

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3991805号  
(P3991805)

(45) 発行日 平成19年10月17日(2007.10.17)

(24) 登録日 平成19年8月3日(2007.8.3)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/304 (2006.01)

H O 1 L 21/304 6 4 5 C

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2002-216009 (P2002-216009)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成14年7月25日(2002.7.25)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2004-63520 (P2004-63520A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成16年2月26日(2004.2.26)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成17年2月23日(2005.2.23)		弁理士 井上 学
		(72) 発明者	桃井 義典
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	横川 賢悦
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	西原 宏幸
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ドライ洗浄装置及びドライ洗浄方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

容器と、該容器に接続された真空排気手段と、荷重を印加しながら構造体を被処理ウエハに押し付ける機構と、該構造体と該被処理ウエハの間隙にガスを噴出する手段とを有し、該真空排気手段により排気された該容器内にて、該被処理ウエハ表面を洗浄するためのドライ洗浄装置であって、  
前記被処理ウエハに近接する前記構造体の面の形状が凹型形状であることを特徴とするドライ洗浄装置。

【請求項2】

請求項1に記載のドライ洗浄装置において、

前記構造体の中心における該構造体と前記被処理ウエハの間隔が該構造体の外周における該構造体と該被処理ウエハの間隔よりも大きいことを特徴とするドライ洗浄装置。

【請求項3】

請求項1に記載のドライ洗浄装置において、

洗浄処理中における前記被処理ウエハ面上のガス圧力は均一でなく最大差が10kPa以上となることを特徴とするドライ洗浄装置。

【請求項4】

請求項1に記載のドライ洗浄装置において、

前記容器内にプラズマを発生させる手段を有することを特徴とするドライ洗浄装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

## 【 0 0 0 1 】

## 【 発明の属する技術分野 】

本発明は半導体デバイスの製造工程におけるウエハの洗浄に関する方法及び装置に係わり、特に、半導体装置の製造過程におけるプラズマ処理や平坦化処理の後にウエハ表面に残存する異物等を真空中で除去する技術に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【 従来技術 】

従来、ウエハの洗浄は純水又は純水に各種酸やアルカリ溶液を希釈した溶液を用い、該溶液中にウエハを浸す又は溶液を吹き付ける方法にてウエハ表面の異物を洗い流すことで実施されている。また、ウエハを溶液に浸すと同時にブラシによりウエハ表面を機械的に洗浄する方法等も用いられている。

10

## 【 0 0 0 3 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

先に記した従来の洗浄方法は基本的に水を使うウェット洗浄方であるため、下記する課題を有する。

1) ドライエッチングやプラズマCVDといった真空中での処理を連続して真空中で一貫処理すると加工精度及び製造効率を高められるが、各処理後に必要な洗浄がウェット処理であるため、いったんウエハを大気に出す必要性が生じ、先に記した効果を得られない。

2) ウェット洗浄では、洗浄の他にリンス、乾燥の工程が必要となり、製造工程の増加をまねく。

20

3) ウェット洗浄では、半導体材料の極表面を改質してしまい、半導体の微細化に伴いその表面改質による歩留りの低下が生じる。

4) ウェット洗浄では、液体の表面張力により、微細構造部に十分液体が浸透しない場合があり、微細構造部での洗浄力が不足する。

5) 半導体装置の新材料、特に絶縁膜材料に今後有機系膜やポーラスな有機系膜等の吸湿性の高い材料が高性能デバイスでは必要となっており、それら材料を用いた半導体装置の製造ではウェット洗浄又は場合によっては大気にさらすだけでデバイスの特性劣化が引き起こされる。

これらの課題を解決するため、発明者等は、真空中にてウエハ上に形成する高速ガス流による物理的な洗浄効果とプラズマによる化学的な洗浄効果を組み合わせたドライ洗浄方法（特願2001-7158）及びドライ洗浄装置（特願2001-7157）、さらにこの方式を用いてウエハの表面と裏面を同時に洗浄するドライ洗浄方法（特願2001-7156）を提案した。

30

該ドライ洗浄方法では、被処理ウエハとパッドとの間にガスを噴出し、荷重を印加しながら該パッドを該被処理ウエハに近接させ高速ガス流を形成させる。該パッドを該被処理ウエハにより近接させるほどガス流が被処理ウエハ表面に及ぼす摩擦応力は大きくなり、洗浄能力は向上する。

しかし、同時に該パッドを該被処理ウエハに近接させるほど、該パッドと該被処理ウエハが直接接触する可能性が増す。検討を進めたところ、洗浄力を向上させるほど該パッドと該被処理ウエハとの直接接触により新たな異物が生じるか、あるいは該被処理ウエハを破壊させる可能性があることがわかった。該パッドが該被処理ウエハに直接接触しないためには、近接する面が互いに平行に保つ必要がある。

40

本発明の目的は、上記課題を解決し、洗浄力を向上させかつ安定した洗浄力を得ることにある。

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

## 【 0 0 0 4 】

## 【 課題を解決するための手段 】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

本発明の一つは、容器と、該容器に接続された真空排気手段と、荷重を印加しながら構造

50

体を被処理ウエハに押し付ける機構と、該構造体と該被処理ウエハの間隙にガスを噴出する手段とを有し、該真空排気手段により排気された該容器内にて、該被処理ウエハ表面を洗浄するためのドライ洗浄装置であって、該構造体の中心における該構造体と該被処理ウエハの間隔が該構造体の外周における該構造体と該被処理ウエハの間隔よりも大きく、その差は1mm～50mmであることを特徴とする。

本発明の他の一つは、容器と、該容器に接続された真空排気手段と、荷重を印加しながら構造体を被処理ウエハに押し付ける機構と、該構造体と該被処理ウエハの間隙にガスを噴出する手段とを有し、該真空排気手段により排気された該容器内にて、該被処理ウエハ表面を洗浄するためのドライ洗浄装置を用いたドライ洗浄方法であって、洗浄処理中における被処理ウエハ面上のガス圧力は均一でなく最大差が10kPa以上となることを特徴とする

10

。本発明により、新たな異物の発生あるいは被処理ウエハの破壊が起こることの無いドライ洗浄が可能となる。また、本発明を用いることで、ウェット洗浄に適さない材料の使用を含んだ0.1 $\mu$ mレベルの超微細構造を有する半導体装置を低コストでかつ高精度に製造することが可能となる。

また、真空雰囲気中で実施される半導体装置の製造プロセスを複数工程一貫して実施するプロセスモジュールの形成を容易にし、プロセス精度及びコストパフォーマンスを高めた半導体製造装置のシステム構築が可能となる。

【0005】

【発明の実施の形態】

20

(実施の形態1)

以下、本発明のドライ洗浄方法の実施形態について説明する。

まず、本発明のドライ洗浄方法に適応されるドライ洗浄装置について説明する。図1に基本構成図を示す。真空排気手段を有する容器1内に被処理ウエハ2と被処理ウエハ2を設置する被処理ウエハ設置手段3、パッド5、パッドを支えるパッドアーム6を設置する。

本実施の形態では、真空排気手段としてドライポンプ15とメカニカルブースターポンプ14を使用した。ターボ分子ポンプなど、排気手段であればどのような方式を用いても同様の効果を有する。本実施の形態では被処理ウエハ2として8インチウエハを用いたが、4インチウエハや12インチウエハなどの大きさであっても同様の効果を有する。

被処理ウエハ設置手段3はウエハ回転機構4により回転する。この時、被処理ウエハ設置手段3と被処理ウエハ2とが共に回転できるよう、ウエハ設置手段3は被処理ウエハ2を保持する。

30

パッド5は、パッドアーム6に接続された上下移動機構7と走査機構8により移動することができる。上下移動機構7はパッド5と被処理ウエハ2の距離を変えることができ、さらに、パッド5に荷重を印加しながら被処理ウエハ2に押し付けることができる。パッド5に印加される荷重は荷重測定装置21により測定した。

本実施の形態では荷重測定装置21としてひずみ測定器を用いた。上下移動機構7と荷重測定装置21は回路ボックス18に接続され、荷重測定装置21にて検出される荷重が望みの荷重に保たれるように回路ボックス18は上下移動機構7の移動量を調整できる。

一方、走査機構8はパッド5を被処理ウエハ2の被処理面に平行に移動させることができる。パッド5を走査機構8により移動させ、同時に被処理ウエハ2をウエハ回転機構4により回転させることでパッド5を被処理ウエハ2全面に走査させることができる。真空容器1の上部にはプラズマ生成手段9が設置されている。

40

本実施の形態では、UHF電源10、チューナー11、アンテナ12、誘電体13とから構成されるUHF波帯の電磁波を用いたプラズマ生成手段を用いた。プラズマ生成手段としては、マイクロ波帯、ラジオ波帯の電磁波を用いても同様の効果が得られる。

被処理ウエハ2はプラズマ生成手段9によって生成されるプラズマの拡散領域に配置され、プラズマによる過剰な損傷等を被処理ウエハ2に与えないようにした。真空容器内1へのガス導入はパッドガス導入系16とプラズマガス導入系17の2系統に分けた。パッドガス導入系16から導入されるガスは、パッド5中心からパッド5-被処理ウエハ2間に噴出し、主と

50

して物理的に被処理ウエハ2を洗浄するための高速ガス流の形成と被処理ウエハ2から除去した異物を被処理ウエハ2上から輸送する作用を担う。プラズマガス導入系17から導入されるガスは、プラズマ生成手段9近傍の真空容器内1に導入され、プラズマにより活性化されることで化学的な洗浄効果を付与する。

本実施の形態では、プラズマガス導入系17をアンテナ12下に設置したシャワープレート20を用いて導入した。真空容器1内の圧力は、圧力測定器19にて測定した。

#### 【0006】

次に、パッド5の設置方法について説明する。

本実施の形態ではパッド5と被処理ウエハ2の近接面がなす角度がパッド5と被処理ウエハ2との間に噴射するガスの圧力で容易に変化できる構造とした。ガスを噴出させながらパッド5を被処理ウエハ2に接近させると、パッド5-被処理ウエハ2間ガス圧力によりパッド5は押し返され支えられる。この時、パッド5が被処理ウエハ2に対して傾いていると間隔が狭い場所ではガス圧力が上昇し間隔が狭い場所ではガス圧力が低下する。上記構造ではこの圧力差によりパッドの傾きが変化し、自己整合的にパッド5と被処理ウエハ2の互いに近接する面が平行となる。この結果、パッド5と被処理ウエハ2を直接接触させずに近接させることができる。

本実施の形態では、上記構造を図2に示すように球面軸受25やベアリング構造24を用いてパッド5とパッドアーム6を接続することで可能にした。さらに、パネ23を用いてパッドアーム6とパッド5を接続すればパッドアーム6とパッド5の距離は完全に固定されないの、パッド5に印加される荷重をひずみ測定器21にて正確に測定することができる。

#### 【0007】

次に、パッド5の形状について説明する。

本実施の形態で用いるパッド5の被処理ウエハ2に近接する面は、直径30mmの円形をしている。材質はステンレス鋼を用いたが、他にアルミ、デルリン、ベスベル、カプトン、酸化シリコン、シリコン、酸化アルミニウム、炭化珪素等を用いても同様の効果がある。

図2に示すようにパッドガス導入系16から導入されるガスは、該面中心に設けた直径2mmの穴から噴出する。さらに該パッド5の被処理ウエハ2に近接する面は凹型形状になっており、パッド5と被処理ウエハ2との距離は中心ほど大きくなる。

パッド5を被処理ウエハ2に近接させる際、パッド5と被処理ウエハ2の間にあるガス圧力によりパッド5と被処理ウエハ2の近接する面が平行になることは先に述べた。しかし、パッド中心からガスを噴出するとガス圧力は中心から周辺に向かって急激に減少するので、このガス圧力に支えられたパッド5はバランスを失い振動を始めてしまうことがしばしばある。凹型形状にすると、圧力変化が緩和されパッド5を振動させずに安定して支えることができる。凹型形状は、最大深さ27が1mm以上、最大径26がパッド5の最大径の1/4以上であればよい。

#### 【0008】

被処理ウエハ設置手段3の被処理ウエハ保持方法について説明する。

被処理ウエハ設置手段3は被処理ウエハ2と共に回転できるように被処理ウエハ2を保持しなければならないことは先に述べた。さらに、パッド5から多量のガスを噴出するため、このガスが被処理ウエハ2の裏面に回りこみ被処理ウエハ2を浮き上がらせパッド5と接触させてしまうことも考慮しなければならない。また、被処理ウエハ2全面を洗浄するには、パッド5が全面を走査する必要があるの、パッド5側への突起があってはならない。

本実施の形態では図3に示すように被処理ウエハ2が収まり被処理ウエハ2の厚さよりも浅いくぼみ28を設け、そこに被処理ウエハ2を置く方式とした。被処理ウエハ2の回転力は被処理ウエハ設置手段3と被処理ウエハ2の摩擦力により被処理ウエハ設置手段3から伝えられる。

該くぼみには溝29を加工し、さらに被処理ウエハ設置手段3を貫通する穴空孔30を設けた。この溝と穴により被処理ウエハ2の裏面に回りこんだガスを排気することができるため、被処理ウエハ2が浮き上がることはない。

10

20

30

40

50

同様に、被処理ウエハ2がガスにより浮き上がることを防ぐため、静電チャックやメカニカルチャックを用いて強力に被処理ウエハを被処理ウエハ設置手段3に密着させても効果を得ることができる。

さらに、被処理ウエハ保持手段3に冷媒を流す、ヒーターを設置するなど温度調整機構を付加し、被処理ウエハ2の温度を制御することで洗浄効果を一層向上させることができる。

#### 【0009】

本実施の形態のドライ洗浄方法に適用される洗浄手順について説明する。

洗浄手順は真空排気手段により排気されている真空容器1内にて、上下移動機構7によりパッド5を被処理ウエハ設置手段3から遠ざけ、被処理ウエハ2を被処理ウエハ設置手段3に設置する。

10

次に、ウエハ回転機構4により、被処理ウエハ2を被処理ウエハ設置手段3と共に回転させる。回転速度は100rpmとしたが、10～200rpmとしても動揺の効果がある。続いて上下移動機構7によりパッド5を被処理ウエハ2に接近させ、パッドガス導入系16からガスを噴出させる。

本実施の形態では、パッド5が被処理ウエハ2から5mmの距離に達したときガスを噴出した。パッドガス導入系からはアルゴンガスを25slm導入したが、他にヘリウム、ネオン、窒素、酸素、二酸化炭素等やこれらの混合ガスを0.5～500slm導入しても効果がある。さらにプラズマガス導入系17からもガスを導入する。プラズマガス導入系からはCF<sub>4</sub>と酸素ガスを導入した。プラズマガス導入系には他に、Ar、SF<sub>6</sub>、Cl<sub>2</sub>、F<sub>2</sub>、HF、水素ガスを用いても効果がある。

20

ガスが設定流量に達したところでプラズマ生成手段9により真空容器1内にプラズマを発生させる。パッド5が上下移動機構7によりさらに被処理ウエハ2に接近させられると、パッド5と被処理ウエハ2の間が狭くなり噴出しているガスの圧力が上昇しパッド5の被処理ウエハ2への接近を妨げる反発力が生じるようになるが、上下移動機構7は荷重を加えて強制的にパッド5を被処理ウエハ2にさらに接近させる。

パッド5に加わる荷重は、荷重測定装置21から検出する。パッド5に荷重が加わった場合においても、パッド5と被処理ウエハ2の間にはパッドガス導入系からガスが噴出されているため、パッド5と被処理ウエハ2が直接接触することはない。

また、パッドガス導入系に導入されるガスは、パッド5 - 被処理ウエハ2間のガス圧力に応じて加圧し、供給する必要がある。実際、本実施の条件では0.3MPaまで加圧しないとガスが流れ出さず、パッド5 - 被処理ウエハ2間のガス圧力は0.3MPa程度と考えられる。十分なガス流量を供給するにはさらに加圧し、供給する必要があるが、本実施の形態では0.8MPaとした。一方、真空容器1内は真空排気手段により排気されており、パッド5から離れた位置ではガス圧力が300Paになるようにした。

30

よって、被処理ウエハ表面ではパッド5の揺動によりガス圧力が300Paから0.3MPa程度の間で変動することになる。この圧力変動は被処理ウエハ表面の微細構造内部における洗浄力向上に寄与する。0.1mmの粒子の付着力は数nNであることが知られているので、圧力変動幅が10kPa以上となれば洗浄効果がある。また、真空容器内のガス圧力が低い程除去した異物の被処理ウエハ2への再付着確率が低くなるため、洗浄効率が向上する。

40

パッド5と被処理ウエハ2真空容器荷重測定装置21から検出される荷重があらかじめ設定した荷重に達したところで、走査機構8によりパッド5を被処理ウエハ2の被処理面と平行に移動させる。本実施の形態での走査機構8は、被処理ウエハ2上のうちパッドアーム6を半径とした円周上にパッド5を移動させる方式とした。荷重を印加され被処理ウエハ2に近接したパッド5は、常に荷重測定装置21から検出される荷重があらかじめ設定した荷重に保たれるよう上下移動機構7により調整される。

本実施の形態では荷重の設定値を120Nとし、パッド5と被処理ウエハ2の近接する面の距離を30mm±3mmに保った。該距離1mm～100mmであれば同様な効果があり、荷重は15N～600Nで効果がある。この荷重をパッド5の被処理ウエハ2に近接する面で平均すると $2 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ ～ $8.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ となる。あらかじめ設定した走査速度にて同様に設定した走査回数を行

50

った後、プラズマ生成手段9によるプラズマ生成を止め、上下移動機構7によりパッド5を被処理ウエハ2から遠ざける。

本実施の形態ではウエハ中心から端までの走査速度を30秒とし、中心 端 中心へと1回走査を行った。パッド5が被処理ウエハ2に接触する可能性が無くなるのに十分な位置までパッド5を遠ざけたところでガスの導入を止める。

本実施の形態では、パッド5が被処理ウエハ2から5mm離れたところでガスの導入を止めた。さらに、被処理ウエハ2を取り出すのに十分な位置までパッド5を被処理ウエハ2から遠ざけた後、被処理ウエハ2を取り出し、洗浄処理を終了する。

#### 【0010】

以上の洗浄装置及び洗浄方法を用いれば半導体装置用ウエハに付着した異物を真空中にて高効率かつウエハを傷つけることなく安定に除去することができる。本実施の形態では被処理ウエハ2として半導体装置用ウエハを想定し説明したが、他に、液晶パネルやプラズマディスプレイパネルなどのディスプレイ装置、磁気記録用ディスク、光学記録用ディスクといった微細構造を有する装置又は基板の洗浄に適用できる。

#### (実施の形態2)

本実施の形態では、パッドの形状に工夫を施した形態について説明する。

#### 【0011】

本実施の形態では、凹型形状の外周部に図4に示す溝を設けた。溝加工のようにガス流に変動を加えると、パッド5と被処理ウエハ2の間に流れるガス流に乱流を生じさせることができる。乱流ではウエハ2表面近傍において、ウエハ2表面から離れるにしたがいガス流速が急激に増加する。このようにガス流速勾配が大きくなると、ウエハ2表面に作用する摩擦応力が大きくなるためウエハ2表面の異物洗浄力が向上する。図4の溝はパッド5の中心を中心とした3重の同心円状に加工してあり、溝に沿って円周上に一様な乱流を生じさせることができる。

#### (実施の形態3)

本実施の形態では、パッドの形状に工夫を施した他の形態について説明する。

#### 【0012】

図5に示す例では、円周方向に連続でない溝を加工した。この場合は、円周上に一様ではないものの溝の端でより過激な乱流を生じさせることができる。このような乱流ではウエハ2表面近傍において、ウエハ2表面から離れるにしたがいガス流速が急激に増加する。ガス流速勾配が大きくなると、ウエハ2表面に作用する摩擦応力が大きくなるためウエハ2表面の異物洗浄力がより向上する。(実施の形態4)

本方式の洗浄装置では、パッド5と被処理ウエハ2を荷重測定器21と上下機構7により100mm以下の任意の距離に保つことは先に述べた。しかし、装置外部から意図していない振動が伝わりパッド5や被処理ウエハ2が上記距離程度の振幅で振動すると上記距離を保つことが困難になる。そこで、本実施の形態では、図6に示すように除震台31に本装置を設置することで装置を設置する床からの振動を排除する。

ポンプは振動を発生するためメカニカルブースターポンプ14、ドライポンプ15は除震台31上には設置しない。さらに、メカニカルブースターポンプ14、ドライポンプ15と真空容器1は除震配管32により接続し、ポンプの振動が真空容器へ伝わらないようにした。除震配管としてはベローズ配管やゴムなどのヤング率が小さい材料を用いた配管が適している。この結果、パッド5と被処理ウエハ2とを安定して近接させられるため、本洗浄装置の洗浄力を向上させることができる。

#### 【0013】

#### 【発明の効果】

本発明によれば、被処理ウエハの異物を真空内にて高効率な洗浄処理を実現できる。これにより、製造工程の簡略化、歩留りの向上といった効果の他に、被処理ウエハにウエット洗浄ができない材質が含まれていても洗浄が可能、洗浄による被処理ウエハの表面改質低下という効果も得られる。

したがって、半導体装置の製造コスト低下、加工精度向上が可能となる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施の形態 1 における基本構成図である。

【図 2】実施の形態 1 におけるパッドの詳細説明図である。

【図 3】実施の形態 1 における被処理ウエハ設置手段の構成図である。

【図 4】実施の形態 2 における、表面に溝加工がされたパッドの説明図である。

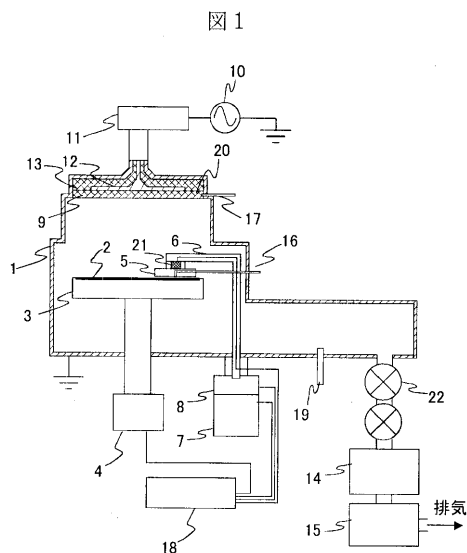
【図 5】実施の形態 3 における、表面に溝加工がされた他のパッドの説明図である。

【図 6】実施の形態 4 における除震台を用いた洗浄装置の構成図である。

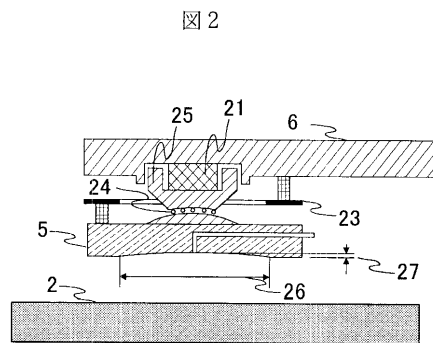
【符号の説明】

1...真空容器、2...被処理ウエハ、3...被処理ウエハ設置手段、4...ウエハ回転機構、5...パッド、6...パッドアーム、7...上下移動機構、8...走査機構、9...プラズマ生成手段、10...UH 10  
F電源、11...チューナー、12...アンテナ、13...誘電体、14...メカニカルブースターポンプ  
、15...ドライポンプ、16...パッドガス導入系、17...プラズマガス導入系、18...回路ボック  
ス、19...圧力測定器、20...シャワープレート、21...荷重測定器、22...バリアブルバルブ、  
23...バネ、24...ベアリング機構、25...球面軸受、26...パッド凹型形状の最大径、27...パッ  
ド凹形状の最大深さ、28...被処理ウエハ設置手段のくぼみ、29...被処理ウエハ設置手段の  
溝、30...被処理ウエハ設置手段の空孔、31...除震台、32...除震配管。

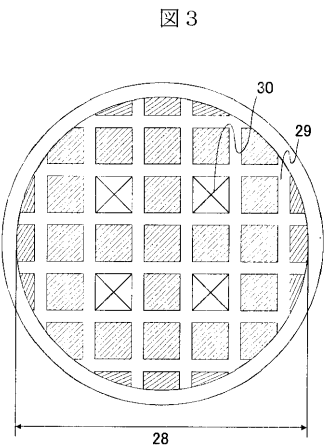
【 図 1 】



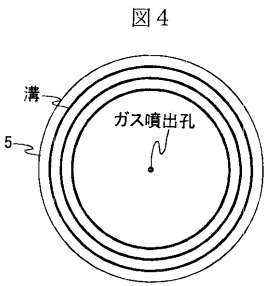
【 図 2 】



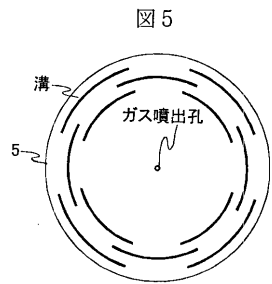
【 図 3 】



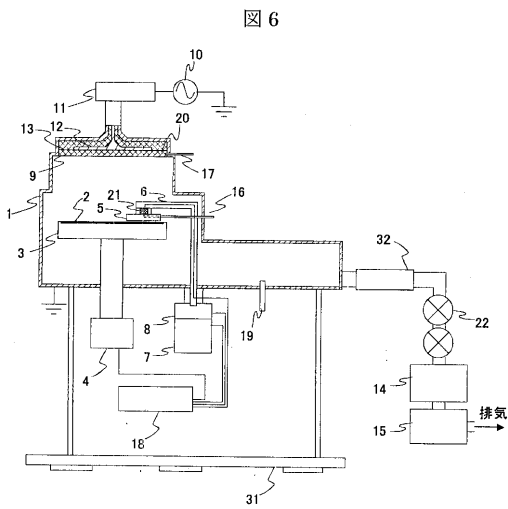
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】





---

フロントページの続き

審査官 久保 克彦

(56)参考文献 特開平01-225125(JP,A)  
特開2000-320610(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/304