

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7650403号
(P7650403)

(45)発行日 令和7年3月24日(2025.3.24)

(24)登録日 令和7年3月13日(2025.3.13)

(51)国際特許分類	F I
F 1 6 J 15/10 (2006.01)	F 1 6 J 15/10 L
F 1 6 J 15/06 (2006.01)	F 1 6 J 15/10 C
	F 1 6 J 15/06 N

請求項の数 16 (全18頁)

(21)出願番号	特願2024-505827(P2024-505827)	(73)特許権者	318009126 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC 東京都千代田区神田鍛冶町3丁目4番地
(86)(22)出願日	令和4年3月11日(2022.3.11)	(74)代理人	110000350 ポレール弁理士法人
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/010968	(72)発明者	谷内 正導 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC 内
(87)国際公開番号	WO2023/170945	(72)発明者	高橋 良輔 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社 KOKUSAI ELECTRIC 内
(87)国際公開日	令和5年9月14日(2023.9.14)	(72)発明者	坂田 雅和
審査請求日	令和6年6月24日(2024.6.24)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 シールアセンブリ、半導体装置の製造方法、基板処理方法およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

継手のフランジ同士をシールするシールリングと、
前記シールリングの内周側に配置され、前記シールリングの内周側への移動または変形を規制するインナーリングと、
前記シールリングの外周側に配置され、前記シールリングの外周側への移動または変形を規制するアウターリングと、を備え、
前記インナーリングと前記アウターリングの間には、前記インナーリングの外周面又は前記アウターリングの内周面の、厚み方向の中央部において、前記シールリングの体積の熱膨張を受け入れる空間が円周方向に複数設けられ、
前記アウターリングの内周面または前記インナーリングの外周面は、前記中央部が、円に対して半径方向に所定の周期で波打つように形成される、シールアセンブリ。

【請求項2】

前記インナーリングと前記アウターリングの間の断面積が、室温より高い温度に加熱されたときの前記シールリングの断面積よりも大きくなる箇所を有する、請求項1に記載のシールアセンブリ。

【請求項3】

前記インナーリングの外周面は、円形に形成されている、請求項1に記載のシールアセンブリ。

【請求項4】

前記アウターリングは、室温において、前記シールリングの全周ではない一部と接触する、請求項 1 に記載のシールアセンブリ。

【請求項 5】

前記シールリングは、室温より高い温度に加熱されたときに、前記インナーリングと前記アウターリングの間の空間内で蛇行する、請求項 1 に記載のシールアセンブリ。

【請求項 6】

前記シールリングは、エラストマーを含み、断面が略円形の Oリングであって、前記フランジの面の、対向する前記フランジと最も接近する円環領域において接触するような直径を有する、請求項 1 に記載のシールアセンブリ。

【請求項 7】

前記アウターリングは、内周側が、前記フランジの面に垂直な平坦面または内周側に凸形状の断面を有する、請求項 1 に記載のシールアセンブリ。

【請求項 8】

前記アウターリングは、前記凸形状の突出部の高さが周方向で変化する、請求項 7 に記載のシールアセンブリ。

【請求項 9】

前記アウターリングは、内周側が V 型の谷形状を有する、請求項 1 に記載のシールアセンブリ。

【請求項 10】

前記アウターリングは、3乃至4回回転対称の形状を有する、請求項 1 に記載のシールアセンブリ。

【請求項 11】

前記アウターリングは前記フランジの一方の外周と係合する係合部を有し、前記係合部によって、前記フランジの面に平行な方向における位置決めがなされる、請求項 1 に記載のシールアセンブリ。

【請求項 12】

前記アウターリングの厚みは、前記インナーリングの厚みより小さい、請求項 1 に記載のシールアセンブリ。

【請求項 13】

前記中央部が、前記フランジの面に垂直に形成される、請求項 1 に記載のシールアセンブリ。

【請求項 14】

継手のフランジ同士をシールするシールリングと、前記シールリングの内周側に配置され、前記シールリングの内周側への移動または変形を規制するインナーリングと、前記シールリングの外周側に配置され、前記シールリングの外周側への移動または変形を規制するアウターリングと、を備え、前記インナーリングと前記アウターリングの間には、前記インナーリングの外周面又は前記アウターリングの内周面の、厚み方向の中央部において、前記シールリングの体積の熱膨張を受け入れる空間が円周方向に複数設けられ、前記アウターリングの内周面または前記インナーリングの外周面は、前記中央部が、円に対して半径方向に所定の周期で波打つように形成される、シールアセンブリを備える基板処理装置に基板を搬入する工程と、

前記基板を処理する工程と、
を有する半導体装置の製造方法。

【請求項 15】

継手のフランジ同士をシールするシールリングと、前記シールリングの内周側に配置され、前記シールリングの内周側への移動または変形を規制するインナーリングと、前記シールリングの外周側に配置され、前記シールリングの外周側への移動または変形を規制するアウターリングと、を備え、前記インナーリングと前記アウターリングの間には、前記インナーリングの外周面又は前記アウターリングの内周面の、厚み方向の中央部において、前記シールリングの体積の熱膨張を受け入れる空間が円周方向に複数設けられ、前記ア

10

20

30

40

50

ウターリングの内周面または前記インナーリングの外周面は、前記中央部が、円に対して半径方向に所定の周期で波打つように形成される、シールアセンブリを備える基板処理装置に基板を搬入する工程と、

前記基板を処理する工程と、
を有する基板処理方法。

【請求項 16】

継手のフランジ同士をシールするシールリングと、前記シールリングの内周側に配置され、前記シールリングの内周側への移動または変形を規制するインナーリングと、前記シールリングの外周側に配置され、前記シールリングの外周側への移動または変形を規制するアウターリングと、を備え、前記インナーリングと前記アウターリングの間には、前記インナーリングの外周面又は前記アウターリングの内周面の、厚み方向の中央部において、前記シールリングの体積の熱膨張を受け入れる空間が円周方向に複数設けられ、前記アウターリングの内周面または前記インナーリングの外周面は、前記中央部が、円に対して半径方向に所定の周期で波打つように形成される、シールアセンブリを備える基板処理装置に基板を搬入する手順と、

前記基板を処理する手順と、
を有するコンピュータによって前記基板処理装置に実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、シールアセンブリ、半導体装置の製造方法、基板処理方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

配管同士の接合部は、配管を接合するフランジ間に、配管の接合部を気密にするためのリング（シールリング）と、リングを固定するための内側センターリング（インナーリング）および外側センターリング（アウターリング）とを両側のフランジで挟んだ構造となっている（例えば特許文献1参照）。この場合、基板を処理する際のシールリングの熱膨張によるシールリング割れを低減することが要求される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2005-243949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、基板を処理する際のシールリング割れを低減することが可能な技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一態様によれば、
継手のフランジ同士をシールするシールリングと、前記シールリングの内周側に配置され、前記シールリングの内周側への移動または変形を規制するインナーリングと、前記シールリングの外周側に配置され、前記シールリングの外周側への移動または変形を規制するアウターリングと、を備え、前記インナーリングと前記アウターリングの間には、前記シールリングの体積の熱膨張を受け入れる空間が円周方向に複数設けられる、技術が提供される。

【発明の効果】

【0006】

本開示の一態様によれば、シールリング割れを低減することが可能となる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本開示の一実施形態における基板処理装置の縦型処理炉の概略を示す縦断面図である。

【図2】図1におけるA - A線概略横断面図である。

【図3】本開示の一実施形態におけるシールアセンブリの平面図である。

【図4】本開示の一実施形態における配管接続部のアウターリングがシールリングに接触する箇所を示す断面図である。

【図5】本開示の一実施形態における配管接続部のアウターリングがシールリングと離間している箇所を示す断面図である。

10

【図6】本開示の一実施形態における配管接続部の比較例を示す断面図である。

【図7】本開示の一実施形態における基板処理装置のコントローラの概略構成図であり、コントローラの制御系をブロック図で示す図である。

【図8】本開示の一実施形態における半導体装置の製造方法のフローチャートである。

【図9】本開示の一実施形態における配管接続部の変形例を示す断面図である。

【図10】本開示の一実施形態における配管接続部の変形例を示す断面図である。

【図11】本開示の一実施形態における配管接続部の変形例を示す断面図である。

【図12】本開示の一実施形態における配管接続部の変形例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

20

以下、本開示の一態様について、主に図1～8を参照しながら説明する。なお、以下の説明において用いられる図面は、いずれも模式的なものであり、図面に示される、各要素の寸法の関係、各要素の比率等は、現実のものとは必ずしも一致していない。また、複数の図面の相互間においても、各要素の寸法の関係、各要素の比率等は必ずしも一致していない。

【0009】

(1) 基板処理装置の構成

基板処理装置10は、加熱手段(加熱機構、加熱系)としてのヒータ207が設けられた処理炉202を備える。ヒータ207は円筒形状であり、保持板としてのヒータベース(図示せず)に支持されることにより垂直に据え付けられている。

30

【0010】

ヒータ207の内側には、ヒータ207と同心円状に反応管(反応容器、処理容器)を構成するアウトチューブ203が配設されている。アウトチューブ203は、例えば石英(SiO_2)、炭化シリコン(SiC)などの耐熱性材料で構成され、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に形成されている。アウトチューブ203の下方には、アウトチューブ203と同心円状に、マニホールド(インレットフランジ)209が配設されている。マニホールド209は、例えばステンレス(SUS)などの金属で構成され、上端及び下端が開口した円筒形状に形成されている。マニホールド209の上端部と、アウトチューブ203との間には、シール部材としてのリング220aが設けられている。マニホールド209がヒータベースに支持されることにより、アウトチューブ203は垂直に据え付けられた状態となる。

40

【0011】

アウトチューブ203の内側には、反応容器を構成するインナチューブ204が配設されている。インナチューブ204は、例えば石英、 SiC などの耐熱性材料で構成され、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に形成されている。主に、アウトチューブ203と、インナチューブ204と、マニホールド209とにより処理容器(反応容器)が構成されている。処理容器の筒中空部(インナチューブ204の内側)には処理室201が形成されている。

【0012】

処理室201は、基板としてのウエハ200を、支持具としてのポート217によって

50

水平姿勢で鉛直方向に多段に配列した状態で収容可能に構成されている。

【0013】

処理室201内には、ノズル410, 420, 430がマニホールド209の側壁及びインナチューブ204を貫通するように設けられている。ノズル410, 420, 430には、ガス供給管310, 320, 330が、それぞれ接続されている。ただし、本実施形態の処理炉202は上述の形態に限定されない。

【0014】

ガス供給管310, 320, 330には上流側から順に流量制御器(流量制御部)であるマスフローコントローラ(MFC)312, 322, 332及び開閉弁であるバルブ314, 324, 334がそれぞれ設けられている。ガス供給管310, 320, 330のバルブ314, 324, 334の下流側には、不活性ガスを供給するガス供給管510, 520, 530がそれぞれ接続されている。ガス供給管510, 520, 530には、上流側から順に、流量制御器(流量制御部)であるMFC512, 522, 532及び開閉弁であるバルブ514, 524, 534がそれぞれ設けられている。

10

【0015】

ガス供給管310, 320, 330の先端部にはノズル410, 420, 430がそれぞれ連結接続されている。ノズル410, 420, 430は、L字型のノズルとして構成されており、その水平部はマニホールド209の側壁及びインナチューブ204を貫通するように設けられている。ノズル410, 420, 430の垂直部は、インナチューブ204の径方向外向きに突出し、かつ鉛直方向に延在するように形成されているチャンネル形状(溝形状)の予備室201aの内部に設けられており、予備室201a内にてインナチューブ204の内壁に沿って上方(ウエハ200の配列方向上方)に向かって設けられている。

20

【0016】

ノズル410, 420, 430は、処理室201の下部領域から処理室201の上部領域まで延在するように設けられており、ウエハ200と対向する位置にそれぞれ複数のガス供給孔410a, 420a, 430aが設けられている。これにより、ノズル410, 420, 430のガス供給孔410a, 420a, 430aからそれぞれウエハ200に処理ガスを供給する。このガス供給孔410a, 420a, 430aは、インナチューブ204の下部から上部にわたって複数設けられ、それぞれ同一の開口面積を有し、さらに同一の開口ピッチで設けられている。ただし、ガス供給孔410a, 420a, 430aは上述の形態に限定されない。例えば、インナチューブ204の下部から上部に向かって開口面積を徐々に大きくしてもよい。これにより、ガス供給孔410a, 420a, 430aから供給されるガスの流量をより均一化することが可能となる。

30

【0017】

ノズル410, 420, 430のガス供給孔410a, 420a, 430aは、後述するポート217の下部から上部までの高さの位置に複数設けられている。そのため、ノズル410, 420, 430のガス供給孔410a, 420a, 430aから処理室201内に供給された処理ガスは、ポート217の下部から上部までに収容されたウエハ200の全域に供給される。ノズル410, 420, 430は、処理室201の下部領域から上部領域まで延在するように設けられていればよいが、ポート217の天井付近まで延在するように設けられていることが好ましい。

40

【0018】

ガス供給管310からは、処理ガスとして、原料ガスが、MFC312、バルブ314、ノズル410を介して処理室201内に供給される。

【0019】

ガス供給管320からは、処理ガスとして、還元ガスが、MFC322、バルブ324、ノズル420を介して処理室201内に供給される。

【0020】

ガス供給管330からは、処理ガスとして、還元ガスとは異なる第15族元素を含むガ

50

すが、MFC332、バルブ334、ノズル430を介して処理室201内に供給される。

【0021】

ガス供給管510、520、530からは、不活性ガスが、それぞれMFC512、522、532、バルブ514、524、534、ノズル410、420、430を介して処理室201内に供給される。不活性ガスとしては、例えば、窒素(N₂)ガスや、アルゴン(Ar)ガス、ヘリウム(He)ガス、ネオン(Ne)ガス、キセノン(Xe)ガス等の希ガスを用いることができる。

【0022】

主に、ガス供給管310から原料ガスを流す場合、主に、ガス供給管310、MFC312、バルブ314により原料ガス供給系が構成されるが、ノズル410を原料ガス供給系に含めて考えてもよい。原料ガス供給系を金属含有ガス供給系と称することもできる。また、ガス供給管320から還元ガスを流す場合、主に、ガス供給管320、MFC322、バルブ324により還元ガス供給系が構成されるが、ノズル420を還元ガス供給系に含めて考えてもよい。また、ガス供給管330から第15族元素を含むガスを流す場合、主に、ガス供給管330、MFC332、バルブ334により第15族元素を含むガス供給系が構成されるが、ノズル430を第15族元素を含むガス供給系に含めて考えてもよい。また、金属含有ガス供給系と還元ガス供給系と第15族元素を含むガス供給系を処理ガス供給系と称することもできる。また、ノズル410、420、430を処理ガス供給系に含めて考えてもよい。また、主に、ガス供給管510、520、530、MFC512、522、532、バルブ514、524、534により不活性ガス供給系が構成される。

【0023】

本実施形態におけるガス供給の方法は、インナチューブ204の内壁と、複数枚のウエハ200の端部とで定義される円環状の縦長の空間内の予備室201a内に配置したノズル410、420、430を経由してガスを搬送している。そして、ノズル410、420、430のウエハと対向する位置に設けられた複数のガス供給孔410a、420a、430aからインナチューブ204内にガスを噴出させている。より詳細には、ノズル410のガス供給孔410a、ノズル420のガス供給孔420a、ノズル430のガス供給孔430aにより、ウエハ200の表面と平行方向に向かって原料ガス等を噴出させている。

【0024】

排気孔(排気口)204aは、インナチューブ204の側壁であってノズル410、420、430に対向した位置に形成された貫通孔であり、例えば、鉛直方向に細長く開設されたスリット状の貫通孔である。ノズル410、420、430のガス供給孔410a、420a、430aから処理室201内に供給され、ウエハ200の表面上を流れたガスは、排気孔204aを介してインナチューブ204とアウトチューブ203との間に形成された隙間(排気路206内)に流れる。そして、排気路206内へと流れたガスは、排気管230内に流れ、処理炉202外へと排出される。

【0025】

排気孔204aは、複数のウエハ200と対向する位置に設けられており、ガス供給孔410a、420a、430aから処理室201内のウエハ200の近傍に供給されたガスは、水平方向に向かって流れた後、排気孔204aを介して排気路206内へと流れる。排気孔204aはスリット状の貫通孔として構成される場合に限らず、複数個の孔により構成されていてもよい。

【0026】

マニホールド209には、処理室201内の雰囲気を排気する排気管230が設けられている。排気管230は、上流側から順に、第一の配管231、第二の配管232および第三の配管233が接続されて構成されている。第一の配管231には、処理室201内の圧力を検出する圧力検出器(圧力検出部)としての圧力センサ245が接続され、第二の配管232にはAPC(Auto Pressure Controller)バルブ2

10

20

30

40

50

4 3 が接続され、第三の配管 2 3 3 には真空排気装置としての真空ポンプ 2 4 6 が接続されている。A P C バルブ 2 4 3 は、真空ポンプ 2 4 6 を作動させた状態で弁を開閉することで、処理室 2 0 1 内の真空排気及び真空排気停止を行うことができ、更に、真空ポンプ 2 4 6 を作動させた状態で弁開度を調節することで、処理室 2 0 1 内の圧力を調整することができる。主に、排気孔 2 0 4 a、排気路 2 0 6、排気管 2 3 0、A P C バルブ 2 4 3 及び圧力センサ 2 4 5 により、排気系が構成される。真空ポンプ 2 4 6 を排気系に含めて考えてもよい。

【 0 0 2 7 】

マニホールド 2 0 9 の下方には、マニホールド 2 0 9 の下端開口を気密に閉塞可能な炉口蓋体としてのシールキャップ 2 1 9 が設けられている。シールキャップ 2 1 9 は、マニホールド 2 0 9 の下端に鉛直方向下側から当接されるように構成されている。シールキャップ 2 1 9 は、例えば S U S 等の金属で構成され、円盤状に形成されている。シールキャップ 2 1 9 の上面には、マニホールド 2 0 9 の下端と当接するシール部材としてのリング 2 2 0 b が設けられている。シールキャップ 2 1 9 における処理室 2 0 1 の反対側には、ウエハ 2 0 0 を収容するポート 2 1 7 を回転させる回転機構 2 6 7 が設置されている。回転機構 2 6 7 の回転軸 2 5 5 は、シールキャップ 2 1 9 を貫通してポート 2 1 7 に接続されている。回転機構 2 6 7 は、ポート 2 1 7 を回転させることでウエハ 2 0 0 を回転させるように構成されている。シールキャップ 2 1 9 は、アウトチューブ 2 0 3 の外部に垂直に設置された昇降機構としてのポートエレベータ 1 1 5 によって鉛直方向に昇降されるように構成されている。ポートエレベータ 1 1 5 は、シールキャップ 2 1 9 を昇降させることで、ポート 2 1 7 を処理室 2 0 1 内外に搬入及び搬出することが可能なように構成されている。ポートエレベータ 1 1 5 は、ポート 2 1 7 及びポート 2 1 7 に収容されたウエハ 2 0 0 を、処理室 2 0 1 内外に搬送する搬送装置（搬送機構、搬送系）として構成されている。

【 0 0 2 8 】

ポート 2 1 7 は、複数枚、例えば 2 5 ~ 2 0 0 枚のウエハ 2 0 0 を、水平姿勢で、かつ、互いに中心を揃えた状態で鉛直方向に間隔を空けて配列させるように構成されている。ポート 2 1 7 は、例えば石英や S i C 等の耐熱性材料で構成される。ポート 2 1 7 の下部には、例えば石英や S i C 等の耐熱性材料で構成されるダミー基板 2 1 8 が水平姿勢で多段に支持されている。この構成により、ヒータ 2 0 7 からの熱がシールキャップ 2 1 9 側に伝わりにくくなっている。ただし、本実施形態は上述の形態に限定されない。例えば、ポート 2 1 7 の下部にダミー基板 2 1 8 を設けずに、石英や S i C 等の耐熱性材料で構成される筒状の部材として構成された断熱筒を設けてもよい。

【 0 0 2 9 】

図 2 に示すように、インナチューブ 2 0 4 内には温度検出器としての温度センサ 2 6 3 が設置されており、温度センサ 2 6 3 により検出された温度情報に基づきヒータ 2 0 7 への通電量を調整することで、処理室 2 0 1 内の温度が所望の温度分布となるように構成されている。温度センサ 2 6 3 は、ノズル 4 1 0、4 2 0、4 3 0 と同様に L 字型に構成されており、インナチューブ 2 0 4 の内壁に沿って設けられている。

【 0 0 3 0 】

図 1 に示すように、真空ポンプ 2 4 6 の下流側には、有害または可燃性のガス（例えば特殊高圧ガスや水素）等を処理する除害装置 2 4 7 が設けられる。除害装置 2 4 7 が設けられることにより安全性が向上する。真空ポンプ 2 4 6 には除害装置 2 4 7 と接続するための配管 2 4 8 が設けられる。除害装置 2 4 7 には真空ポンプ 2 4 6 と接続するための配管 2 4 9 が設けられる。真空ポンプ 2 4 6、除害装置 2 4 7 および配管 2 4 8、2 4 9 は排気系に含めてもよい。

【 0 0 3 1 】

配管 2 4 8 と配管 2 4 9 とを接続する配管接続部 2 5 0 には連通孔配管 2 5 1 が接続される。連通孔配管 2 5 1 には、上流側から順に、連通孔配管 2 5 1 の内部の圧力を計測する圧力センサ 2 5 2、バルブ 2 5 3、排気装置 2 5 4 が接続される。バルブ 2 5 3 は連通

10

20

30

40

50

孔配管 2 5 1 を排気装置 2 5 4 に開閉可能に流体的に接続する。この構成により、コントローラ 1 2 1 は、圧力センサ 2 5 2 で測定された圧力を、配管 2 4 8 , 2 4 9 内の圧力より小さい所定の圧力範囲に保つように、バルブ 2 5 3 の開閉を制御することが可能である。

【 0 0 3 2 】

(配管接続部)

図 4 に示すように、排気管 2 3 0 の第一の配管 2 3 1 はフランジ 2 3 1 b を有し、第二の配管 2 3 2 はフランジ 2 3 2 b を有する。フランジ 2 3 1 b とフランジ 2 3 2 b を対向させて、シールリング 2 7 1、インナーリング 2 7 2 およびアウターリング 2 7 3 によりよって封止 (シール) されて第一の配管 2 3 1 と第二の配管 2 3 2 は接続される。シールリング 2 7 1、インナーリング 2 7 2 およびアウターリング 2 7 3 はシールアセンブリ 2 7 0 を構成する。シールアセンブリ 2 7 0 およびフランジ 2 3 1 b , 2 3 2 b は継手 (配管接続部) を構成する。第二の配管 2 3 2 と第三の配管 2 3 3 も同様に接続される。

10

【 0 0 3 3 】

シールリング 2 7 1 は、エラストマーを含み、断面が略円形の Oリングである。シールリング 2 7 1 は、フランジ 2 3 1 b の面の、対向するフランジ 2 3 2 b と最も接近する円環領域において接触するような直径を有する。これにより、フランジ 2 3 1 b , 2 3 2 b 間をシールすることができる。

【 0 0 3 4 】

インナーリング 2 7 2 はシールリング 2 7 1 の内周側に配置され、外周面 2 7 2 a は、シールリング 2 7 1 が嵌合するように円形に形成されている。これにより、シールリング 2 7 1 の内周側への移動または変形を規制することができる。

20

【 0 0 3 5 】

アウターリング 2 7 3 はシールリング 2 7 1 の外周側に配置され、内周側がシールリング 2 7 1 の方向 (内周側) に凸の凸形状の断面を有する。これにより、シールリング 2 7 1 の外周側への移動または変形を規制することができる。

【 0 0 3 6 】

アウターリング 2 7 3 の厚み (t o) は、インナーリング 2 7 2 の厚み (t i) よりわずかに小さく形成されている。これにより、シールリング 2 7 1 の弾性力によって自律的にアウターリング 2 7 3 が位置決めされる。本実施形態における継手はフランジ 2 3 1 b , 2 3 2 b が図示しないクランプによって締め付けられて固定される、NW クイックカップリング等のクランプ継手である。

30

【 0 0 3 7 】

図 3 に示すように、インナーリング 2 7 2 とアウターリング 2 7 3 の間には、シールリング 2 7 1 の体積の熱膨張を受け入れる空間 2 7 0 a が円周方向に周期的に設けられる。例えば、アウターリング 2 7 3 の内周面は、真円に対して半径方向に所定の周期で波打つように形成される。アウターリング 2 7 3 は破線 2 7 0 b の箇所において肉厚が大きく形成されてシールリング 2 7 1 に近づいている。図 3 の破線 2 7 0 b においては、図 4 および図 5 に示すように、アウターリング 2 7 3 は、凸形状の突出部 2 7 3 a の高さが周方向で変化する。アウターリング 2 7 3 は、例えば 3 ~ 4 回回転対称の形状にしてもよい。この場合、アウターリング 2 7 3 は、3 ~ 4 箇所シールリング 2 7 1 の外輪を支え、シールリング 2 7 1 との接触箇所を低減することができる。なお、アウターリング 2 7 3 の内周面に代えて、または、さらに、インナーリングの外周面が、真円に対して半径方向に所定の周期で波打つように形成されてもよい。周期は 3 以上で程よく多い数が好ましいが、多すぎると蛇行の曲率がシールリングの線径に比べて小さくなり過ぎて、シールリングが蛇行できない。

40

【 0 0 3 8 】

このような構成により、アウターリング 2 7 3 は、室温において、シールリング 2 7 1 の外周の全部ではない一部と接触する。言い換えると、アウターリング 2 7 3 には、シールリング 2 7 1 と当接する箇所 (接触箇所) と、シールリング 2 7 1 と離間する箇所 (非接触箇所) が存在する。インナーリング 2 7 2 とアウターリング 2 7 3 の間の空間の断面

50

積からシールリング 271 の断面積を除いた自由断面積の、シールリング 271 の断面積に対する比は、例えば、非接触個所において 1 : 10 以上であり、接触箇所については比率は問わない。ここでシールリング 271 の断面積は、押圧されていない、つまり自由状態における断面積が用いられる。また、シールリング 271 は、室温より高い温度に加熱されたときに、インナーリング 272 とアウターリング 273 の間の空間内で蛇行する。これにより、アウターリング 273 によるシールリング 271 へのつぶし量が緩和され、破損を低減することができる。

【0039】

(比較例)

配管接続部の構成として、円周状にアウターリング 273 がシールリング 271 を保持する構造が考えられる。図 6 に示すように、シールリング 271 が熱膨張すると、シールリング 271 の膨張により増加する断面積が、アウターリング 273 とインナーリング 272 との間の空間の断面積から膨張前のシールリング 271 の断面積を除いた空間面積を超えてしまい逃げる空間がない。また、比較例におけるアウターリング 273 は、内周側に凹の凹形状の断面を有する。このため、アウターリング 273 は内周側にエッジが形成される。このため、シールリング 271 がそのエッジに押し当てられて亀裂が発生することがある。

10

【0040】

これに対し、本実施形態では、外輪を残して外部透過や電熱効果を維持しつつ、シールリング 271 との接触を減らすことで、シールリング 271 が膨張するときの逃げる空間（自由空間）があり、また、シールリング 271 がアウターリング 273 に押し当てられる箇所における潰し量が緩和されるので、亀裂の発生を低減できる。これにより、シールリング 271 の熱膨張による破損を低減し、高温仕様時でも透過リスクを低減できる。

20

【0041】

図 7 に示すように、制御部（制御手段、制御器）であるコントローラ 121 は、CPU（Central Processing Unit）121a、RAM（Random Access Memory）121b、記憶装置 121c、I/Oポート 121d を備えたコンピュータとして構成されている。RAM 121b、記憶装置 121c、I/Oポート 121d は、内部バスを介して、CPU 121a とデータ交換可能なように構成されている。コントローラ 121 には、例えばタッチパネル等として構成された入出力装置 122 が接続されている。

30

【0042】

記憶装置 121c は、例えばフラッシュメモリ、HDD（Hard Disk Drive）等で構成されている。記憶装置 121c 内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラム、後述する半導体装置の製造方法（基板処理方法）の手順や条件などが記載されたプロセスレシピなどが、読み出し可能に格納されている。プロセスレシピは、後述する半導体装置の製造方法（基板処理方法）における各工程（各ステップ）をコントローラ 121 に実行させ、所定の結果を得ることができるよう組み合わされたものであり、プログラムとして機能する。以下、このプロセスレシピ、制御プログラム等を総称して、単に、プログラムともいう。本明細書においてプログラムという言葉を用いた場合は、プロセスレシピ単体のみを含む場合、制御プログラム単体のみを含む場合、または、プロセスレシピ及び制御プログラムの組み合わせを含む場合がある。RAM 121b は、CPU 121a によって読み出されたプログラムやデータ等が一時的に保持されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。

40

【0043】

I/Oポート 121d は、上述の MFC 312、322、332、512、522、532、バルブ 314、324、334、514、524、534、253、圧力センサ 245、252、APCバルブ 243、真空ポンプ 246、ヒータ 207、温度センサ 263、回転機構 267、ポートエレベータ 115 等に接続されている。

【0044】

50

CPU 121aは、記憶装置121cから制御プログラムを読み出して実行すると共に、入出力装置122からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置121cからレシピ等を読み出すように構成されている。CPU 121aは、読み出したレシピの内容に沿うように、MFC 312, 322, 332, 512, 522, 532による各種ガスの流量調整動作、バルブ314, 324, 334, 514, 524, 534の開閉動作、APCバルブ243の開閉動作及びAPCバルブ243による圧力センサ245に基づく圧力調整動作、圧力センサ252に基づくバルブ253の開閉動作、温度センサ263に基づくヒータ207の温度調整動作、真空ポンプ246の起動及び停止、回転機構267によるポート217の回転及び回転速度調節動作、ポートエレベータ115によるポート217の昇降動作、ポート217へのウエハ200の収容動作等を制御することが可能のように構成されている。

10

【0045】

コントローラ121は、外部記憶装置（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスクやハードディスク等の磁気ディスク、CDやDVD等の光ディスク、MO等の光磁気ディスク、USBメモリやメモ리카ード等の半導体メモリ）123に格納された上述のプログラムを、コンピュータにインストールすることにより構成することができる。記憶装置121cや外部記憶装置123は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体として構成されている。以下、これらを総称して、単に、記録媒体ともいう。本明細書において記録媒体は、記憶装置121c単体のみを含む場合、外部記憶装置123単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。コンピュータへのプログラムの提供は、外部記憶装置123を用いず、インターネットや専用回線等の通信手段を用いて行ってもよい。

20

【0046】

(2) 基板処理工程

以下、図8を参照して、原料ガスと還元ガスとを用い、ウエハ200上に所定の膜を形成する例について説明する。なお、以下の説明において、基板処理装置を構成する各部の動作はコントローラ121により制御される。

【0047】

本実施形態における成膜処理では、処理室201内のウエハ200に対して原料ガスを供給する工程(S941)と、処理室201内から原料ガス(残留ガス)を除去する工程(S942)と、処理室201内のウエハ200に対して還元ガスを供給する工程(S943)と、処理室201内から還元ガス(残留ガス)を除去する工程(S944)と、を非同時に行うサイクルを所定回数(1回以上)行うことで、ウエハ200に膜を形成する。

30

【0048】

本明細書において「ウエハ」という用語は、「ウエハそのもの(ベアウエハ)」の他、「ウエハとその表面に形成された所定の層や膜等との積層体(複合体)」を意味する。同様に「ウエハの表面」という用語は、「ウエハそのものの表面」を意味する場合や、「ウエハ上に形成された所定の層や膜等の表面、すなわち、積層体としてのウエハの最表面」を意味する場合がある。「基板」という用語の解釈も、「ウエハ」と同様である。

【0049】

(S901: ウエハチャージおよびポートロード)

最初に、複数枚のウエハ200がポート217に装填(ウエハチャージ)されると、マニホールド209の下端開口が開放される。その後、図1に示すように、複数枚のウエハ200を支持したポート217は、ポートエレベータ115によって持ち上げられて処理室201内へ搬入(ポートロード)される。この状態で、シールキャップ219は、リング220bを介してマニホールド209の下端をシールした状態となる。

40

【0050】

(S902: 圧力調整)

その後、処理室201内、すなわち、ウエハ200が存在する空間が所望の圧力(真空度)となるように、真空ポンプ246によって真空排気(減圧排気)される。この際、処理室201内の圧力は圧力センサ245で測定され、この測定された圧力情報に基づきA

50

PCバルブ243がフィードバック制御される。処理室201内の排気は、少なくともウエハ200に対する処理が終了するまでの間は継続して行われる。

【0051】

(S903：昇温)

また、処理室201内のウエハ200が所望の処理温度となるように、ヒータ207によって加熱される。この際、処理室201内が所望の温度分布となるように、温度センサ263が検出した温度情報に基づきヒータ207への通電具合がフィードバック制御される。また、回転機構267によるウエハ200の回転を開始する。処理室201内のウエハ200の加熱および回転は、いずれも、少なくともウエハ200に対する処理が終了するまでの間は継続して行われる。

【0052】

(S904：成膜処理)

処理室6内の温度が予め設定された処理温度に安定すると、次の4つのサブステップ、すなわち、S941、S942、S943及びS944を順次実行する。なおこの間、回転機構267により、回転軸255を介してポート217が回転されることで、ウエハ200が回転される。

【0053】

(S941：原料ガス供給)

このステップでは、処理室201内のウエハ200に対し、原料ガスを供給し、ウエハ200の最表面上に、第1の層を形成する。具体的には、バルブ314を開き、ガス供給管310内へ原料ガスを流す。原料ガスは、MFC312により流量調整され、ノズル410のガス供給孔410aを介して処理室201内の処理領域へ供給され、排気口231aを介して排気管230から排気される。また同時にバルブ514を開き、ガス供給管510内へ不活性ガスを流す。不活性ガスは、MFC512により流量調整され、ノズル410のガス供給孔410aを介して原料ガスと一緒に処理室201内の処理領域へ供給され、排気管230から排気される。また同時に不活性ガスは、ノズル420、430のガス供給孔420a、430aを介して処理室201内の処理領域へ供給され、排気管230から排気される。このとき、コントローラ121は、第1圧力を目標圧力とする定圧制御を行う。

【0054】

(S942：原料ガス排気)

第1の層が形成された後、バルブ314を閉じ、原料ガスの供給を停止するとともに、APCバルブ243を全開にする制御を行う。これにより、処理室201内を真空排気し、処理室201内に残留する未反応もしくは第1の層の形成に寄与した後の原料ガスを処理室201内から排出する。なお、バルブ514を開いたままとして、処理室201内へ供給された不活性ガスに、残留ガスをパージさせてもよい。ノズル410からのパージガスの流量は、排気経路中で低蒸気圧ガスの分圧を飽和蒸気圧よりも下げるように、或いは、アウトチューブ203内での流速が拡散速度に打ち勝つ速度になるように設定される。

【0055】

(S943：還元ガス供給)

ステップS942が終了した後、バルブ324を開き、ガス供給管320内に、還元ガスを流し、処理室201内のウエハ200、すなわち、ウエハ200上に形成された第1の層に対して還元ガスを供給する。還元ガスは、MFC322により流量調整され、ノズル420のガス供給孔420aを介して処理室201内の処理領域へ供給され、排気口231aを介して排気管230から排気される。また同時にバルブ524を開き、ガス供給管520内へ不活性ガスを流す。不活性ガスは、MFC522により流量調整され、ノズル420のガス供給孔420aを介して還元ガスと一緒に処理室201内の処理領域へ供給され、排気口231aを介して排気管230から排気される。また同時に不活性ガスは、ノズル410、430のガス供給孔410a、430aを介して処理室201内の処理領域へ供給され、排気口231aを介して排気管230から排気される。このとき、コン

10

20

30

40

50

トローラ 1 2 1 は、第 2 圧力を目標圧力とする定圧制御を行う。第 1 圧力や第 2 圧力は、一例として 1 0 0 ~ 5 0 0 0 P a である。

【 0 0 5 6 】

ここで、還元ガスとしては、例えば水素 (H) で構成されるガスである。好ましくは、水素単体で構成されるガスである。具体的には、水素 (H ₂) ガス、重水素 (D ₂) を用いることができる。水素ガスは可燃性ガスである。

【 0 0 5 7 】

(S 9 4 4 : 還元ガス排気)

還元ガスの供給を開始してから所定時間経過後、バルブ 3 2 4 を閉じ、還元ガスの供給を停止するとともに、目標圧力を 0 とする定圧制御 (つまり全開制御) を行う。これにより、処理室 2 0 1 内を真空排気し、処理室 2 0 1 内に残留する未反応もしくは第 1 の層の形成に寄与した後の還元ガスを処理室 2 0 1 内から排出する。このとき、ステップ S 9 4 2 と同様に、所定量の不活性ガスをパージガスとして処理室 2 0 1 内へ供給することができる。原料ガス排気若しくは還元ガス排気における到達圧力は、1 0 0 P a 以下であり、好ましくは 1 0 ~ 5 0 P a である。処理室 2 0 1 内の圧力は供給時と排気時とで 1 0 倍以上異なりうる。

10

【 0 0 5 8 】

(S 9 4 5 : 所定回数実施)

上述した S 9 4 1 から S 9 4 4 のステップを時間的にオーバーラップさせることなく順次行うサイクルを所定回数 (n 回) 行うことにより、ウエハ 2 0 0 上に、所定組成および所定膜厚の膜を形成することができる。

20

【 0 0 5 9 】

(S 9 0 5 : 降温)

このステップでは、必要に応じ、成膜処理の間続けられていたステップ S 9 0 3 の温度調整が停止しもしくはより低い温度に設定し直され、処理室 2 0 1 内の温度が徐々に下げられる。

【 0 0 6 0 】

(S 9 0 6 : ベントおよび大気圧復帰)

成膜処理が完了した後、ノズル 4 1 0、4 2 0、4 3 0 のそれぞれから不活性ガスを処理室 2 0 1 内へ供給し、排気口 2 3 1 a より排気する。ノズル 4 1 0、4 2 0、4 3 0 より供給される不活性ガスは、パージガスとして作用し、これにより、処理室 2 0 1 内がパージされ、処理室 2 0 1 内に残留するガスや反応副生成物等が処理室 2 0 1 内から除去される (アフターパージ)。その後、処理室 2 0 1 内の雰囲気が大気圧に置換され (不活性ガス置換)、処理室 2 0 1 内の圧力が常圧に復帰される (大気圧復帰)。

30

【 0 0 6 1 】

(S 9 0 7 : ポートアンロードおよびウエハディスチャージ)

その後、ポートエレベータ 1 1 5 によりシールキャップ 2 1 9 が下降され、マニホールド 2 0 9 の下端が開口される。そして、処理済のウエハ 2 0 0 が、ポート 2 1 7 に支持された状態でマニホールド 2 0 9 の下端からアウトチューブ 2 0 3 の外部に搬出 (ポートアンロード) される。その後、処理済のウエハ 2 0 0 は、アウトチューブ 2 0 3 の外部に搬出された後、ポート 2 1 7 より取り出される (ウエハディスチャージ)。

40

【 0 0 6 2 】

本実施形態によれば、以下に示す 1 つ又は複数の効果が得られる。

【 0 0 6 3 】

(a) シールリングの線径 (断面の太さ) に依存しないアウターリング形状のため、熱による破損が低減される。

【 0 0 6 4 】

(b) 設置場所や作業者による取り付けバラつきが低減され、シールリングの破損するリスクが低減される。

【 0 0 6 5 】

50

(c) シールリングの耐熱温度付近まで配管を加熱することができる。これにより、配管加熱の温度を高くすることができる。

【0066】

(d) 配管加熱の温度が高くなることにより、高温プロセス運用が可能となる。

【0067】

(e) 配管加熱の温度が高くなることにより、炉内や配管類を加熱し副生成物を付き難くすることができる。

【0068】

(f) 炉内や配管類に副生成物が付き難くなることにより、炉内や配管類の副生成物の量が多くなる大流量プロセスが可能となる。

【0069】

(g) 炉内や配管類に副生成物が付き難くなることにより、副生成物の除去するガスクリーニング頻度を少なくし、ダウンタイムを減少させることができる。これにより、生産性をあげることができる。

【0070】

(3) 他の実施形態

次に、上述した実施形態における配管接続部の変形例について図9～12を参照しながら詳述する。以下の変形例では、上述した実施形態と異なる点のみ詳述する。

【0071】

(変形例1)

本変形例では、比較例と同様に円周状にアウターリング273がシールリング271を保持する。しかし、本変形例では、図9に示すように、比較例におけるU字形の溝を有するアウターリングに代えてV字形のアウターリング273を備え、係合部がないインナーリングに代えて係合部があるインナーリング272を備える。インナーリング272の係合部272bはフランジ231b, 232bの内周側と係合し、フランジ231b, 232bの面に平行な方向における位置決めがなされる。アウターリング273は内周側にV型の谷形状を有し、インナーリング272が外周側にシールリング271を嵌合する凹部を有する。これにより、シールリング271はアウターリング273とインナーリング272との間に嵌め込まれて挟持される。シールリング271が膨張するときの逃げる空間(自由空間)は小さいが、アウターリング273にシールリング271を傷つけるエッジがないので、シールリング271の破損を低減することができる。

【0072】

(変形例2)

本変形例では、図10に示すように、変形例1におけるV字形のアウターリングに代えて内周側がフランジ面に垂直な平坦面を有するアウターリング273を備える。これにより、シールリング271はアウターリング273とインナーリング272との間に挟持される。自由空間は変形例1よりも大きく、アウターリング273にシールリング271を傷つけるエッジがないので、シールリング271の破損を低減することができる。

【0073】

(変形例3)

本変形例では、図11に示すように、変形例2における係合部がないアウターリングに代えて係合部があるアウターリング273を備える。アウターリング273の係合部273bはフランジ231b, 232bの外周側と係合し、フランジ231b, 232bの面に平行な方向における位置決めがなされる。自由空間をシールリング271に沿って適切に分散することが可能である。また、室温で全周が離間するほど自由空間を拡大可能である。

【0074】

(変形例4)

本変形例では、図12に示すように、変形例3におけるインナーリングに代えてU字形の溝を有するインナーリング272を備える。インナーリング272は、内周面を形成

10

20

30

40

50

する横断面が矩形状の基部 272c と、基部 272c の上下両側からそれぞれフランジ 231b, 232b の面に沿ってシールリング 271 に向かって延出する一对の凸部 272d, 272d から構成され、凸部 272d, 272d のシールリング 271 と当接する箇所には円弧を有している。一对の凸部 272d, 272d 間には溝 272e が形成されている。自由空間は変形例 3 よりも大きく、また、インナーリング 272 にシールリング 271 を傷つけるエッジがない。

【0075】

また、上記実施形態では、一度に複数枚の基板を処理するパッチ式の縦型装置である基板処理装置を用いて成膜する例について説明したが、本開示はこれに限定されず、一度に 1 枚または数枚の基板を処理する枚葉式の基板処理装置を用いて成膜する場合にも、好適に適用できる。これらの基板処理装置を用いる場合においても、上述の実施形態と同様なシーケンス、処理条件にて成膜を行うことができる。

10

【0076】

これらの各種薄膜の形成に用いられるプロセスレシピ（処理手順や処理条件等が記載されたプログラム）は、基板処理の内容（形成する薄膜の膜種、組成比、膜質、膜厚、処理手順、処理条件等）に応じて、それぞれ個別に用意する（複数用意する）ことが好ましい。そして、基板処理を開始する際、基板処理の内容に応じて、複数のプロセスレシピの中から、適正なプロセスレシピを適宜選択することが好ましい。具体的には、基板処理の内容に応じて個別に用意された複数のプロセスレシピを、電気通信回線や当該プロセスレシピを記録した記録媒体（外部記憶装置 123）を介して、基板処理装置が備える記憶装置 121c 内に予め格納（インストール）しておくことが好ましい。そして、基板処理を開始する際、基板処理装置が備える CPU 121a が、記憶装置 121c 内に格納された複数のプロセスレシピの中から、基板処理の内容に応じて、適正なプロセスレシピを適宜選択することが好ましい。このように構成することで、1 台の基板処理装置で様々な膜種、組成比、膜質、膜厚の薄膜を汎用的に、かつ、再現性よく形成できるようになる。また、オペレータの操作負担（処理手順や処理条件等の入力負担等）を低減でき、操作ミスを回避しつつ、基板処理を迅速に開始できるようになる。

20

【0077】

また、本開示は、例えば、既存の基板処理装置のプロセスレシピを変更することでも実現できる。プロセスレシピを変更する場合は、本開示に係るプロセスレシピを電気通信回線や当該プロセスレシピを記録した記録媒体を介して既存の基板処理装置にインストールしたり、また、既存の基板処理装置の入出力装置を操作し、そのプロセスレシピ自体を本開示に係るプロセスレシピに変更したりすることも可能である。

30

【0078】

以上、本開示の実施形態を具体的に説明した。しかしながら、本開示は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

【符号の説明】

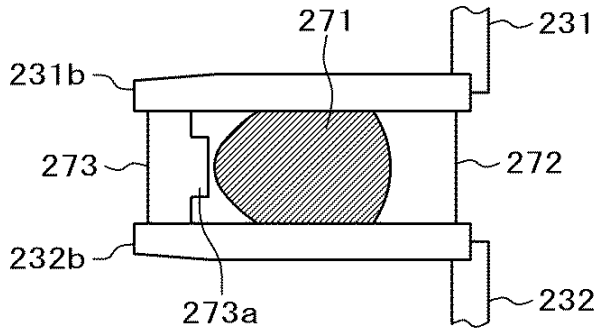
【0079】

- 231b, 232b・・・フランジ
- 270・・・シールアセンブリ
- 271・・・シールリング
- 272・・・インナーリング
- 273・・・アウトターリング

40

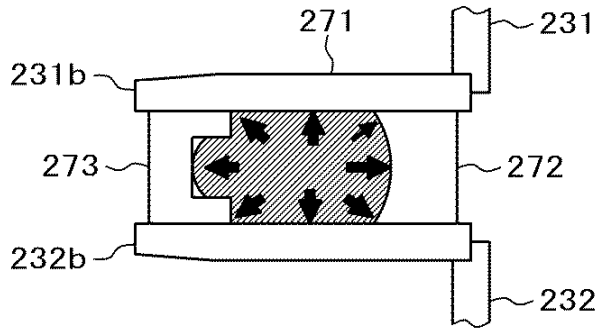
【図5】

図5



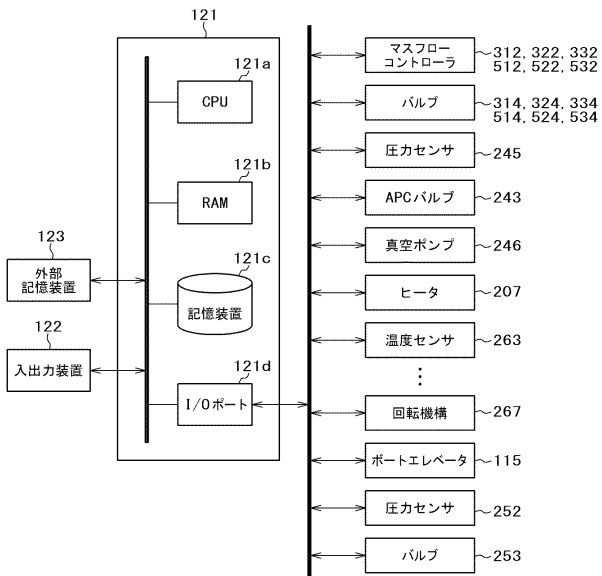
【図6】

図6



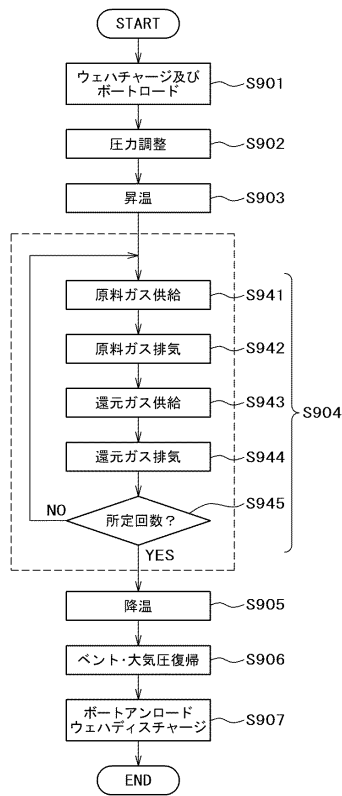
【図7】

図7



【図8】

図8



10

20

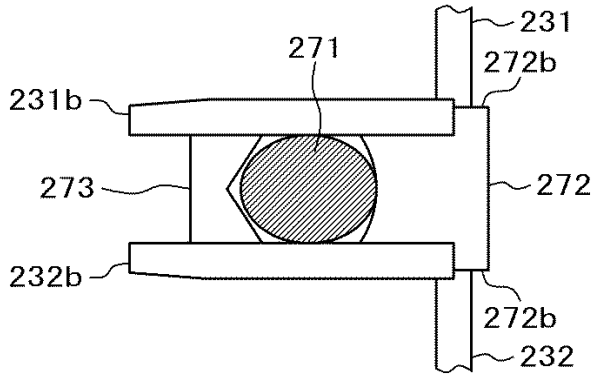
30

40

50

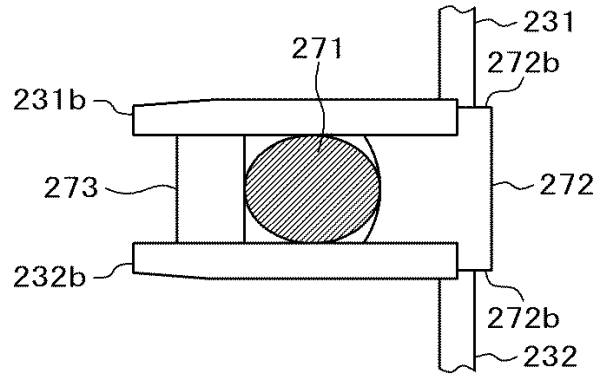
【図9】

図9



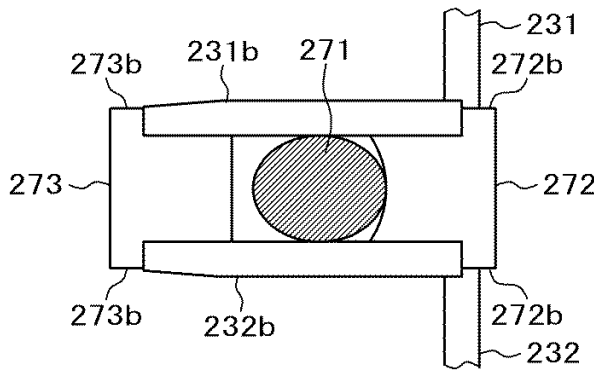
【図10】

図10



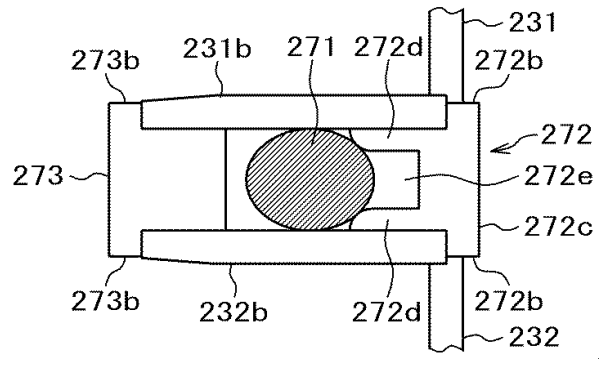
【図11】

図11



【図12】

図12



10

20

30

40

50

フロントページの続き

富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社KOKUSAI ELECTRIC内

審査官 大谷 謙仁

- (56)参考文献 特表2018-533702(JP,A)
特開2007-010100(JP,A)
特開2001-124210(JP,A)
特開2014-052053(JP,A)
特開2006-071053(JP,A)
特開2016-176497(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F16J 15/10
F16J 15/06