

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7242582号**  
**(P7242582)**

(45)発行日 令和5年3月20日(2023.3.20)

(24)登録日 令和5年3月10日(2023.3.10)

(51)国際特許分類

F 1 6 K	41/00 (2006.01)	F 1 6 K	41/00
F 1 6 K	49/00 (2006.01)	F 1 6 K	49/00
F 1 6 K	1/226(2006.01)	F 1 6 K	1/226
F 1 6 K	51/02 (2006.01)	F 1 6 K	51/02

F I

請求項の数 4 (全15頁)

(21)出願番号 特願2020-9768(P2020-9768)  
 (22)出願日 令和2年1月24日(2020.1.24)  
 (65)公開番号 特開2021-116846(P2021-116846)  
 A)  
 (43)公開日 令和3年8月10日(2021.8.10)  
 審査請求日 令和3年9月30日(2021.9.30)

(73)特許権者 000106760  
 C K D 株式会社  
 愛知県小牧市応時二丁目 250 番地  
 (74)代理人 110000291  
 弁理士法人コスマス国際特許商標事務所  
 西村 康典  
 愛知県小牧市応時二丁目 250 番地 C  
 K D 株式会社内  
 審査官 清水 康

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 バタフライバルブ

**(57)【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

真空チャンバと真空ポンプとを接続する配管上に配設され、前記真空チャンバの真空圧力制御を行うバタフライバルブであって、モータを備える駆動部と、内部に流路およびバタフライ弁体を備える弁部と、が結合されてなり、前記モータに接続されたロッドが、前記駆動部から延伸し、前記弁部の備える挿通孔から前記流路に挿入され、前記バタフライ弁体に結合されているバタフライバルブにおいて、

前記駆動部は、前記モータと前記弁部が結合されている側の端部との間に、前記ロッドが挿通される中空部を備えること、

前記中空部において、前記ロッドと同軸に、前記ロッドの外周面を覆う円筒状の磁性部材が配置され、

前記磁性部材の外周面と前記中空部の内周面との間の空隙に、磁性流体が充填されていること、

前記ロッドは非磁性の耐食性合金からなること、

前記弁部は、バージガスを入力するための入力ポートと、前記入力ポートと前記挿通孔とを連通するバージガス流路と、を備え、

前記入力ポートと前記流路とが、前記バージガス流路と前記挿通孔とにより連通されていること、

前記バタフライバルブは、前記バタフライ弁体が全閉位置にあるとき、前記バタフライ弁体の外周面と前記流路の内壁との間に隙間を有し、前記真空チャンバは、絶えず排気さ

れている状態にあること、

を特徴とするバタフライバルブ。

【請求項 2】

請求項1に記載のバタフライバルブにおいて、

前記弁部は、前記弁部を加熱するヒータを備えること、

前記ページガス流路は、前記ヒータの近傍に形成されたものであるとともに、熱交換器を備えること、

前記ヒータに熱せられた前記熱交換器によって、前記ページガスは所定の温度に温められること、

を特徴とするバタフライバルブ。

10

【請求項 3】

請求項1または2に記載のバタフライバルブにおいて、

前記ロッドは、前記挿通孔の内周面に対向する外周面に、前記ロッドの軸方向に並ぶ複数の凹部を備えること、

前記挿通孔の内周面と、前記複数の凹部と、によりラビリンスシールが形成されること、  
を特徴とするバタフライバルブ。

【請求項 4】

請求項3に記載のバタフライバルブにおいて、

前記磁性流体と前記ラビリンスシールとの間に、バッファ容積を有すること、

を特徴とするバタフライバルブ。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、真空チャンバと真空ポンプとを接続する配管上に配設され、真空チャンバの真空圧力制御を行うバタフライバルブであって、モータを備える駆動部と、内部に流路およびバタフライ弁体を備える弁部と、が結合されてなり、モータに接続されたロッドが、駆動部から延伸し、弁部の備える挿通孔から流路に挿入され、バタフライ弁体に結合されているバタフライバルブに関するものである。

【背景技術】

【0002】

30

従来、半導体製造工程では、真空チャンバと真空ポンプとの間に、真空圧力制御装置として、流路のコンダクタンスが大きいバタフライバルブを配置し、真空チャンバの真空圧力を制御することが多い。例えば、特許文献1に開示されるような、モータを備える駆動部と、内部に流路およびバタフライ弁体を備える弁部と、が結合されてなり、モータに接続されたロッドが、駆動部から延伸し、弁部の備える挿通孔から流路に挿入され、バタフライ弁体に結合されているバタフライバルブが用いられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2019-19851号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記従来技術には次のような問題があった。

近年、原子層堆積法（ALD法）などにより、半導体の製造サイクルが高速化されていくことに伴い、バタフライバルブのロッドの回転回数として、数千万回の高耐久性が求められる。従来のバタフライバルブにおいては、制御流体（プロセスガス）が流路からロッドを挿通する挿通孔を通ってバタフライバルブの外部へ流出しないよう、ロッド外周面にOリングを配設し、挿通孔のシールを行っているが、Oリングは数千万回の回転に耐えられるような十分な耐久性を有していない。Oリングの耐久性が十分でないために、短期間

50

で、ロッドの回転に対するシールが不完全となり、プロセスガスがバタフライバルブの外部へ流出し、外気が汚染されるおそれがあった。また、短期間でシールが不完全となると、短期間でバタフライバルブを新しいものに交換しなければならず、半導体製造効率を低下させるおそれがあった。

#### 【0005】

本発明は、上記問題点を解決するためのものであり、ロッドの回転に対するシールの耐久性を高めることで、プロセスガスの外部漏れによる外気汚染を防止するとともに高寿命なバタフライバルブを提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

上記課題を解決するために、本発明のバタフライバルブは、次のような構成を有している。

(1) 真空チャンバと真空ポンプとを接続する配管上に配設され、真空チャンバの真空圧力制御を行うバタフライバルブであって、モータを備える駆動部と、内部に流路およびバタフライ弁体を備える弁部と、が結合されてなり、モータに接続されたロッドが、駆動部から延伸し、弁部の備える挿通孔から流路に挿入され、バタフライ弁体に結合されているバタフライバルブにおいて、駆動部は、モータと弁部が結合されている側の端部との間に、ロッドが挿通される中空部を備えること、中空部において、ロッドと同軸に、ロッドの外周面を覆う円筒状の磁性部材が配置され、磁性部材の外周面と中空部の内周面との間の空隙に、磁性流体が充填されていること、ロッドは非磁性の耐食性合金からなること、弁部は、バージガスを入力するための入力ポートと、入力ポートと挿通孔とを連通するバージガス流路と、を備え、入力ポートと流路とが、バージガス流路と挿通孔とにより連通されていること、バタフライバルブは、バタフライ弁体が全閉位置にあるとき、バタフライ弁体の外周面と流路の内壁との間に隙間を有し、真空チャンバは、絶えず排気されている状態にあること、を特徴とする。

#### 【0007】

(1) に記載のバタフライバルブによれば、駆動部は、モータと弁部が結合されている側の端部との間に、ロッドが挿通される中空部を備え、中空部において、ロッドと同軸に、ロッドの外周面を覆う円筒状の磁性部材が配置され、磁性部材の外周面と中空部の内周面との間の空隙に、磁性流体が充填されているため、中空部において、磁性流体が磁性部材の磁力により保持され、いわゆる磁性流体シールが形成されている。磁性流体シールは、ロッドが数千万回の回転を行っても劣化しにくく、Oリングに比べてロッドの回転に対するシールの耐久性が高い。また、流路から挿通孔を通ってバタフライバルブの外部へ流出しようとするプロセスガスは、磁性流体シールによって流出を阻まれる。よって、シールの耐久性を高めつつ、プロセスガスがバタフライバルブの外部へ流出し、外気が汚染されることを防止することができ、バタフライバルブの寿命の低下、ひいては半導体製造効率の低下を防止することができる。

#### 【0008】

磁性流体を用いることで、次のような新たな課題が生じる。磁性流体をロッドの外周に保持するためには、例えば、ロッドに磁性体のステンレス鋼を用いることが考えられる。しかし、磁性体のステンレス鋼は、非磁性体のステンレス鋼に比べて耐食性が劣る。ロッドは、流路に挿入され、プロセスガスに接する接ガス部材であるため、ロッドが磁性体のステンレス鋼からなる場合、ロッドがプロセスガスにより腐食するおそれがある。

#### 【0009】

そこで、本発明においては、ロッドは非磁性の耐食性合金からなるものとし、ロッドの腐食を防いでいる。そして、磁性流体の保持には、ロッドの外周面を覆う円筒状の磁性部材を用いることとした。

#### 【0011】

また、(1)に記載のバタフライバルブによれば、バージガスを入力するための入力ポートと弁部の流路とが、バージガス流路と挿通孔とにより連通されているため、入力ポート

10

20

30

40

50

から入力されるバージガスが、バージガス流路と挿通孔を通り、流路に出力される。挿通孔から流路に向かってバージガスが流れることにより、流路から挿通孔を通って、磁性流体シール部への侵入や、バタフライバルブの外部へ流出をしようとするプロセスガスは流路へ押し戻される。よって、プロセスガスが、磁性流体シール部に侵入することや、バタフライバルブの外部に流出することを防止することができ、外気の汚染や、バタフライバルブの寿命の低下、ひいては半導体製造効率の低下を防止することができる。

#### 【0012】

(3)(1)に記載のバタフライバルブにおいて、弁部は、弁部を加熱するヒータを備えること、バージガス流路は、ヒータの近傍に形成されたものであるとともに、熱交換器を備えること、ヒータに熱せられた熱交換器によって、バージガスは所定の温度に温められること、を特徴とする。10

#### 【0013】

(3)に記載のバタフライバルブによれば、プロセスガスの成分の固形化によるパーティクルの発生を防止することができる。

#### 【0014】

半導体製造工程に用いられるプロセスガスは、常温では固体または液体であるものがあり、高温に熱せられたガス状態で用いられる(例えば200度程度に熱せられている)。したがって、入力ポートから入力されるバージガスは、流路に出力される前に熱しておく必要がある。これは、温度が低い状態で流路に出力されたバージガスがプロセスガスと接触してしまうと、プロセスガスの温度が低下することでプロセスガスが固体化または液化し、流路や配管に固形化したプロセスガス等の生成物が堆積するおそれがあるためである。これを防ぐためには、バージガスをバタフライバルブの外部で熱した後にバタフライバルブに供給することも考えられるが、バタフライバルブを用いる半導体製造装置に、加熱のための装置が別途に必要となるため好ましくない。そこで、本発明のように、弁部がヒータを備え、バージガス流路がヒータの近傍に形成されたものであるとともに、熱交換器を備えたものとすれば、ヒータの熱を利用して、バージガス流路を通るバージガスを所定の温度に熱することができるため、半導体製造装置に別途加熱のための装置を要することなく、プロセスガスの固形化または液化を防止することができ、流路や配管に固形化したプロセスガス等の生成物が堆積することを防止することができる。20

#### 【0015】

(4)(1)乃至(3)のいずれか1つに記載のバタフライバルブにおいて、ロッドは、挿通孔の内周面に対向する外周面に、ロッドの軸方向に並ぶ複数の凹部を備えること、挿通孔の内周面と、複数の凹部と、によりラビリンスシールが形成されること、を特徴とする。30

#### 【0016】

(4)に記載のバタフライバルブによれば、真空チャンバの急激な圧力変動による磁性流体シールの破壊を防止することができる。

#### 【0017】

例えば、作業者が操作を誤り、真空チャンバの圧力が急激に低下した場合、流路に急激な負圧が発生する。流路に生じる急激な負圧によって駆動部内の気体が流路へ急激に吸い出され、駆動部内の圧力が急激に低下する。磁性流体は磁性部材の磁力により保持されているが、駆動部内の圧力が急激に低下すると、磁性流体に過大な圧力衝撃が加わり、磁性流体シールが破壊され、機能しなくなるおそれがある。磁性流体シールが破壊されてしまうと、駆動部へのプロセスガスの侵入を防ぐことができなくなる。そこで、本発明のように、ロッドが挿通孔の内周面に対向する外周面に、ロッドの軸方向に並ぶ複数の凹部を備え、挿通孔の内周面と複数の凹部とによりラビリンスシールを形成することで、流路に急激な負圧が発生したとしても、ラビリンスシールが駆動部内から流路へ吸い出される気体の量を絞るため、駆動部内の圧力が急激に低下することがなく、磁性流体に加わる圧力衝撃が緩和される。これにより、磁性流体シールの破壊を防止することができる。40

#### 【0018】

10

20

30

40

50

(5)(4)に記載のバタフライバルブにおいて、磁性流体とラビリンスシールとの間に、バッファ容積を有すること、を特徴とする

**【0019】**

(5)に記載のバタフライバルブによれば、磁性流体とラビリンスシールとの間に、バッファ容積を有しているため、流路において急激な圧力低下が発生した際に駆動部から吸い出される気体の量が、バッファ容積を有しない場合に比べて増加し、より確実に磁性流体に加わる圧力衝撃を緩和すること、ひいては磁性流体シールの破壊を防止することができる。

**【発明の効果】**

**【0020】**

本発明のバタフライバルブは、上記構成を有することにより、ロッドの回転に対するシールの耐久性を高めることで、プロセスガスの外部漏れによる外気汚染を防止するとともに高寿命なバタフライバルブとすることができます。

10

**【図面の簡単な説明】**

**【0021】**

**【図1】**本発明の実施形態に係るバタフライバルブを用いた真空圧力制御システムの概略図である。

**【図2】**本発明の実施形態に係るバタフライバルブの、回転軸の軸線に平行かつ流路に平行な方向に切断した断面図である。

**【図3】**本発明の実施形態に係るバタフライバルブの、回転軸の軸線に平行かつ流路に直交する方向に切断した断面図である。

20

**【図4】**図3のX2部分の部分拡大図である。

**【図5】**図2のX1部分の部分拡大図である。

**【図6】**真空チャンバの圧力値と、磁性流体に負荷される圧力値の関係を表したグラフである。

**【発明を実施するための形態】**

**【0022】**

本発明のバタフライバルブの実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

**【0023】**

本実施形態のバタフライバルブ1は、図1に示すように、半導体製造工程において、真空チャンバ32と真空ポンプ33を接続する配管34上に配設され、ガス供給源37からガスが供給されている真空チャンバ32の圧力を制御する真空圧力制御装置として使用される。

30

**【0024】**

図2は、本発明の実施形態に係るバタフライバルブ1の、回転軸11aの軸線RAに平行かつ流路30に平行な方向に切断した断面図である。また、図2は、本発明の実施形態に係るバタフライバルブ1の、回転軸11aの軸線RAに平行かつ流路30に直交する方向に切断した断面図である。なお、図2、図3ともに閉弁状態を表している。

**【0025】**

図2および図3に示すように、バタフライバルブ1は、駆動部2と弁部3とからなる。駆動部2は、耐久性に優れたダイレクトドライブモータ(モータの一例。以下DDモータ)11を有しており、図1に示すように、DDモータ11は、モータドライバ12と、エンコーダ14に接続されている。また、モータドライバ12は、制御基板13に接続されている。DDモータ11は減速機等の中間機構を要さないため、駆動部2の小型化、騒音の低減の他、応答性能、速度安定性能、位置決め精度が向上される。よって、バタフライバルブ1による真空圧力制御の精度が高まる。また、DDモータ11は、図2および図3に示すように、回転軸11aを有しており、回転軸11aの回転中心を軸線RAとする。

40

**【0026】**

制御基板13には、図1に示すように、モータドライバ12と、真空チャンバ32の圧力を検出する圧力計35が接続されている。制御基板13は、記憶手段131を有してお

50

り、記憶手段 131 には、例えば、バタフライ弁体 9 の全閉位置および全開位置や、真空チャンバ 32 の任意の目標圧力等に対応する回転軸 11a の回転角度（即ち、後述するロッド 10 の回転角度）が記憶されている。そして、記憶手段 131 から読み出される回転角度に基づき、モータドライバ 12 が DD モータ 11 の回転を制御する。

#### 【0027】

回転軸 11a には、図 2 および図 3 に示すように、金属板ばね式のカップリング 17 を介してロッド 10 の一端が接続されている。カップリング 17 により、ロッド 10 が後述する流路 30 を流れるプロセスガス（例えば、200 度程度のガス）によって熱せられても、その熱が DD モータ 11 に伝わりにくくなっている。

#### 【0028】

また、駆動部 2 は、弁部 3 に、ハウジング 16 と、断熱部材 7 と、ヒートシンク 15 と DD モータ 11 が積みあがるようにして結合されている。駆動部 2 は、DD モータ 11 と弁部 3 との間に、ヒートシンク 15 と断熱部材 7 を有するため、プロセスガスや、後述するヒータ 27 により熱せられた弁部 3 の熱が、DD モータ 11 に伝達されることを防ぐことができる。

#### 【0029】

ハウジング 16 は、中空の円筒状に形成されている。これにより、駆動部 2 は、DD モータ 11 と駆動部 2 の弁部 3 が結合されている側の端部との間に、中空部 16a を備えている。中空部 16a には、ロッド 10 が挿通されており、ロッド 10 と同軸に、ロッド 10 の外周面を覆う円筒状の磁性部材 18 が配置されている。さらに、磁性部材 18 の外周面と中空部 16a の内周面との間の空隙には、磁性流体 19 が充填されている。磁性流体 19 は、磁性部材 18 の磁力により保持されるため、いわゆる磁性流体シールが形成される。

#### 【0030】

ハウジング 16 と弁部 3 との間には、O リング 31 が配設されており、O リング 31 によって、後述する流路 30 およびバッファ容積 51 の気密を保っている。

#### 【0031】

磁性部材 18 および磁性流体 19 の DD モータ 11 側には、ロッド 10 の軸方向に隣接して並ぶ 2 つのボールベアリング 21A, 21B が配設されており、ボールベアリング 21A, 21B は、ロッド 10 を回転可能に軸支している。ボールベアリング 21A, 21B は、軸受け押さえ 24 と、磁性部材 18 とによって、上下方向から挟まれることで固定されている。

#### 【0032】

また、ハウジング 16 は、弁部 3 側の端部に、ロッド 10 の外形よりも大きい内径を有する貫通孔 16b を有しており、中空部 16a に挿通されたロッド 10 は、貫通孔 16b を通り、弁部 3 へ挿入される。

#### 【0033】

駆動部 2 と連結している弁部 3 は、バルブボディ 8 と、バタフライ弁体 9 とを有している。バルブボディ 8 は、耐腐食性や耐熱性を有するステンレス鋼からなる。

#### 【0034】

バルブボディ 8 は、図 2 中の左端部に継手 5 を、図 2 中の右端部に継手 6 を備えており、継手 5 の内壁には入力側流路 8b が形成され、継手 6 の内壁には出力側流路 8c が形成されている。そして、入力側流路 8b と出力側流路 8c との間には、断面円弧状の内壁からなる弁孔 8a が形成されている。入力側流路 8b と弁孔 8a と出力側流路 8c は、同軸上に設けられるとともに連通し、一連の流路 30 を構成する。そして、継手 5 は真空チャンバ 32 に、継手 6 は真空ポンプ 33 に、それぞれ配管 34 を介して接続され、流路 30 によって真空チャンバ 32 の排気を行う。

#### 【0035】

また、バルブボディ 8 は、図 3 に示すように、バルブボディ 8 の温度を計測する温度センサとしての熱電対 28 を備えている。さらに、バルブボディ 8 は、流路 30 を流れる流

10

20

30

40

50

体の温度を保つため、弁孔 8 a を挟むように、一対のヒータ 27 A , 27 B を備えている。ヒータ 27 A , 27 B は、カートリッジヒータであり、バタフライバルブ 1 の外部の制御装置（図示せず）と接続されている。そして、ヒータ 27 A , 27 B は、制御装置によつて熱電対 28 の計測値に基づいた ON または OFF の制御がされ、バルブボディ 8 の温度を調整する。また、バルブボディ 8 は、サーモスタッフ 29 を備えている。サーモスタッフ 29 は、ヒータ 27 A , 27 B が暴走して、バルブボディ 8 が過剰に加熱された場合に作動する。サーモスタッフ 29 が作動すると、制御装置は、ヒータ 27 を停止させる。

#### 【0036】

さらに、バルブボディ 8 は、図 2 および図 3 に示すように、駆動部 2 側の端面（上端面）と弁孔 8 a とを貫通する挿通孔 8 d を有しており、挿通孔 8 d にはロッド 10 が挿通されている。挿通孔 8 d に挿通されたロッド 10 は、弁孔 8 a に、流路 30 に対して直交する方向に架設されている。なお、挿通孔 8 d は、ブッシュ 20 を備えており、ブッシュ 20 の内周面 20 a が挿通孔 8 d の内周面の一部を形成している。ブッシュ 20 は耐食性が高く、摺動性の良い樹脂からなっているため、ロッド 10 のスムーズな回転が確保されている。

10

#### 【0037】

挿通孔 8 d の上端部は、ブッシュ 20 を備える部分に比べて拡径されており、図 4 に示すように、ロッド 10 の外周面との間に第 1 空間 511 が形成されている。さらに、ハウジング 16 の貫通孔 16 b の内周面とロッド 10 の外周面との間に第 2 空間 512 が形成されており、第 1 空間 511 と第 2 空間 512 とによりバッファ容積 51 が形成されている。

20

#### 【0038】

ロッド 10 は、非磁性の耐腐食性合金であるステンレス鋼（例えば SUS316L）を削り出して、円柱状に形成されたものである。ロッド 10 の挿通孔 8 d に挿通されている部分の外周面には、図 5 に示すように、ロッド 10 の軸方向に並ぶ複数の凹部 10 a ~ 10 e が設けられており、挿通孔 8 d の内周面（ブッシュ 20 の内周面 20 a）と複数の凹部 10 a ~ 10 e とによりラビリンスシール 50 が形成されている。

20

#### 【0039】

また、ロッド 10 は、図 2 および図 3 に示すように、流路 30 に挿通されている側の一端が、ブッシュ 22 によって回転可能に軸支されている。ブッシュ 22 は耐食性が高く、摺動性の良い樹脂からなる。上記した通り、ロッド 10 は、ボールベアリング 21 A , 21 B によっても軸支されているため、ロッド 10 は、ボールベアリング 21 A , 21 B とブッシュ 22 とによって、両持ち状態に軸支されることになる。ロッド 10 は、両持ち状態に軸支されることで、回転中心軸が安定し、ぶれにくくなっている。

30

#### 【0040】

ロッド 10 の流路 30 に挿入されている部分は、弁体取付部 10 f を備えており、バタフライ弁体 9 が結合されている。バタフライ弁体 9 は、耐腐食性や耐熱性を有するステンレス鋼を削り出して円板状に形成したものである。外径は、弁孔 8 a の内径とほぼ同一であり、バタフライ弁体 9 の外周と、弁孔 8 a の内壁との隙間は極小となっている。

40

#### 【0041】

バタフライ弁体 9 は、図 2 に示すように、ねじ 25 A , 25 B , 25 C および座金 26 A , 26 B , 26 C によりロッド 10 に結合されている。なお、ねじ 25 A , 25 B , 25 C は 3 つとも全て同一種類のねじであり、座金 26 A , 26 B , 26 C も 3 つとも全て同一種類の座金である。

#### 【0042】

バタフライ弁体 9 がロッド 10 に結合されているため、DD モータ 11 の回転軸 11 a が軸線 R A を中心に正方向 K に回転すると、回転軸 11 a とカップリング 17 を介して接続されたロッド 10 が正方向 K に回転され、弁孔 8 a を塞いでいたバタフライ弁体 9 が同方向に回転される。回転角度が 90 度になると、バタフライ弁体 9 は、流路 30 が開放される全開位置となるため、真空チャンバ 32 から大量の排気が可能となる。

50

### 【 0 0 4 3 】

一方、バタフライ弁体 9 が全開位置となった状態で、DD モータ 11 の回転軸 11a が軸線 R A を中心に、開弁時とは逆方向である負方向 - K に 90 度回転すると、ロッド 10 が - K 方向に回転し、バタフライ弁体 9 が弁孔 8a を塞ぐ全閉位置となる。バタフライ弁体 9 が全閉位置となったとき、バタフライ弁体 9 の外周面と弁孔 8a の内壁との間には、極小の隙間が設けられているため、完全にシールされている状態ではなく、バタフライ弁体 9 は、いわば絞りの役割を果たしている。したがって、真空チャンバ 32 は、排気が停止されることなく、絶えず排気されている状態にある。これは、ALD では真空チャンバ 32 の圧力が制御できていれば良く、完全に流路 30 をシールする必要がないためである。

### 【 0 0 4 4 】

バルブボディ 8 には、図 3 に示すように、バージガスを入力するための入力ポート 41 が、バージガス管 42 を介して接続されている。バージガス管 42 の内部には、流路 42a が設けられている。

### 【 0 0 4 5 】

さらに、バルブボディ 8 には、後述する熱交換器 43 を挿入するための挿入孔 8f が、バルブボディ 8 の上端面からヒータ 27A 付近まで、軸線 R A に対して角度を持って穿設されている。この挿入孔 8f は、連通孔 8g により、バージガス管 42 の流路 42a に連通されるとともに、連通孔 8h, 8i により、挿通孔 8d にも連通している。

### 【 0 0 4 6 】

挿入孔 8f には、挿入孔 8f の内径よりもやや小さい外径を有するとともに、内部に中空部 43a を有する円筒状の熱交換器 43 が挿入されている。熱交換器 43 が挿入孔 8f の内径よりもやや小さい外径を有するため、熱交換器 43 の外周面と挿入孔 8f との間に空間 81 が形成される。そして、熱交換器 43 の、バルブボディ 8 の上端面側の端部には Oリング 45 が取り付けられており、挿入孔 8f により圧縮される Oリング 45 が、空間 81 を密閉している。

### 【 0 0 4 7 】

上記に説明した流路 42a と、連通孔 8g と、熱交換器 43 の中空部 43a と、連通孔 8h, 8i とにより、バージガス流路 44 が形成され、バージガス流路 44 は、入力ポート 41 と挿通孔 8d とを連通している。つまり、バージガス流路 44 と挿通孔 8d とにより、入力ポート 41 とプロセスガスを流す流路 30 とが連通するため、入力ポート 41 から入力されるバージガスが、流路 30 に出力される。

### 【 0 0 4 8 】

詳しく説明すると、バージガスは、流路 42a、連通孔 8g を通った後、挿入孔 8f に達する。このとき、Oリング 45 はバージガスがバルブボディ 8 の上端面側へ流れること防ぐため、バージガスは空間 81 をヒータ 27A の側へ向かって流れていく。そして、挿入孔 8f の最下端に達したバージガスは、熱交換器 43 の中空部 43a を通り、バルブボディ 8 の上端面側へ向かって流れしていく。熱交換器 43 は、ヒータ 27A により、200 度程度まで熱せられているため、バージガスは、空間 81 と中空部 43a とを通る際に熱せられる。そして、中空部 43a を通り、バルブボディ 8 の上端面に達したバージガスは、さらに連通孔 8h, 8i を通り、挿通孔 8d まで流れる。挿通孔 8d の上方は、磁性流体シールが形成されているため、バージガスが DD モータ 11 側へ流入することなく、挿通孔 8d に達したバージガスは、流路 30 へ出力される。

### 【 0 0 4 9 】

次に、バタフライバルブ 1 を用いた真空圧力制御の概要を説明する。

バタフライ弁体 9 は、全閉位置にある場合でも、弁孔 8a の内周面に対して極小の隙間を持っているため、絞りの役割を果たすものである。したがって、バタフライバルブ 1 は、真空ポンプ 33 の動作による真空チャンバ 32 の排気を、常に行っている。そして、バタフライ弁体 9 は、真空チャンバ 32 が目標の圧力となるように、全閉位置（回転角度 0°）から、全開位置（回転角度 90°）までの間で、任意の回転角度をもって回転し、流路 30 の流路面積を調整する。

10

20

30

40

50

### 【 0 0 5 0 】

例えば、全閉位置の状態、または、任意の回転角度で回転された位置から、より大量に排気を行い、真空チャンバ32の圧力を低下させる場合、バタフライバルブ1の制御基板13は、記憶手段131から目標とする圧力に対応する回転角度を読み出す。そして、読み出された回転角度に基づき、モータドライバ12が、エンコーダ14を用いてDDモータ11を駆動する。ロッド10は、DDモータ11により、読み出された回転角度まで正方向Kに回転する。ロッド10に結合されたバタフライ弁体9は、ロッド10と一体的に正方向Kに回転し、絞られていた流路面積を拡大させていく。

### 【 0 0 5 1 】

一方で、全開位置の状態、または任意の回転角度で回転された位置から、排気する量を絞り、真空チャンバ32の圧力を上昇させる場合は、バタフライバルブ1の制御基板13は、記憶手段131から目標とする圧力に対応する回転角度を読み出す。そして、読み出された回転角度に基づき、モータドライバ12が、エンコーダ14を用いてDDモータ11を駆動する。そして、ロッド10は、真空チャンバ32の圧力を低下させる場合とは逆方向である-Kに回転する。ロッド10に結合されたバタフライ弁体9は、ロッド10と一体的に-Kの方向に回転し、拡大されていた流路面積を絞っていく。

10

### 【 0 0 5 2 】

以上のように、バタフライ弁体9により流路面積を調整される流路30を、真空ポンプ33に吸引されたプロセスガスが流れることとなる。流路30を流れるプロセスガスは、挿通孔8dから駆動部2へ侵入しようとするが、駆動部2を構成するハウジング16の中空部16aには、磁性部材18の磁力により保持された磁性流体19が、磁性流体シールを形成しているため、プロセスガスは、磁性流体シールからDDモータ11側には侵入することができないようになっている。これにより、バージガスがバタフライバルブ1の外部へ流出し、外気が汚染されることや、バタフライバルブ1の寿命の低下、ひいては半導体製造効率の低下を防止することができる。また、磁性流体シールはロッド10が数千万回の回転を行ったとしてもシール性が劣化しにくく、回転回数の増大に対する耐久性が非常に高い。

20

### 【 0 0 5 3 】

さらに、入力ポート41から入力されるバージガスが、バージガス流路44と挿通孔8dを通って流路30に出力されているため、流路30から挿通孔8dを通って、バタフライバルブ1の外部へ流出しようとするプロセスガスは流路30に押し戻される。よって、より確実にバージガスがバタフライバルブ1の外部へ出し、外気が汚染されることや、バタフライバルブ1の寿命の低下、ひいては半導体製造効率の低下を防止することができる。

30

### 【 0 0 5 4 】

また、バージガスは、流路30に流出することでプロセスガスと接触する。プロセスガスは、常温では固体または液体であるため、例えば200度程度まで熱せられて用いられる。このため、バージガスの温度が低いと、プロセスガスが固形化または液化し、流路30や配管34に固形化したプロセスガス等の生成物が堆積するおそれがある。しかし、本実施形態においては、バージガスがバージガス流路44を流れる際に、熱交換器43により、例えば160度程度まで熱せられているため、バージガスがプロセスガスに接触しても、プロセスガスを固形化または液化させるおそれがない。

40

### 【 0 0 5 5 】

ここで、磁性流体19は、磁性部材18の磁力により保持されているものの、真空チャンバ32の急激な圧力変動により過大な圧力衝撃が加わると、磁性部材18の保持力が、圧力衝撃に耐えることができず、磁性流体シールが破壊されるおそれがある。例えば、作業者が真空ポンプ33の操作を誤り、真空チャンバ32の圧力が急激に低下した場合、流路30に急激な負圧が発生する。駆動部2には、入力ポート41からバージガスが入力されているが、流路30に急激な負圧が生じると、バージガスの供給量が追い付かず、駆動部2内の気体が流路30へ急激に吸い出され、駆動部2内の圧力が急激に低下する。駆動

50

部2内の圧力が急激に低下すると、磁性流体19に過大な圧力衝撃が加わり、磁性流体シールが破壊され、機能しなくなるおそれがある。磁性流体シールが破壊されると、駆動部2へのプロセスガスの侵入を防ぐことができなくなるおそれがある。

#### 【0056】

しかし、バタフライバルブ1は、挿通孔8dの内周面(ブッシュ20の内周面20a)と、ロッド10に設けられた複数の凹部10a～10eとによりラビリンスシール50が形成されているため、流路30に急激な負圧が発生したとしても、ラビリンスシール50が、駆動部2内から流路30へ吸い出される気体の量を絞るため、駆動部2内の圧力が急激に低下することなく、磁性流体19に加わる圧力衝撃が緩和される。よって、磁性流体シールの破壊を防止することができる。

10

#### 【0057】

さらに、バタフライバルブ1は、磁性流体19とラビリンスシール50との間に、バッファ容積51を有するため、流路30において急激な圧力低下が発生したとしても、駆動部2から吸い出される気体の量が、バッファ容積51を有しない場合に比べて増加するため、より確実に磁性流体19に加わる圧力衝撃を緩和すること、ひいては磁性流体シールの破壊を防止することができる。

#### 【0058】

図6は真空チャンバ32の圧力値P11と、磁性流体19に負荷される圧力値P12の関係を表したグラフである。縦軸が圧力値(kPa)であり、横軸が時間(秒)である。

20

#### 【0059】

真空チャンバ32の圧力値P11は、0秒の時点から急激に低下している。これは、例えば、作業者が操作を誤るなどして、真空チャンバ32の圧力が急激に低下した状態を表している。真空チャンバ32の圧力が急激に低下していることは、真空チャンバ32と連通している流路30において急激に負圧が発生していることを意味する。このような急激な圧力変動が生じているにも関わらず、磁性流体19に負荷される圧力値P12は、0秒の時点から緩やかに低下していることが図6のグラフから分かる。圧力値P12が緩やかに低下していることは、磁性流体19に加わる圧力衝撃が緩和されていることを意味している。これは、上記の通り、ラビリンスシール50が、流路30に発生する急激な負圧により駆動部2内から流路30へ吸い出される気体の量を絞るとともに、バッファ容積51が吸い出される気体の量を増加させていることによる。

30

#### 【0060】

以上説明したように、本実施形態のバタフライバルブ1によれば、

(1) 真空チャンバ32と真空ポンプ33とを接続する配管34上に配設され、真空チャンバ32の真空圧力制御を行うバタフライバルブ1であって、DDモータ11を備える駆動部2と、内部に流路30およびバタフライ弁体9を備える弁部3と、が結合されてなり、DDモータ11に接続されたロッド10が、駆動部2から延伸し、弁部3の備える挿通孔8dから流路30に挿入され、バタフライ弁体9に結合されているバタフライバルブ1において、駆動部2は、DDモータ11と弁部3が結合されている側の端部との間に、ロッド10が挿通される中空部16aを備えること、中空部16aにおいて、ロッド10と同軸に、ロッド10の外周面を覆う円筒状の磁性部材18が配置され、磁性部材18の外周面と中空部16aの内周面との間の空隙に、磁性流体19が充填されていること、ロッド10は非磁性の耐食性合金からなること、を特徴とするので、中空部16aにおいて、磁性流体19が磁性部材18の磁力により保持され、いわゆる磁性流体シールが形成されている。磁性流体シールは、ロッド10が数千万回の回転を行っても劣化しにくく、Oリングに比べてロッド10の回転に対するシールの耐久性が高い。また、流路30から挿通孔8dを通ってバタフライバルブ1の外部へ流出しようとするプロセスガスは、磁性流体シールによって流出を阻まれる。よって、シールの耐久性を高めつつ、プロセスガスがバタフライバルブ1の外部へ流出し、外気が汚染されることを防止することができ、バタフライバルブ1の寿命の低下、ひいては半導体製造効率の低下を防止することができる。

40

#### 【0061】

50

磁性流体 19 を用いることで、次のような新たな課題が生じる。磁性流体 19 を、ロッド 10 の外周に保持するためには、例えば、ロッド 10 に磁性体のステンレス鋼を用いることが考えられる。しかし、磁性体のステンレス鋼は、非磁性体のステンレス鋼に比べ、耐食性が劣る。ロッド 10 は、流路 30 に挿入され、プロセスガスに接する接ガス部材であるため、ロッド 10 が磁性体のステンレス鋼からなる場合、ロッド 10 がプロセスガスにより腐食するおそれがある。

#### 【 0 0 6 2 】

そこで、本発明においては、ロッド 10 は非磁性の耐食性合金（例えば S U S 3 1 6 L ）からなるものとし、ロッド 10 の腐食を防いでいる。そして、磁性流体 19 の保持には、ロッド 10 の外周面を覆う円筒状の磁性部材 18 を用いることとした。 10

#### 【 0 0 6 3 】

(2) (1) に記載のバタフライバルブ 1 において、弁部 3 は、バージガスを入力するための入力ポート 41 と、入力ポート 41 と挿通孔 8d とを連通するバージガス流路 44 と、を備え、入力ポート 41 と流路 30 とが、バージガス流路 44 と挿通孔 8d とにより連通されていること、を特徴とするので、入力ポート 41 から入力されるバージガスが、バージガス流路 44 と挿通孔 8d を通り、流路 30 に出力される。挿通孔 8d から流路 30 に向かってバージガスが流れることにより、流路 30 から挿通孔 8d を通って、磁性体シール部への侵入や、バタフライバルブ 1 の外部へ流出をしようとするプロセスガスは流路 30 へ押し戻される。よって、プロセスガスが、磁性体シール部に侵入することや、バタフライバルブ 1 の寿命の低下、ひいては半導体製造効率の低下を防止することができる。 20

#### 【 0 0 6 4 】

(3) (2) に記載のバタフライバルブ 1 において、弁部 3 は、弁部 3 を加熱するヒータ 27A, 27B を備えること、バージガス流路 44 は、ヒータ 27A の近傍に形成されたものであるとともに、熱交換器 43 を備えること、ヒータ 27A に熱せられた熱交換器 43 によって、バージガスは所定の温度に温められること、を特徴とするので、プロセスガスの成分の固形化によるパーティクルの発生を防止することができる。

#### 【 0 0 6 5 】

半導体製造工程に用いられるプロセスガスは、常温では固体または液体であるものがあり、高温に熱せられたガス状態で用いられる（例えば 200 度程度に熱せられている）。したがって、入力ポート 41 から入力されるバージガスは、流路 30 に出力される前に熱しておく必要がある。これは、温度が低い状態で流路 30 に出力されたバージガスがプロセスガスと接触してしまうと、プロセスガスの温度が低下することでプロセスガスが固体化または液化し、流路 30 や配管 34 に固形化したプロセスガス等の生成物が堆積するおそれがあるためである。これを防ぐためには、バージガスをバタフライバルブ 1 の外部で熱した後にバタフライバルブ 1 に供給することも考えられるが、バタフライバルブ 1 を用いる半導体製造装置に、加熱のための装置が別途に必要となるため好ましくない。そこで、本発明のように、弁部 3 がヒータ 27A, 27B を備え、バージガス流路 44 がヒータ 27A の近傍に形成されたものであるとともに、熱交換器 43 を備えたものとすれば、ヒータ 27A の熱を利用して、バージガス流路 44 を通るバージガスを所定の温度に熱することができるため、プロセスガスの固形化または液化を防止することができ、流路 30 や配管 34 に固形化したプロセスガス等の生成物が堆積することを防止することができる。 40

#### 【 0 0 6 6 】

(4) (1) 乃至 (3) のいずれか 1 つに記載のバタフライバルブ 1 において、ロッド 10 は、挿通孔 8d の内周面（ブッシュ 20 の内周面 20a ）に対向する外周面に、ロッド 10 の軸方向に並ぶ複数の凹部 10a ~ 10e を備えること、挿通孔 8d の内周面（ブッシュ 20 の内周面 20a ）と、複数の凹部 10a ~ 10e と、によりラビリンスシール 50 が形成されること、を特徴とするので、真空チャンバー 32 の急激な圧力変動による磁性流体シールの破壊を防止することができる。

#### 【 0 0 6 7 】

10

20

30

40

50

例えば、作業者が真空ポンプ 3 3 の操作を誤り、真空チャンバ 3 2 の圧力が急激に低下した場合、流路 3 0 に急激な負圧が発生する。流路 3 0 に生じる急激な負圧によって駆動部 2 内の気体が流路 3 0 へ急激に吸い出され、駆動部 2 内の圧力が急激に低下する。磁性流体 1 9 は磁性部材 1 8 の磁力により保持されているが、駆動部 2 内の圧力が急激に低下すると、磁性流体 1 9 に過大な圧力衝撃が加わり、磁性流体シールが破壊され、機能しなくなるおそれがある。磁性流体シールが破壊されてしまうと、駆動部 2 へのプロセスガスの侵入を防ぐことができなくなる。そこで、本発明のように、ロッド 1 0 が挿通孔 8 d の内周面（ブッシュ 2 0 の内周面 2 0 a）に対向する外周面に、ロッド 1 0 の軸方向に並ぶ複数の凹部 1 0 a ~ 1 0 e を備え、挿通孔 8 d の内周面（ブッシュ 2 0 の内周面 2 0 a）と複数の凹部 1 0 a ~ 1 0 e とによりラビリンスシール 5 0 を形成することで、流路 3 0 に急激な負圧が発生したとしても、ラビリンスシール 5 0 が駆動部 2 内から流路 3 0 へ吸い出される気体の量を絞るため、駆動部 2 内の圧力が急激に低下することもなく、磁性流体 1 9 に加わる圧力衝撃が緩和される。これにより、磁性流体シールの破壊を防止することができる。

10

## 【0068】

(5) (4) に記載のバタフライバルブ 1において、磁性流体 1 9 とラビリンスシール 5 0との間に、バッファ容積 5 1 を有すること、を特徴とするので、流路 3 0 において急激な圧力低下が発生した際に駆動部 2 から吸い出される気体の量が、バッファ容積 5 1 を有しない場合に比べて増加するため、より確実に磁性流体 1 9 に加わる圧力衝撃を緩和すること、ひいては磁性流体シールの破壊を防止することができる。

20

## 【0069】

なお、本実施形態は単なる例示にすぎず、本発明を何ら限定するものではない。したがって本発明は当然に、その要旨を逸脱しない範囲内で様々な改良、変形が可能である。例えば、本実施形態においては、バタフライ弁体 9 が全閉位置にあっても、流路 3 0 を完全にシールするものとなっていないが、弁孔 8 a に弁座を設け、弁座にバタフライ弁体 9 を当接させることで、完全にシールできるものとしても良い。

## 【符号の説明】

## 【0070】

- 1 バタフライバルブ
- 2 駆動部
- 3 弁部
- 8 d 挿通孔
- 9 バタフライ弁体
- 1 0 ロッド
- 1 1 D D モータ（モータの一例）
- 1 6 a 中空部
- 1 8 磁性部材
- 1 9 磁性流体
- 3 0 流路
- 3 2 真空チャンバ
- 3 3 真空ポンプ
- 3 4 配管

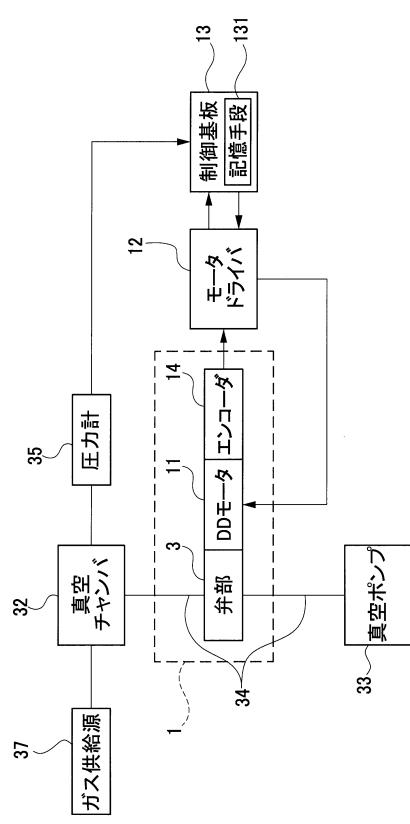
30

40

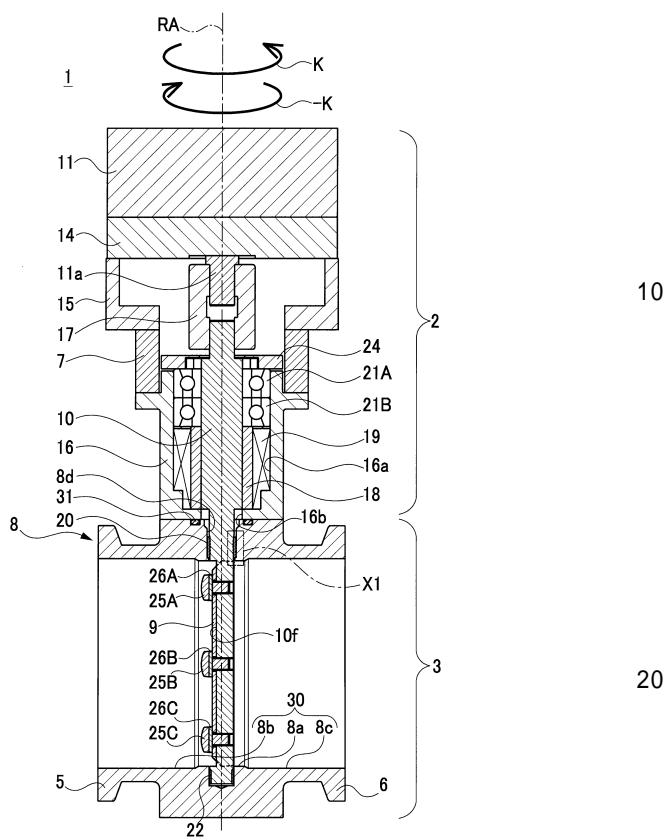
50

【図面】

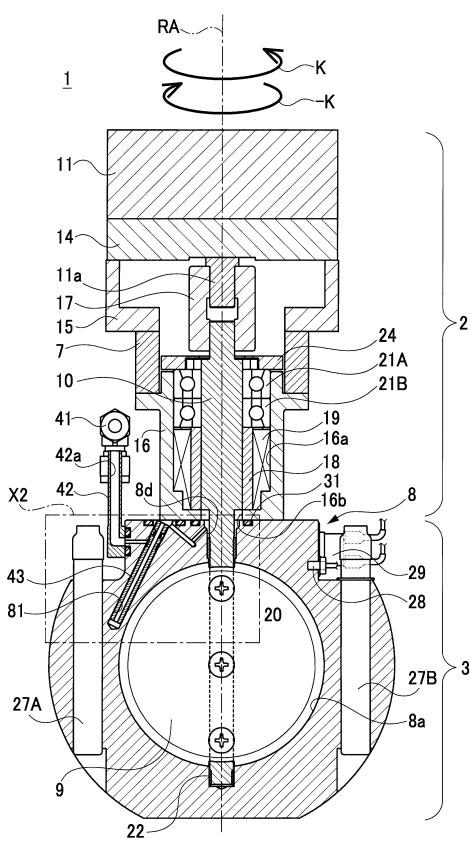
【図 1】



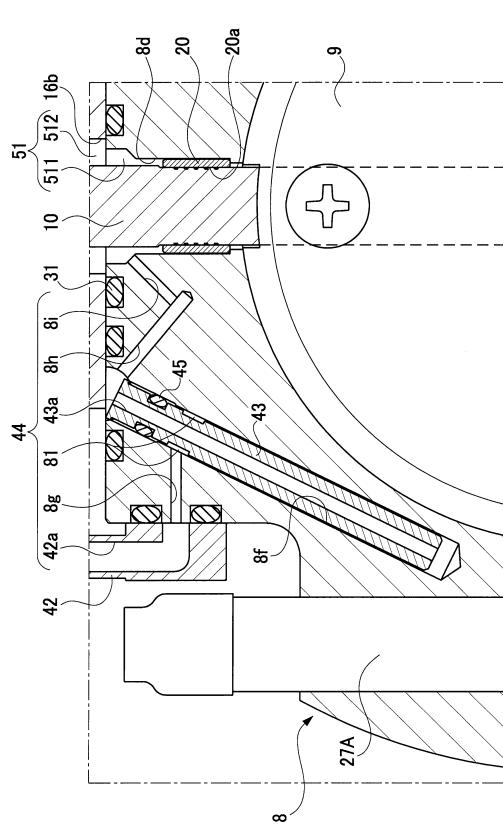
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

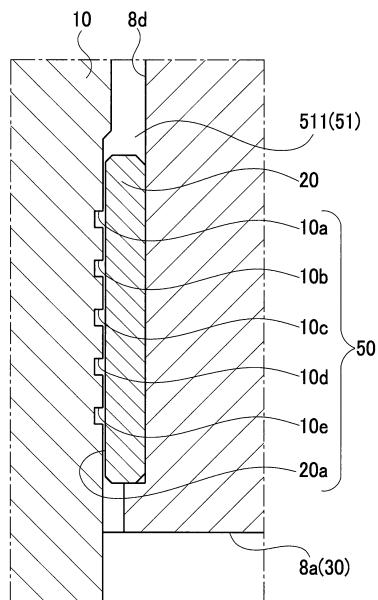
20

30

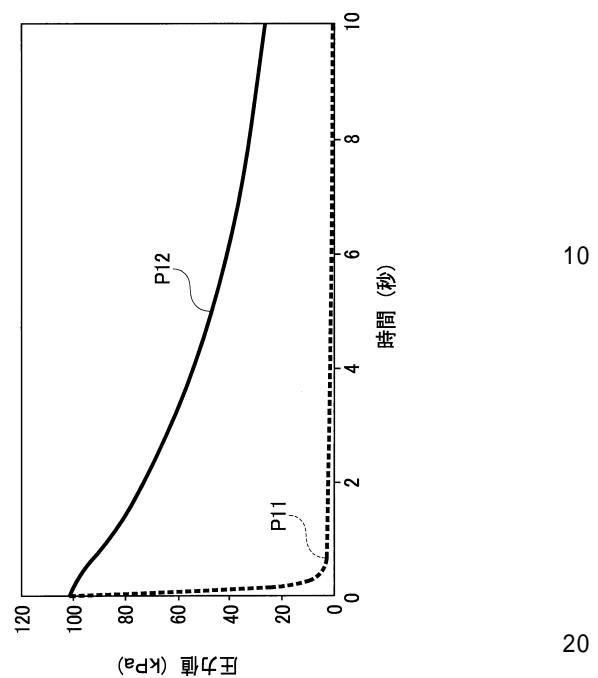
40

50

【図 5】



【図 6】



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2010/0096574(US,A1)

特開平07-071620(JP,A)

特開2003-172261(JP,A)

特開平07-167307(JP,A)

実開昭59-118852(JP,U)

国際公開第2018/190148(WO,A1)

特開2010-116627(JP,A)

特開2019-086093(JP,A)

特開2011-237022(JP,A)

特開平08-114282(JP,A)

特開2010-056124(JP,A)

特開2009-002253(JP,A)

国際公開第2019/044013(WO,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

F 16 K 1 / 00 - 1 / 54

F 16 K 41 / 00 - 41 / 18

F 16 K 51 / 02

F 16 C 33 / 72 - 33 / 82

F 16 J 15 / 54 - 15 / 56