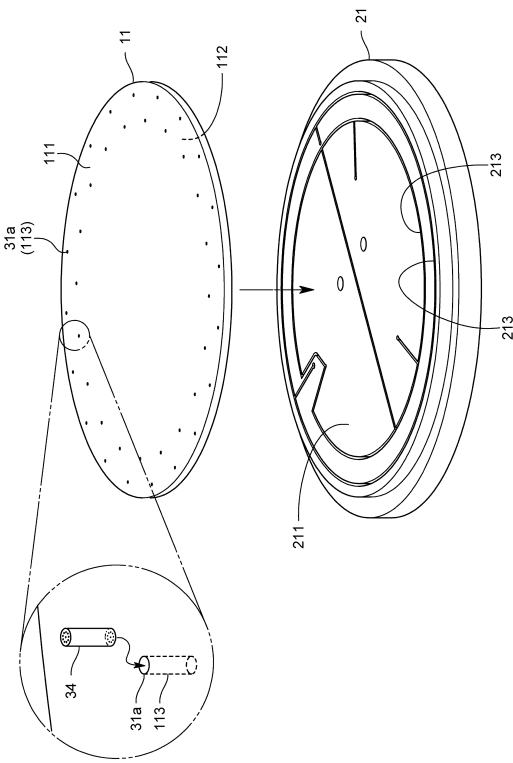
【図 2】



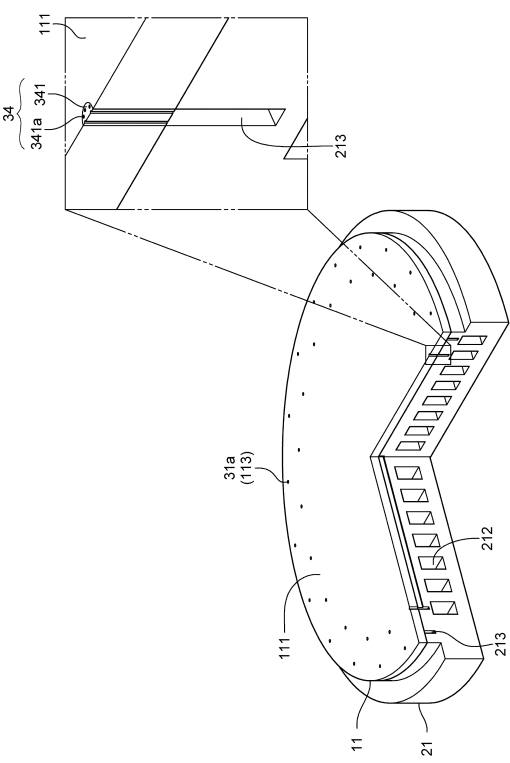
10

20

【図 3】



【図 4】

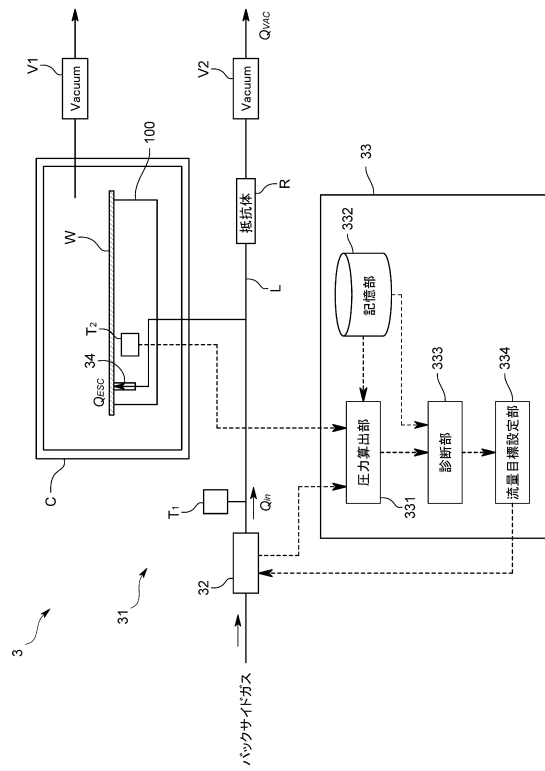


30

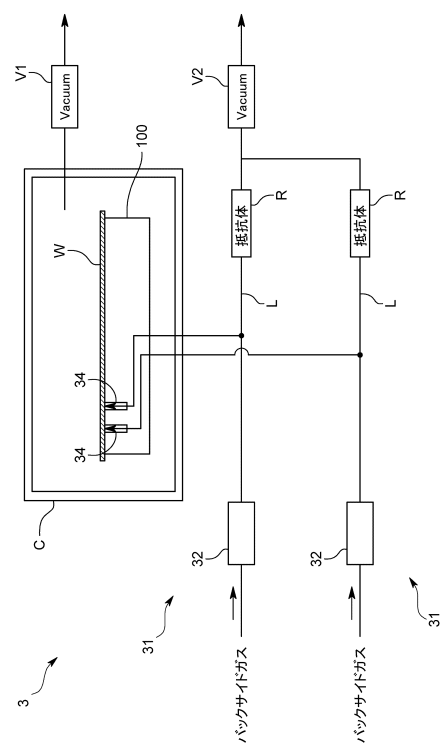
40

50

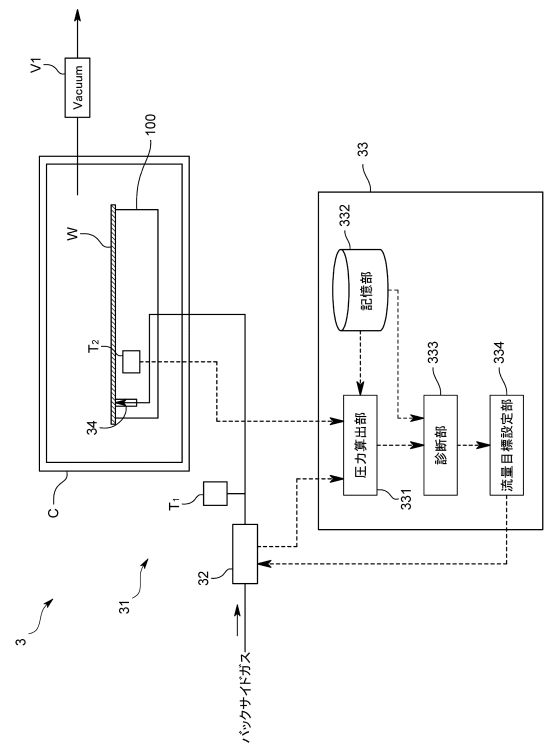
【図 5】



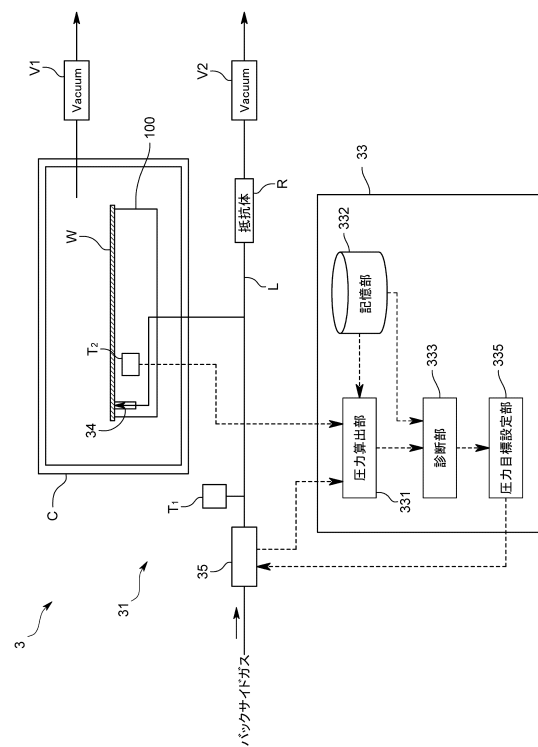
【図 6】



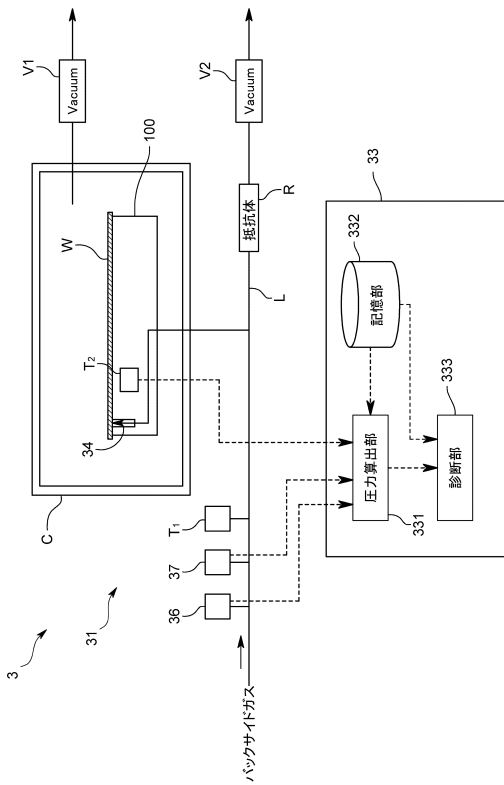
【図 7】



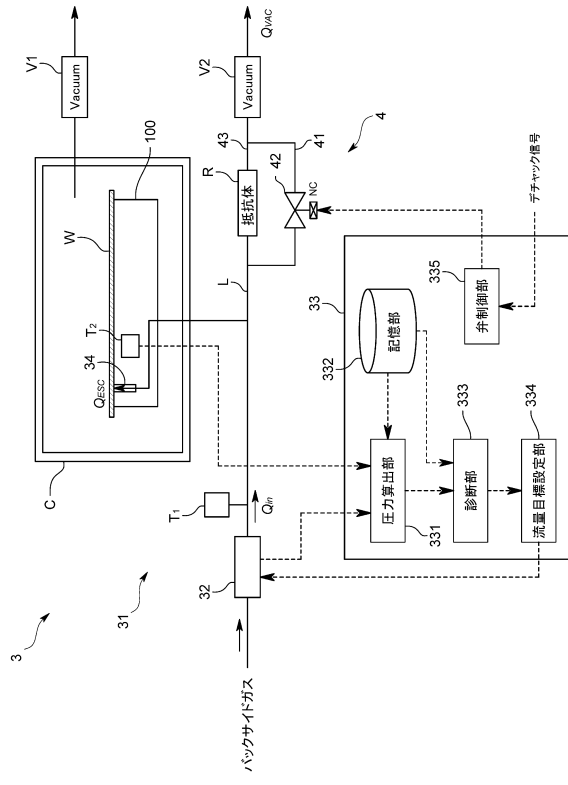
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 京都府京都市南区上鳥羽鉾立町11番地5 株式会社堀場エステック内
(72)発明者 プライス アンドリュー
京都府京都市南区上鳥羽鉾立町11番地5 株式会社堀場エステック内
(72)発明者 安田 忠弘
京都府京都市南区上鳥羽鉾立町11番地5 株式会社堀場エステック内
審査官 奎 哲次
(56)参考文献 特開2016-136554 (JP, A)
特開2019-67846 (JP, A)
米国特許第7156951 (US, B1)
特開2019-117861 (JP, A)
特開2000-315680 (JP, A)
特開2009-218592 (JP, A)
特開2018-96848 (JP, A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21/683
H01L 21/3065
H01L 21/31
H02N 13/00