

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4845385号
(P4845385)

(45) 発行日 平成23年12月28日 (2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日 (2011.10.21)

(51) Int. Cl.	F I
C 2 3 C 16/44 (2006.01)	C 2 3 C 16/44 J
H O 1 L 21/205 (2006.01)	H O 1 L 21/205
H O 1 L 21/285 (2006.01)	H O 1 L 21/285 C
H O 1 L 21/31 (2006.01)	H O 1 L 21/31 B

請求項の数 10 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2005-22181 (P2005-22181)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成17年1月28日 (2005.1.28)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2006-77321 (P2006-77321A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成18年3月23日 (2006.3.23)	(74) 代理人	100100055
審査請求日	平成20年1月28日 (2008.1.28)		弁理士 三枝 弘明
(31) 優先権主張番号	特願2004-235872 (P2004-235872)	(72) 発明者	飯塚 八城
(32) 優先日	平成16年8月13日 (2004.8.13)		東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		送センター 東京エレクトロン株式会社内
		(72) 発明者	安室 章
			東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放
			送センター 東京エレクトロン株式会社内
		(72) 発明者	木村 宏一郎
			東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放
			送センター 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成膜装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

液体若しくは気液混合物で構成される原料を供給する原料供給部と、前記原料を気化して原料ガスを生成する原料気化部と、生成された前記原料ガスを用いて成膜処理を行う成膜部とを有する成膜装置において、

前記原料気化部から前記成膜部の導入部分に至る前記原料ガスの輸送経路の途中にフィルタが配置され、

前記フィルタの外縁は、当該外縁よりも押圧方向に高い剛性を備えた環状の支持部材により全周に亘って前記輸送経路の内面に対して押圧固定され、しかも、前記輸送経路の内面と前記支持部材との間で圧縮された状態にあり、

前記フィルタの前記外縁以外の内側部分には、前記フィルタを加熱する伝熱部が当接していることを特徴とする成膜装置。

【請求項2】

前記フィルタの外縁は、前記輸送経路の内面に対して径方向に凹凸形状を有した状態で密着固定されていることを特徴とする請求項1に記載の成膜装置。

【請求項3】

液体若しくは気液混合物で構成される原料を供給する原料供給部と、前記原料を気化して原料ガスを生成する原料気化部と、生成された前記原料ガスを用いて成膜処理を行う成膜部とを有する成膜装置において、

前記原料気化部から前記成膜部の導入部分に至る前記原料ガスの輸送経路の途中にフィ

ルタが配置され、

前記フィルタの外縁は、当該外縁よりも押圧方向に高い剛性を備えた環状の支持部材により、前記輸送経路の内面に対して直接接触しているとともに前記フィルタの外縁よりも低い剛性を備えた環状のシール部材に対して全周に亘って押圧固定され、

前記フィルタの前記外縁以外の内側部分には、前記フィルタを加熱する伝熱部が当接していることを特徴とする成膜装置。

【請求項 4】

前記フィルタの外縁は、フィルタ素材そのもので構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の成膜装置。

【請求項 5】

前記フィルタの外縁は、内側に配置されたフィルタ素材に対して隙間なく接続された、別素材からなる外縁部材で構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の成膜装置。

【請求項 6】

前記原料ガスの輸送経路は、前記成膜部に向けて上方若しくは斜め上方に伸びる上昇ライン部分を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の成膜装置。

【請求項 7】

前記輸送経路には、前記成膜部に対して原料ガスの供給・停止を行うガス導入バルブが設けられ、該ガス導入バルブ、又は、前記ガス導入バルブ近傍の前記成膜部側部分に、パージガスを導入するためのパージラインが接続されていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の成膜装置。

【請求項 8】

前記成膜部には、基板を配置する成膜領域を備えた載置部材の周囲に配置される金属製のシールド部材を有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の成膜装置。

【請求項 9】

前記成膜部には、基板を載置する成膜領域を備えた載置部材を有し、前記成膜領域の周囲には、前記基板を位置決めするための複数の離散的に配置された位置決め突起が設けられていることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の成膜装置。

【請求項 10】

前記載置部材は、前記成膜領域から前記位置決め突起の外側に亘る範囲が、同素材で一体に構成され、しかも、他の部材により覆われていないことを特徴とする請求項 8 に記載の成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は成膜装置に係り、特に、有機金属などの液体若しくは気液混合状態の原料を気化することにより得た原料ガスを用いて成膜を行う装置の構造に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、有機金属の液体原料や、有機金属の原料を溶媒中に溶解させて液体化させた原料などを気化器にて気化させて原料ガスを形成し、この原料ガスを用いて成膜を行う成膜装置、例えば、CVD（化学気相成長）装置が知られている。この種の成膜装置の典型例としてはMO（有機金属）CVD装置があり、PZT（Pb-Zr-Ti 酸化物）やBST（Ba-Sr-Ti 酸化物）などの高誘電率薄膜、Wなどの金属薄膜、InPなどの半導体薄膜を成膜する場合等に用いられている（例えば、以下の特許文献1参照）。また、化学反応を生じさせるエネルギーの供給方式としては、熱CVD、光CVD、プラズマCVDなどが知られている。

【0003】

上記の成膜装置では、気化器の内部や成膜室へ向かう原料ガスの輸送経路において、原

10

20

30

40

50

料の固化や分解などによって生ずる微細粒子（以下、単に「パーティクル」という。）が発生する場合がある。このパーティクルが発生すると、成膜室内に導入されて基板上に堆積し、薄膜の品位の低下をもたらすので、絶縁特性の悪化などの製品不良を招くという問題点がある。

【0004】

そこで、従来から、気化器の出口にフィルタを配置する方法（例えば、以下の特許文献2参照）や、ガス供給源と成膜室との間にフィルタ（ラインフィルタ）を配置する方法（例えば、以下の特許文献3参照）などが提案されている。これらの方法では、上記の各フィルタによって上流側から流下してくるパーティクルを捕捉して下流側へ流さないようにすることで、成膜室へ導入されるパーティクル量を低減している。

10

【特許文献1】特開平10-177971号公報

【特許文献2】特開平7-94426号公報

【特許文献3】特開平5-68826号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、前述のフィルタを用いたパーティクルの低減方法では、フィルタによって上流側から流下してくるパーティクルを捕捉しているにも拘らず、成膜室内の基板上に到達するパーティクル量が十分に低減されないという問題点があった。この原因は必ずしも明らかではないが、一般的には、例えば、細かなパーティクルがフィルタの目を通過して下流側において成長したり、微細な原料飛沫（残留ミスト）がフィルタを通過した後に下流側においてパーティクルになったりすることが考えられる。

20

【0006】

ところが、細かなパーティクルや原料飛沫をも捕捉できるようにフィルタの目を小さくするなど、フィルタの捕捉効率を高くすると、フィルタが短期間で目詰まりを起こすため、原料ガスの供給量を維持するためには、フィルタの清掃や交換などのメンテナンス作業を頻繁に行う必要がある。

【0007】

また、上記の原因としては、成膜室の内部の堆積物からパーティクルが発生したりすることも考えられる。すなわち、成膜室の内部においても、チャンバ内面やサセプタ周辺などに付着した堆積物が剥離してパーティクルを生ずるため、フィルタによってガス供給側のパーティクル量を低減しても、成膜室内のパーティクル発生によりフィルタの効果が得られない状況にある可能性もある。

30

【0008】

そこで、本発明は上記問題点を解決するものであり、その課題は、原料ガスの輸送経路にフィルタを配置した成膜装置において、パーティクル量を従来よりも有効に低減することのできる新規な構造を提供することにある。また、別の課題は、十分なフィルタ効果を得つつ、フィルタに対するメンテナンス頻度を低減することでもできる構造を提供することにある。さらに、異なる課題は、成膜室の内部におけるパーティクルの発生量を抑制することにより、パーティクルによる不具合を低減することのできる構造を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

本願発明者らは、上記のように原料ガスの輸送経路にフィルタを配置した成膜装置において、成膜室へ導入されるパーティクル量が低下しない原因を種々検討している過程で、輸送経路の内面とフィルタとの間の隙間をガス流が通過していることに気づいた。

【0010】

従来のフィルタは、金属繊維や金属のリボン材を押し固めてなるフィルタ素材の外縁を、表裏両側から金属製の一对のリング状の薄板材で挟みこみ、これらの薄板材の外縁を相互に溶接することによって一体に構成される。そして、このフィルタの外縁に上記一对の

50

薄板材を貫通する取付孔が設けられ、この取付孔にボルトを挿通させて輸送経路の内面にネジ止めすることによって、フィルタが輸送経路の内面に締付固定される。ところが、このフィルタの外縁には上述のように一对の薄板材が相互に溶接された状態で固定されているので、ボルトでフィルタの外縁を締め付けると、ボルトの固定部分において一对の薄板材が変形して局部的に内面に押し付けられた状態になることによりフィルタの外縁に歪みが発生するとともに、ボルトで固定されていない部分（すなわちボルトとボルトの間にある部分）における密着力が不足するため、当該部分において輸送経路の内面との間に隙間が発生しやすくなる。

【0011】

また、通常、原料ガスを高温に維持した状態で成膜室に導入するために原料ガスの輸送経路及びフィルタは常時加熱されているため、フィルタと輸送経路の内面の熱膨張率の差異によって上記隙間が形成されたり、拡大したりすることが考えられる。例えば、上記のフィルタが加熱されると、輸送経路の内面よりも薄板材が余分に熱膨張することにより上記部分が湾曲し、上述の隙間が大きくなる場合が考えられる。そして、実際に発明者らが観察したところによると、フィルタの上記部分及びこれに対向する輸送経路の内面には原料ガスが通過した筋状の痕跡（堆積物の付着縞）が生じていた。

【0012】

本発明の成膜装置は、液体若しくは気液混合物で構成される原料を供給する原料供給部と、前記原料を気化して原料ガスを生成する原料気化部と、生成された前記原料ガスを用いて成膜処理を行う成膜部とを有する成膜装置である。そして、本願発明者らは、上記の隙間の発生を防止するための種々の検討を行った結果、以下の発明に到達したものである。すなわち、第1の発明は、上記の成膜装置において、前記原料気化部から前記成膜部の導入部分に至る前記原料ガスの輸送経路の途中にフィルタが配置され、前記フィルタの外縁は、当該外縁よりも押圧方向に高い剛性を備えた環状の支持部材により全周に亘って前記輸送経路の内面に対して押圧固定され、しかも、前記輸送経路の内面と前記支持部材との間で圧縮された状態にあることを特徴とする。

【0013】

この発明によれば、フィルタの外縁がそれよりも押圧方向に高い剛性を備えた環状の支持部材により全周に亘って輸送経路の内面に対して押圧固定されていることにより、フィルタの外縁を内面に対して全周に亘ってほぼ均等な押圧力で固定することができるとともに、フィルタの外縁が輸送経路の内面と支持部材との間で圧縮された状態にあることにより、フィルタの外縁と輸送経路の内面との間に隙間が生ずることを防止できる。したがって、フィルタの外縁と輸送経路の内面との間を原料ガスが流通することがなくなるので、上記隙間を通してパーティクルや未気化の原料（残留ミスト）がフィルタの下流側へ漏出することが防止され、パーティクルが下流の成膜部へ導入されることが防止される。

【0014】

本発明において、前記フィルタの外縁は、前記輸送経路の内面に対して径方向に凹凸形状を有した状態で密着固定されていることが好ましい。これによれば、フィルタの外縁と輸送経路の内面とが径方向に凹凸形状を有した状態で密着固定されていることにより、フィルタの外縁と輸送経路の内面との間の気密性をさらに高めることができる。

【0015】

次に、第2の発明は、上記成膜装置において、前記原料気化部から前記成膜部の導入部分に至る前記原料ガスの輸送経路の途中にフィルタが配置され、前記フィルタの外縁は、当該外縁よりも押圧方向に高い剛性を備えた環状の支持部材により、前記輸送経路の内面に対して直接接触しているとともに前記フィルタの外縁よりも低い剛性を備えた環状のシール部材に対して全周に亘って押圧固定されていることを特徴とする。

【0016】

この発明によれば、フィルタの外縁がそれよりも押圧方向に高い剛性を備えた環状の支持部材によって押圧固定されているので、フィルタの外縁を環状のシール部材に対して全周に亘って均等な押圧力で固定することができるとともに、当該シール部材がフィルタの

10

20

30

40

50

外縁よりも低い剛性を備えていることにより、支持部材による押圧力に起因してフィルタの外縁と輸送経路の内面との間でシール部材が圧縮変形されるため、フィルタの外縁と輸送経路の内面との間に隙間が生ずることを防止できる。したがって、フィルタの外縁と輸送経路の内面との間を原料ガスが流通することがなくなるので、上記隙間を通してパーティクルや未気化の原料がフィルタの下流側へ漏出することを防止することができる。

【0017】

本発明において、前記フィルタの外縁は、フィルタ素材そのもので構成されていることが好ましい。これによれば、外縁がフィルタ素材そのもので構成されていることにより、フィルタ全体をフィルタ素材で一体に構成できるなど、その構造を簡易なものとする
10
ことができる。また、フィルタの外縁とその内側のフィルタ素材との間の気密性を考慮する必要もなくなるので、フィルタ性能を犠牲にすることなしにフィルタの製造コストを低減できる。また、フィルタ素材で構成された外縁を直接に輸送経路の内面に圧接させることで、フィルタ素材が輸送経路の内面形状に整合した態様で圧縮変形されるために輸送経路の内面に対する密着性が向上し、また、その圧縮状態により輸送経路の内面に対するフィルタの当接部分が緻密に構成されるようになるため、フィルタの外縁と輸送経路の内面との間の気密性をさらに向上させることが可能になる。

【0018】

本発明において、前記フィルタの外縁は、内側に配置されたフィルタ素材に対して隙間なく接続された、別素材からなる外縁部材で構成されていることが好ましい。これによれば、上記第1の発明においては、剛性の高い支持部材が外縁部材を全周に亘って押圧する
20
ことにより、外縁部材が輸送経路の内面に整合する態様で圧縮変形されるので、フィルタの外縁と輸送経路の内面との間の気密性を確保できる。また、上記第2の発明においては、剛性の高い支持部材が外縁部材を全周に亘って押圧することにより、外縁部材がシール部材に対して均一に押圧されるので、シール部材を介してフィルタの外縁と輸送経路の内面との間の気密性を確保できる。

【0019】

さらに、本明細書に開示された成膜装置においては、液体若しくは気液混合物で構成される原料を供給する原料供給部と、前記原料を気化して原料ガスを生成する原料気化部と、生成された前記原料ガスを用いて成膜処理を行う成膜部とを有する成膜装置において、前記原料気化部から前記成膜部の導入部分に至る前記原料ガスの輸送経路の途中にフィル
30
タが配置され、前記フィルタの外縁は、内側に配置されたフィルタ素材の外周部に対して気密に接続され、しかも、前記フィルタ素材よりも押圧方向に高い剛性を備えた環状の外縁部材により構成され、前記輸送経路の内面に対して全周に亘って押圧固定される。

【0020】

この装置によれば、フィルタの外縁が、内側に配置されたフィルタ素材の外周部に気密に接続され、フィルタ素材よりも押圧方向に高い剛性を備えた環状の外縁部材によって構成されているので、外縁部材を輸送経路の内面に対して全周に亘って均等な押圧力で固定
40
することができる。また、当該外縁部材がフィルタ素材よりも高い剛性を備えていることにより、フィルタの外縁と輸送経路の内面との間に隙間が生ずることを防止できる。したがって、フィルタの外縁と輸送経路の内面との間を原料ガスが流通することがなくなるので、上記隙間を通してパーティクルや未気化の原料がフィルタの下流側へ漏出することを防止することができる。

【0021】

上記各発明において、前記フィルタの前記外縁以外の内側部分には、前記フィルタを加熱する伝熱部が当接していることが好ましい。これによれば、伝熱部によってフィルタの内側部分にも熱が伝達されるので、原料ガスの流れや未気化原料の気化などにより生ずるフィルタの内側部分の温度低下を低減することができることから、フィルタの目詰まりを抑制することができ、メンテナンス作業を削減することができる。

10

20

30

40

【0022】

本発明において、或いは、液体若しくは気液混合物で構成される原料を供給する原料供給部と、前記原料を気化して原料ガスを生成する原料気化部と、生成された前記原料ガスを用いて成膜処理を行う成膜部とを有する成膜装置において、前記原料ガスの輸送経路は、前記成膜部に向けて上方若しくは斜め上方に伸びる上昇ライン部分を有することが好ましい。これによれば、原料ガスの輸送経路が成膜部に向けて上方若しくは斜め上方に伸びる上昇ライン部分を有することにより、輸送経路に混入したパーティクルが成膜部に進むことを抑制できるため、成膜部の内部に導入されるパーティクル量を低減できる。

【0023】

ここで、上記の上昇ライン部分は、成膜部と、この成膜部に対して原料ガスの供給・停止を行うガス導入バルブとの間に設けることが望ましい。上昇ライン部分が原料ガスの輸送経路の上流側部分に設けられていると、それよりも下流側の輸送経路中にて発生したパーティクルの進行を抑制することはできないが、上記のように原料ガスの輸送経路のうち最も成膜部に近い領域に上昇ライン部分を設けることにより、輸送経路の大部分において発生したパーティクルの進行を抑制できるため、成膜部内のパーティクル量の低減効果をさらに高めることができる。

【0024】

この場合に、前記輸送経路には、前記成膜部に対して原料ガスの供給・停止を行うガス導入バルブが設けられ、該ガス導入バルブ、又は、前記ガス導入バルブ近傍の前記成膜部側部分に、パージガスを導入するためのパージラインが接続されていることが好ましい。これによれば、ガス導入バルブを停止したときの原料ガスの滞留空間（ガス導入バルブと成膜室との間の配管内の空間）をなくすか、或いは、低減することができるため、配管内に原料ガスが滞留することがなくなり、或いは、原料ガスが滞留してもパージガスによりその原料ガスを迅速かつ十分に希釈・置換することができることから、配管内における原料ガスの滞留に起因するパーティクルの発生を防止することができる。

【0025】

本発明において、或いは、液体若しくは気液混合物で構成される原料を供給する原料供給部と、前記原料を気化して原料ガスを生成する原料気化部と、生成された前記原料ガスを用いて成膜処理を行う成膜部とを有する成膜装置において、前記成膜部には、基板を配置する成膜領域を備えた載置部材の周囲に配置される金属製のシールド部材を有することが好ましい。これによれば、成膜部において上記載置部材（サセプタ或いは下部電極）の周囲に金属製のシールド部材を配置することにより、シールド部材の熱伝導性が良好になるので、シールド部材に付着した堆積物が剥離しにくくなることから、成膜部内におけるパーティクルの発生を抑制することができる。

【0026】

本発明において、或いは、液体若しくは気液混合物で構成される原料を供給する原料供給部と、前記原料を気化して原料ガスを生成する原料気化部と、生成された前記原料ガスを用いて成膜処理を行う成膜部とを有する成膜装置において、前記成膜部には、基板を載置する成膜領域を備えた載置部材を有し、前記成膜領域の周囲には、前記基板を位置決めするための複数の離散的に配置された位置決め突起が設けられていることが好ましい。これによれば、基板を位置決めするための手段として、基板の成膜領域の周囲に複数の位置決め突起が離散的に配置されていることにより、基板上からその外周側へと向かうガスの滞留を低減することができるので、成膜領域の周囲における堆積物の量を低減することができるため、成膜部内におけるパーティクルの発生を抑制することができる。

【0027】

この場合に、前記載置部材は、前記成膜領域から前記位置決め突起の外側に亘る範囲が、同素材で一体に構成され、しかも、他の部材により覆われていないことが好ましい。これによれば、基板の載置される成膜領域から、その周囲にある位置決め突起の外側にまで亘る範囲が、同素材で一体に構成されているとともに他の部材によって覆われていないこ

10

20

30

40

50

とにより、基板の周囲の温度変化が少なくなる上にガスの滞留も少なくなり、堆積物の量が低減されると同時にその堆積物が剥離しにくくなることから、パーティクルの発生がさらに低減される。ここで、載置部材における同素材で一体に構成され、しかも、他の部材により覆われていない範囲が、上記位置決め突起から成膜領域の半径の30%以上離れた位置まで広がっていることが好ましい。特に、上記範囲は、上記位置決め突起から成膜領域の半径の45%以上離れた位置まで広がっていることがより望ましい。

【0028】

本発明において、或いは、液体若しくは気液混合物で構成される原料を供給する原料供給部と、前記原料を気化して原料ガスを生成する原料気化部と、生成された前記原料ガスを用いて成膜処理を行う成膜部とを有する成膜装置において、前記原料気化部と前記成膜部との間にはガス導入バルブが設けられ、当該ガス導入バルブは、少なくとも前記原料ガスの前記成膜部への供給を制御するダイヤフラム弁を有し、当該ダイヤフラム弁は、ダイヤフラムが臨むバルブ室に開口する導入側開口部と導出側開口部とを備え、前記導入側開口部の開口面積と、前記導出側開口部の開口面積とがほぼ等しいことが好ましい。

10

【0029】

本発明において、或いは、液体若しくは気液混合物で構成される原料を供給する原料供給部と、前記原料を気化して原料ガスを生成する原料気化部と、生成された前記原料ガスを用いて成膜処理を行う成膜部とを有する成膜装置において、前記原料気化部と前記成膜部との間にはガス導入バルブが設けられ、当該ガス導入バルブは、少なくとも前記原料ガスの前記成膜部への供給を制御するダイヤフラム弁を有し、当該ダイヤフラム弁は、ダイヤフラムが臨むバルブ室に開口する導入側開口部と導出側開口部とを備え、一方の開口部が前記バルブ室の中央に設けられ、他方の開口部が前記バルブ室の周辺に設けられ、前記他方の開口部の開口形状が前記バルブ室の中心の周りを周回する方向に延長された形状であるか、或いは、前記他方の開口部が前記バルブ室の中心の周りを周回する方向に複数配置されていることが好ましい。

20

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、成膜部内のパーティクル量を大幅に低減することができ、成膜品位を向上させることができるという優れた効果を奏し得る。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0031】

以下、本発明の実施の形態を図示例と共に説明する。図1は、本実施形態の成膜装置の全体構成を模式的に示す概略構成図である。本実施形態の成膜装置100は、原料供給部110と、この原料供給部110から供給される原料を気化する原料気化部120と、原料気化部120にて気化された原料ガスを用いて成膜を行う成膜部130と、この成膜部130の内部を排気する排気部140と、上記の原料気化部120にて気化された原料ガスを上記の成膜部130へ輸送する輸送経路150とを備えている。

【0032】

〔全体構成〕

原料供給部110は、複数の容器111A～111Dと、これらの複数の容器のそれぞれに接続された個別供給ライン112A～112Dと、これらの個別供給ラインの途中でそれぞれ設けられた流量制御器113A～113Dと、Arその他の不活性ガスなどを供給するキャリアガス源に接続された流量制御器114に接続されるとともに、上記の個別供給ライン112A～112Dが共に接続される原料供給ライン115とを備えている。上記複数の容器111A～111Dには、溶媒や液体原料などが収容され、これらの溶媒や液体原料は、圧送用ガスライン（Heなどの不活性ガスを容器に導入するライン）110Tによる加圧作用などによって個別供給ライン112A～112Dにそれぞれ送り出される。そして、流量制御器113A～113Dによって流量制御された溶媒や液体原料がキャリアガスの流れる原料供給ライン115に押し出されるようになっている。

40

【0033】

50

例えば、上記の成膜装置 100 によって PZT ($\text{Pb}[\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x]\text{O}_3$) の誘電薄膜を成膜しようとする場合には、容器 112A には酢酸ブチルなどの有機溶媒が収容され、容器 112B には $\text{Pb}(\text{DPM})_2$ などの有機 Pb 原料が収容され、容器 112C には $\text{Zr}(\text{O}-t-\text{Bu})_4$ などの有機 Zr 原料が収容され、容器 112D には $\text{Ti}(\text{O}-i-\text{Pr})_4$ などの有機 Ti 原料が収容される。PZT 薄膜は、上記各原料から生成された原料ガスと、後述する反応ガスである NO_2 などの酸化剤とを反応させることによって形成される。

【0034】

また、原料供給部 110 には、Ar その他の不活性ガスなどの噴霧ガスを供給するための流量制御器 116 及び噴霧ガス供給ライン 117 と、 O_2 、 O_3 、 NO_2 などの酸化性反応ガスを供給する流量制御器 118 及び反応ガス供給ライン 119 とが設けられている。なお、図示例では、上記の噴霧ガスの供給系及び反応ガスの供給系が原料供給部 110 内に包含されるように構成されているが、原料供給部 110 とは別に設けられていても構わない。

10

【0035】

原料気化部 120 には、気化容器 121 と、上記原料供給ライン 115 及び噴霧ガス供給ライン 117 が接続された噴霧ノズル 122 とが設けられ、噴霧ノズル 122 は、気化容器 121 の内部に構成された原料気化空間 120A に開口し、原料気化空間 120A 内に上記の原料をミスト状に噴霧するように構成されている。ここで、上記原料供給部 110 の構成では、原料供給ライン 115 において液体原料がキャリアガスによって搬送され、気液混合状態で原料気化部 120 に供給されるように構成されているが、原料供給ライン 115 において液体原料のみを供給するようにしてもよい。

20

【0036】

原料気化部 120 の原料気化空間 120A では、噴霧ノズル 122 から噴霧されたミストが気化面 120B によって直接若しくは間接的に加熱されることにより気化され、原料ガスが生成される。この原料ガスは、遮蔽板 154 と原料ガス送出部 150X の隔壁 151 によって構成される内部空間 150A 内に導入され、フィルタ 153 を通過して原料ガス輸送ライン 150S に導入される。原料ガス輸送ライン 150S は原料ガス輸送ライン 150T に接続されている。ここで、原料ガス輸送ライン 150S と原料ガス輸送ライン 150T との間にはラインフィルタ 150F が介在している。ただし、後述するようにラインフィルタ 150F を設けなくてもよい。原料ガス輸送ライン 150T は、ガス導入バルブ 150V を介して原料ガス輸送ライン 150U に接続され、この原料ガス輸送ライン 150U は、成膜部 130 に導入されている。上記の原料ガス送出部 150X、原料ガス輸送ライン 150S、(ラインフィルタ 150F)、原料ガス輸送ライン 150T、ガス導入バルブ 150V、及び、原料ガス輸送ライン 150U は、上述の原料ガスの輸送経路を構成する。

30

【0037】

また、図 1 に示すように、原料供給部 110 には、Ar ガスなどの不活性ガスその他のパージガスを流量制御器 110X により流量制御して送り出すパージライン 110P が設けられ、このパージライン 110P はパージバルブ 110Y を介して原料ガスの輸送経路に接続されている。パージラインは、従来一般には、原料ガス輸送ラインの成膜部 130 近傍部分や成膜部 130 のガス導入部 132 などに接続されていたが、本実施形態の場合、パージライン 110P は、原料ガスの輸送経路のうち、ガス導入バルブ 150V の近傍位置にある部分に接続されている。より具体的には、図示例では、パージライン 110P は原料ガス輸送ライン 150U のうちガス導入バルブ 150V の近傍にある部分に接続されている。

40

【0038】

原料ガス輸送ライン 150S にはバイパスライン 140S が接続され、このバイパスライン 140S は後述する排気ライン 140X に接続されている。また、ガス導入バルブ 150V はバイパスライン 140T に接続され、このバイパスライン 140T もまた排気ラ

50

イン１４０Ｘに接続されている。

【００３９】

成膜部１３０には、密閉可能な構造を有する成膜容器１３１と、この成膜容器１３１の内部にガスを供給するためのガス導入部１３２と、成膜対象となる基板を載置するためのサセプタ１３３と、サセプタ１３３を加熱するための加熱ランプなどで構成される加熱手段１３４とが設けられている。ガス導入部１３２には上記の原料ガス輸送ライン１５０Ｕ及び反応ガス供給ライン１１９が導入され、サセプタ１３３上に配置された基板に向けて原料ガス及び反応ガスを流すように構成されている。ガス導入部１３２は本実施形態の場合、サセプタ１３３の基板載置面に対向する多数の原料ガス導入口及び反応ガス導入口を備えたシャワーヘッド構造を有する。

10

【００４０】

上記成膜容器１３１には排気ライン１４０Ａが接続され、圧力調整弁１４０Ｂを介して排気トラップ１４１Ａ及びドライポンプなどの真空ポンプ１４２に接続されている。また、この真空ポンプ１４２には、上記バイパスライン１４０Ｓ、１４０Ｔが接続された排気ライン１４０Ｘが排気トラップ１４１Ｘを介して接続されている。なお、上記排気部１４０は、排気ライン１４０Ａ、圧力調整弁１４０Ｂ、排気トラップ１４１Ａ、真空ポンプ１４２、バイパスライン１４０Ｓ、１４０Ｔ、排気ライン１４０Ｘ、排気トラップ１４１Ｘによって構成される。

【００４１】

上記排気部１４０によって成膜部１３０の成膜容器１３１の内部は圧力調整弁１４０Ｂにより制御された所定の圧力に減圧された状態とされ、この状態で、上記ガス導入部１３２によって導入された原料ガスと反応ガスとが反応してサセプタ１３３に載置された基板上に薄膜が形成される。なお、本実施形態の成膜装置１００は、後述するようにプラズマＣＶＤ装置として構成された例を示すものであるが、成膜部１３０において設けられる高周波電源やマッチング回路などのプラズマ発生手段については、図示及び説明を省略する。

20

【００４２】

<第１実施例> [原料気化部及び原料ガスの輸送経路の詳細構造]

図２は、上記原料気化部１２０の構造をより詳細に示す縦断面図である。原料気化部１２０には、上記原料気化空間１２０Ａを画成する気化容器１２１の隔壁内に設置されたヒータなどの加熱手段１２３を備えている。この加熱手段１２３によって気化面１２０Ｂが加熱され、この気化面１２０Ｂからの放射熱によって原料気化空間１２０Ａ内も加熱されている。気化容器１２１には開口部１２４が設けられ、この開口部１２４と原料気化空間１２０Ａとの間にフィルタ１２５が配置されている。また、開口部１２４は原料気化空間１２０Ａの圧力を検出するための図示しない圧力ゲージ（キャパシタンスマノメータ）を取り付ける検出用ライン１２６に接続されている。

30

【００４３】

原料ガス送出部１５０Ｘは、原料気化空間１２０Ａにおいて気化された原料ガスを、原料ガス輸送ライン１５０Ｓに送り出す部分である。原料ガス送出部１５０Ｘには、隔壁１５１における原料気化空間１２０Ａ側の内面の凹部形状により内部空間１５０Ａが構成され、この内部空間１５０Ａを介して原料気化空間１２０Ａが原料ガス輸送ライン１５０Ｓに連通している。また、隔壁１５１の内部（収容孔１５１ａ）にはヒータなどの加熱手段１５２が配置され、内部空間１５０Ａを加熱するようになっている。さらに、内部空間１５０Ａ内には上記のフィルタ１５３及び遮蔽板１５４が配置され、また、隔壁１５１の内面には、上記内部空間１５０Ａに凸部状に突出してフィルタ１５３に当接する柱状の伝熱部１５５が設けられている。

40

【００４４】

また、内部空間１５０Ａに配置されるフィルタ１５３を構成するフィルタ素材は、パーティクル捕捉機能を有する通気性のある素材を用いることができるが、例えば、多孔質素材、細孔を多数備えた素材、繊維・線材・帯材などを押し固めた（焼結した）素材、網目

50

(メッシュ) 状素材などが挙げられる。より具体的には、高温（例えば、 $180^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$ 程度、ただし、原料の気化温度や分解温度によって適宜に設定される。）に耐えられる極細状の金属繊維若しくは金属線材（たとえばステンレス鋼で構成されたもの）を適度に圧縮成形してなるフィルタ素材を用いることができる。ここで、上記金属繊維の径は $0.01 \sim 3.0\text{ mm}$ 程度であることが好ましい。また、繊維・線材・帯材などの他に、熱伝導性の高い、球状その他の粒状材料を焼結してなる焼結材を用いてもよい。これらの種々のフィルタ素材の構成材料としては、セラミックス、石英などの非金属材料や、ステンレス鋼、アルミニウム、チタン、ニッケルなどの非鉄金属材料及びこれらの合金材料などが挙げられる。

【0045】

図3(a)は、上記原料ガス送出部150Xを原料気化空間120A側から見た様子を示す内面図、図3(b)は図3(a)のB-B線に沿った断面を示す縦断面図、図4は図3(b)に示す断面の一部を拡大して示す拡大部分断面図である。フィルタ153は上記内部空間150Aの流通断面を全て覆うように配置され、その外縁は、周囲にある隔壁151の内面に接触し接続固定されている。より具体的には、フィルタ153の外縁は、環状の支持部材158を介して固定ネジ158aにより隔壁151の内面に密着固定されている。すなわち、図4に示すように、固定ネジ158aを支持部材158及びフィルタ153の外縁153aに貫通させて隔壁151にねじ込むことにより、固定ネジ158aの締付力により支持部材158がフィルタ153の外縁153aを隔壁151の内面に押し付けるようになっている。図示例の場合、支持部材158はリング状の平面形状を有しているので、フィルタ153の外縁153aを全周に亘って押圧することができる。一方、フィルタ153の外縁153aは、この外縁153a以外の内側部分と同様に上述のフィルタ素材で構成されている。すなわち、フィルタ153は、その外縁153aを含め全体が均一で一体のフィルタ素材で構成されている。

【0046】

上記の支持部材158は、例えばステンレス鋼などで構成され、フィルタ153の外縁よりも押圧方向に高い剛性を備えたものである。また、この支持部材158は、その周回方向に沿って均一な押圧構造を有し、その結果、フィルタ153の外縁を均一に押圧できるように構成されている。具体的には、支持部材158は周回方向に同一の断面形状を有し、かつ、均一な素材で構成されている。本実施形態において、支持部材158はフィルタ153の素材と同様のステンレス鋼で構成されているが、フィルタ153のように通気性を有する構造（多孔質若しくは帯形状や粒形状の素材を押し固めた材質）よりも押圧方向に高い剛性を有し、かつ、その周回方向に均一な押圧構造を有する中実材質（ムク材質）で構成されている。特に、支持部材158は、フィルタ153を周回方向に均一に押圧し、しかも、その押圧方向（厚さ方向）の剛性をさらに高めるために、図示例のようにフィルタ153の外縁153aよりも厚く（好ましくは2倍若しくはそれ以上の厚さに）形成されていることが好ましい。

【0047】

本実施形態において、フィルタ153の外縁153aは、上記支持部材158と隔壁151との間で圧縮された状態にある。すなわち、固定ネジ158aを締め付けることにより、フィルタ153の外縁153aは、周回方向に均一な押圧構造を有し、かつ、剛性の高い支持部材158により隔壁151の内面に押圧固定され、これによって全周に亘って押しつぶされた状態となっている。

【0048】

図3に示すように、フィルタ153の上記外縁153a以外の部分（以下、単に「内側部分」という。）には、隔壁151より内側に突出する伝熱部155、157が当接している。この伝熱部155、157は、隔壁151の内面上に突出した柱形状を備えている。これにより、フィルタ153の内側部分は伝熱部155、157を介して隔壁151に熱接触していることになるので、フィルタ153は外縁153aばかりでなく、内側部分の上記伝熱部155、157に当接している部分でも熱を受けることになる。また、上記

の伝熱部 155, 157 は、フィルタ 153 の内側部分を支持する支持体としても機能している。

【0049】

上記の伝熱部 155, 157 は、熱伝導性の良い金属（たとえばステンレス鋼、ニッケル、銅、クロム及びこれらの合金など）により構成される。伝熱部 155 の横断面は長円形の柱状に構成され、伝熱部 157 の横断面は円形の柱状に構成されている。なお、これらの伝熱部 155, 157 は、図示例では隔壁 151 内に配置されたヒータ等の加熱手段 152 により間接的に加熱されているが、これらの伝熱部自体が加熱手段で構成されていてもよく、また、伝熱部の内部に加熱手段を埋め込んで構わない。

【0050】

また、フィルタ 153 の原料気化空間 120A 側には、遮蔽板 154 が隣接配置されている。この遮蔽板 154 は、例えば、ステンレス鋼などの熱伝導性材料（金属材料）で構成されている。この遮蔽板 154 は原料気化空間 120A に面していて、原料気化空間 120A に対してフィルタ 153 を平面的に覆った形状に構成されている。遮蔽板 154（の外縁）と隔壁 151 の内面との間には、上記原料気化空間 120A と上記内部空間 150A とを連通させる連通開口部 150B が設けられている。

【0051】

遮蔽板 154 は、上記フィルタ 153 とともに、スペーサ 156 を介して伝熱部 155 に固定されている。スペーサ 156 は、伝熱性の良い部材、例えば A1 やステンレス鋼等の金属、セラミックスなどで構成される。なお、固定ネジ 156a は遮蔽板 154 及びスペーサ 156 を伝熱部 155 に固定する固定手段である。また、これと同様の固定手段がフィルタ 153 を伝熱部 157 に固定するためにも用いられている。フィルタ 153 及び遮蔽板 154 は、伝熱部 155 及びスペーサ 156 を介して加熱手段 152 からの伝導熱を受けることにより加熱されているが、遮蔽板 154 は、原料気化空間 120A に臨む気化面 120B からの輻射熱を受けることによっても加熱されている。

【0052】

本実施形態では、延長された平面形状を有する伝熱部 155 の内部に、隔壁 151 に設けられた穴 151b に導入された温度センサ（例えば熱電対）159 の検出点が配置されている。これによって、伝熱部 155 の温度、すなわちフィルタ部材 153 の温度にきわめて近い温度を検出することができる。そして、この温度センサ 159 の出力は、図示しない温度制御回路などに接続され、この温度制御回路は、温度センサ 159 の出力に基づいて加熱手段 152 を制御するように構成できる。このように、本実施形態では、伝熱部 155 の温度を検出して加熱手段 152 を制御することができることから、遮蔽板 154 の温度の制御性が向上するため、遮蔽板 154 の温度低下を低減することができる。この場合、加熱手段 152 の設定温度は気化面 120B に対する設定温度と同一にすることが好ましい。

【0053】

この実施形態においては、原料供給ライン 115 から供給される原料は噴霧ノズル 122 において原料気化空間 120A 内に噴霧され、ここで噴霧された原料のミストは、一部が飛行中に気化するとともに、加熱手段 123 によって加熱されている気化面 120B に到達することによっても加熱され、気化される。原料を気化させるためには、気化面 120B は、加熱手段 123 によって原料の分解温度より低く、かつ、原料の気化温度より高い温度範囲に加熱される。たとえば、100～350℃程度であることが好ましい。

【0054】

このようにして原料気化空間 120A にて生成された原料ガスは、遮蔽板 154 を回避して流通開口部 150B から内部空間 150A に導入される。ここで、内部空間 150A に導入された原料ガスはフィルタ 153 を通過し、原料ガス輸送ライン 150S に送出される。ここで、内部空間 150A に導入された原料ガスには、原料気化空間 120A において気化されない微細な残留ミストが含まれているが、これらの残留ミストはフィルタ 153 に到達して捕捉され、更に加熱手段 152 から伝熱部 155, 157 を介してフィル

10

20

30

40

50

タ１５３に伝えられた熱によって気化される。このフィルタ１５３もまた、上記気化面１２０Ｂと実質的に同じ温度範囲になるように加熱されることが好ましい。

【００５５】

本実施形態において、フィルタ１５３の外縁１５３ａは、当該外縁１５３ａよりも剛性の高い支持部材１５８によって全周に亘って隔壁１５１の内面に押圧固定されているので、支持部材１５８による押圧力は全周に亘って均一にフィルタ１５３の外縁１５３ａに及ぼされる。また、隔壁１５１とフィルタ１５３の外縁１５３ａとの間に熱膨張率の差が存在することにより、加熱手段１５２などにより加熱されたときに両者の熱膨張量に差異が生じて、フィルタ１５３の外縁１５３ａは支持部材１５８と隔壁１５１の内面との間で圧縮された状態にあるので、隔壁１５１とフィルタ１５３との密着状態が熱膨張率による影響を受けにくいことから、フィルタ１５３の外縁１５３ａと隔壁１５１の内面との間に隙間が発生しにくくなる。したがって、原料ガスや残留ミストが当該隙間を通過して下流側へ漏れるといったことを防止できる。

10

【００５６】

特に、本実施形態では、フィルタ１５３の外縁が加熱されるだけでなく、伝熱部１５５、１５７を介してフィルタ１５３の内側部分も直接加熱されるので、当該内側部分の温度低下を低減して気化効率を高めることができるため、当該内側部分が局所的に目詰まりを起こすといったことを防止することができる。なお、上記の伝熱部１５５、１５７は、原料ガスの流路断面においてフィルタ１５３の全体に亘ってほぼ均一に分散配置されていることが好ましい。これによって、フィルタ１５３をより均一に加熱することが可能になり、残留ミストの気化効率を向上させることができ、また、フィルタの目詰まりをより低減できる。

20

【００５７】

一方、遮蔽板１５４は、噴霧ノズル１２２から噴霧されるミストがフィルタ１５３に直接到達することを防止するので、フィルタ１５３が大量のミストによって熱を奪われ、その結果、付着したミストを気化させる能力が所定箇所において部分的に低下して、当該箇所において目詰まりを起こすことにより、原料ガスの送出量が低下するといったことが防止される。また、伝熱部１５５、１５７を介して遮蔽板１５４に熱が伝えられ、遮蔽板１５４が加熱されることにより、この遮蔽板１５４に原料気化空間１２０Ａ内の原料ミストが直接当たると、遮蔽板１５４の表面でもミストが気化する。このように、本実施形態では、原料ガス送出部１５０Ｘにおいても原料ミストの気化作用を果たすことができるので、全体として気化効率を高めることができる。

30

【００５８】

上記実施形態において、原料ガス送出部１５０Ｘは、隔壁１５１を隔壁１２１から取り外すことによって、簡単にフィルタ１５３を取り出すことができるように構成されている。したがって、フィルタ１５３に目詰まりなどの問題が発生したときには、きわめて簡単かつ迅速にフィルタ１５３を取り外し、清掃したり、或いは、新たなフィルタに交換したりすることができるので、メンテナンス時間が短縮され、装置の稼働率が向上し、歩留まりも向上する。

【００５９】

40

〔他の構成例〕

次に、フィルタ１５３の外縁１５３ａと隔壁１５１の内面とを気密に固定する取付構造の他の構成例について説明する。以下に説明する各構成例は、いずれも、上記の実施形態の取付構造の代わりに用いることができるものである。

【００６０】

図５に示す構成例では、フィルタ１５３Ａは、原料ガスを通過させることのできる通気性を有するフィルタ素材で構成された内側部分１５３ＡＸと、この内側部分１５３ＡＸに対して溶接、溶着、圧着などにより隙間なく接続された外縁部材１５３ＡＹとで構成されている。なお、フィルタ１５３Ａ以外は上記実施形態と同様に構成されている。ここで、内側部分１５３ＡＸは上記実施形態で説明したものと同様のフィルタ素材で構成され、外

50

縁部材 153AY はそのフィルタ素材とは異なる素材、例えば、中実材質（ムク材質）の金属などの通気性を有しない素材で構成される。外縁部材 153AY は厚さ方向（押圧方向）に見て支持部材 158 よりも低い剛性を有する。例えば、外縁部材 153AY が支持部材 158 と同様の金属で構成される場合には、外縁部材 153AY は支持部材 158 よりも薄い板状材で構成される。フィルタ 153A の外縁部材 153AY は、支持部材 158 によって全周に亘って隔壁 151 の内面に押圧固定され、隔壁 151 の内面に密着している。この場合、外縁部材 153AY と隔壁 151 との密着性を高めるために、相互に密着する外縁部材 153AY の表面と隔壁 151 の表面に研磨などの平滑化処理を施すことにより、表面粗さを小さくすることが好ましい。特に、両表面の平坦度を高く構成することが好ましい。

10

【0061】

また、上記構成において、外縁部材 153AY と支持部材 158 が同じ剛性の部材で構成される場合は、支持部材 158 を省略し、外縁部材 153AY のみを固定ネジ 158a を用いて隔壁 151 の内面に押圧固定してもよい。この場合には、支持部材 158 が不要となるので、部品数が減り、低コストに構成できる。この場合、環状の外縁部材 153AY は内側に配置されたフィルタ素材 153AX の外周部に対して気密に接続され、しかも、フィルタ素材 153AX よりも高い剛性を有している。また、外縁部材 AY はその周回方向に均一な押圧構造（断面形状）を有するように構成されている。

【0062】

図 6 に示す構成例では、フィルタ 153B は、通気性を有するフィルタ素材 153BX と、通気性を有しない金属薄板などの可撓性板状材で構成される外縁部材 153BY とで構成されている。外縁部材 153BY は屈折し、上記フィルタ素材 153BX の外縁部分を挟み込むように、当該外縁部分に対して溶接、溶着、圧着などにより隙間なく接続されている。フィルタ 153B の外縁は、上記外縁部材 153BY とこれに挟持されたフィルタ素材 153BX の外縁部分とによって構成される。フィルタ 153B の外縁は厚さ方向（押圧方向）に見て支持部材 158 よりも低い剛性を有し、支持部材 158 の押圧力によって、支持部材 158 と隔壁 151 との間で圧縮された状態にある。

20

【0063】

図 7 に示す構成例では、フィルタ 153C の外縁が支持部材 158C と隔壁 151C の内面との間に挟持され、圧縮された状態にある。フィルタ 153C の外縁に当接する支持部材 158C の表面には、フィルタ 153 の径方向（図示上下方向）に見て凹凸状に構成され、凸部が設けられた表面凹凸構造 158cx が設けられている。この表面凹凸構造 158cx は、フィルタ 153C の外縁に対応して設けられた溝部 158cy の内面に形成されている。そして、支持部材 158C の表面凹凸構造 158cx と、フィルタ 153C の外縁とは相互に密着し、フィルタ 153C の密着面が径方向に凹凸状に構成されている。また、フィルタ 153C の外縁に当接する隔壁 151C の内面部分にも、フィルタ 153C の径方向に見て凹凸状に構成され、凸部が設けられた表面凹凸構造 151cx が設けられている。この表面凹凸構造 151cx は、フィルタ 153C の外縁に対応して設けられた溝部 151cy の内面に形成されている。そして、隔壁 151 の表面凹凸構造 151cx と、フィルタ 153C の外縁とは相互に密着し、フィルタ 153C の密着面が径方向に凹凸状に構成されている。この構成例では、隔壁 151C の表面凹凸構造 151cx の凸部と、支持部材 158C の表面凹凸構造 158cx の凸部とがフィルタ 153C の外縁を挟んで相互に対向する位置に設けられ、両凸部によってフィルタ 153C の外縁が局部的に強く圧縮された状態となっているので、フィルタ 153C の外縁と隔壁 151C の内面との間の気密性や密着性がより向上している。

30

40

【0064】

図 8 に示す構成例では、図 7 に示す構成例と同様に、支持部材 158D の表面に凸部を備えた径方向の表面凹凸構造 158dx が設けられ、この表面凹凸構造 158dx はフィルタ 153D の外縁に対応して設けられた溝部 158dy の内面に形成されている。また、隔壁 151D の内面部分にも凹部を備えた径方向の表面凹凸構造 151dx が設けられ

50

ている。この表面凹凸構造151dxはフィルタ153Dの外縁に対応して設けられた溝部151dyの内面に形成されている。この構成例が先の構成例と異なる点は、支持部材158Dの表面凹凸構造158dxの凸部と隔壁151Dの表面凹凸構造151dxの凹部とがフィルタ153Dの外縁を挟んで相互に対向する位置に設けられている点である。また、支持部材158の表面凹凸構造158dxの凹部と隔壁151Dの表面凹凸構造151dxの凸部とがフィルタ153Dの外縁を挟んで相互に対向する位置に設けられている。これによって、フィルタ153Dの外縁が圧縮されつつ局部的に隔壁151D側に変形された状態となるので、フィルタ153Dの外縁と隔壁151Dの内面との間の気密性や密着性がより向上する。

【0065】

図9に示す構成例では、フィルタ153Eの外縁の表面に径方向に凹凸状に構成された表面凹凸構造153exが形成されている。この表面凹凸構造153exは、フィルタ153Eの外縁の一部に凸部を設けたものである。図示例では、フィルタ153Eの外縁の表裏両面にそれぞれ凸部及び凹部を備えた表面凹凸構造153exが設けられている。一方、隔壁151Eには、フィルタ153Eの外縁に対応する部分に溝部151eyが形成され、また、支持部材158には、フィルタ153Eの外縁に対応する部分に溝部158eyが形成されている。ここで、支持部材158による押圧固定により、上記表面凹凸構造153exが支持部材158の溝部158eyの内面や隔壁151の溝部151eyの内面に圧接され、これによって、フィルタ153Eの外縁のうち表面凹凸構造153exの上記凸部が設けられている部分が局部的に強く圧縮された状態となっているので、フィ

【0066】

図10に示す構成例では、フィルタ153Fの外縁が支持部材158Fと、シール部材158Gの間に挟持された状態となっており、シール部材158Gは隔壁151Fの内面の一部に設けられた凹所151Fxに収容され、その内面部分に密着固定されている。支持部材158Fは上記各構成例と同様にフィルタ153Fの外縁よりも押圧方向に高い剛性を有し、シール部材158Gはフィルタ153Fの外縁よりも低い剛性を有する。このため、支持部材158Fによってフィルタ153Fの外縁は全周に亘って均一に押圧される。また、その押圧力によってシール部材158Gは圧縮され、フィルタ153Fの外縁及び隔壁151Fの内面に対して共に緊密に密着固定される。

【0067】

上記シール部材158Gは、フィルタ153Fの外縁よりも押圧方向に弾性変形しやすく構成されている。より具体的には、シール部材158Gは、合成ゴムなどのように弾性変形しやすい素材で構成されている。しかし、フィルタ153Fの外縁よりも必ずしも押圧方向に弾性変形しやすい素材で構成されているわけではないが、その構造（断面形状）によって結果的にシール部材153Fの外縁よりも押圧方向に弾性変形しやすく構成されているものであってもよい。例えば、図10(a)に示すシール部材158Hは、その内部が中空に構成されている。また、図10(b)に示すシール部材158Iは、一部が開いた湾曲状（C字状若しくはU字状）の断面を有する。さらに、図10(c)に示すシール部材158Jは、一部が開いた屈折状（コ字状）の断面を有する。上記のシール部材の構成素材は、フィルタに熱を伝え易くするという観点では金属材料、特に、アルミニウム、ステンレス鋼、チタン、ニッケルなどの非鉄金属であることが好ましく、また、セラミックスや石英などの無機材料であってもよく、さらに、弾性変形させやすいものとしては、各種の合成ゴム、テトラフルオロエチレンその他のフッ素系樹脂、ウレタン系樹脂などの樹脂系材料であってもよい。

【0068】

この構成例では、シール部材158G～158Jが主体的に弾性変形することにより、フィルタ153Fの外縁、シール部材158G～158J、及び、隔壁151Fの内面との間の気密性や密着性が確保されるので、シール部材153Fと隔壁151Fとの間を原料ガスや残留ミストが流通することを確実に阻止することができる。

【0069】

図14は、本実施形態のフィルタ取付構造を用いた場合において、成膜部130で基板（8インチ径のシリコンウエハ）上に成膜された薄膜上に存在する $0.2\mu\text{m}$ 以上の粒径を有するパーティクルの数の処理時間依存性を測定したものである。ここで、図示白の正方形で示すデータが、原料ガス供給ライン途中にラインフィルタ150Fを介在させた場合のデータであり、図示白丸で示すデータがラインフィルタ150Fを使用しない場合のデータである。

【0070】

図14に示すように、本実施形態では、従来に較べてパーティクル数がきわめて少ない良好な結果が得られた。これは、本実施形態では、フィルタの周囲に隙間が発生しないため、パーティクルや残留ミストの漏出も生じないためであると思われる。また、実際には、本実施形態ではパーティクル数の少ない状態が安定して得られるという利点もある。さらに、本実施形態では処理時間が経過してもパーティクル量はほとんど変化しない。これは、本実施形態のフィルタでは内側部分にも上記伝熱部によって熱が伝達されることにより内側部分の温度低下が少なく、残留ミストがフィルタに到達しても効率的に気化されるため、また、遮蔽板154の遮蔽効果が得られるため、フィルタの局所的な目詰まりが発生しにくいからと思われる。また、本実施形態ではラインフィルタ150Fを使用しない場合と使用した場合とでパーティクル数にほとんど差がないことから、本質的には気化器120のガス導出部150Xに設けたフィルタ構造のみによってパーティクルの抑制がなされていることがわかる。

【0071】

<第2実施例> [原料ガスの輸送経路]

本実施形態において、原料気化部120は成膜部130の上方に配置され、原料気化部120から導出される原料ガス輸送ライン150S、及び、原料ガス輸送ライン150Tで構成される輸送経路部分は、極力屈曲部を少なくし、かつ、各屈曲部の屈折角度を小さくするように構成されている。輸送経路の屈曲部はラインの圧力損失を生じさせ、屈曲角度が大きくなるほど圧力損失が大きくなり、これらによって原料ガスに圧力変動が生じて配管内で固化する可能性が高くなるので、輸送経路内で生ずるパーティクル量を低減するには、上記のように屈曲部を極力少なくし、かつ、その屈曲角度を小さくすることが効果的である。

【0072】

上記のように、原料ガス輸送ライン150Sと150Tとの間にはラインフィルタ150Fを設けなくてもよいが、このラインフィルタ150Fを設ける場合においては、その内部に配置されるフィルタは、上記のフィルタ153又は153A～153Fと同様に環状の支持部材やシール部材などを用いて取り付けることが好ましい。

【0073】

図11は、本実施形態の成膜部130を示す一部縦断面図である。図11に示すように、成膜部130の外部には、上記のガス導入バルブ150Vや成膜部130に固定されたバルブベースブロック150Pで構成されるガス導入ブロック150Yが設けられている。ここで、ガス導入バルブ150Vは、2連のダイヤフラムバルブなどで構成され、原料ガス輸送ライン150Tで供給される原料ガスを、原料ガス輸送ライン150Uとバイパスライン140Tのいずれかに切り替えて送出できるように構成されたものである。

【0074】

また、上記のガス導入ブロック150Yの内部にて上記パージライン110Pが原料ガス輸送ライン150Uに接続されている。上述のように、パージライン110P（図1参照）は、原料ガス輸送ライン150Uにおけるガス導入バルブ150Vの近傍位置（ガス導入ブロック150Y）に接続されている。具体的には、図1に示すように、ガス導入バルブ150Vの流路切替部よりやや下流側（原料ガス輸送ライン150Uの基部、図示例ではバルブベースブロック150P内にある部分）にパージライン110Pが合流している。この構成によって、本実施形態では、原料ガスの輸送経路におけるパージライン11

0 Pの合流位置と、ガス導入バルブ150 Vとの間の配管容積（バルブベースブロック150 P内の配管容積の一部）を従来よりも大幅に低減している。例えば、従来構造の成膜装置では上記配管容積は42.1 ccであったものが、本実施形態では2.4 ccとなった。これによって、成膜部130への原料ガスの供給状態から停止状態への切替操作時に原料ガスが滞留する空間を極小にすることができる。そして、この滞留空間が極小になることにより、当該滞留空間内の原料ガスをパージガスによって容易に希釈若しくは置換することができるので、原料ガスの滞留に起因する輸送経路内でのパーティクルの発生を防止できる。ここで、パージライン110 Pをガス導入バルブ150 Vの内部に直接接続してもよい。すなわち、パージライン110 Pをガス導入バルブ150 Vの流路切替部に合流させ、ガス導入バルブ150 Vにより、4つの流路である原料ガス輸送ライン150 T、原料ガス輸送ライン150 U、パージライン110 P及びバイパスライン140 Tが適宜の接続態様となるように切り替え可能に構成してもよい。この場合には、上記原料ガスの滞留空間はほとんど完全になくなるので、配管内におけるパーティクルの発生をより確実に防止できる。

10

【0075】

なお、本実施形態では、原料気化部120を成膜部130の上方に配置しているが、原料気化部120をガス導入バルブ150 Vの近傍に配置してもよい。この場合には、原料ガスの輸送経路が短くなるので、輸送経路途中におけるパーティクルの発生量をさらに低減させることができる。

【0076】

20

上記の原料ガス輸送ライン150 Uは、上記ガス導入ブロック150 Y（より具体的にはバルブベースブロック150 P）から上方若しくは斜め上方へ向かう上昇ライン部分150 u xを備え、この上昇ライン部分150 u xの先に、成膜部130のガス導入部132へ向けて垂直下方に伸びる下降ライン部分150 u yが設けられている。

【0077】

上記のように上昇ライン部分150 u xが設けられていることで、本実施形態では、ガス導入バルブ150 Vから成膜部130へと輸送される原料ガス中にパーティクルが含まれていても、当該パーティクルが上昇ライン部分150 u xにて下流側へ進みにくくなるため、成膜部130へ導入されるパーティクル量を低減できる。特に、パーティクルのうち重いもの（大きいもの）に対して高い効果が得られる。実際に、成膜部130内で確認されるパーティクルのうち、原料ガスの輸送経路で発生して成膜部130へ導入されるパーティクルの多くは、小さなパーティクルが相互に複数凝集した塊状であることがわかっている。このような塊状のパーティクルは重量が大きく、粒径も大きいので、上昇ライン部分150 u xにおいて下流側へ移動しにくい。また、この種の大きなパーティクルは成膜品位への影響が大きいため、特に大きなパーティクルを除去できるという点で上昇ライン部分150 u xを設ける構成は非常に有効である。

30

【0078】

また、上昇ライン部分150 u xは、ガス導入バルブ150 Vの下流側、すなわち、成膜部130の近傍に設けられているので、原料ガスの輸送経路の大部分がそれよりも上流側にあることから、当該大部分において発生したパーティクルの進行を抑制することができるので、成膜部130へのパーティクル導入量の低減効果が高くなるものと思われる。

40

【0079】

さらに、上昇ライン部分150 u xの基端はガス導入バルブ150 Vの近傍であり、しかも、ガス導入バルブ150 Vに接続されたバイパスライン140 Yは下方に向けて伸びているので、輸送経路に沿って運ばれてくるパーティクルの多くは、エバック作業時において、原料ガスライン150 Tからガス導入バルブ150 Vを介してバイパスライン140 Yを通して効率的に排出される。したがって、エバック作業時において輸送経路内にパーティクルが留まる可能性が少なくなるため、輸送経路内に留まったパーティクルが成膜時において成膜部130へ向かうといったことを防止できる。ここで、バイパスライン140 Yは、気化器内の不安定な気化ガス（パーティクルや未気化の残留ミストを含む。）

50

を排気するもので、安定した気化ガスをチャンバ内へ供給する目的で設けられたものである。

【0080】

本実施形態では、ガス導入部132に向けて垂直下方に伸びる下降ライン部分150u yの高さHを十分に確保している。これにより、原料ガスの圧力がガス導入部132の内部にて慣性や進行方向の変化によって偏ることが防止される。すなわち、上記高さHが小さいと、成膜部130のコンパクト化には好都合であるが、原料ガスが側方（図示右側）から供給されることによって、原料ガスの慣性や流れ方向の変化による圧力変動により、ガス導入部132の内部において原料ガスの圧力分布が偏る（ばらつく）ことになるので、成膜処理の均一性も損なわれる。ここで、上記の偏り（ばらつき）は比重の重いガスを
10
用いる場合ほど顕著になる。なお、上記事項は原料ガス輸送ライン150U及び原料ガスに関するものであるが、反応ガス供給ライン119及び反応ガスについても上記と同様である。

【0081】

本実施形態では、上昇ライン部分150u xを設けることで、下降ライン部分150u yの高さHを大きく確保することが可能になっている。したがって、成膜部130へのパーティクル導入量の低減と、成膜部130への原料ガスの偏りを抑制する効果とを共に得ることができる。また、これらの効果は、相互に密接に関連している。図16は、上記高さHを変化させてガス導入部132から成膜部130内に導入されるガスの流速分布のシミュレーション結果を示すグラフである。ここで、図15に示すように、例えばガス導入
20
部132に接続される導入管を内径11mmの直管を90度屈折させたものとし、導入管を210℃に加熱した状態とし、さらに、予め均一に混合した不活性ガス及び有機溶媒を、導入管の流入側の流量L i nが不活性ガスであるアルゴンガスが300s c c m、有機溶媒である酢酸ブチルが1.2m l /m i nで一定になるように供給し、また、導入管の流出側の圧力P o u tが約319.2Pa（2.4t o r r）と一定になるように設定してシミュレーションを行った。図示H1の分布は上記高さHが例えば46mmの場合、図示H2の分布は92mmの場合、図示H3の分布は138mmの場合を示す。この図16に示すように、下降ライン部分150u yの高さHが小さいときには、ガスの流速分布の偏りにより、基板上の成膜の分布もまた同様に偏ったものになることがわかる。したがって、上記高さHを大きくすることで、基板上の成膜の面内均一化も可能となる。この場合
30
、ガス密度などにより上記偏り（均一性）に関する効果も変化するので、ガスの種類や温度などに応じて上記高さHは適宜に設定される。上記高さHの範囲としては、好ましくは60cm以上、より好ましくは80cm以上であり、また、装置サイズを考慮すれば1000cm以下であることが好ましい。

【0082】

また、上記原料ガス輸送ライン150Uは全体としてアーチ状に構成され、上昇ライン部分150u xの垂直上方に伸びる部分と、斜め上方に伸びる部分との接続部分、並びに、上昇ライン部分150u xと下降ライン部分150u xの接続部分が緩やかな（曲率半径の大きな）湾曲形状となっている。これによって、原料ガス輸送ライン150Uの途中で圧力変動を防止することができる。
40

【0083】

さらに、図11に示すように、成膜部130の近傍において、反応ガス供給ライン119は、上記原料ガス輸送ライン150Uに沿って配管され、上記ガス導入部132に接続されている。これにより、原料ガス輸送ライン150Uと同様の下降ライン部分を反応ガスライン119にも設けることができるため、ガス導入部132内の反応ガスの偏りを防止できる。また、反応ガス供給ライン119と原料ガス輸送ライン150Uとを成膜部130の近傍で共通のヒータブロック（マントルヒータなど）150Hで加熱することが可能になるので、ラインの加熱構造を簡易に構成できる。以上の構成により、原料ガスが均一にガス導入部132に供給され、処理容器内に均一に導入される。

【0084】

10

20

30

40

50

<第3実施形態> [成膜部の構造]

次に、図11乃至図13を参照して、本実施形態の成膜部130の内部構造について説明する。図11に示すように、成膜部130は、上記のように成膜容器131の一部隔壁（図示上部）にガス導入部132が設けられ、このガス導入部132から成膜容器131の内部の上記サセプタ133へ向けて原料ガス及び反応ガスが導入されるようになっている。ガス導入部132には、上記原料ガスを内部に導入するための多数の原料ガス導入口132aと、上記反応ガスを内部に導入するための多数の反応ガス導入口132bとが設けられた、いわゆるポストミックス型のシャワーヘッド構造を有する。また、このガス導入部132は、複数のプレートが積層された積層プレート構造を有している。図示例では、ガス導入部132は上部プレート、中間プレート及び下部プレートの3層構造を有する。中間プレートの表裏には原料ガスの拡散空間を構成するための凹部（上下のガス経路に連通する溝）及び反応ガスの拡散空間を構成するための凹部（上下のガス経路に連通する溝）が形成され、下部プレートには上記原料ガス導入口132a及び反応ガス導入口132bに続く小通路が形成され、上部プレートには、上記原料ガス輸送ライン150Uを原料ガスの拡散空間に連通させるための通路、及び、上記反応ガス供給ライン119を反応ガスの拡散空間に連通させるための通路が貫通して形成されている。

10

【0085】

ガス導入部132の上面には、複数のフィンやプレート構造などで構成される放熱部132eが設けられている。この放熱部132eは、成膜容器131の内部の熱がガス導入部132を介して外部に放熱される際の放熱効率を高めるためのものである。この放熱部132eを設けることで、ガス導入部132内の熱の流れが均等に分散され、また、放熱効率が向上するので、原料ガス導入口132a及び反応ガス導入口132bが設けられるガス導入部132の内側部分（下部プレート）の温度の制御性及び均一性が向上し、成膜領域の温度の安定化を図ることができる。そして、この温度の安定化によって、ガス反応の安定化や堆積物の剥離低減などを図ることができるので、成膜部130内のパーティクルが低減され、良質な堆積物を形成することが可能になる。

20

【0086】

なお、温度センサ132tは熱電対などで構成され、ガス導入部132の内側部分（下部プレート）の温度を検出するようになっている。そして、この温度センサ132tの検出温度により、ガス導入部132の内部や外面上などに設けられた図示しないヒータなどの加熱手段や冷却ファンなどの冷却手段を制御し、ガス導入部132の温度制御を行うようにしてもよい。このようにすると、ガス導入部132の内側部分（下部プレート）の温度をさらに安定化させることができる。

30

【0087】

また、成膜容器131の内部は図1に示す排気ライン140Aに接続され、所定の圧力に減圧されるようになっている。また、成膜容器131の下部には石英などの透光性素材で構成された窓131pが設けられ、この窓131pを通してその下方に配置されたランプ加熱装置139が垂直軸周りに回転しながらサセプタ133に加熱用の光を照射するようになっている。このランプ加熱装置139は、中心側加熱部139Aの熱線強度（加熱強度）と周辺側加熱部139Bの熱線強度（加熱強度）を独立に制御できるように構成されている。これによって、後述するように、サセプタ133の半径方向の温度プロファイルを適宜に制御できるようになっている。なお、上記のランプ加熱装置の代わりに、抵抗加熱装置を用いてもよい。

40

【0088】

図12は、サセプタ133及びその近傍を示す平面図である。サセプタ133の表面上には基板Wが配置される。サセプタ133の表面には、基板Wの位置決めを行うための位置決め突起133pが設けられている。本実施形態では、複数の位置決め突起133pが基板Wを配置するための成膜領域133Aの周囲を取り巻くように離散的に（分散して）配置されている。位置決め突起133pは、図12中の拡大斜視図に示すように、基板W側の内側面が凸曲面状（平面視円弧状）に構成されている。ここで、位置決め突起133

50

p全体が平面視円形或いは環状に形成されていてもよい。また、基板W側の内側面が角状に構成されていてもよい。さらに、位置決め突起133pとしては、基板Wを取り囲むように環状に連続して形成されたものでなければよく、例えば、環状の位置決め枠の複数箇所にスリットを設けた構造など、結果として基板Wの載置領域の周囲において不連続に、或いは均等に分散された状態に形成されていればよい。

【0089】

サセプタ133は、図17に示す支持枠136S及び136Tを含む支持体136によって外周部が支持されている。図示例の場合、サセプタ133はSiCで構成され、支持枠136Sは石英で構成され、支持枠136Tはアルミニウムで構成されている。排気口136aはサセプタ133の下部空間を排気する開口である。また、サセプタ133と支持枠136Sの接続部分上にはプロテクションリング135が載置された状態にある。なお、図12に示す点線のハッチングはプロテクションリング135の範囲を示すだけの理由で施したものである。このプロテクションリング135はSiCで構成されている。サセプタ133やプロテクションリング135はSiCに限らず、 Al_2O_3 やAlNなどの他のセラミックス材料で構成されていても構わない。プロテクションリング135は、サセプタ133と支持枠133Sの間隙を覆うことにより、プロセスガスのサセプタ裏面側への流入を防止するために配置される。

10

【0090】

なお、上記実施形態では、プロテクションリング135がサセプタ133と別体に構成されているが、サセプタ133の外周部に支持枠136S上に張り出す張り出し部を一体に設け、この張り出し部によって支持枠136Sとの間隙を覆うように構成してもよい。この場合には、張り出し部が一体に構成されているため、プロテクションリング135を設ける必要がなくなり、基板Wの外周側の温度勾配をさらに低減することができる。

20

【0091】

従来構造では、図18に示すように、サセプタ133'には、基板Wの成膜領域を取り巻くように平面リング状に構成された位置決め枠133p'を設けていた。このため、図19に示すように、プロセスガスが中央の基板W上から外周側へ流れる際に、基板Wと位置決め枠133p'との間に僅かな隙間があると、プロセスガスの滞留が起こり、堆積物が付着しやすくなるとともに、位置決め枠133p'の内縁段差によってガス流が上方に向けられ、乱流が生じるため、このガス流とともに上記の隙間に形成された堆積物や位置決め枠133p'上の堆積物（特に剥離片など）が巻き上げられて基板W上に堆積することにより、成膜品位を悪化させるという問題点があった。

30

【0092】

本実施形態では、上記のように複数の位置決め突起133pが離散的に配置されていることにより、リング状の位置決め枠を備えた従来構造に較べて、基板W上に導入されたガスが基板Wの周囲に向けて流れ易くなるので、ガスの滞留が防止され、基板Wの周囲の堆積物が少なくなるため、基板Wと堆積物とが擦れ合うことなどに起因するパーティクルの発生量が低減される。また、位置決め突起133pの内側面が凸曲面状に構成されていることにより、ガス流の流れがスムーズになるので、基板Wの周囲の堆積物の密着性が向上し、堆積物の剥離物や堆積物がさらに少なくなるという効果がある。

40

【0093】

サセプタ133の表面は、基板Wを載置する上記の成膜領域133Aと、この成膜領域133Aの周囲に設けられた外周領域133Bとを備えている。そして、上記の位置決め突起133pは、この成膜領域133Aと外周領域133Bとの間に形成されている。本実施形態のサセプタ133では、成膜領域133Aと外周領域133Bとが同一素材で一体に構成されている。また、このサセプタ133の表面上には、基板Wが載置されるべき成膜領域133A上だけでなく、その周囲の外周領域133Bの内周側部分上にも他の部材が配置されていない。さらに、サセプタ133の成膜領域133Aの表面と外周領域133Bの表面とが同一面（同じ高さ）になるように構成されることが好ましい。また、外周領域133Bの表面と、成膜領域133A上に載置された基板Wの表面とが同一面にな

50

るように構成されていてもよい。

【0094】

図18及び図19に示すように、基板Wが載置される成膜領域133A'のすぐ外側(すなわち位置決め枠133p'の外側)にSiCなどで構成されるプロテクションリング135'が配置された場合とは異なり、本実施形態では、プロテクションリング135は外周領域133Bの内周側部分には配置されず、サセプタ133の最外周の外縁部分上のみ配置されている。したがって、成膜領域133Aから外周領域133Bに亘る範囲上には他部材が存在せず、サセプタ133の表面は露出して、その表面は上記範囲において同一高さを有する平面となっている。また、サセプタ133の上記外縁部分の表面はプロテクションリング135の厚さ分だけ低くなっており、その結果、当該外縁部分上に配置されたプロテクションリング135の表面と、その内側のサセプタ133の表面とがほぼ同一高さになるように(すなわち、段差がほとんど形成されないように)構成されている。

10

【0095】

また、サセプタ133'では、基板Wの温度の均一性を高めるために熱伝導性の高い素材で形成されているが、図18及び図19に示すように、位置決め枠133p'に隣接してプロテクションリング135'が配置されていることにより、基板Wの外縁が位置決め枠133p'を挟んでプロテクションリング135'に近接しているため、プロテクションリング135'により基板Wの外縁の温度が低下しやすい。これは、サセプタ133'が図11に示すランプ加熱装置139により下方から加熱されるとき、サセプタ133'とプロテクションリング135'は単に接触しているか、或いは、極めて微細な隙間を介して隣接しているだけであるので、サセプタ133'との間の熱伝導性が悪く、その結果、プロテクションリング135'の温度がサセプタ133'よりも低くなり、これが基板Wに温度勾配をもたらし、基板Wの温度均一性を低下させるからである。例えば、直径200mmの基板W用のサセプタ133'を650℃程度に設定した所定の成膜条件下で各部の温度を計算すると、プロテクションリング135'は585~630℃、平均で595℃程度になり、サセプタ133'とプロテクションリング135'の温度差は50℃を超えることが確認されている。なお、図18に示す点線のハッチングはプロテクションリング135'の範囲を示すだけの理由で施したものである。

20

【0096】

図17に示す本実施形態では、サセプタ133において位置決め突起133pの外側にプロテクションリング135で覆われていない領域が広がり、プロテクションリング135は、サセプタ133の外縁部のみを覆っている。例えば、図示例の場合、位置決め突起133pは中心から100mm離れた位置に形成され、プロテクションリング135の内縁は中心から150mm離れた位置にある。

30

【0097】

このように、本実施形態では、成膜領域133Aから外周領域133Bまでが同一の素材で一体に構成されているとともに、外周領域133Bの内周部分をプロテクションリングで覆っていないので、サセプタ133の温度が均一になる。特に、外周領域133Bの内周部分の温度低下が抑制されるため、基板Wの周囲の堆積物の密着性が向上し、温度勾配による堆積物の剥離が抑制される。したがって、堆積物の剥離等に起因するパーティクルの発生量を更に低減できる。図18及び図19に示す従来構造で成膜した場合には、位置決め枠133p'上や外周領域133B'において堆積物が剥離し、特に、位置決め枠133p'の表面では堆積物の剥離が顕著であった。これに対して、本実施形態の構造で成膜を行ったところ、位置決め突起133p上をも含めて外周領域133Bでは均一に堆積物が付着し、堆積物の剥離は全く観察されなかった。

40

また、本実施形態では、上記のように外周領域133Bの温度の均一性が向上したことにより、基板Wの温度分布も均一化され、基板上の成膜の面内均一性、薄膜組成の均一性が向上する。さらに、サセプタ133の表面と、その外縁部分上に配置されるプロテクションリング135の表面とがほぼ同一の高さになるように構成されていることにより、プロ

50

テクシヨンリング135の内縁により段差が形成されることもなく、したがってガスの流れを妨げることもなくなるため、成膜の均一性をさらに向上させることができる。

【0098】

プロテクシヨンリング135の内縁位置は、上記の効果を得るために、位置決め突起133pの半径位置（或いは、中心から基板Wの半径分だけ離れた位置）よりも、さらに成膜領域133Aの半径の30%以上外側に離間した位置に設定されていることが好ましい。特に、上記半径の45%以上外側に離間した位置に設定されていることがより望ましい。

【0099】

本実施形態では、サセプタ133の成膜領域133Aと外周領域133Bの温度を均一化するため、ランプ加熱装置139の中心側加熱部139Aの照射エネルギーと、周辺側加熱部139Bの照射エネルギーとをそれぞれ独立に制御できるように構成されている。これによって、サセプタ133の温度分布をより高精度に均一化することができる。また、温度分布の均一化を図るために、図20に示すように、サセプタ133"の外周領域133B"の厚さd2を、基板Wを載置する成膜領域133A"の厚さd1よりも薄く形成してもよい。これによって、サセプタ133"の外周領域133B"の表面温度が上昇し易くなるため、外周領域133B"の外縁から外側（支持体136側）へ逃げる熱による基板Wの半径方向の温度勾配が低減される。なお、図20に示す構造においては、図17と同一部分には同一符号を付し、それらの説明は省略する。

【0100】

なお、図12に示すリフターピン133qは、基板Wの搬入時及び搬出時において基板Wをサセプタ133の表面から上方に持ち上げた状態に支持するためのものである。ここで、図1、図11及び図13においては、上記のリフターピン133q及びこれをサセプタ133に対して出没させるための昇降駆動機構については、図示を省略してある。

【0101】

図13は、図12とは異なる方向の断面形状を示す縦断面図である。図11及び図13に示すように、成膜容器131の内壁側には、上記サセプタ133を取り巻くように筒状のシールド部材137が脱着可能に配置されている。シールド部材137は、例えば、アルミニウム、チタン、ニッケル等のような熱伝導性の良好な金属素材で構成され、特に、アルミニウムの表面にアルマイト処理を施したものであることが望ましい。図13に示すように、成膜容器131の側部には、基板Wを搬入及び搬出するための搬送口131Aが形成され、この搬送口131Aは、搬送通路131Xに連通し、ゲートバルブ131Yの開閉動作によって開閉可能に構成されている。また、搬送口131Aに対応する位置の上記シールド部材137の側壁には開口部137aが形成され、この開口部137aは、可動の（上下方向に移動可能に構成された）シールドゲート板138によって開閉可能に構成されている。このシールドゲート板138は、上記ゲートバルブ131Yと同期して開閉するように構成され、シールドゲート板138及びゲートバルブ131Yが開くことによって基板Wを出し入れできるようになっている。シールドゲート板138は上記シールド部材137と同じ素材、すなわち、熱伝導性の良好な金属素材で構成されることが好ましい。このシールド部材137は脱着可能に構成されているので、稼働率及びメンテナンス性が向上する。

【0102】

また、シールド部材137の内面には支持体136側に向けて張り出したバッフル部137bが突設されている。このバッフル部137bは成膜領域の周囲において環状に配置された整流板であり、バッフル部137b上には成膜容器131内を均一に排気するための整流孔が設けられ、この整流孔はスリット状又は丸状に形成されている。これにより、成膜容器131の内部のガスが整流され、排気ラインへ向けて均等に排気されるようになっている。また、搬出口131A側に配置されたバッフル部136bはバッフル部137bとは別体に形成されている。ただし、バッフル部136bと137bとが一体に構成されていてもよい。

10

20

30

40

50

【0103】

さらに、成膜容器131の内面と、上記シールド部材137との間には、導入口131dからArその他の不活性ガスなどのパージガスが導入され、成膜容器131の内面に堆積物が付着しないように構成されている。これにより、成膜装置の稼働率及びメンテナンス性が向上する。さらに、搬送口131X内から内部に向けて不活性ガスなどのパージガスを導入するための導入口131Zも設けられている。

【0104】

本実施形態では、シールド部材137を金属で構成したことにより、シールド部材138の熱伝導性が良好になるため、シールド部材137に付着した堆積物が剥離しにくくなることから、成膜容器131内において発生するパーティクル量を低減することが可能になる。

10

【0105】

<第4実施形態> [ガス導入バルブの構造]

図21乃至図23には、本実施形態の上記ガス導入バルブ150Vの具体的な構造を示す。このガス導入バルブ150Vは、ガス導入口180と、ガス導出口187と、ガス排気口189とを有する。ガス導入口180は上記原料ガス輸送ライン150Tに接続され、ガス導出口187は上記成膜部130（具体的には原料ガス輸送ライン150U）に接続され、ガス排気口189は上記バイパスライン140Yに接続されている。内部には、ガス導入口180に接続された導入路181が設けられ、この導入路181は、ダイヤフラム弁160の動作により、上記ガス導出口187を備えた導出路186に連通した状態と、この導出路186とは遮断された状態のいずれかの状態を取るよう

20

【0106】

具体的には、導入路181は、ダイヤフラム弁160のロッド161（図示上方のアクチュエータによって上下に動作する。）によって駆動される弁体（ダイヤフラム）162が臨むバルブ内空間（環状の溝）163（図22及び図23参照）に開口部182にて開口し、また、当該バルブ内空間163に対して上記導出路186が開口部184にて開口している。なお、図22に示すように、導入路181と開口部182との間の図示上下方向に伸びる接続路181sは、開口部182の開口面積と同じ流通断面積を有するように構成され、具体的には、開口部182と同一の開口形状及び開口寸法を有するように構成されている。ただし、開口部181の開口面積が導入路181の流通断面積より大きい場合には、接続路181sにおける導入路181側の部分を導入路181の流通断面積と同じ流通断面積となるように構成し、開口部182の近傍で開口部181の開口面積に整合する態様で流通断面積が徐々に増大するように構成してもよい。バルブ内空間163には上記開口部184を取り巻く環状のリブ164が突出し、このリブ164に対してロッド161が駆動する弁体162が当接することで、開口部184が閉鎖されるように構成されている。

30

【0107】

また、上記導入路181は、ダイヤフラム弁170の動作により、ガス排気口189を備えた排気路188に連通した状態と、排気路188とは遮断された状態のいずれかの状態を取るよう

40

【0108】

上記構造により、ダイヤフラム弁160が開き、ダイヤフラム弁170が閉じている場

50

合には、ガス導入口180から導入されたガスは導入路181から導出路186に流れ、ガス導出口187から成膜部130へ向け導出される。また、ダイヤフラム弁160が閉じ、ダイヤフラム弁170が開いている場合には、ガス導入口180から導入されたガスは導入路181から排気路188に流れ、ガス排気口189から排出される。

【0109】

本実施形態のガス導入バルブ150Vにおいては、ダイヤフラム弁160のバルブ内空間163に開口する開口部182及びダイヤフラム弁170のバルブ内空間173に開口する開口部183がそれぞれ延長形状（図示長孔形状）に構成され、これによって、ガスの流通断面積が開口部182及び183において小さくならないように構成されている。この場合、開口部182（183）の開口面積を開口部184（185）の開口面積と同じ又はそれ以上にすることが好ましい。具体的には、バルブ内空間163，173の中心に円形の開口形状を有する上記開口部184，185が開口するとともに、バルブ内空間163，173の周辺に設けられる上記開口部182，183の開口形状は、開口部184，185を中心とする周回方向に延長された形状となっている。このようにすると、導入路181からダイヤフラム弁160，170のそれぞれのバルブ内空間を経て導出路186或いは排気路188にガスが流れる際に、開口部182，183においてガス圧力が変動して原料が液化したり固化したりするといったことを防止でき、これによるパーティクルの発生を抑制できる。

10

【0110】

例えば、図26に示す従来構造のガス導入弁150V'（ここで、図23と同じ部分には同一符号を付してある。）では、バルブ内空間周辺の開口部182x及び183xの開口形状が円形であるとともに、バルブ構造上の制約からその開口半径を或る程度に留める必要があることから、導入路181及び導出路186又は排気路188の流通断面積よりも開口部182x及び183xの開口面積が小さくなり、流路中にオリフィス（絞り）を形成した場合と同様に、開口部182x及び183xをガスが通過するときに圧力変動が生ずる。ところが、上記の原料ガス（固体若しくは液体の有機金属材料を気化させてなるもの）は、圧力変動やこれに伴う温度変動によって液化や固化を起こし易いため、ガス導入口180に上記の原料ガスが供給されて開口部182x及び183xにおいて圧力変動が生ずると、原料ガスから液滴や固形物が析出することにより、バルブ内空間163，173内にてパーティクルが発生する。バルブ内空間163，173内で発生したパーティクルは、そのまま、或いは、或る時期にまとまって導出路を通過してガス導出口から成膜部130へ向かうことになり、成膜品位を低下させる原因となる。

20

30

【0111】

これに対して、本実施形態では、開口部182及び183を延長された開口形状を備えたものとすることによって、バルブ構造上の制約が存在するにも拘らず、開口部184，195の開口面積と同じか或いはそれ以上に開口させることで、圧力変動を抑制できるため、バルブ内空間163，173内におけるパーティクルの発生を抑制できる。ここで、成膜部130に直接連通するダイヤフラム弁160のバルブ内空間163に設けられる開口部182のみを上記の延長された開口形状を備えたものとしてもよい。

【0112】

図24は、上記と異なる実施形態の開口部182'の開口形状を示す横断面図である。ここで、図23に示す構造と対応する部分には同一符号を付してある。この図の開口部182'では、バルブ内空間163の中心の周りに、或いは、バルブ内の環状溝に沿って弧状（図示円弧状）に延長された開口形状を備えている。このようにすると、開口部182'の開口面積をバルブ構造上の制約にも拘らずさらに自由に設定することができるようになるため、バルブ室内におけるパーティクルの発生を更に抑制することが可能になる。

40

【0113】

図25は、上記とはさらに異なる実施形態の開口部182''の形成構造を示す横断面図である。ここでも、図23に示す構造と対応する部分には同一符号を付してある。この図の開口部182''は、バルブ内空間163の中心の周りに複数（図示例では2個）配置さ

50

れている。ここで、複数の開口部 182" はバルブ内空間 163 の中心を周回する方向に配列されている。このようにしても、開口部 182" による全開口面積を開口部 184 と同じかそれ以上に設定するのが好ましい。これにより、バルブ室内におけるパーティクルの発生を更に抑制することが可能になる。

【0114】

特に、周辺の開口部 182, 183 は、中心の開口部 184, 185 とほぼ同一又はそれ以上の開口面積を有するように構成することが好ましい。このようにすると、これらの開口部に起因する圧力変動を抑制することができるので、パーティクルの発生をさらに抑制できる。但し、周辺の開口部 182, 183 の開口面積と中心の開口部 184, 1845 の開口面積とが完全に同一でなくても、一方の開口面積が他方の開口面積の±10%の範囲内にあれば効果が得られ、特に±5%の範囲内であればより高い効果が得られる。また、導入路 181 からバルブ内空間 163, 173 を経て導出路 186 に至る流路中において原料ガスの圧力変動が±20%以内であることが好ましく、特に、±10%以内であることがより望ましい。

【0115】

上記のガス導入バルブ 150V によれば、ダイヤフラム弁 160, 170 のバルブ内空間 163, 173 の中央に配置される開口部 184, 185 の周囲に設けられる開口部 182, 183 を、中心の開口部 184, 185 の周回方向に延長された形状とすることで、或いは、周回方向に複数配置することで、周辺の開口部 182, 183 の開口面積を十分に確保することが可能になるため、周辺の開口部 182, 183 を通過する際のガスの圧力変動を抑制することができることから、原料ガスの液化や固化を防止することができ、パーティクルの発生を抑制できる。特に、固体や液体原料を気化してなる原料ガスや減圧液化原料等の場合には、凝縮や固化などを防止するために、供給経路中において圧力差がない状態で供給する必要がある。したがって、供給経路中に設けるバルブ構造としては上記のようなバルブ構造であることがきわめて望ましい。このような原料としては、Pb, Zr, Ti, Ba, Sr, Ru, Re, Hf, Ta などの金属元素若しくはその酸化物などを含む有機金属化合物、或いは、Ti, Ta, W などの金属元素を含む塩化物やフッ化物などの無機金属化合物などが挙げられる。

【0116】

一般に、周辺の開口部 182, 183 の開口面積を十分に確保するには、中心の開口部 184, 185 の開口面積を小さくするか、或いは、バルブ内空間 163, 173 を大きくする必要がある。しかし、中心の開口部 184, 185 の開口面積を小さくすると、ダイヤフラム弁 160, 170 の流通断面積が低下するとともに、導出路 186 或いは排気路 188 の流通断面積よりも開口部 184, 185 の開口断面積が小さくなることにより圧力変動が生じ、上記と同様にパーティクルが発生する。また、バルブ内空間 163, 173 を大きくすると、導入路 181 及び導出路 186 又は排気路 188 の流通断面積とバルブ室の流通断面積の差が大きくなることによりやはり圧力変動などが発生しやすくなるとともに、ダイヤフラム弁 160, 170 全体が大型化し、弁体 162, 172 を駆動するために大きな駆動力が必要になる。

【0117】

本実施形態のガス導入バルブ 150V では、中心の開口部 184, 185 の開口面積を小さくすることなく、また、バルブ内空間 163, 173 を大きくすることなく、周辺の開口部 182, 183 の開口面積を増加させることができ、ダイヤフラム弁 160, 170 の内部におけるガスの圧力変動や温度変動を抑制することができるという利点を得られる。

【図面の簡単な説明】

【0118】

【図1】実施形態の成膜装置の全体構成を示す概略構成図。

【図2】原料気化部の縦断面図。

【図3】ガス送出部の内面図(a)及び縦断面図(b)。

【図４】ガス送出部の拡大部分断面図。
 【図５】ガス送出部の他の構成例を示す拡大部分断面図。
 【図６】ガス送出部の他の構成例を示す拡大部分断面図。
 【図７】ガス送出部の他の構成例を示す拡大部分断面図。
 【図８】ガス送出部の他の構成例を示す拡大部分断面図。
 【図９】ガス送出部の他の構成例を示す拡大部分断面図。
 【図１０】ガス送出部の他の構成例を示す拡大部分断面図及びシール部材の他の例を示す断面図（a）～（c）。

【図１１】成膜部の主要部及びその近傍の構造を示す部分断面図。
 【図１２】成膜部のサセプタの平面図及び位置決め突起の拡大斜視図。 10
 【図１３】成膜部の主要部の構造を示す縦断面図。
 【図１４】実施形態と従来構造のパーティクル量の処理時間依存性を比較して示すグラフ。

【図１５】原料ガス輸送ラインの下降ライン部分の高さHによる影響を調べる際の前提条件を示す説明図。

【図１６】原料ガス輸送ラインの下降ライン部分の高さH別のパーティクル分布を示すグラフ。

【図１７】実施形態のサセプタの一部を示す縦断面図。
 【図１８】従来構造のサセプタの平面図。
 【図１９】従来構造のサセプタの一部を示す縦断面図。 20
 【図２０】異なる実施形態のサセプタの一部を示す縦断面図。
 【図２１】実施形態のガス導入バルブの構造を示す部分縦断面図。
 【図２２】実施形態のガス導入バルブの構造を図２３のII-II線に沿った端面で示す部分縦端面図。

【図２３】実施形態のガス導入バルブの構造を図２１のIII-III線に沿った断面で示す横断面図。

【図２４】異なる実施形態のガス導入バルブの横断面図。
 【図２５】さらに異なる実施形態のガス導入バルブの横断面図。
 【図２６】従来構造のガス導入バルブの横断面図。

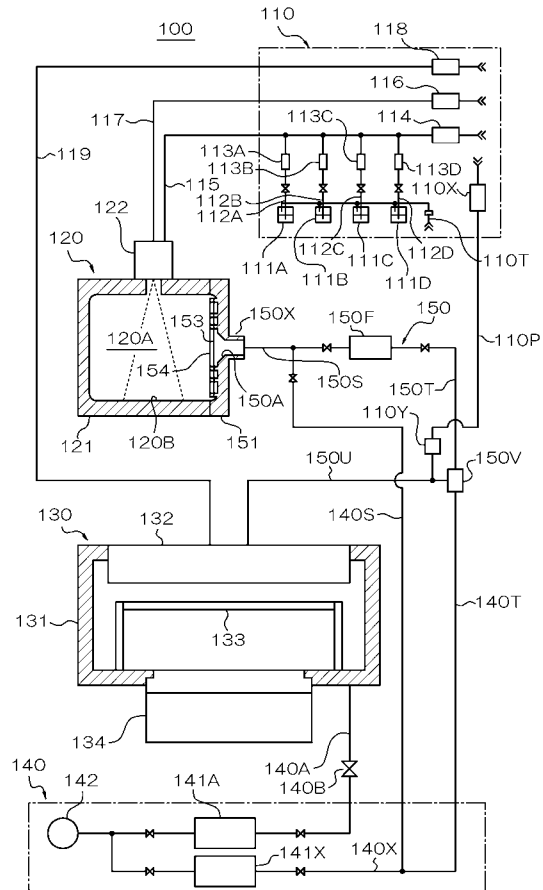
【符号の説明】 30

【０１１９】

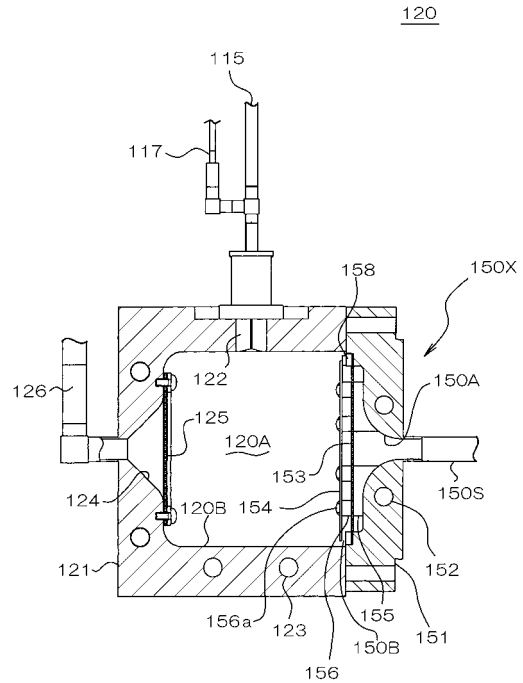
１００…成膜装置、１１０…原料供給部、１１０P…パージライン、１１５…原料供給ライン、１２０…原料気化部、１２１…原料気化容器、１２２…噴霧ノズル、１３０…成膜部、１３１…成膜容器、１３２…ガス導入部、１３３…サセプタ、１３３A…成膜領域、１３３B…外周領域、１３３p…位置決め突起、１３７…シールド部材、１３８…シールドゲート板、１４０…排気部、１５０…輸送経路、１５１…隔壁、１５３…フィルタ、１５３a…外縁、１５４…遮蔽板、１５５，１５７…伝熱部、１５０X…ガス送出部、１５０A…内部空間、１５０B…流通開口部、１５０S，１５０T，１５０U…原料ガス輸送ライン、１５０F…ラインフィルタ、１５０V…ガス導入バルブ、１５０Y…バルブブロック、１５０ux…上昇ライン部分、１５０uy…下降ライン部分、H…高さ

40

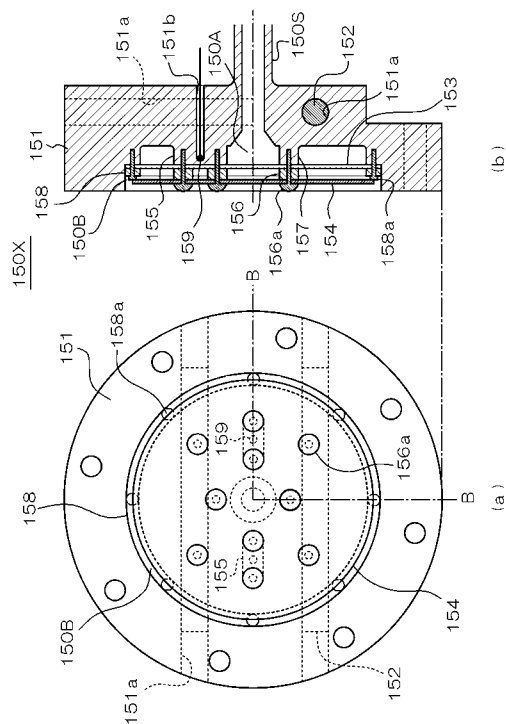
【図 1】



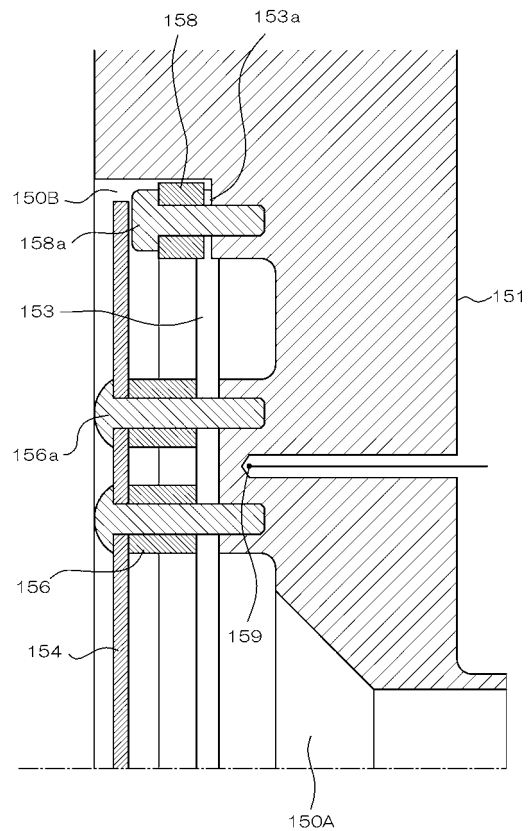
【図 2】



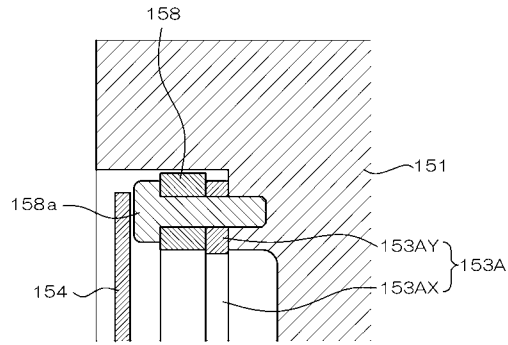
【図 3】



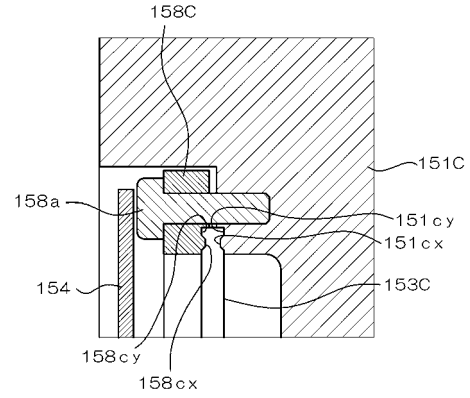
【図 4】



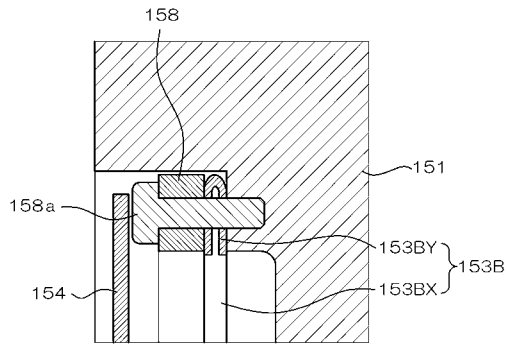
【図 5】



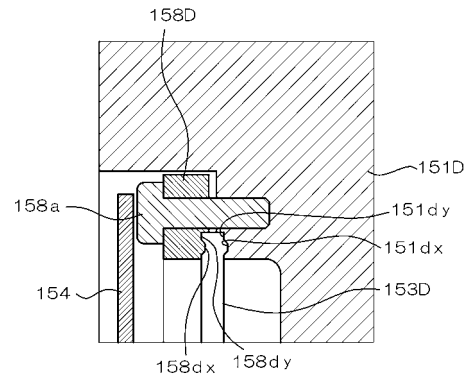
【図 7】



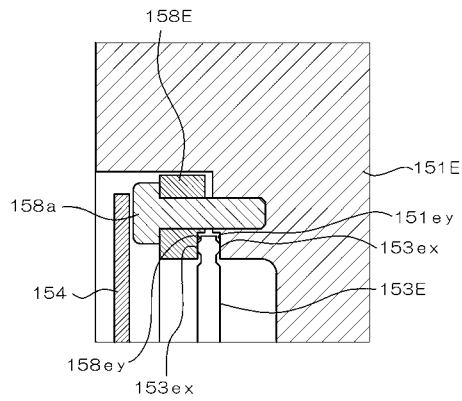
【図 6】



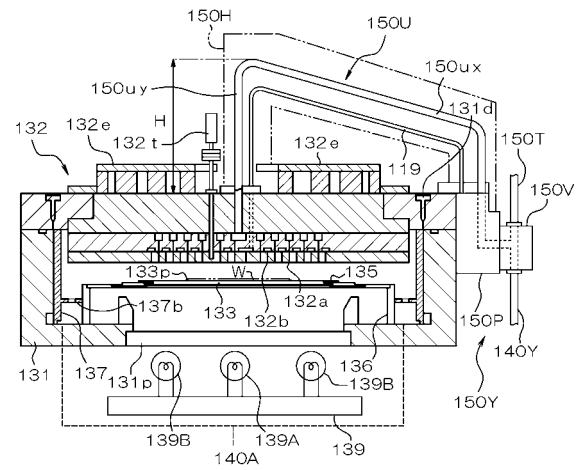
【図 8】



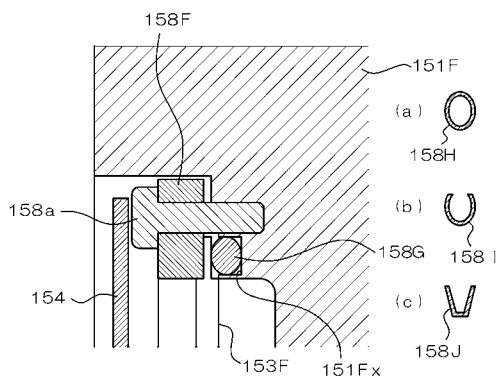
【図 9】



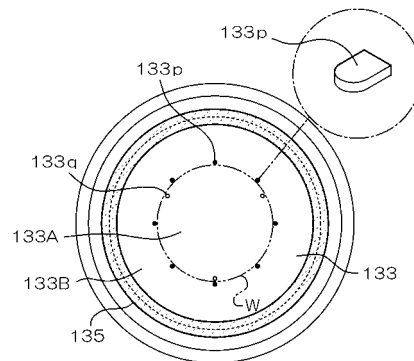
【図 11】



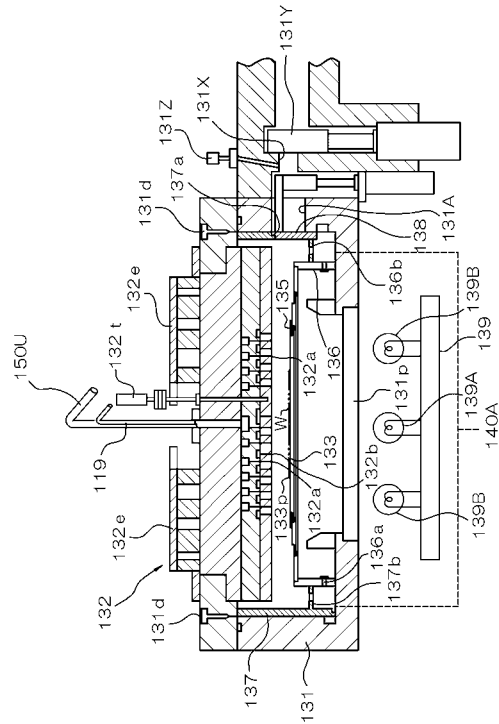
【図 10】



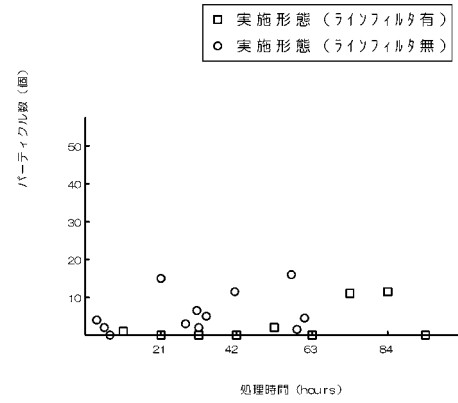
【図 12】



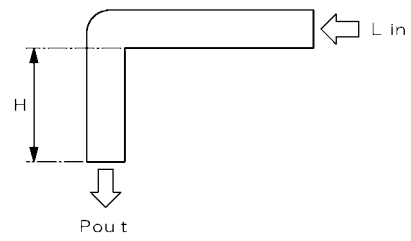
【図 13】



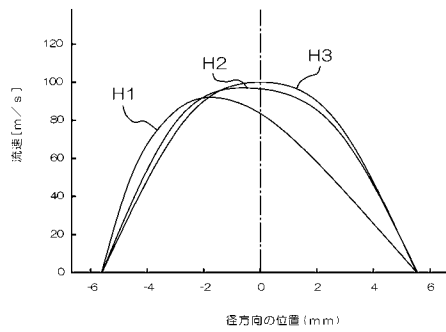
【図 14】



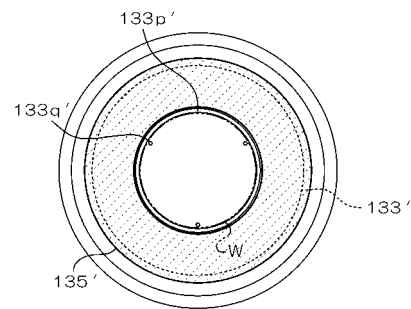
【図 15】



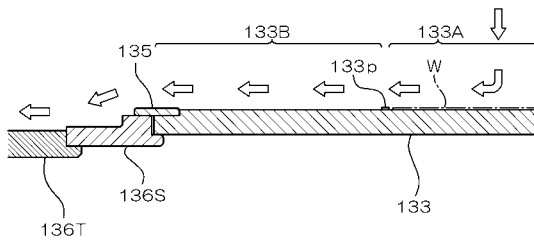
【図 16】



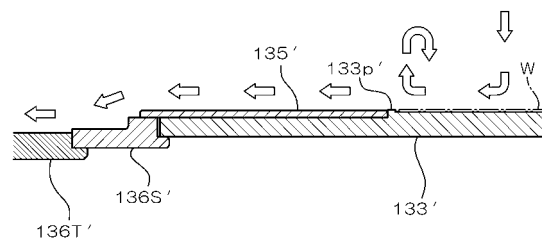
【図 18】



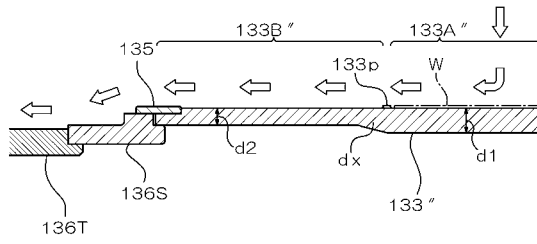
【図 17】



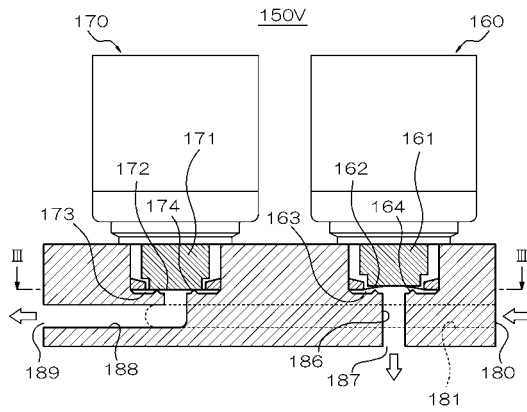
【図 19】



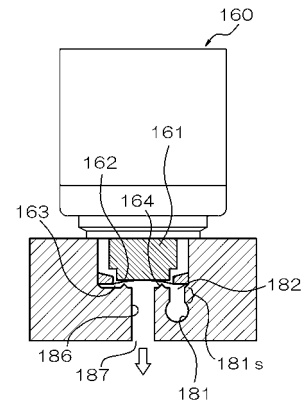
【図 20】



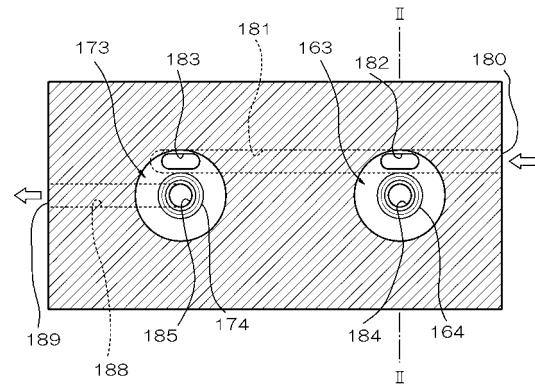
【図 21】



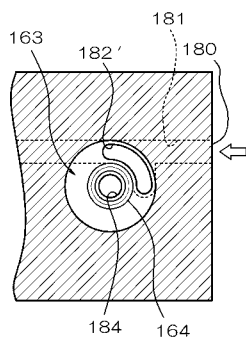
【図 22】



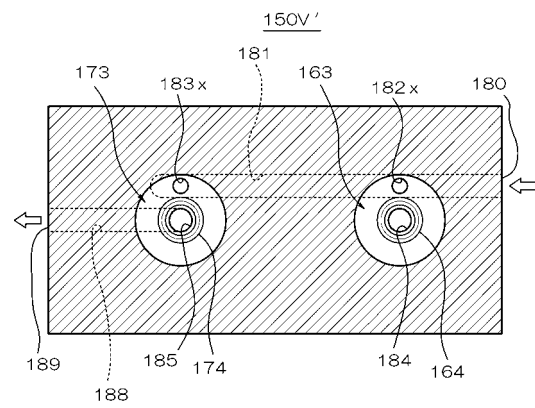
【図 23】



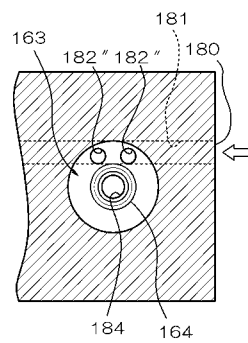
【図 24】



【図 26】



【図 25】



フロントページの続き

(72)発明者 辻 徳彦

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

審査官 菊地 則義

- (56)参考文献 特許第4185015 (JP, B2)
特許第4764457 (JP, B2)
特開2004-211183 (JP, A)
特開2004-087585 (JP, A)
特開平05-068826 (JP, A)
特開2000-161565 (JP, A)
特開2004-006554 (JP, A)
特開平11-081981 (JP, A)
特開平07-094426 (JP, A)
実開平03-011057 (JP, U)
特開2000-073175 (JP, A)
特開2002-134594 (JP, A)
特開平10-275803 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/00-16/56
H01L 21/205