

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第6995008号  
(P6995008)

(45)発行日 令和4年1月14日(2022.1.14)

(24)登録日 令和3年12月16日(2021.12.16)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 1 L 21/3065(2006.01)	H 0 1 L	21/302	1 0 1 G	
	H 0 1 L	21/302	1 0 1 B	

請求項の数 12 (全17頁)

(21)出願番号	特願2018-87467(P2018-87467)	(73)特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22)出願日	平成30年4月27日(2018.4.27)	(74)代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(65)公開番号	特開2019-192881(P2019-192881 A)	(74)代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(43)公開日	令和1年10月31日(2019.10.31)	(72)発明者	谷川 雄洋 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内
審査請求日	令和2年12月18日(2020.12.18)	審査官	田中 崇大

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 基板処理装置

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

処理室内のステージに載置された基板の近傍に設けられる内側エッジリングと、前記内側エッジリングの外側に設けられ、移動機構により上下に移動が可能な中央エッジリングと、前記中央エッジリングの外側に設けられる外側エッジリングと、前記内側エッジリングと前記中央エッジリングとの間に設けられる第1のバネと、前記中央エッジリングと前記外側エッジリングとの間に設けられる第2のバネと、を有する基板処理装置。

## 【請求項2】

処理室内のステージに載置された基板の近傍に設けられる内側エッジリングと、前記内側エッジリングの外側に設けられ、移動機構により上下に移動が可能な中央エッジリングと、前記中央エッジリングの外側に設けられる外側エッジリングと、前記ステージと前記中央エッジリングとの間に設けられる第1のバネと、前記中央エッジリングと前記外側エッジリングとの間に設けられる第2のバネと、を有する基板処理装置。

## 【請求項3】

前記第1のバネは、前記内側エッジリングと前記中央エッジリングとの間の水平方向の面に設けられ、

前記第 2 のバネは、前記中央エッジリングと前記外側エッジリングとの間の水平方向の面に設けられる、

請求項 1 に記載の基板処理装置。

【請求項 4】

前記第 1 のバネは、前記ステージと前記中央エッジリングとの間の水平方向の面に設けられ、

前記第 2 のバネは、前記中央エッジリングと前記外側エッジリングとの間の水平方向の面に設けられる、

請求項 2 に記載の基板処理装置。

【請求項 5】

前記第 1 のバネ及び前記第 2 のバネは、円周方向に設けられる、

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 6】

前記第 1 のバネ及び前記第 2 のバネは、円周方向に全周に設けられる、

請求項 1 又は 3 に記載の基板処理装置。

【請求項 7】

前記第 1 のバネ及び前記第 2 のバネは、変位に対応するバネの負荷変動が閾値以下の領域が最大変位量に対して特定の割合以上の特性を有する、

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 8】

前記第 1 のバネ及び前記第 2 のバネは、コイル状である、

請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 9】

前記第 1 のバネ及び前記第 2 のバネは、斜めに向けられる、

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 10】

前記第 1 のバネ及び前記第 2 のバネは、ベリリウム銅 (BeCu)、タングステン (W)

又はタンタル (Ta) のいずれかにより形成されている、

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 11】

前記中央エッジリングは、前記基板の周縁部を囲む環状部と、前記環状部の外周に等間隔に配置された複数のタブ部とを含み、

前記外側エッジリングは、前記外側エッジリングの下面上に複数の凹部を含み、前記複数の凹部は、前記複数のタブ部の上に配置され、前記複数のタブ部をそれぞれに納めることができる、

請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 12】

前記中央エッジリングの消耗量に応じた量により、又はプロセス条件に応じた量により前記中央エッジリングを移動するためにアクチュエータを制御する制御部を有する、

請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、基板処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

プラズマエッチング装置には、ウェハの外周に沿ってエッジリングが設けられている（例えば、特許文献 1 を参照）。エッジリングは、ウェハの外周近傍におけるプラズマを制御し、ウェハの面内のエッチングレートの均一性を向上させる機能を有する。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

## 【特許文献】

【0003】

【文献】特開2008-244274号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本開示は、分割されたエッジリングの熱的及び電氣的なコンタクトを確保することができる技術を提供する。

## 【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一の態様によれば、処理室内のステージに載置された基板の近傍に設けられる内側エッジリングと、前記内側エッジリングの外側に設けられ、移動機構により上下に移動が可能な中央エッジリングと、前記中央エッジリングの外側に設けられる外側エッジリングと、前記内側エッジリングと前記中央エッジリングとの間に設けられる第1のパネと、前記中央エッジリングと前記外側エッジリングとの間に設けられる第2のパネと、を有する基板処理装置が提供される。

## 【発明の効果】

【0006】

一の側面によれば、分割されたエッジリングの熱的及び電氣的なコンタクトを確保することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】一実施形態に係る基板処理装置の一例を示す図。

【図2】一実施形態に係るエッジリング及びその周辺の構成の一例を示す図。

【図3】一実施形態に係るエッジリングの斜視図、平面図及び断面図。

【図4】一実施形態に係るエッジリングの上下の移動の一例を示す図。

【図5】一実施形態の第1実施例に係るエッジリングのコンタクト部材の一例を示す図。

【図6】一実施形態の第2実施例に係るエッジリングのコンタクト部材の一例を示す図。

【図7】パネの負荷変動の一例を示す図。

【図8】一実施形態に係るコンタクト部材の接触抵抗を説明するための図。

## 【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本開示を実施するための形態について図面を参照して説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の構成については、同一の符号を付することにより重複した説明を省く。

【0009】

## [基板処理装置]

まず、本発明の一実施形態に係る基板処理装置5の構成の一例について、図1を参照しながら説明する。図1は、本実施形態に係る基板処理装置5の構成の一例を示す。本実施形態では、基板処理装置5として容量結合型の平行平板プラズマ処理装置を例に挙げて説明する。

【0010】

基板処理装置5は、たとえばアルミニウムまたはステンレス鋼等の金属製の円筒型真空容器であるチャンバ10を有している。チャンバ10は、処理容器の一例であり、内部はプラズマ処理を行う処理室となっている。チャンバ10は、接地されている。

【0011】

チャンバ10内の下部中央には、ウェハWを載置する円板状のステージ12が下部電極を兼ねる基板保持台として配置されている。ステージ12は、たとえばアルミニウムからなり、チャンバ10の底から垂直上方に延びる導電性筒状支持部16及びその内部に隣接して設けられたハウジング100により支持されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 2 】

導電性筒状支持部 1 6 とチャンバ 1 0 の内壁との間には、環状の排気路 1 8 が形成されている。排気路 1 8 の上部または入口には環状のバッフル板 2 0 が取り付けられ、底部に排気ポート 2 2 が設けられている。チャンバ 1 0 内のガスの流れをステージ 1 2 上のウェハ W に対して軸対象に均一にするためには、排気ポート 2 2 を円周方向に等間隔で複数設ける構成が好ましい。

## 【 0 0 1 3 】

各排気ポート 2 2 には排気管 2 4 を介して排気装置 2 6 が接続されている。排気装置 2 6 は、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、チャンバ 1 0 内のプラズマ生成空間 S を所望の真空度まで減圧することができる。チャンバ 1 0 の側壁の外には、ウェハ W の搬入出口 2 7 を開閉するゲートバルブ 2 8 が取り付けられている。

10

## 【 0 0 1 4 】

ステージ 1 2 には、第 2 の高周波電源 3 0 が整合器 3 2 および給電線 3 4 を介して電氣的に接続されている。第 2 の高周波電源 3 0 は、ウェハ W に引き込むイオンのエネルギーを制御するために適した第 1 の周波数（例えば 1 3 . 5 6 M H z 等）の高周波 L F を可変のパワーで出力できるようになっている。整合器 3 2 は、第 2 の高周波電源 3 0 側のインピーダンスと負荷（プラズマ等）側のインピーダンスの間で整合をとるためのリアクタンス可変の整合回路を収容している。

## 【 0 0 1 5 】

ステージ 1 2 の上面には、ウェハ W を静電吸着力で保持するための静電チャック 3 6 が設けられている。静電チャック 3 6 は導電膜からなる電極 3 6 a を一対の絶縁膜 3 6 b の間に挟み込んだものであり、電極 3 6 a には直流電源 4 0 がスイッチ 4 2 および被覆線 4 3 を介して電氣的に接続されている。ウェハ W は、直流電源 4 0 から供給される直流電圧により静電力で静電チャック 3 6 上に吸着保持される。

20

## 【 0 0 1 6 】

ステージ 1 2 の内部には、たとえば円周方向に延びる環状の冷媒流路 4 4 が設けられている。冷媒流路 4 4 には、チラーユニットより配管 4 6 , 4 8 を介して所定温度の冷媒たとえば冷却水 c w が循環して供給され、冷媒の温度によって静電チャック 3 6 上のウェハ W の温度を制御できる。なお、ステージ 1 2 の内部には、ヒータが設けられてもよい。

## 【 0 0 1 7 】

また、伝熱ガス供給部からの伝熱ガス（例えば He ガス等）が、ガス供給管 5 0 を介して静電チャック 3 6 の上面とウェハ W の裏面との間に供給される。なお、ステージ 1 2 には、ウェハ W の搬入及び搬出のためにステージ 1 2 を垂直方向に貫通して上下に移動可能なプッシャーピンおよびその昇降機構等が設けられている。

30

## 【 0 0 1 8 】

チャンバ 1 0 の天井の開口に設けられたシャワーヘッド 5 1 は、その外縁部を被覆するシールドリング 5 4 を介してチャンバ 1 0 の天井部の開口を閉塞するように取り付けられている。シャワーヘッド 5 1 は、アルミニウム又はシリコンにより形成されてもよい。シャワーヘッド 5 1 は、下部電極としても機能するステージ 1 2 に対向する上部電極としても機能する。

40

## 【 0 0 1 9 】

シャワーヘッド 5 1 には、ガスを導入するガス導入口 5 6 が形成されている。シャワーヘッド 5 1 の内部にはガス導入口 5 6 から分岐した拡散室 5 8 が設けられている。ガス供給源 6 6 から出力されたガスは、ガス導入口 5 6 を介して拡散室 5 8 に供給され、拡散されて多数のガス供給孔 5 2 からプラズマ生成空間 S に導入される。

## 【 0 0 2 0 】

シャワーヘッド 5 1 には、整合器 5 9 および給電線 6 0 を介して第 1 の高周波電源 5 7 が電氣的に接続されている。第 1 の高周波電源 5 7 は、高周波放電によるプラズマの生成に適した周波数であって、第 1 の周波数よりも高い第 2 の周波数（例えば 4 0 M H z 等）のプラズマ生成用の高周波 H F を可変のパワーで出力できるようになっている。整合器 5 9

50

は、第1の高周波電源57側のインピーダンスと負荷（プラズマ等）側のインピーダンスとの間で整合をとるためのリアクタンス可変の整合回路を収容している。

【0021】

制御部74は、たとえばマイクロコンピュータを含み、基板処理装置5内の各部の動作および装置全体の動作を制御する。基板処理装置5内の各部としては、排気装置26、第1の高周波電源57、第2の高周波電源30、整合器32、整合器59、静電チャック用のスイッチ42、ガス供給源66、チラーユニット、伝熱ガス供給部等が挙げられる。

【0022】

基板処理装置5において、エッチング等の各種の処理を行うには、まずゲートバルブ28を開状態にして搬入出口27からウェハWをチャンバ10内に搬入して、静電チャック36の上に載置する。そして、ゲートバルブ28を閉めてから、ガス供給源66より所定のガスを所定の流量および流量比でチャンバ10内に導入し、排気装置26によりチャンバ10内の圧力を所定の設定値まで減圧する。さらに、第1の高周波電源57をオンにしてプラズマ生成用の高周波HFを所定のパワーで出力させ、整合器59、給電線60を介してシャワーヘッド51に供給する。

10

【0023】

一方、イオン引き込み制御用の高周波LFを印加する場合には、第2の高周波電源30をオンにして高周波LFを所定のパワーで出力させ、整合器32および給電線34を介してステージ12に印加する。また、伝熱ガス供給部より静電チャック36とウェハWとの間の接触面に伝熱ガスを供給するとともに、スイッチ42をオンにして直流電源40からの直流電圧を、静電チャック36の電極36aに印加し、静電吸着力により伝熱ガスを上記接触面に閉じ込める。

20

【0024】

[3分割エッジリング]

ステージ12の外周側であってウェハWの近傍には、ウェハWを外縁を環状に囲むエッジリング38が設けられている。エッジリング38は、ウェハWの外周側におけるプラズマを制御し、ウェハWの面内のエッチングレート等の処理の均一性を向上させるように機能する。

【0025】

エッジリング38は3分割され、内側エッジリング38iと中央エッジリング38mと外側エッジリング38oとを有する。内側エッジリング38iは、処理室内のステージ12に載置されたウェハWの近傍に設けられる。中央エッジリング38mは、内側エッジリング38iの外側に設けられ、移動機構200により上下に移動が可能になっている。外側エッジリング38oは、中央エッジリング38mの外側に設けられる。

30

【0026】

移動機構200は、リフトピン102を有する。リフトピン102は、ピエゾアクチュエータ101による動力によって部材104(104a)及び軸受部105を介して上下に移動する。これにより、連結部103が上下に移動し、これに応じて連結部103に連結されている中央エッジリング38mが上下に移動する。

【0027】

(エッジリングの構成)

次に、エッジリング38及びその周辺の構成について、図2及び図3を参照しながら詳述する。また、中央エッジリング38mの上下の移動について、図4を参照しながら説明する。

40

【0028】

図2は、エッジリング38及びその周辺を拡大した縦断面の一例を示す図である。図2には、本実施形態に係るエッジリング38、移動機構200及びピエゾアクチュエータ101が示されている。

【0029】

図3(a)は3分割されたエッジリング38の各部の斜視図、図3(b)は3分割された

50

エッジリング 3 8 の各部の平面図、図 3 ( c ) は図 3 ( b ) の A - A 断面図、図 3 ( d ) は図 3 ( b ) の B - B 断面図を示す。

【 0 0 3 0 】

図 2 及び図 3 に示すように、内側エッジリング 3 8 i は、ウェハ W の外周の近傍にてウェハ W を下から囲むように設けられる部材であって、エッジリング 3 8 の最も内側の部材である。中央エッジリング 3 8 m は、内側エッジリング 3 8 i の外側にて内側エッジリング 3 8 i を囲むように設けられる部材である。外側エッジリング 3 8 o は、中央エッジリング 3 8 m の外側に設けられる部材であって、エッジリング 3 8 の最も外側の部材である。内側エッジリング 3 8 i 及び外側エッジリング 3 8 o は、静電チャック 3 6 の上面に伝熱シート 3 9 i 及び伝熱シート 3 9 o を介して固定されている。中央エッジリング 3 8 m は、移動機構 2 0 0 により上下に移動が可能である。

10

【 0 0 3 1 】

中央エッジリング 3 8 m は、図 3 ( a ) 及び ( b ) に示すように、ウェハ W の周縁部を囲む環状部 3 8 m 1 と、3 つのタブ部 3 8 m 2 とを有する。タブ部 3 8 m 2 は、環状部 3 8 m 1 の外周側に等間隔に配置され、環状部 3 8 m 1 の外周側から突出した矩形状の部材である。図 2 に示すように、環状部 3 8 m 1 の縦断面は L 字状である。環状部 3 8 m 1 の L 字状の段差部は、縦断面が L 字状の内側エッジリング 3 8 i の段差部に接触した状態から、中央エッジリング 3 8 m が上に持ち上げられると、離れた状態になる。

【 0 0 3 2 】

( 移動機構及び駆動部 )

中央エッジリング 3 8 m のタブ部 3 8 m 2 は、環状の連結部 1 0 3 に接続されている。連結部 1 0 3 は、導電性筒状支持部 1 6 に設けられた空間 1 6 a の内部を上下に移動する。

20

【 0 0 3 3 】

移動機構 2 0 0 は、中央エッジリング 3 8 m を上下に移動させるための機構である。移動機構 2 0 0 は、リフトピン 1 0 2 と軸受部 1 0 5 を含む。移動機構 2 0 0 は、ステージ 1 2 の周囲に配置されたハウジング 1 0 0 に取り付けられ、ハウジング 1 0 0 に取り付けられた piezo アクチュエータ 1 0 1 の動力により上下に移動するようになっている。リフトピン 1 0 2 は、サファイアから形成されてもよい。

【 0 0 3 4 】

ハウジング 1 0 0 は、アルミナなどの絶縁物から形成されている。ハウジング 1 0 0 は、導電性筒状支持部 1 6 の内部にて側部及び底部が導電性筒状支持部 1 6 に隣接して設けられている。ハウジング 1 0 0 の内部下側には凹部 1 0 0 a が形成されている。ハウジング 1 0 0 の内部には、移動機構 2 0 0 が設けられている。リフトピン 1 0 2 は、ハウジング 1 0 0 及びステージ 1 2 を貫通し、導電性筒状支持部 1 6 に設けられた空間 1 6 a にて連結部 1 0 3 の下面に接触している。軸受部 1 0 5 は、ハウジング 1 0 0 の内部に設けられた部材 1 0 4 a に嵌合している。リフトピン 1 0 2 のピン孔には、真空空間と大気空間とを切るための O リング 1 1 1 が設けられている。

30

【 0 0 3 5 】

軸受部 1 0 5 の先端の凹部 1 0 5 a には、リフトピン 1 0 2 の下端が上から嵌め込まれている。piezo アクチュエータ 1 0 1 による位置決めによって部材 1 0 4 a を介して軸受部 1 0 5 が上下に移動すると、リフトピン 1 0 2 が上下に移動し、連結部 1 0 3 の下面を押し上げたり、押し下げたりする。これにより、連結部 1 0 3 を介して中央エッジリング 3 8 m が上下に移動する。

40

【 0 0 3 6 】

piezo アクチュエータ 1 0 1 の上端は、ネジ 1 0 4 c により部材 1 0 4 a にネジ止めされ、piezo アクチュエータ 1 0 1 の下端は、ネジ 1 0 4 d により部材 1 0 4 b にネジ止めされている。これにより、piezo アクチュエータ 1 0 1 は、部材 1 0 4 a、1 0 4 b の間にハウジング 1 0 0 に固定されている。

【 0 0 3 7 】

piezo アクチュエータ 1 0 1 は、piezo 圧電効果を応用した位置決め素子で、0 . 0 0 6

50

mm (6 μm) の分解能で位置決めを行うことができる。 piezoアクチュエータ 101 の上下方向の変位量に応じてリフトピン 102 が上下へ移動する。これにより、中央エッジリング 38m が、0.006 mm を最小単位として所定の高さだけ移動する。

【0038】

リフトピン 102 は、中央エッジリング 38m の円周方向に等間隔に 3 箇所設けられた、図 3 (a) 及び (b) に示すタブ部 38m2 に対応して設けられている。かかる構成により、リフトピン 102 は、環状の連結部 103 を介して 3 箇所から中央エッジリング 38m を押し上げ、所定の高さに持ち上げるようになっている。

【0039】

外側エッジリング 38o の下面には、中央エッジリング 38m のタブ部 38m2 の上部に、タブ部 38m2 よりも広い幅の凹部 138 が形成されている。リフトピン 102 の押し上げにより、中央エッジリング 38m が最上位まで移動すると、タブ部 38m2 が、凹部 138 の内部に納まる。これにより、外側エッジリング 38o を固定させたまま、中央エッジリング 38m を上へ持ち上げることができる。

10

【0040】

図 3 (b) の B - B 断面を示す図 3 (d) には、凹部 138 の空間及びリフトピン 102 は存在せず、リフトピン 102 が上に移動したことで、導電性筒状支持部 16 の空間 16a 内で環状の連結部 103 が上に押し上げられた状態が示されている。

【0041】

図 2 に戻り、piezoアクチュエータ 101 は、リフトピン 102 の下方に位置するハウジング 100 の内部空間に、リフトピン 102 と一対一に設けられている。つまり、3 箇所に存在するリフトピン 102 に、一対一に対応して 3 つの移動機構 200 及び piezoアクチュエータ 101 がハウジング 100 の内部に設けられている。部材 104a、104b は環状部材であり、3 つの piezoアクチュエータ 101 は、上下でネジ止めされた部材 104a、104b により相互に接続される。なお、本実施形態に係る piezoアクチュエータ 101 は、駆動部の一例である。

20

【0042】

以上に説明したように、かかる構成では、ハウジング 100 にステージ 12 及び静電チャック 36 が支持され、ハウジング 100 に移動機構 200 及び駆動部が取り付けられる。これにより、静電チャック 36 の設計変更を必要とせず、既存の静電チャック 36 を使用して中央エッジリング 38m のみを上下に移動させることができる。

30

【0043】

また、図 2 に示すように、本実施形態では、静電チャック 36 の上面と中央エッジリング 38m の下面の間には所定の空間が設けられ、中央エッジリング 38m を上方向だけでなく、下方向へも移動可能な構造となっている。これにより、中央エッジリング 38m は、上方向だけでなく、所定の空間内を下方向に所定の高さだけ移動することができる。中央エッジリング 38m を上方向だけでなく下方向へも移動させることで、シースの制御範囲を広げることができる。

【0044】

ただし、駆動部は、piezoアクチュエータ 101 に限定されず、0.006 mm の分解能で位置決めが可能なモータを使用してもよい。また、駆動部は、1 つ又は複数であり得る。更に、駆動部は、ウェハ W を持ち上げるプッシャーピンを上下に移動させるモータを共用してもよい。この場合、ギア及び動力切替部を用いてモータの動力を、ウェハ W 用のプッシャーピンと中央エッジリング 38m 用のリフトピン 102 とで切り替えて伝達する機構と、0.006 mm の分解能でリフトピン 102 の上下移動を制御する機構が必要になる。ただし、300 mm のウェハ W の外周に配置される中央エッジリング 38m の径は 310 mm 程度と大きいため、本実施形態のようにリフトピン 102 毎に別々の駆動部を設けることが好ましい。

40

【0045】

制御部 74 は、piezoアクチュエータ 101 の上下方向の変位量が、中央エッジリング 3

50

8 mの消耗量に応じた量になるように、ピエゾアクチュエータ101の位置決めを制御してもよい。制御部74は、中央エッジリング38mの消耗量に関わらず、プロセス条件に応じてピエゾアクチュエータ101の上下方向の変位量を決定してもよい。

【0046】

ウェハWとエッジリング38の上面の高さが同じであると、エッチング処理中のウェハW上のシース(Sheath)とエッジリング38上のシースの高さを同一にできる。そして、シースの高さを同一にすることによりウェハWの面内全体のエッチングレートの均一性を向上させることができる。

【0047】

エッジリング38が新品の場合、エッチング処理中のウェハW上のシースとエッジリング38上のシースの高さは同一(フラット)になるため、ウェハWの面内全体のエッチングレートは均一になる。このとき、図4(a-1)に示すように、中央エッジリング38mは、リフトピン102により持ち上げられていない(0mm)。なお、図4(a-1)は、図3(b)のA-A断面の状態を示し、図4(b-1)は、対応する図3(b)のB-B断面の状態を示す。

10

【0048】

ところが、エッチング等のプラズマ処理によってエッジリング38が消耗すると、ウェハWのシースの高さよりもエッジリング38のシースの高さが低くなる。そうすると、ウェハWのエッジ部のエッチングレートが跳ね上がったり、エッチング形状のチルティング(tilting)が生じたりする。エッチング形状のチルティングとは、エッジリングの消耗によりシースがウェハWのエッジ部において斜めになることで、イオンが斜め方向からウェハWへ引き込まれ、これによりエッチング形状が垂直にならずに斜めになることをいう。本実施形態において、ウェハWのエッジ部は、ウェハWの中心から半径方向に140mm~150mmのリング状の部分を用いる。

20

【0049】

そこで、本実施形態では、エッジリング38が消耗した分だけ、中央エッジリング38mを持ち上げることで、ウェハWとエッジリング38の上のシースの高さを揃える。これにより、ウェハWのエッジ部のエッチングレートが跳ね上がったり、エッチング形状のチルティング(tilting)が生じたりすることを防止できる。

【0050】

例えば、エッジリング38の消耗量が1.0mmであれば、制御部74は、中央エッジリング38mが1.0mmだけ上に移動するようにピエゾアクチュエータ101を位置決めしてもよい。この結果、図4(a-2)及び(b-2)に示すように、中央エッジリング38mは1.0mmだけ上に移動する。

30

【0051】

[中央エッジリングのコンタクト構造]

かかる構成のエッジリング38では、内側エッジリング38i及び外側エッジリング38oは、伝熱シート39i及び伝熱シート39oを介して静電チャック36に接触して固定されている。よって、非可動部分である内側エッジリング38i及び外側エッジリング38oは、熱的及び電氣的に安定した状態になっている。

40

【0052】

これに対して、中央エッジリング38mは、上下に移動可能であるため、熱的及び電氣的に不安定な状態になり、中央エッジリング38mの温度の制御性に影響を与える場合がある。中央エッジリング38mの温度制御性が悪くなると、特に堆積プロセスにおいてウェハWのエッジ部の制御が困難になり、ロット内のウェハW間のプロセス特性にバラツキが生じ、生産性が悪くなる。そこで、以下に説明する一実施形態に係るエッジリング38では、可動部分である中央エッジリング38mが熱的及び電氣的に安定した状態となるコンタクト方法を提案する。

【0053】

<実施例1>

50

まず、一実施形態に係るエッジリング 38 の実施例 1 における構成について、図 5 を参照しながら説明する。実施例 1 のエッジリング 38 は、内側エッジリング 38 i と中央エッジリング 38 m との間に設けられるコンタクト部材 37 a と、中央エッジリング 38 m と外側エッジリング 38 o との間に設けられるコンタクト部材 37 b とを有する。

【0054】

コンタクト部材 37 a は、内側エッジリング 38 i と中央エッジリング 38 m との間の水平方向の面に設けられている。コンタクト部材 37 b は、中央エッジリング 38 m と外側エッジリング 38 o との間の水平方向の面に設けられている。

【0055】

図 5 ( a - 1 ) 及び ( a - 2 ) は、図 3 ( b ) の A - A 断面を示す。図 5 ( a - 1 ) では、中央エッジリング 38 m はリフトピン 102 により持ち上げられていない状態、すなわち、Down ( 0 mm ) した状態である。図 5 ( a - 2 ) では、中央エッジリング 38 m がリフトピン 102 により持ち上げられた状態、すなわち、Up ( 例えば 1 mm ) した状態である。

10

【0056】

図 5 ( b - 1 ) 及び ( b - 2 ) は、図 3 ( b ) の B - B 断面を示す。図 5 ( b - 1 ) では、中央エッジリング 38 m はリフトピン 102 により持ち上げられていない状態、すなわち、Down した状態である。図 5 ( b - 2 ) では、中央エッジリング 38 m がリフトピン 102 により持ち上げられた状態、すなわち、Up した状態である。移動機構 200 は、0.006 mm の分解能で中央エッジリング 38 m を所定量だけ持ち上げることができる。

20

【0057】

図 5 ( a - 1 ) 及び ( b - 1 ) に示す中央エッジリング 38 m がリフトピン 102 により持ち上げられていない Down 状態では、コンタクト部材 37 a が内側エッジリング 38 i と中央エッジリング 38 m との間の水平方向の面で押されて変位する。これにより、コンタクト部材 37 a と内側エッジリング 38 i 及び中央エッジリング 38 m との接触面積が広くなり、中央エッジリング 38 m の熱的及び電氣的接触は大きくなる。

【0058】

一方、コンタクト部材 37 b は中央エッジリング 38 m と外側エッジリング 38 o との間の水平方向の面で押される力が弱く、変位量は小さい。しかしながら、コンタクト部材 37 b が介在するため、中央エッジリング 38 m と、外側エッジリング 39 o を介した静電チャック 36 との熱的及び電氣的な接触は安定して確保されている。

30

【0059】

図 5 ( a - 2 ) 及び ( b - 2 ) に示す中央エッジリング 38 m がリフトピン 102 により持ち上げられた Up 状態では、コンタクト部材 37 b が中央エッジリング 38 m と外側エッジリング 38 o との間で押されて変位する。これにより、コンタクト部材 37 b と、中央エッジリング 38 m と外側エッジリング 38 o との接触面積が広くなり、中央エッジリング 38 m の熱的及び電氣的接触は大きくなる。

【0060】

一方、コンタクト部材 37 a は、内側エッジリング 38 i と中央エッジリング 38 m との間の水平方向の面で押される力が弱く、変位量は小さい。しかしながら、コンタクト部材 37 a が介在するため、中央エッジリング 38 m と、内側エッジリング 38 i を介した静電チャック 36 との熱的及び電氣的接触は安定して確保されている。

40

【0061】

実施例 1 では、コンタクト部材 37 a 、 37 b は、円周方向に全周に設けられ、これによって、可動する中央エッジリング 38 m を非可動の内側エッジリング 38 i と外側エッジリング 38 o とに安定して接触させることができる。これにより、ステージ 12 と中央エッジリング 38 m との熱伝導をよくし、エッジリング 38 の温度制御性を高めることができる。これにより、ウェハ W のエッジ部の制御を良好にし、ロット内のウェハ W 間のプロセス特性のバラツキを無くし、生産性を向上させることができる。

50

## 【 0 0 6 2 】

また、タブ部 3 8 m 2 は撓みが生じ易く、その撓みによって中央エッジリング 3 8 m を目的とする位置に精度良く制御することが困難な場合がある。しかしながら、コンタクト部材 3 7 a、3 7 b により、タブ部 3 8 m 2 の撓みを抑えることで、中央エッジリング 3 8 m の位置決めをより正確に行うことができる。

## 【 0 0 6 3 】

また、高パワーの高周波電力を印加するプロセス条件において、中央エッジリング 3 8 m が電氣的に浮いているために発生していた異常放電を抑制し、エッジリング 3 8 の破損リスクを低減させることができる。

## 【 0 0 6 4 】

コンタクト部材 3 7 a、3 7 b は、円周方向に設けられ、全周に設けられなくてもよい。ただし、コンタクト部材 3 7 a、3 7 b は、安定して中央エッジリング 3 8 m をステージ 1 2 に接触させるために、円周方向に全周に設けられることが好ましい。

## 【 0 0 6 5 】

なお、実施例 1 に記載したコンタクト部材 3 7 a は、内側エッジリング 3 8 i と中央エッジリング 3 8 m との間に設けられる第 1 のバネの一例である。実施例 1 に記載したコンタクト部材 3 7 b は、中央エッジリング 3 8 m と外側エッジリング 3 8 o との間に設けられる第 2 のバネの一例である。

## 【 0 0 6 6 】

< 実施例 2 >

次に、一実施形態に係るエッジリング 3 8 の実施例 2 における構成について、図 6 を参照しながら説明する。実施例 2 のエッジリング 3 8 は、ステージ 1 2 と中央エッジリング 3 8 m との間に設けられるコンタクト部材 3 7 a と、中央エッジリング 3 8 m と外側エッジリング 3 8 o との間に設けられるコンタクト部材 3 7 b とを有する。

## 【 0 0 6 7 】

コンタクト部材 3 7 a は、ステージ 1 2 と中央エッジリング 3 8 m との間の水平方向の面に設けられている。コンタクト部材 3 7 b は、中央エッジリング 3 8 m と外側エッジリング 3 8 o との間の水平方向の面に設けられている。

## 【 0 0 6 8 】

図 6 ( a - 1 ) 及び ( a - 2 ) は、図 3 ( b ) の A - A 断面を示す。図 6 ( a - 1 ) では、中央エッジリング 3 8 m がリフトピン 1 0 2 により持ち上げられていない状態、すなわち、Down ( 0 mm ) した状態である。図 6 ( a - 2 ) では、中央エッジリング 3 8 m がリフトピン 1 0 2 により持ち上げられた状態、すなわち、Up ( 例えば 1 mm ) した状態である。

## 【 0 0 6 9 】

図 6 ( b - 1 ) 及び ( b - 2 ) は、図 3 ( b ) の B - B 断面を示す。図 6 ( b - 1 ) では、中央エッジリング 3 8 m がリフトピン 1 0 2 により持ち上げられていない状態、すなわち、Down した状態である。図 6 ( b - 2 ) では、中央エッジリング 3 8 m がリフトピン 1 0 2 により持ち上げられた状態、すなわち、Up した状態である。

## 【 0 0 7 0 】

図 6 ( a - 1 ) 及び ( b - 1 ) に示す中央エッジリング 3 8 m がリフトピン 1 0 2 により持ち上げられていない Down 状態では、コンタクト部材 3 7 a が静電チャック 3 6 と中央エッジリング 3 8 m との間の水平方向の面で押されて変位する。これにより、コンタクト部材 3 7 a と静電チャック 3 6 2 及び中央エッジリング 3 8 m との接触面積が広くなり、中央エッジリング 3 8 m の熱的及び電氣的接触は大きくなる。

## 【 0 0 7 1 】

一方、コンタクト部材 3 7 b は、中央エッジリング 3 8 m と外側エッジリング 3 8 o との間の水平方向の面で押される力が弱く、変位量は小さい。しかしながら、コンタクト部材 3 7 b が介在するため、中央エッジリング 3 8 m と、外側エッジリング 3 9 o を介した静電チャック 3 6 との熱的及び電氣的接触は安定して確保されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 2 】

図 6 ( a - 2 ) 及び ( b - 2 ) に示す中央エッジリング 3 8 m がリフトピン 1 0 2 により持ち上げられた U p 状態では、コンタクト部材 3 7 b が中央エッジリング 3 8 m と外側エッジリング 3 8 o との間で押されて変位する。これにより、コンタクト部材 3 7 b と、中央エッジリング 3 8 m と外側エッジリング 3 8 o との接触面積が広くなり、中央エッジリング 3 8 m の熱的及び電氣的接触は確保される。

## 【 0 0 7 3 】

一方、コンタクト部材 3 7 a は、内側エッジリング 3 8 i と中央エッジリング 3 8 m との間の水平方向の面で押される力が弱く、変位量は小さい。しかしながら、コンタクト部材 3 7 a が介在するため、ステージ 1 2 と中央エッジリング 3 8 m との熱的及び電氣的接触は安定して確保されている。

10

## 【 0 0 7 4 】

以上から、実施例 2 では、タブ部 3 8 m 2 に設けられたコンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b によって、可動する中央エッジリング 3 8 m を非可動の内側エッジリング 3 8 i と外側エッジリング 3 8 o を介してステージ 1 2 に安定して接触させることができる。これにより、エッジリング 3 8 の温度制御性を高め、ウェハ W のエッジ部の制御を良好にし、ロット内のウェハ W 間のプロセス特性のバラツキを無くし、生産性を向上させることができる。

## 【 0 0 7 5 】

加えて、実施例 2 では、コンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b によりステージ 1 2 と中央エッジリング 3 8 m との熱的及び電氣的接触が確保される。このため、高パワーの高周波電力を印加するプロセス条件において、中央エッジリング 3 8 m が電氣的に浮いているために発生していた異常放電を抑制し、エッジリング 3 8 の破損リスクを低減させることができる。

20

## 【 0 0 7 6 】

実施例 2 では、コンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b は、円周方向に設けられる。具体的には、コンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b は、円周方向に 3 箇所存在するタブ部 3 8 m 2 に設けられる。なお、実施例 2 に記載したコンタクト部材 3 7 a は、ステージ 1 2 と中央エッジリング 3 8 m との間に設けられる第 1 のバネの一例である。実施例 2 に記載したコンタクト部材 3 7 b は、中央エッジリング 3 8 m と外側エッジリング 3 8 o との間に設けられる第 2 のバネの一例である。

## 【 0 0 7 7 】

## [ コンタクト部材の特徴 ]

図 5 及び図 6 に示した実施例 1 , 2 に係るコンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b は、以下の特徴を有してもよい。まず、実施例 1 , 2 に係るコンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b は、弾性部材であって、コイル状であることが好ましい。コンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b は、斜めに向けられたコイルであることが好ましい。例えば、コンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b は、コイル状に斜めに巻かれた斜めコイルスプリングバネであってもよい。コンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b は、円周方向にコイルが斜めに傾けられて配置されてもよい。コンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b は、円周方向に全周に配置されることが好ましい。コンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b は、ベリリウム銅 ( B e C u ) 、 タングステン ( W ) 又はタンタル ( T a ) のいずれかにより形成されてもよい。

30

40

## 【 0 0 7 8 】

これにより、可動部分である中央エッジリング 3 8 m を、熱的及び電氣的にフローティングした状態にせず、ステージ 1 2 と安定して接触した状態とすることができる。これにより、エッジリング 3 8 の全体の温度制御を向上させることができ、また、異常放電の発生を防止することができる。

## 【 0 0 7 9 】

実施例 1 , 2 では、コンタクト部材 3 7 a 、 3 7 b は、中央エッジリング 3 8 m の水平方向の面に配置されたが、これに限られない。例えば、中央エッジリング 3 8 m のタブ部 3 8 m 2 が挿入される、外側エッジリング 3 8 o の凹部 1 3 8 の垂直方向の面に窪みを形成し、その窪みにコンタクト部材 3 7 b を埋め込むようにしてもよい。この場合、コンタク

50

ト部材 37b は、中央エッジリング 38m と外側エッジリング 38o の垂直方向の面に配置される。これによっても、中央エッジリング 38m と外側エッジリング 38o の接触を安定して維持することができる。

【0080】

コンタクト部材 37a、37b は、変位量に対する反発力の変化が大きい領域が広い弾性部材よりも変位量に対する反発力の変化が小さい領域が広い弾性部材を使うことが好ましい。例えば、コンタクト部材 37a、37b は、外部からの力による変位に対応する自身のバネの負荷変動が閾値以下の領域が最大変位量に対して特定の割合以上の特性を有する弾性部材であってもよい。

【0081】

図 7 は、バネの負荷変動の一例を示す図であり、横軸がバネの変位量を示し、縦軸がバネの反発力を示す。バネ C は、バネの変位量に対する反発力の変化が大きい領域が広い弾性部材の一例である。バネ D は、バネの変位量に対する反発力の変化が小さい領域が広い弾性部材の一例である。

【0082】

例えば、図 7 (a) のグラフに示すように、バネの最大変位量を  $D_m$  とし、特定の割合を 7 割とすると、バネ C は、変位量に対する反発力の変化が閾値  $P$  の範囲内の領域  $D_2$  が最大変位量  $D_m$  に対して特定の割合（ここでは 7 割）以下である。よって、バネ C は、変位量に対する反発力の変化が大きい領域が広い弾性部材であり、コンタクト部材 37a、37b として使用するには適さない特性を有している。

【0083】

一方、バネ D は、変位量に対する反発力の変化が閾値  $P$  の範囲内の領域  $D_1$  が最大変位量  $D_m$  に対して 7 割以上である。よって、バネ D は、変位量に対する反発力の変化が小さい領域が広い弾性部材であり、コンタクト部材 37a、37b として使用するのに適した特性を有している。

【0084】

移動機構 200 を動かすモータ等を駆動させる際、2 つのコンタクト部材 37a、37b のバネの反発力は小さい方がよく、バネの反発力が大きいとモータ等をスムーズに駆動させることが困難になる。

【0085】

図 7 (b) のグラフに、バネ D と特性が同じ 2 つのバネ  $D_1$ 、 $D_2$  を組み合わせるとき（つまり、バネ  $D_1$ 、 $D_2$  をコンタクト部材 37a、37b として使用したとき）のバネの特性を、バネ  $D_{12}$  として示す。

【0086】

これに対して、バネ C と特性が同じ 2 つのバネ  $C_1$ 、 $C_2$  を組み合わせるとき（つまり、バネ  $C_1$ 、 $C_2$  をコンタクト部材 37a、37b として使用したとき）のバネの特性を、バネ  $C_{12}$  として示す。

【0087】

バネ  $D_{12}$  は、変位量に対するバネの反発力の変化が小さい領域が広い。これによれば、変位量に対する反発力の変化が小さい領域が広いので、エッジリング 38 に加わる負荷が小さくなる。例えば、バネ  $D_{12}$  の特性から予め導き出せる特定の範囲内であれば変位量が変わっても反発力はほぼ一定になる。このバネ  $D_{12}$  の特性により、中央エッジリング 38m をどの位置に昇降させても一定した反発力のコンタクト部材 37a、37b を使用することで、移動機構 200 を動かすピエゾアクチュエータ 101、モータ等のアクチュエータを安定して駆動できる。これにより、より正確に中央エッジリング 38m を所定位置に制御できる。なお、バネ  $C_{12}$  は、反発力が大きく、中央エッジリング 38m の昇降精度を高めることは困難である。

【0088】

図 8 は、一実施形態に係るコンタクト部材 37a、37b の接触抵抗を説明するための図である。図 8 (a) は、比較例として板バネ 137a、137b を用いた場合の板バネ 1

10

20

30

40

50

37a、137bの接触抵抗を示す。図8(b)は、一実施形態に係るコンタクト部材37a、37bの一例として、斜めコイルスプリングを用いた場合のコンタクト部材37a、37bの接触抵抗を示す。いずれも平衡時と、中央エッジリング38mを下降させたときの状態を示している。

【0089】

図8(a-1)の比較例における平衡時、板バネ137a、137bは、内側エッジリング38iと中央エッジリング38mとの間及び中央エッジリング38mと外側エッジリング38oとの間に配置され、平衡状態を保っている。

【0090】

これに対して、図8(a-2)の中央エッジリング38mを下降させた時、板バネ137aが上から押され、板バネ137aと内側エッジリング38i及び中央エッジリング38mとの接触面積は増える。この結果、内側エッジリング38i及び中央エッジリング38mの接触抵抗(熱抵抗)は下がり、熱伝導が良好になる。一方、外側エッジリング38o及び中央エッジリング38mの接触は板バネ137bにより確保される。

10

【0091】

板バネ137a、137bのような変位量に対するバネの反発力が大きい領域が広いバネでは、変位量に対するバネの反発力が大きいため、変位に対するモータ等の駆動部に対する負荷変動が大きい。このため、駆動部をスムーズに動作させることが困難になる。

【0092】

本実施形態では、変位量に対するバネの反発力が小さい領域が広いバネをコンタクト部材37a、37bに使用する。例えば斜めコイルスプリングバネのコンタクト部材37a、37bを使用すると、図8(b-1)の本実施形態における平衡時、コンタクト部材37a、37bは、内側エッジリング38iと中央エッジリング38mとの間及び中央エッジリング38mと外側エッジリング38oとの間に配置され、平衡状態を保っている。

20

【0093】

図8(b-2)の中央エッジリング38mを下降させた時、斜めコイルスプリングバネのコンタクト部材37aが上から押されるが、内側エッジリング38iと中央エッジリング38mとの接触面積は増える。この結果、内側エッジリング38i及び中央エッジリング38mの接触抵抗(熱抵抗)は下がり、熱伝導が良好になる。一方、外側エッジリング38o及び中央エッジリング38mの接触は板バネ137bにより確保される。

30

【0094】

斜めコイルスプリングバネのコンタクト部材37a、37bのような変位量に対するバネの反発力が小さい領域が広いバネでは、変位量に対するバネの反発力が小さいため、変位に対するモータ等の駆動部に対する負荷変動が小さい。このため、駆動部をスムーズに動作させることが容易になる。

【0095】

つまり、図7(b)に示すように、一実施形態に係る斜めコイルスプリングバネのコンタクト部材37a、37bの接触圧は上下共通適正可能範囲で大きく変わらず、熱抵抗の変位量は小さい。このため、可動部分の中央エッジリング38mを、非可動部分の内側エッジリング38i及び外側エッジリング38oを介してステージ12に安定して熱的及び電氣的にコンタクトすることができる。

40

【0096】

以上では、変位に対するバネの反発力の変化が大きい領域が広い弾性部材の一例として板バネを挙げて説明したが、変位に対するバネの反発力の変化が小さい領域が広い特性を有する板バネは含まない。また、変位に対するバネの反発力の変化が小さい領域が広いバネ部材は、斜めコイルスプリングバネに限られない。例えば、変位に対応するバネの負荷変動が閾値以下の領域が最大変位量に対して特定の割合以上の特性を有する弾性部材であれば、一実施形態に係るコンタクト部材37a、37bとして使用することができる。

【0097】

以上に説明したように、本実施形態の基板処理装置5によれば、可動する中央エッジリン

50

グ 3 8 m をステージ 1 2 に電氣的及び熱的に安定してコンタクトすることができる。これにより、エッジリング 3 8 の温度制御性を高め、ウェハ W のエッジ部の制御を良好にし、ロット内のウェハ W 間のプロセス特性のバラツキを無くし、生産性を向上させることができる。

【 0 0 9 8 】

また、中央エッジリング 3 8 m をステージ 1 2 に電氣的及び熱的に安定してコンタクトすることで、異常放電を抑制し、エッジリング 3 8 の破損リスクを低減させることができる。

【 0 0 9 9 】

今回開示された一実施形態に係る基板処理装置は、すべての点において例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。上記の一実施形態は、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な形態で変形及び改良が可能である。上記複数の実施形態に記載された事項は、矛盾しない範囲で他の構成も取り得ることができ、また、矛盾しない範囲で組み合わせることができる。

10

【 0 1 0 0 】

本開示の基板処理装置は、Capacitively Coupled Plasma(CCP)、Inductively Coupled Plasma(ICP)、Radial Line Slot Antenna、Electron Cyclotron Resonance Plasma(ECR)、Helicon Wave Plasma(HWP)のどのタイプでも適用可能である。

【 0 1 0 1 】

本明細書では、基板の一例としてウェハ W を挙げて説明した。しかし、基板は、これに限らず、LCD(Liquid Crystal Display)、FPD(Flat Panel Display)に用いられる各種基板、C D 基板、プリント基板等であっても良い。

20

【符号の説明】

【 0 1 0 2 】

- 5 : 基板処理装置
- 1 0 : チャンバ
- 1 2 : ステージ
- 2 0 : バッフル板
- 2 6 : 排気装置
- 3 0 : 第 2 の高周波電源
- 3 6 : 静電チャック
- 3 8 : エッジリング
- 3 8 i : 内側エッジリング
- 3 8 m : 中央エッジリング
- 3 8 m 1 : 環状部
- 3 8 m 2 : タブ部
- 3 8 o : 外側エッジリング
- 4 0 : 直流電源
- 4 4 : 冷媒流路
- 5 1 : シャワーヘッド
- 5 7 : 第 1 の高周波電源
- 6 6 : ガス供給源
- 7 4 : 制御部
- 1 0 0 :ハウジング
- 1 0 1 : ピエゾアクチュエータ
- 1 0 2 : リフトピン
- 1 0 3 : 連結部
- 1 0 5 : 軸受部
- 2 0 0 : 移動機構

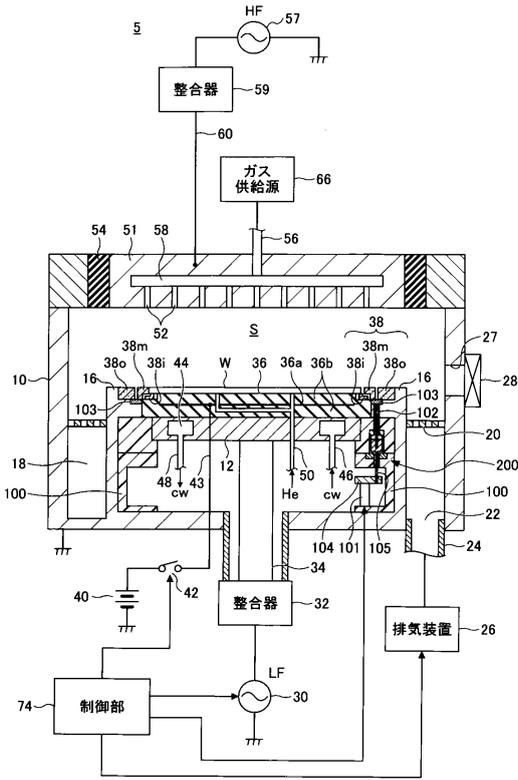
30

40

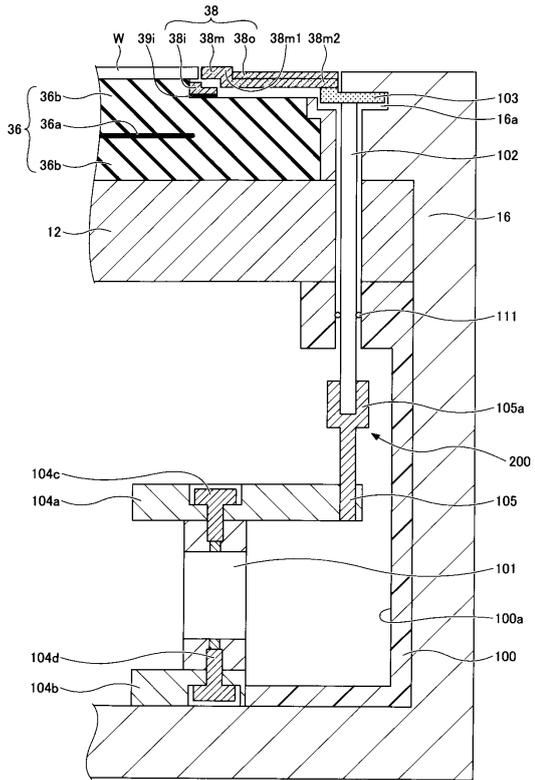
50

【図面】

【図 1】



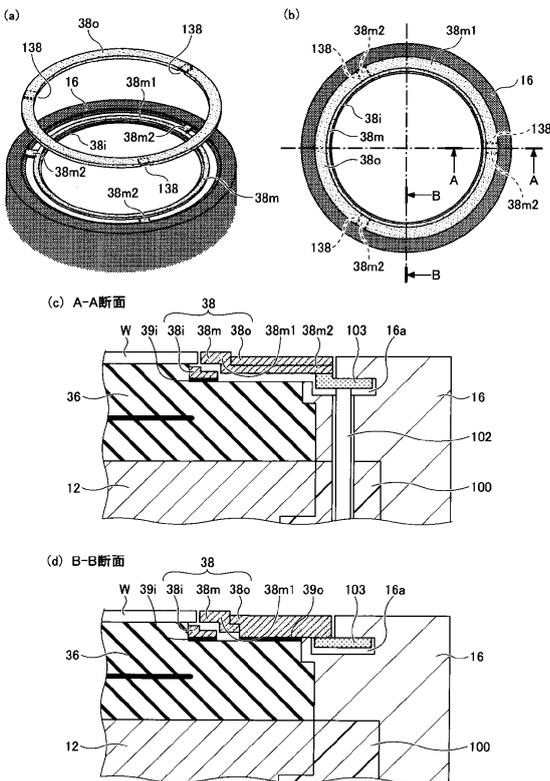
【図 2】



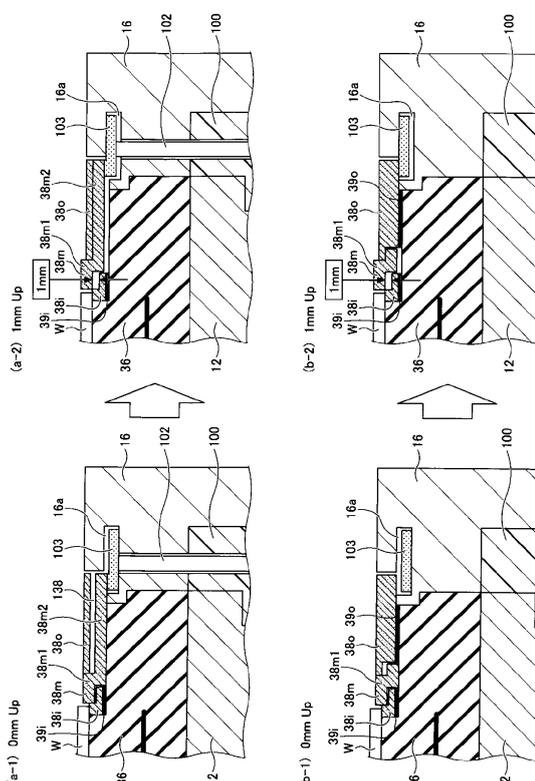
10

20

【図 3】



【図 4】

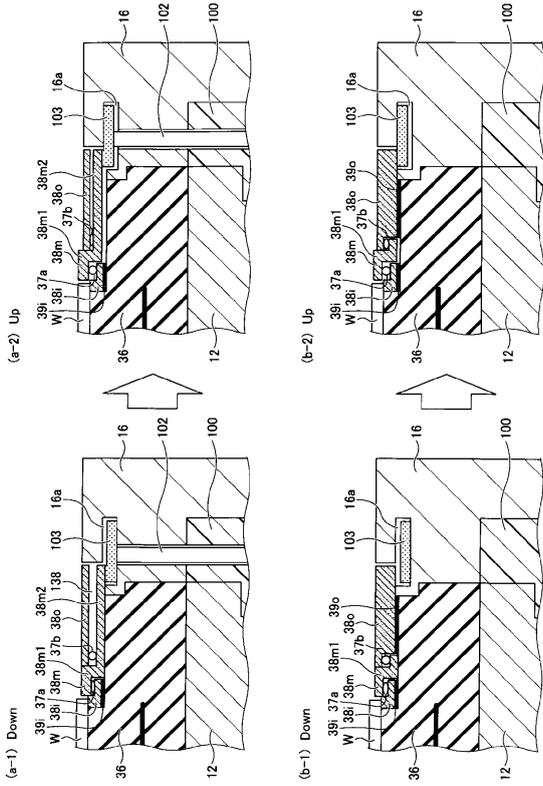


30

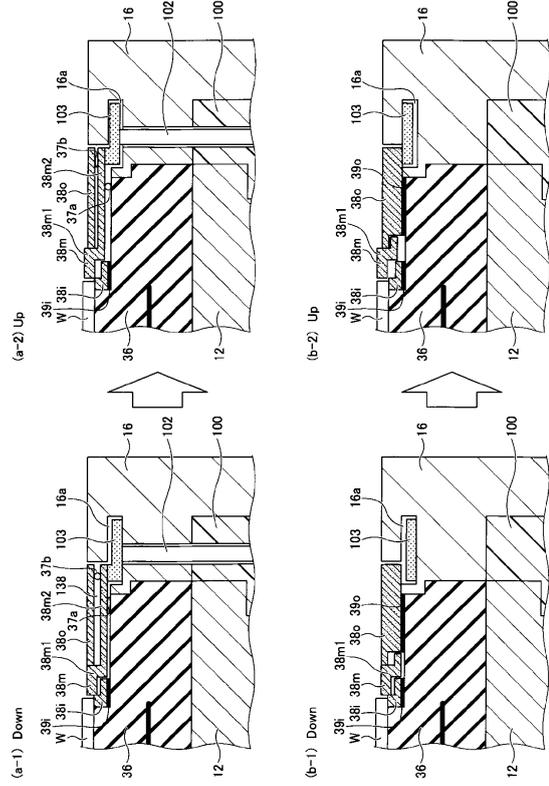
40

50

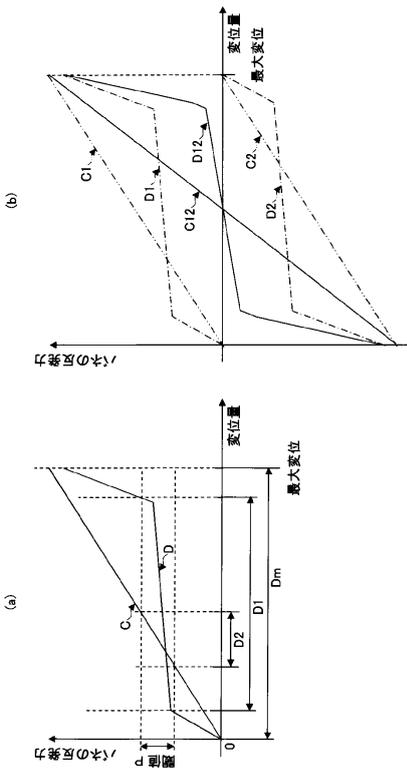
【図 5】



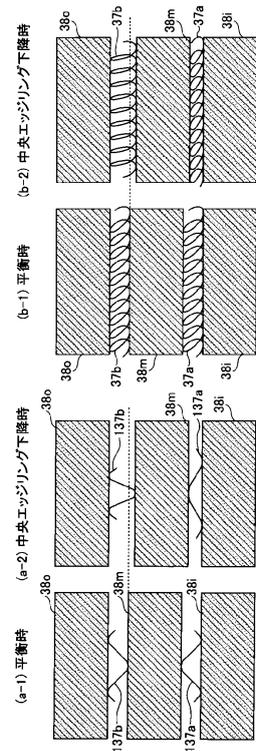
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 2 6 2 7 6 3 ( U S , A 1 )  
特開 2 0 1 6 - 1 4 6 4 7 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 8 - 2 4 4 2 7 4 ( J P , A )  
特開 2 0 1 2 - 2 2 2 2 3 5 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5