

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4790291号  
(P4790291)

(45) 発行日 平成23年10月12日(2011.10.12)

(24) 登録日 平成23年7月29日(2011.7.29)

(51) Int.Cl.	F 1
H01L 21/316 (2006.01)	H01L 21/316 X
C23C 16/455 (2006.01)	C23C 16/455
H01L 21/283 (2006.01)	H01L 21/283 B
H01L 21/31 (2006.01)	H01L 21/31 B
H01L 21/768 (2006.01)	H01L 21/90 P

請求項の数 18 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2005-67777 (P2005-67777)
(22) 出願日	平成17年3月10日 (2005.3.10)
(65) 公開番号	特開2006-253410 (P2006-253410A)
(43) 公開日	平成18年9月21日 (2006.9.21)
審査請求日	平成20年1月23日 (2008.1.23)

(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(72) 発明者	高木 俊夫 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	金子 裕是 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	岩田 輝夫 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】基板処理方法、記録媒体および基板処理装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

被処理基板を保持する可動保持台と、当該可動保持台に保持された前記被処理基板上に第1の処理ガスまたは第2の処理ガスが供給される第1の空間と、当該第1の空間の周囲に画成され、当該第1の空間と連通する第2の空間と、前記可動保持台の周囲に形成された、前記第1の空間と前記第2の空間の連通部と、当該連通部に設置された、当該連通部のコンダクタンスを調整するコンダクタンス調整リングとを内部に有する処理容器と、前記第1の空間を排気する第1の排気手段と、

前記第2の空間を排気する第2の排気手段と、を有する基板処理装置による基板処理方法であって、

前記第1の空間に前記第1の処理ガスを供給する第1の工程と、

当該第1の処理ガスを前記第1の空間より排出する第2の工程と、

前記第1の空間に前記第2の処理ガスを供給する第3の工程と、

当該第2の処理ガスを前記第1の空間から排出する第4の工程と、を有し、

前記第2の空間の圧力が、当該第2の空間に供給される圧力調整ガスによって調整されることを特徴とする基板処理方法。

## 【請求項 2】

前記処理容器は、反応容器を内部に有し、

前記可動保持台は、上端位置と下端位置との間で昇降可能に設けられており、

前記第1の空間は、前記上端位置における前記可動保持台と前記反応容器とにより画成

されており、

前記第2の空間は、前記反応容器と前記処理容器の内壁との間の隙間を含む空間であり

、  
前記コンダクタンス調整リングは、略円筒状であり、前記反応容器の開口部に接続されていることを特徴とする請求項1記載の基板処理方法。

【請求項3】

前記圧力調整ガスの流量は、前記第1の空間と前記第2の空間の圧力が実質的に同一となる流量とされることを特徴とする請求項1または2記載の基板処理方法。

【請求項4】

前記第1の処理ガスは、前記第1の空間の圧力を調整する別の圧力調整ガスを含み、当該別の圧力調整ガスの流量は、前記第1の空間と前記第2の空間の圧力が実質的に同一となる流量とされることを特徴とする請求項1または2記載の基板処理方法。 10

【請求項5】

前記第1の空間の圧力は、前記第1の排気手段に接続された可変コンダクタンスにより制御されることを特徴とする請求項1乃至4のうち、いずれか1項記載の基板処理方法。

【請求項6】

前記第2の空間の圧力は、前記第2の排気手段に接続された可変コンダクタンスにより制御されることを特徴とする請求項1乃至5のうち、いずれか1項記載の基板処理方法。

【請求項7】

前記第1の処理ガスは、金属元素を含む原料ガスを含み、前記第2の処理ガスは、当該原料ガスを酸化する酸化ガスを含むことを特徴とする請求項1乃至6のうち、いずれか1項記載の基板処理方法。 20

【請求項8】

前記圧力調整ガスは、少なくとも前記第1の工程において前記第2の空間に供給されていることを特徴とする請求項7記載の基板処理方法。

【請求項9】

被処理基板を保持する可動保持台と、当該可動保持台に保持された前記被処理基板上に第1の処理ガスまたは第2の処理ガスが供給される第1の空間と、当該第1の空間の周囲に画成され、当該第1の空間と連通する第2の空間と、前記可動保持台の周囲に形成された、前記第1の空間と前記第2の空間の連通部と、当該連通部に設置された、当該連通部のコンダクタンスを調整するコンダクタンス調整リングとを内部に有する処理容器と、 30

前記第1の空間を排気する第1の排気手段と、

前記第2の空間を排気する第2の排気手段と、を有する基板処理装置による基板処理方法を実行させるプログラムを記憶した記録媒体であって、

前記基板処理方法は、

前記第1の空間に前記第1の処理ガスを供給する第1の工程と、

当該第1の処理ガスを前記第1の空間より排出する第2の工程と、

前記第1の空間に前記第2の処理ガスを供給する第3の工程と、

当該第2の処理ガスを前記第1の空間から排出する第4の工程と、を有し、

前記第2の空間の圧力が、当該第2の空間に供給される圧力調整ガスによって調整されることを特徴とする記録媒体。 40

【請求項10】

前記処理容器は、反応容器を内部に有し、

前記可動保持台は、上端位置と下端位置との間で昇降可能に設けられており、

前記第1の空間は、前記上端位置における前記可動保持台と前記反応容器とにより画成されており、

前記第2の空間は、前記反応容器と前記処理容器の内壁との間の隙間を含む空間であり

、  
前記コンダクタンス調整リングは、略円筒状であり、前記反応容器の開口部に接続されていることを特徴とする請求項9記載の記録媒体。 50

**【請求項 1 1】**

前記圧力調整ガスの流量は、前記第1の空間と前記第2の空間の圧力が実質的に同一となる流量とされることを特徴とする請求項9または10記載の記録媒体。

**【請求項 1 2】**

前記第1の処理ガスは、前記第1の空間の圧力を調整する別の圧力調整ガスを含み、当該別の圧力調整ガスの流量は、前記第1の空間と前記第2の空間の圧力が実質的に同一となる流量とされることを特徴とする請求項9または10記載の記録媒体。

**【請求項 1 3】**

前記第1の空間の圧力は、前記第1の排気手段に接続された可変コンダクタンスにより制御されることを特徴とする請求項9乃至12のうち、いずれか1項記載の記録媒体。 10

**【請求項 1 4】**

前記第2の空間の圧力は、前記第2の排気手段に接続された可変コンダクタンスにより制御されることを特徴とする請求項9乃至13のうち、いずれか1項記載の記録媒体。

**【請求項 1 5】**

前記第1の処理ガスは、金属元素を含む原料ガスを含み、前記第2の処理ガスは、当該原料ガスを酸化する酸化ガスを含むことを特徴とする請求項9乃至14のうち、いずれか1項記載の記録媒体。

**【請求項 1 6】**

前記圧力調整ガスは、少なくとも前記第1の工程において前記第2の空間に供給されていることを特徴とする請求項15記載の記録媒体。 20

**【請求項 1 7】**

被処理基板を保持する可動保持台と、当該可動保持台に保持された前記被処理基板上に処理ガスが供給される第1の空間と、当該第1の空間の周囲に画成され、当該第1の空間と連通する第2の空間と、前記可動保持台の周囲に形成された、前記第1の空間と前記第2の空間の連通部と、当該連通部に設置された、当該連通部のコンダクタンスを調整するコンダクタンス調整リングとを内部に有する処理容器と、

前記第1の空間に処理ガスを供給する、前記被処理基板を挟んで対向する1対の処理ガス供給手段と、

前記処理ガスを排気する、前記被処理基板を挟んで対向する1対の処理ガス排気手段と、を有し、 30

前記第2の空間に、当該第2の空間の圧力を調整する圧力調整ガスを供給する圧力調整ガス供給手段と

前記第2の空間を排気する圧力調整ガス排気手段と、を有することを特徴とする基板処理装置。

**【請求項 1 8】**

前記処理容器は、反応容器を内部に有し、

前記可動保持台は、上端位置と下端位置との間で昇降可能に設けられており、

前記第1の空間は、前記上端位置における前記可動保持台と前記反応容器とにより画成されており、

前記第2の空間は、前記反応容器と前記処理容器の内壁との間の隙間を含む空間であり 40

前記コンダクタンス調整リングは、略円筒状であり、前記反応容器の開口部に接続されていることを特徴とする請求項17記載の基板処理装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は一般に半導体装置の製造に係り、特に誘電体膜あるいは金属膜の気相堆積技術に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来、半導体装置製造技術の分野においては、被処理基板表面にMOCVD法により高品質の金属膜や絶縁膜、あるいは半導体膜を形成することが一般に行われている。

#### 【0003】

一方最近では、特に超微細化半導体素子のゲート絶縁膜の形成に関連して、被処理基板の表面に高誘電体膜（いわゆるhigh-K誘電体膜）を、一原子層ずつ積層することにより形成する、原子層堆積（ALD）技術が研究されている。

#### 【0004】

ALD法では被処理基板を含むプロセス空間に、high-K誘電体膜を構成する金属元素を含む金属化合物分子を、気相原料ガス（原料ガス）の形で供給し、被処理基板表面に金属化合物分子を約1分子層化学吸着させる。さらに前記プロセス空間から気相原料ガスをバージした後、H<sub>2</sub>Oなどの酸化剤（酸化ガス）を供給することにより前記被処理基板表面に吸着していた金属化合物分子を分解し、約1分子層の金属酸化物膜を形成する。10

#### 【0005】

さらに前記プロセス空間から酸化剤をバージした後、上記の工程を繰り返すことにより、所望の厚さの金属酸化膜、すなわちhigh-K誘電体膜を形成する。

#### 【0006】

ALD法はこのように被処理基板表面への原料化合物分子の化学吸着を利用してあり、特にステップカバレッジに優れている特徴を有している。また、200～300、あるいはそれ以下の温度で良質な膜を形成することができる。このため、ALD法は超高速トランジスタのゲート絶縁膜のみならず、複雑な形状の下地上に誘電体膜を形成することが要求されるDRAMのメモリセルキャパシタの製造においても有効な技術であると考えられる。20

#### 【0007】

図1は、従来提案されているALD法を用いた成膜を実施可能な基板処理装置の一例である、基板処理装置100を模式的に示した断面図である。

#### 【0008】

図1を参照するに、基板処理装置100は、アルミニウム合金による外側容器111Bと、当該外側容器111Bの開口された部分を覆うように設置されたカバープレート111Aとを含む処理容器111を有し、当該外側容器111Bと前記カバープレート111Aにより画成される空間には、例えば石英による反応容器112が設けられ、当該反応容器112内部にプロセス空間A10が画成される。また、前記反応容器112は、上部容器112Aと、下部容器112Bが組み合わされた構造を有している。30

#### 【0009】

さらに前記プロセス空間A10の下端部は、被処理基板W10を保持する保持台113により画成されており、当該保持台113には、前記被処理基板W10を囲むように石英ガラスによるガードリング114が設置され、さらに当該保持台113は前記外側容器111Bから下方に延在し、また図示を省略する基板搬送口が設けられた前記外側容器111Bの内部を、上端位置と下端位置との間で上下に昇降可能に設けられている。前記保持台113は、上端位置において前記反応容器112と共に、前記プロセス空間A10を画成する。また、前記保持台113が下端位置に移動することにより、処理容器に設けられた図示を省略するゲートバルブから、前記被処理基板W10の処理容器内への搬入や、前記被処理基板W10の処理容器内からの搬出を行うことが可能な構造になっている。40

#### 【0010】

また、前記保持台113は、軸受部121中に磁気シール122により保持された回転軸120により回転自在に、また上下動自在に保持されており、前記回転軸120が上下動する空間は、ベローズ119等の隔壁により密閉されている。

#### 【0011】

前記基板処理装置100では、前記プロセス空間A10の両端部に、被処理基板を挟んで対向するように、当該プロセス空間A10内を排気するための、排気口115Aおよび排気口115Bが設けられている。前記排気口115Aおよび115Bには、排気管1550

6 A および 156 B にそれぞれ連通した高速ロータリバルブ 117 A および 117 B が設けられている。また、前記プロセス空間 A10 の両端部には、前記高速ロータリバルブ 117 A あるいは 117 B へのガス流路を整流するようにバーズビーク状(鳥のくちばし状)に整形された処理ガスノズル 116 A および 116 B が、それぞれ前記高速ロータリバルブ 117 B および 117 A に対向するように、また前記被処理基板を挟んで対向するよう設けられている。

#### 【0012】

前記処理ガスノズル 116 A は、切り替えバルブ 152 A を介してガスライン 154 A、バージライン 155 A、およびガス排気ライン 153 A に接続されており、同様に、前記処理ガスノズル 116 B は、切り替えバルブ 152 B を介してガスライン 154 B、バージライン 155 B、およびガス排気ライン 153 B に接続されている。10

#### 【0013】

例えば、前記処理ガスノズル 116 A からは、前記ガスライン 154 A から供給される第1の処理ガスや、前記バージライン 155 A から供給されるバージガスが、前記切り替えバルブ 152 A を介して前記プロセス空間 A10 に導入される。また、前記ガスライン 154 A から供給される第1の処理ガス、または前記バージライン 155 A から供給されるバージガスは、前記切り替えバルブ 152 A によって前記ガス排気ライン 153 A より排気されることも可能である。

#### 【0014】

同様に、前記処理ガスノズル 116 B からは、前記ガスライン 154 B から供給される第2の処理ガスや前記バージガスライン 155 B から供給されるバージガスが、前記切り替えバルブ 152 B を介して前記プロセス空間 A10 に導入される。また、前記ガスライン 154 B から供給される第2の処理ガス、または前記バージガスライン 155 B から供給されるバージガスは、前記切り替えバルブ 152 B によって前記ガス排気ライン 153 B より排気されることも可能である。20

#### 【0015】

前記処理ガスノズル 116 A から導入された第1の処理ガス(原料ガス)は、前記反応容器 112 内の前記プロセス空間 A10 を、前記被処理基板 W10 の表面に沿って流れ、対向する排気口 115 B から前記高速ロータリバルブ 117 B を介して排気される。同様に前記処理ガスノズル 116 B から導入された第2の処理ガス(酸化ガス)は、前記反応容器 112 内の前記プロセス空間 A10 を、前記被処理基板 W10 の表面に沿って流れ、対向する排気口 115 A から前記高速ロータリバルブ 117 A を介して排気される。30

#### 【0016】

このように第1および第2の処理ガスを交互に前記処理ガスノズル 116 A から排気口 115 B へと、あるいは前記処理ガスノズル 116 B から排気口 115 A へと流すことにより、原子層を基本単位とする膜形成が可能になる。

#### 【0017】

上記の ALD 法では、被処理基板に対する原料分子の吸着飽和量で、被処理基板に形成される膜の均一性が実質的に決まるため、一般的に従来の CVD 法に比べて膜厚・膜質などの被処理基板の面内での均一性が優れるという利点を有している。40

#### 【特許文献 1】特開 2004-6733 号公報

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0018】

しかし、一方では、ALD 法においては、処理容器内に原料ガスとその酸化ガスを効率よく供給し、また効率よく排出(バージ)することが技術的な課題であった。例えば、ALD 法では、原料ガスの供給、排出(バージ)と、酸化ガスの供給、排出(バージ)を短い時間で効率よく繰り返すことが困難であり、ALD 法の生産性を向上させる上でこれらのサイクルの時間を短縮することが課題となっていた。

#### 【0019】

10

20

30

40

50

特に、処理容器内に残留または吸着した原料ガスを完全に処理容器内から排出するのは困難であり、例えば、バージガスを增量した場合であっても、原料ガスの排出の高効率化には限界があった。

**【0020】**

そこで、原料ガスが流れる空間を極小化し、原料ガスの残留・吸着量を極小化するため、上記の基板処理装置100のように、処理容器内を、いわゆる二重空間構造に構成する方法が広く採用されている。

**【0021】**

上記の基板処理装置100では、処理容器111内の空間には、石英よりなる反応容器112が設置され、内部にプロセス空間A10が画成される二重空間構造になっている。

10

**【0022】**

このため、原料ガスが流れる空間（プロセス空間）の体積が、処理容器内部全体の体積に対して極小化され、プロセス空間に原料ガスが供給されるための時間、またはプロセス空間より原料ガスを排出するための時間を短くすることを可能としており、特に原料ガスの排出（バージ）の時間を短くする効果を奏している。

**【0023】**

例えば、上記のような二重空間構造とせず、処理容器内部の空間自体の極小化を考えた場合、被処理基板を処理容器内に搬入すること、または被処理基板を処理容器より搬出することが可能な構造とすることが困難となる問題がある。さらに、処理容器内部の空間に原料ガスや酸化ガスを供給する構造または排出する構造をレイアウトする上で制限が多くなる問題があった。

20

**【0024】**

そのため、上記の基板処理装置100では、処理容器内に、内部にプロセス空間A10が画成される反応容器112を設置して二重空間構造とするとともに、当該プロセス空間A10を画成する一部となる保持台が、被処理基板を搬送・搬出する場合には下降して下端位置へと可動する構造になっている。

**【0025】**

しかし、このような構造とした場合、前記保持台113の周囲部と、前記反応容器112の開口部の間には隙間が形成されてしまうことになる。この場合、プロセス空間A10と、当該プロセス空間A10の外側の空間（外側空間A20）は、当該隙間によって連通する構造となる。

30

**【0026】**

そのため、上記の基板処理装置100を用いたALD法による成膜を行う場合、前記プロセス空間A10と前記外側空間A20との間の圧力差が増大した場合には、前記プロセス空間A10に供給される原料ガス（処理ガス）の挙動により、例えば形成される薄膜の均一性などの品質に影響を及ぼす場合があった。

**【0027】**

ALD法を用いた成膜の場合、上記のように、前記プロセス空間A10において、1) 第1の処理ガス（原料ガス）を供給する工程、2) 当該第1の処理ガスを排出する工程、3) 第2の処理ガス（酸化ガス）を供給する工程、4) 第2の処理ガスを排出する工程、を繰り返して実施することになり、当該プロセス空間A10の圧力が変動し、当該プロセス空間A10と前記外側空間A20の圧力差が大きくなる場合がある。

40

**【0028】**

この場合、当該プロセス空間A10から当該外側空間A20へ向かう処理ガスの流れ、または、当該外側空間A20から当該プロセス空間A10に向かう処理ガスの流れが生じ、成膜に影響を与える場合が懸念された。

**【0029】**

この場合、ガスの流れに対応して、例えば成膜速度分布の悪化がおこることが考えられ、このために形成される膜厚の均一性や、または膜質の均一性が悪化する懸念があった。

**【0030】**

50

図2は、図1に示した基板処理装置100の、X-X断面図の一部を拡大したものである。ただし図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

#### 【0031】

図2を参照するに、前記プロセス空間A10と前記外側空間A20は、例えば、前記保持台113の周囲の隙間で連通している。具体的には、前記保持台113に載置された被処理基板の周囲に設置された前記ガードリング114と、前記下部容器112Bの開口部との間に形成される隙間を介して、前記プロセス空間A10と前記外側空間A20が連通している構造になっている。

#### 【0032】

例えば、前記プロセス空間A10に供給された処理ガスは、当該隙間を介して前記外側空間A20側に排出される場合があり、また一方で一端排出された処理ガスが前記プロセス空間A10側に逆流して流入し、被処理基板への成膜に影響を与える場合があった。

#### 【0033】

この場合、被処理基板に形成される薄膜の膜厚の均一性の悪化、または膜質の均一性の悪化が懸念される。また、例えば前記外側空間A20側への壁面への付着物の形成などの影響が考えられる。

#### 【0034】

そこで、本発明では上記の問題を解決した、新規で有用な基板処理方法、当該基板処理方法を実行させるプログラムを記憶した記録媒体、および基板処理装置を提供することを目的としている。

#### 【0035】

本発明の具体的な課題は、複数の処理ガスを交互に供給する成膜において、被処理基板が処理される空間での処理ガスの流れを制御し、形成される薄膜の膜厚の均一性を良好とすることである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0036】

本発明では上記の課題を、請求項1に記載したように、

被処理基板を保持する可動保持台と、当該可動保持台に保持された前記被処理基板上に第1の処理ガスまたは第2の処理ガスが供給される第1の空間と、当該第1の空間の周囲に画成され、当該第1の空間と連通する第2の空間と、前記可動保持台の周囲に形成された、前記第1の空間と前記第2の空間の連通部と、当該連通部に設置された、当該連通部のコンダクタンスを調整するコンダクタンス調整リングとを内部に有する処理容器と、

前記第1の空間を排気する第1の排気手段と、

前記第2の空間を排気する第2の排気手段と、を有する基板処理装置による基板処理方法であって、

前記第1の空間に前記第1の処理ガスを供給する第1の工程と、

当該第1の処理ガスを前記第1の空間より排出する第2の工程と、

前記第1の空間に前記第2の処理ガスを供給する第3の工程と、

当該第2の処理ガスを前記第1の空間から排出する第4の工程と、を有し、

前記第2の空間の圧力が、当該第2の空間に供給される圧力調整ガスによって調整されることを特徴とする基板処理方法により、または、

請求項2に記載したように、

前記処理容器は、反応容器を内部に有し、

前記可動保持台は、上端位置と下端位置との間で昇降可能に設けられており、

前記第1の空間は、前記上端位置における前記可動保持台と前記反応容器とにより画成されており、

前記第2の空間は、前記反応容器と前記処理容器の内壁との間の隙間を含む空間であり

前記コンダクタンス調整リングは、略円筒状であり、前記反応容器の開口部に接続されていることを特徴とする請求項1記載の基板処理方法により、または、

10

20

30

40

50

請求項 3 に記載したように、

前記圧力調整ガスの流量は、前記第 1 の空間と前記第 2 の空間の圧力が実質的に同一となる流量とされることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の基板処理方法により、または、

請求項 4 に記載したように、

前記第 1 の処理ガスは、前記第 1 の空間の圧力を調整する別の圧力調整ガスを含み、当該別の圧力調整ガスの流量は、前記第 1 の空間と前記第 2 の空間の圧力が実質的に同一となる流量とされることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の基板処理方法により、または、

請求項 5 に記載したように、

前記第 1 の空間の圧力は、前記第 1 の排気手段に接続された可変コンダクタンスにより制御されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうち、いずれか 1 項記載の基板処理方法により、または、

請求項 6 に記載したように、

前記第 2 の空間の圧力は、前記第 2 の排気手段に接続された可変コンダクタンスにより制御されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のうち、いずれか 1 項記載の基板処理方法により、または、

請求項 7 に記載したように、

前記第 1 の処理ガスは、金属元素を含む原料ガスを含み、前記第 2 の処理ガスは、当該原料ガスを酸化する酸化ガスを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のうち、いずれか 1 項記載の基板処理方法により、または、

請求項 8 に記載したように、

前記圧力調整ガスは、少なくとも前記第 1 の工程において前記第 2 の空間に供給されていることを特徴とする請求項 7 記載の基板処理方法により、または、

請求項 9 に記載したように、

被処理基板を保持する可動保持台と、当該可動保持台に保持された前記被処理基板上に第 1 の処理ガスまたは第 2 の処理ガスが供給される第 1 の空間と、当該第 1 の空間の周囲に画成され、当該第 1 の空間と連通する第 2 の空間と、前記可動保持台の周囲に形成された、前記第 1 の空間と前記第 2 の空間の連通部と、当該連通部に設置された、当該連通部のコンダクタンスを調整するコンダクタンス調整リングとを内部に有する処理容器と、

前記第 1 の空間を排気する第 1 の排気手段と、

前記第 2 の空間を排気する第 2 の排気手段と、を有する基板処理装置による基板処理方法を実行させるプログラムを記憶した記録媒体であって、

前記基板処理方法は、

前記第 1 の空間に前記第 1 の処理ガスを供給する第 1 の工程と、

当該第 1 の処理ガスを前記第 1 の空間より排出する第 2 の工程と、

前記第 1 の空間に前記第 2 の処理ガスを供給する第 3 の工程と、

当該第 2 の処理ガスを前記第 1 の空間から排出する第 4 の工程と、を有し、

前記第 2 の空間の圧力が、当該第 2 の空間に供給される圧力調整ガスによって調整されることを特徴とする記録媒体により、または、

請求項 10 に記載したように、

前記処理容器は、反応容器を内部に有し、

前記可動保持台は、上端位置と下端位置との間で昇降可能に設けられており、

前記第 1 の空間は、前記上端位置における前記可動保持台と前記反応容器とにより画成されており、

前記第 2 の空間は、前記反応容器と前記処理容器の内壁との間の隙間を含む空間であり、

前記コンダクタンス調整リングは、略円筒状であり、前記反応容器の開口部に接続されていることを特徴とする請求項 9 記載の記録媒体により、または、

請求項 11 に記載したように、

10

20

30

40

50

前記圧力調整ガスの流量は、前記第1の空間と前記第2の空間の圧力が実質的に同一となる流量とされることを特徴とする請求項9または10記載の記録媒体により、または、請求項12に記載したように、

前記第1の処理ガスは、前記第1の空間の圧力を調整する別の圧力調整ガスを含み、当該別の圧力調整ガスの流量は、前記第1の空間と前記第2の空間の圧力が実質的に同一となる流量とされることを特徴とする請求項9または10記載の記録媒体により、または請求項13に記載したように、

前記第1の空間の圧力は、前記第1の排気手段に接続された可変コンダクタンスにより制御されることを特徴とする請求項9乃至12のうち、いずれか1項記載の記録媒体により、または、

10

請求項14に記載したように、

前記第2の空間の圧力は、前記第2の排気手段に接続された可変コンダクタンスにより制御されることを特徴とする請求項9乃至13のうち、いずれか1項記載の記録媒体により、または、

請求項15に記載したように、

前記第1の処理ガスは、金属元素を含む原料ガスを含み、前記第2の処理ガスは、当該原料ガスを酸化する酸化ガスを含むことを特徴とする請求項9乃至14のうち、いずれか1項記載の記録媒体により、または、

請求項16に記載したように、

前記圧力調整ガスは、少なくとも前記第1の工程において前記第2の空間に供給されていることを特徴とする請求項15記載の記録媒体により、または、

20

請求項17に記載したように、

被処理基板を保持する可動保持台と、当該可動保持台に保持された前記被処理基板上に処理ガスが供給される第1の空間と、当該第1の空間の周囲に画成され、当該第1の空間と連通する第2の空間と、前記可動保持台の周囲に形成された、前記第1の空間と前記第2の空間の連通部と、当該連通部に設置された、当該連通部のコンダクタンスを調整するコンダクタンス調整リングとを内部に有する処理容器と、

前記第1の空間に処理ガスを供給する、前記被処理基板を挟んで対向する1対の処理ガス供給手段と、

前記処理ガスを排気する、前記被処理基板を挟んで対向する1対の処理ガス排気手段と、を有し、

30

前記第2の空間に、当該第2の空間の圧力を調整する圧力調整ガスを供給する圧力調整ガス供給手段と

前記第2の空間を排気する圧力調整ガス排気手段と、を有することを特徴とする基板処理装置により、また、

請求項18に記載したように、

前記処理容器は、反応容器を内部に有し、

前記可動保持台は、上端位置と下端位置との間で昇降可能に設けられており、

前記第1の空間は、前記上端位置における前記可動保持台と前記反応容器とにより画成されており、

40

前記第2の空間は、前記反応容器と前記処理容器の内壁との間の隙間を含む空間であり

前記コンダクタンス調整リングは、略円筒状であり、前記反応容器の開口部に接続されていることを特徴とする請求項17記載の基板処理装置により、解決する。

## 【発明の効果】

### 【0037】

本発明によれば、複数の処理ガスを交互に供給する成膜において、被処理基板が処理される空間での処理ガスの流れを制御し、形成される薄膜の膜厚の均一性を良好とすることが可能となる。

50

**【発明を実施するための最良の形態】****【0038】**

次に、本発明の実施の形態について、図面に基づき、以下に説明する。

**【実施例1】****【0039】**

図3は、本発明の実施例1による、ALD法を用いた成膜を実施可能な基板処理装置の一例である、基板処理装置10を模式的に示した断面図である。

**【0040】**

図3を参照するに、基板処理装置10は、アルミニウム合金よりなる外側容器11Bと、当該外側容器11Bの開口された部分を覆うように設置されたカバープレート11Aとを含む処理容器11を有し、当該外側容器11Bと前記カバープレート11Aとにより画成される空間には、例えば石英よりなる反応容器12が設けられ、当該反応容器12内部にプロセス空間A1が画成される。また、前記反応容器12は、上部容器12Aと、下部容器12Bが組み合わされた構造を有している。10

**【0041】**

この場合、前記処理容器11の内部の空間は、前記反応容器12の内部に画成されるプロセス空間A1と、当該プロセス空間A1の周囲の空間であり、例えば当該反応容器12と前記処理容器11の内壁の間の隙間を含む空間である、外側空間A2とに、実質的に分離されている。

**【0042】**

また、前記プロセス空間A1の下端部は、被処理基板W1を保持する保持台13により画成されており、当該保持台13には、前記被処理基板W1を囲むように石英ガラスよりなるガードリング14が設置されている。また、前記保持台13は前記外側容器11Bから下方に延在し、また図示を省略する基板搬送口が設けられた前記外側容器11Bの内部を、上端位置と下端位置との間で上下に昇降可能に設けられている。前記保持台13は、上端位置において前記反応容器12と共に、前記プロセス空間A1を画成する。すなわち、前記反応容器12の、前記下部容器12Bには、略円形の開口部が形成されており、前記保持台13が上端位置に移動した場合に、当該開口部が当該保持台13によって覆われる位置となるように構成されている。この場合、前記下部容器12Bの底面と、前記被処理基板W1の表面が、実質的に同一平面を形成する位置関係となる。20

**【0043】**

前記保持台13は、軸受部21中に磁気シール22により保持された回動軸20により回動自在に、また上下動自在に保持されており、前記回動軸20が上下動する空間は、ベローズ19等の隔壁により密閉されている。

**【0044】**

図3に示す状態は、前記プロセス空間A1が画成され、保持台13上の被処理基板W1に成膜を行う場合の状態を示した図であるが、例えば図4に示す状態は、前記保持台13が下端位置に下降した状態であり、被処理基板が、前記外側容器11Bに形成された、図示を省略する基板搬送口に対応する高さに位置している。この状態で、例えば図示を省略するリフタピンなどの被処理基板を保持する機構を駆動することにより、被処理基板の出し入れが可能になる。30

**【0045】**

また、前記カバープレート11Aは中央部が肉厚の構成となっており、このため、前記外側容器11Bとカバープレート11Aとにより画成される空間に対応して設置される前記反応容器12内部に画成される前記プロセス空間A1は、前記保持台13が上端位置まで上昇した状態において被処理基板W1が位置している中央部において高さ、すなわち容積が減少し、また両端部において徐々に高さが増大する構成を有するのがわかる。

**【0046】**

前記基板処理装置10では、前記プロセス空間A1の両端部に、被処理基板を挟んで対向するように、当該プロセス空間A1内を排気するための、排気口15Aおよび排気口140

5 B が設けられている。前記排気口 15 A および 15 B には、排気管 56 A および 56 B にそれぞれ連通した高速ロータリバルブ 17 A および 17 B が設けられている。

#### 【 0 0 4 7 】

また、前記プロセス空間 A 1 の両端部には、前記高速ロータリバルブ 17 A あるいは 17 B へのガス流路を整流するようにバーズピーク状（鳥のくちばし状）に整形された処理ガスノズル 16 A および 16 B が、それぞれ前記高速ロータリバルブ 17 B および 17 A に対向するように、また当該処理ガスノズル 16 A および 16 B が前記被処理基板を挟んで対向するように設けられている。

#### 【 0 0 4 8 】

前記処理ガスノズル 16 A は、切り替えバルブ 52 A を介してガスライン 54 A、パージライン 55 A、およびガス排気ライン 53 A に接続されており、同様に、前記処理ガスノズル 16 B は、切り替えバルブ 52 B を介してガスライン 54 B、パージライン 55 B、およびガス排気ライン 53 B に接続されている。

#### 【 0 0 4 9 】

例えば、前記処理ガスノズル 16 A からは、前記ガスライン 54 A から供給される第 1 の処理ガスや前記パージライン 55 A から供給されるパージガスが、前記切り替えバルブ 52 A を介して前記プロセス空間 A 1 に導入される。また、前記ガスライン 54 A から供給される第 1 の処理ガスや前記パージライン 55 A から供給されるパージガスは、前記切り替えバルブ 52 A を介して前記ガス排気ライン 53 A より排気されるようにすることも可能である。

#### 【 0 0 5 0 】

同様に、前記処理ガスノズル 16 B からは、前記ガスライン 54 B から供給される第 2 の処理ガスや前記パージガスライン 55 B から供給されるパージガスが、前記切り替えバルブ 52 B を介して前記プロセス空間 A 1 に導入される。また、前記ガスライン 54 B から供給される第 2 の処理ガスや前記パージガスライン 55 B から供給されるパージガスは、前記切り替えバルブ 52 B を介して前記ガス排気ライン 53 B より排気されるようにすることも可能である。

#### 【 0 0 5 1 】

前記処理ガスノズル 16 A から導入された第 1 の処理ガスは、前記反応容器 12 内の前記プロセス空間 A 1 を、前記被処理基板 W 1 の表面に沿って流れ、対向する排気口 15 B から前記高速ロータリバルブ 17 B を介して排気される。同様に前記処理ガスノズル 16 B から導入された第 2 の処理ガスは、前記反応容器 12 内の前記プロセス空間 A 1 を、前記被処理基板 W 1 の表面に沿って流れ、対向する排気口 15 A から前記高速ロータリバルブ 17 A を介して排気される。

#### 【 0 0 5 2 】

このように第 1 および第 2 の処理ガスを交互に前記処理ガスノズル 16 A から排気口 15 B へと、あるいは前記処理ガスノズル 16 B から排気口 15 A へと流すことにより、原子層を基本単位とする膜形成が可能になる。この場合、前記プロセス空間 A 1 に第 1 の処理ガスを供給してから次に第 2 の処理ガスを供給するまでの間には、当該プロセス空間 A 1 内より第 1 の処理ガスを排出するための処理、例えばパージガスを導入するパージ工程や、または、当該プロセス空間を真空排気するための排気工程を有するようにすることが好みしい。同様に、前記プロセス空間 A 1 に第 2 の処理ガスを供給してから次に第 1 の処理ガスを供給するまでの間には、当該プロセス空間 A 1 内より第 2 の処理ガスを排出するための処理、例えばパージガスを導入するパージ工程や、または、当該プロセス空間を真空排気するための排気工程を有するようにすることが好みしい。

#### 【 0 0 5 3 】

例えば、第 1 の処理ガスとして、Hf または Zr などの金属元素を有するガスを含むガスを用いて、第 2 の処理ガスとして O<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、など、金属元素を含むガスを酸化する酸化ガスを含むガスを用いることで、被処理基板上に、高誘電体である金属酸化物、またはこれらの化合物を形成することが可能となる。

10

20

30

40

50

**【0054】**

しかし、従来は、上記の成膜を実施した場合に、前記プロセス空間A1から前記外側空間A2へと処理ガスが流出する場合や、さらに流出した処理ガスが逆流する場合があり、成膜に影響を与える場合があった。

**【0055】**

そこで、本実施例では、以下に示す構造を設け、前記プロセス空間A1と前記外側空間A2の圧力差を制御し、そのために処理ガスの流れを制御して、安定で膜厚・膜質の均一性のよい成膜を可能としている。

**【0056】**

本実施例による基板処理装置の場合、例えば、前記外側空間A2に圧力調整ガスを導入するため、前記外側空間A2に連通する圧力調整ガス導入ラインと、当該圧力調整ガスを排気するための排気手段が接続された前記外側空間A2に連通する排気ラインが設置されている。10

**【0057】**

例えば、前記カバープレート11Aには、前記外側空間A2に圧力調整ガスを導入するための圧力調整ガス導入ライン11hが形成され、当該圧力調整ガス導入ライン11hは、圧力調整ガスライン56に接続されている。

**【0058】**

さらに、前記外側空間A2を排気するための排気ライン57が、例えば前記外側容器11Bの、例えば底面側に接続され、当該排気ライン57は、本図では図示を省略する、例えば真空ポンプなどの排気手段に接続されている。20

**【0059】**

このように、本実施例による基板処理装置10では、前記外側空間A2に圧力調整ガスが供給される構造とされたことで、前記外側空間A2と前記プロセス空間A1の圧力差が抑制され、前記プロセス空間A1に供給された処理ガスが前記外側空間A2に流出する量が抑制されている。

**【0060】**

図5は、図3に示した基板処理装置10の、Y-Y断面図の一部を拡大したものである。ただし図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

**【0061】**

図5を参照するに、前記プロセス空間A1と前記外側空間A2は、例えば、前記保持台13の周囲の隙間で連通している。具体的には、前記保持台13に載置された被処理基板W1の周囲に設置された前記ガードリング14と、前記下部容器12Aの開口部との間に形成される隙間を介して、前記プロセス空間A1と前記外側空間A2が連通している構造になっている。

**【0062】**

本実施例による基板処理装置の場合、前記プロセス空間A1と外側空間A2の圧力差が抑制されるため、例えば、前記プロセス空間A1に供給された処理ガスが、当該隙間を介して前記外側空間A2側に排出される量が抑制される。

**【0063】**

例えば、前記外側空間A20の圧力は、前記プロセス空間A10の圧力と同一とされることが好ましい。しかし、この場合、前記外側空間A20の圧力と前記プロセス空間A10の圧力が厳密な意味で同一とされることまでは必ずしも必要とされない。40

**【0064】**

例えば、前記プロセス空間A10の圧力と前記外側空間A20の圧力差は、当該圧力差が実質的に成膜に影響しない程度（成膜された膜の面内均一性を悪化させない程度）の範囲にされることが好ましい。以下文中では、前記プロセス空間A10の圧力と前記外側空間A20の圧力の圧力差が上記の範囲である場合に、前記プロセス空間A10の圧力と前記外側空間A20の圧力が実質的に同一であると表記する。

**【0065】**

10

20

30

40

50

また一方で、前記外側空間 A 2 は、前記排気ライン 5 7 を介して排気されている。この場合、前記外側空間 A 2 に供給され圧力調整ガスは、前記カバーブレート 1 1 A と前記上部容器 1 2 Aとの間から、前記下部容器 1 2 B と前記外側容器 1 1 B の間、さらに前記ガードリング 1 4 と前記外側容器 1 1 B の間を介して流れ、前記排気ライン 5 7 より排出されるようになっている。また、仮に前記プロセス空間 A 1 より処理ガスが流出したとしても、当該処理ガスは、上記の圧力調整ガスの流れに乗って前記排気ライン 5 7 より排出される。このため、被処理基板に形成される薄膜の膜厚の均一性が悪化することを抑制し、または膜質の均一性が悪化することを抑制することが可能となり、安定で高品質な成膜を行う事が可能となっている。

## 【0066】

10

また、前記プロセス空間 A 1 より前記外側空間 A 2 に流出した処理ガスは、圧力調整ガスにより速やかに希釈されるため、前記外側空間 A 2 で堆積物などが形成される影響を抑制することが可能となる効果も奏する。

## 【0067】

次に、前記基板処理装置 1 0 の全体の概略について、図 6 を用いて説明する。

## 【0068】

図 6 は、図 3 ~ 図 4 に示した基板処理装置 1 0 の全体の概略を模式的に示した図である。ただし図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。また、本図においては、図 3 ~ 図 4 の記載を一部省略し、また一部簡素化して表示している。

## 【0069】

20

図 6 を参照するに、前記処理ガスノズル 1 6 A に接続された前記切り替えバルブ 5 2 A には、前記ガスライン 5 4 A が接続され、さらに前記ガスライン 5 4 A には、バルブ 7 5 A を介して、前記プロセス空間 A 1 に、第 1 の処理ガスを供給するための処理ガス供給手段 1 0 a が接続されている。また、前記切り替えバルブ 5 2 A には、前記プロセス空間 A 1 にバージガスを供給するためのバージライン 5 5 A が接続されている。前記切り替えバルブ 5 2 A は、第 1 の処理ガスが前記プロセス空間 A 1 の側へ供給されるように、または前記切り替えバルブ 5 2 A に接続された前記排気ライン 5 3 A を介して排気されるように接続を切り替えることが可能であり、また、バージガスが前記プロセス空間 A 1 の側へ供給されるように、または記排気ライン 5 3 A を介して排気されるように接続を切り替えることが可能である。

## 【0070】

30

一方、同様に、前記処理ガスノズル 1 6 B に接続された前記切り替えバルブ 5 2 B には、前記ガスライン 5 4 B が接続され、さらに前記ガスライン 5 4 B には、バルブ 7 5 B を介して、前記プロセス空間 A 1 に、第 2 の処理ガスを供給するための処理ガス供給手段 1 0 b が接続されている。また、前記切り替えバルブ 5 2 B には、前記プロセス空間 A 1 にバージガスを供給するためのバージライン 5 5 B が接続されている。前記切り替えバルブ 5 2 B は、第 2 の処理ガスが前記プロセス空間 A 1 の側へ供給されるように、または前記切り替えバルブ 5 2 B に接続された前記排気ライン 5 3 B を介して排気されるように接続を切り替えることが可能であり、また、バージガスが前記プロセス空間 A 1 の側へ供給されるように、または記排気ライン 5 3 B を介して排気されるように接続を切り替えることが可能である。

## 【0071】

40

また、前記排気ライン 5 3 A、5 3 B は、トラップ 7 0 に接続され、さらにトラップ 7 0 は、例えば真空ポンプなどの排気手段 7 1 によって排気される構造になっている。

## 【0072】

次に、前記処理ガス供給手段 1 0 a についてみると、当該処理ガス供給手段 1 0 a は、前記バルブ 7 5 A に接続された、液体原料を気化する気化器 6 2 を有しており、当該気化器 6 2 には、液体原料を供給する原料ライン 5 8 A と、当該気化器 6 2 にキャリアガスを供給するガスライン 6 4 A が接続されている。

## 【0073】

50

前記原料ライン 5 8 A には、例えば常温で液体である原料 6 1 a が保持される原料容器 6 1 A が接続され、バルブ 6 0 A を開放することで、液体流量コントローラ 5 9 A により流量が制御された前記原料 6 1 a が、前記気化器 6 2 に供給され、気化される構造になっている。この場合、前記原料容器 6 1 A に接続されたガスライン 6 3 より、たとえば H e などの不活性ガスを供給して原料 6 1 a を押圧し、供給するようにしてもよい。

#### 【 0 0 7 4 】

また、前記ガスライン 6 4 A には、バルブ 6 6 A と質量流量コントローラ 6 5 A が付されており、前記バルブ 6 6 A を開放することで、流量が制御されたキャリアガスが前記気化器 6 2 に供給される。

#### 【 0 0 7 5 】

前記気化器 6 2 で気化された前記原料 6 1 a は、キャリアガスと共に第 1 の処理ガスを構成し、前記バルブ 7 5 A を開放することで前記ガスライン 5 4 A に供給され、前記切り替えバルブ 5 2 A によって、前記プロセス空間 A 1 に供給されるか、または前記排気ライン 5 3 A によって排気される。

#### 【 0 0 7 6 】

また、必要に応じて、前記バルブ 7 5 A と前記気化器 6 2 の間に、バルブ 6 9 A と質量流量コントローラ 6 8 A を付したガスライン 6 7 A が接続されるようにしてもよい。例えば、前記ガスライン 6 7 A から供給されるアシストガスによって、第 1 の処理ガスを希釈、または第 1 の処理ガスに所望のガスを添加するようにしてもよい。また、当該アシストガスを、前記プロセス空間 A 1 の圧力を調整するためのプロセス圧力調整ガスとして用いてもよい。この場合、プロセス圧力調整ガスの流量を変更することで、前記プロセス空間 A 1 と前記外側空間 A 2 の圧力差を小さく、または実質的に同一に制御することができる。

#### 【 0 0 7 7 】

また、前記切り替えバルブ 5 2 A に接続された前記バージライン 5 5 A には、バルブ 7 7 A、質量流量コントローラ 7 6 A が付され、前記バルブ 7 7 A を開放することで流量を制御しながらバージガスを前記プロセス空間 A 1 に供給し、当該プロセス空間 A 1 をバージすることが可能になっている。

#### 【 0 0 7 8 】

一方、前記処理ガス供給手段 1 0 b についてみると、当該処理ガス供給手段 1 0 b は、前記バルブ 7 5 B に接続された、原料ライン 5 8 B と、ガスライン 6 4 B とを有している。前記原料ライン 5 8 B には、バルブ 6 0 B、質量流量コントローラ 5 9 B が付され、さらに、例えば前記原料 6 1 a を酸化する酸化ガスなどよりなる原料 6 1 b を保持する原料容器 6 1 B が接続されている。また、前記ガスライン 6 4 B にはバルブ 6 6 B、質量流量コントローラ 6 5 B が付されている。この場合、前記バルブ 6 6 B、6 0 B、および 7 5 B を開放することで、流量が制御された原料 6 1 b とキャリアガスよりなる第 2 の処理ガスを、前記切り替えバルブ 5 2 B を介して前記プロセス空間 A 1 に供給することができる。また、前記切り替えバルブ 5 2 B を切り替えることで、当該第 2 の処理ガスを前記排気ライン 5 3 B を介して排気することも可能である。

#### 【 0 0 7 9 】

また、前記切り替えバルブ 5 2 B に接続された前記バージライン 5 5 B には、バルブ 7 7 B、質量流量コントローラ 7 6 B が付され、前記バルブ 7 7 B を開放することで流量を制御しながらバージガスを前記プロセス空間 A 1 に供給し、当該プロセス空間 A 1 をバージすることが可能になっている。

#### 【 0 0 8 0 】

このようにして、前記プロセス空間 A 1 に供給された第 1 の処理ガス、第 2 の処理ガスまたはバージガスは、前記排気口 1 5 A、1 5 B から前記高速ロータリバルブ 1 7 A、1 7 B さらに前記排気管 5 6 A、5 6 B を介して排気される構造になっている。前記排気管 5 6 A、5 6 B は、それぞれ前記トラップ 7 0 に接続され、さらに当該トラップ 7 0 に接続された前記排気手段 7 1 によって排気される

10

20

30

40

50

また、前記処理ガスノズル 16A, 16B には、それぞれバルブ 81A, 81B を付したベントライン 80A, 80B が接続されている。例えば前記ガスノズル 16A, 16B にバージガスを導入して、さらに前記バルブ 80A, 80B を開放することで、処理ガスノズル内をバージすることが可能な構造になっている。

#### 【0081】

例えば、処理ガスノズル 16A, 16B を介してバージガスをプロセス空間に導入してプロセス空間をバージする場合、処理ガスノズル 16A, 16B 内に残留する処理ガスを予めバージガスによりバージしておくと、プロセス空間のバージを速やかに行うことが可能となり、好適である。

#### 【0082】

また、前記外側空間 A2 にバージガスを供給するための前記バージガスライン 56 には、バルブ 73 と、質量流量コントローラ 74 が接続され、バルブ 73 を開放することで、流量を制御しながら前記外側空間 A2 にバージガスを供給することが可能となっている。

#### 【0083】

また、前記外側空間 A2 を排気する排気ライン 57 は、例えば真空ポンプよりなる排気手段 72 に接続されている。

#### 【0084】

この場合、前記排気ライン 57 に、例えば、コンダクタンス可変バルブ 57a を設置すると、前記外側空間 A2 の圧力の制御が容易になり、好適である。この場合、コンダクタンス可変バルブ 57a のコンダクタンスを調整することで、前記プロセス空間 A1 と前記外側空間 A2 の圧力差を小さく、または実質的に同一に制御することが可能となる。

#### 【0085】

また、前記高速ロータリバルブ 17A, 17B を用いて、前記プロセス空間 A1 の圧力が調整可能なように、当該前記高速ロータリバルブ 17A, 17B にコンダクタンス可変機能を附加してもよい。この場合には、前記プロセス空間 A1 の圧力の制御が容易になり、前記プロセス空間 A1 と前記外側空間 A2 の圧力差を小さく、または実質的に同一に制御することが可能となる。

#### 【0086】

また、図 6 では、第 1 の処理ガスに用いる原料として、常温で液体である原料を例にとったが、これに限定されず、常温で固体である原料や常温で気体である原料を用いることも可能である。

#### 【0087】

また、本実施例による基板処理装置 10 は、当該基板処理装置 10 の、成膜などの基板処理にかかる動作を制御する、コンピュータを内蔵した制御手段 10A を有している。前記制御手段 10A は、基板処理方法など、基板処理装置を動作させるための基板処理方法のプログラムを記憶する記憶媒体を有しており、当該プログラムに基づいて、コンピュータが基板処理装置の動作を実行させる構造になっている。

#### 【0088】

例えば、前記制御装置 10A は、CPU (コンピュータ) C と、メモリ M、例えばハードディスクなどの記憶媒体 H、取り外し可能な記憶媒体である記憶媒体 R、およびネットワーク接続手段 N を有し、さらにこれらが接続される、図示を省略するバスを有しており、当該バスは、例えば上記に示した基板処理装置のバルブや、排気手段、質量流量コントローラなどと接続される構造となっている。前記記憶媒体 H には、成膜装置を動作させるプログラムが記録されているが、当該プログラムは、例えば記憶媒体 R、またはネットワーク接続手段 N T を介して入力することも可能である。以下に示し基板処理の例は、当該制御手段に記憶されたプログラムに基づき、基板処理装置が制御されて動作するものである。

#### 【0089】

次に、前記基板処理装置を用いて成膜を行う場合の一例を図 7 に基づき、以下に説明する。図 7 は、本実施例による基板処理方法を示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

**【0090】**

図7を参照するに、まず、ステップ1(図中S1と表記、以下同じ)において、例えば被処理基板を搬送する搬送手段を有する、前記基板処理装置10に接続された真空搬送室より、被処理基板を前記処理容器11内に搬入し、前記保持台13に載置する。この場合、前記保持台13は、図4に示すように、下端位置に下降した状態で被処理基板が載置される。

**【0091】**

次に、ステップ2において、前記保持台13を上昇させて図3に示した状態とし、前記反応容器12と共に前記プロセス空間A1を画成する。

**【0092】**

次に、ステップ3において、前記ステップ2において画成された前記プロセス空間A1に、前記原料61aおよびキャリアガスを含む第1の処理ガスを、以下のようにして供給する。例えば、前記原料61aが液体よりも有機金属化合物(例えば、TEAM(Tetrakis EthylMethyl Amino Hafnium))の場合、前記バルブ75A, 60A, 66Aを開放し、前記質量流量コントローラ59Aによって、例えば100mg/minに流量制御された前記原料61aと、前記質量流量コントローラ65Aによって流量を制御された、例えばArよりもキャリアガス400sccmが、前記気化器62に供給される。

**【0093】**

ここで、前記原料61aが気化されると共に、当該キャリアガスと混合され、さらに、前記ガスライン67Aより供給される、例えばArよりもアシストガス600sccmと共に第1の処理ガスとして前記切り替えバルブ52Aを介して前記処理ガスノズル16Aより、前記プロセス空間A1に供給される。

**【0094】**

供給された第1の処理ガスは、層流となって被処理基板表面に沿って流れ、前記排気口15Bから、前記高速ロータリバルブ17Bを介して排気される。ここで、第1の処理ガスに含まれる原料61aが、例えば1分子(1原子)層程度、被処理基板に吸着される。

**【0095】**

本実施例の場合、このステップ3の工程において、図3～図5に示した、前記プロセス空間A1の外側の空間である前記外側空間A2に、例えばArなどの不活性ガスよりも圧力調整ガスを供給している。この場合、前記バルブ73が開放され、前記質量流量コントローラ74によって流量を例えば1slmに制御された圧力調整ガスが、前記圧力調整ガスライン56よりも前記外側空間A2に供給される。そのため、前記プロセス空間A1と前記外側空間A2の圧力差が小さくなり、または実質的に同一となるため、第1の処理ガス中に含まれる原料分子が当該プロセス空間A1から当該外側空間A2に流出することが抑制される。

**【0096】**

例えば、当該圧力調整ガスは、少なくとも、前記ステップ3において、すなわち前記第1の処理ガスが前記プロセス空間A1に供給される工程において、実施されていることが好ましい。また、他のステップにおいて供給されていてもよい。

**【0097】**

また、前記圧力調整ガスの流量は、前記プロセス空間A1の圧力と前記外側空間A2の圧力が、実質的に同一となるような流量で供給されることが好ましい。

**【0098】**

また、前記プロセス空間A1の圧力と前記外側空間A2の圧力差は、本ステップにおいて前記プロセス空間A1に供給されるアシストガスの流量によって調整することも可能である。この場合、当該アシストガスの流量は、前記プロセス空間A1の圧力と前記外側空間A2の圧力が、実質的に同一となるような流量で供給されることが好ましい。

**【0099】**

また、前記圧力調整ガスとアシストガスの双方の流量を増大させ、双方の流量が大きい状態で、前記プロセス空間A1の圧力と前記外側空間A2の圧力が、実質的に同一となる

10

20

30

40

50

ようになると、前記外側空間 A 2 のバージが促進され、好適である。

**【0100】**

次に、ステップ 4において、プロセス空間 A 1への第1の処理ガスの供給を停止し、前記プロセス空間 A 1に残留する第1の処理ガスを当該プロセス空間 A 1より排出する。

**【0101】**

この場合、例えば、まず前記処理ノズル 16 A のバージを行い、当該処理ガスノズル 16 A 内に残留する第1の処理ガスを排出した後、当該処理ガスノズル 16 A よりバージガスを前記プロセス空間 A 1 に供給して当該プロセス空間 A 1 のバージを行うようになると、前記プロセス空間 A 1 に残留した第1の処理ガスを速やかに排出することが可能となり、好適である。

10

**【0102】**

すなわち、ステップ 4 が、処理ガスノズルのバージを行うステップ 4 A と、バージ後の当該処理ガスノズルを用いてプロセス空間のバージを行うステップ 4 B とを有するようにすればよい。

**【0103】**

この場合、まず、ステップ 4 A において、ガスライン 67 A より前記処理ガスノズル 16 A に、例えば Ar よりなるアシストガスが、500 sccm 供給され、同時に前記ベントバルブ 81 A が開放されて、当該処理ガスノズル 16 A 内がバージされ、処理ガスノズルに残留する処理ガスがバージされる。

**【0104】**

20

次に、ステップ 4 B において、前記バージライン 55 A より Ar が 500 sccm、前記ガスライン 67 A より Ar が 500 sccm、前記処理ガスノズル 16 A を介して前記プロセス空間 A 1 に供給され、前記開口部 16 B から排出されることで前記プロセス空間 A 1 がバージされ、残留する第1の処理ガスが排出される。

**【0105】**

次に、バージガスの供給を停止した後、ステップ 5 において、前記プロセス空間 A 1 に、前記原料 61 b およびキャリアガスを含む第2の処理ガスを供給する。この場合、前記バルブ 75 B, 60 B, 66 B を開放し、前記質量流量コントローラ 59 B によって流量を制御された、前記原料 61 b と、前記質量流量コントローラ 65 B によって流量を制御された、例えば Ar よりなるキャリアガスが、第2の処理ガスとして前記切り替えバルブ 52 B を介して前記処理ガスノズル 16 B より、前記プロセス空間 A 1 に供給される。HfO<sub>2</sub>などの金属酸化物膜を成膜する場合は、前記 61 b は、例えば O<sub>2</sub> や O<sub>3</sub> などの酸化ガスとする。例えば O<sub>3</sub> は、O<sub>2</sub> 1000 sccm と N<sub>2</sub> 0.1 sccm をオゾナイザーに導入することで、200 グラム/Nm<sup>3</sup> の濃度で形成され、O<sub>2</sub> とともに前記第1の処理ガスとして前記プロセス空間に供給される。

30

**【0106】**

供給された第2の処理ガスは、例えば層流となって被処理基板表面に沿って流れ、前記排気口 15 A から、前記高速ロータリバルブ 17 A を介して排気される。ここで、第2の処理ガスに含まれる原料 61 b が、被処理基板上に吸着されている前記原料 61 a と反応し、例えば1分子程度、または2~3分子程度の酸化物が被処理基板上に形成される。

40

**【0107】**

次に、ステップ 6 において、プロセス空間 A 1への第2の処理ガスの供給を停止し、前記プロセス空間 A 1 に残留する第2の処理ガスを当該プロセス空間 A 1より排出する。

**【0108】**

この場合、例えば、まず前記処理ノズル 16 B のバージを行い、当該処理ガスノズル 16 B 内に残留する第2の処理ガスを排出した後、当該処理ガスノズル 16 B よりバージガスを前記プロセス空間 A 1 に供給して当該プロセス空間 A 1 のバージを行うようになると、前記プロセス空間 A 1 に残留した第2の処理ガスを速やかに排出することが可能となり、好適である。

**【0109】**

50

すなわち、ステップ 6 が、処理ガスノズルのバージを行うステップ 6 A と、バージ後の当該処理ガスノズルを用いてプロセス空間のバージを行うステップ 6 B を有するようすればよい。

#### 【 0 1 1 0 】

この場合、まず、ステップ 6 A において、ガスライン 6 4 B より前記処理ガスノズル 1 6 B に、Ar ガスが 600 sccm 供給され、同時に前記ベントバルブ 8 1 B が開放されて、当該処理ガスノズル 1 6 B 内がバージされ、処理ガスノズルに残留する処理ガスがバージされる。

#### 【 0 1 1 1 】

次に、ステップ 6 B において、前記バージライン 5 5 B より Ar が 500 sccm、前記ガスライン 6 4 B より Ar ガスが 500 sccm、前記処理ガスノズル 1 6 B を介して前記プロセス空間 A 1 に供給され、前記開口部 1 6 A から排出されることで前記プロセス空間 A 1 がバージされ、残留する第 2 の処理ガスが排出される。10

#### 【 0 1 1 2 】

ステップ 6 が終了した後は、必要に応じて処理をステップ 3 に戻し、ステップ 3 からステップ 6 の工程を所定の回数繰り返すことで、被処理基板上に所定の厚さの成膜を行う事ができる。この場合、1 分子または 2 ~ 3 分子程度の成膜を繰り返して被処理基板の表面反応を用いた成膜を行うため、従来の気相中の反応を含む CVD 法に比べて高品質の成膜を行うことが可能となっている。

#### 【 0 1 1 3 】

ここで、ステップ 3 からステップ 6 の繰り返しの処理を所定の回数実施した後、ステップ 7 に移行する。20

#### 【 0 1 1 4 】

ステップ 7 においては、前記保持台 1 3 を下降させて、再び図 4 に示した状態とし、次にステップ 8 において、ステップ 1 において用いた、被処理基板を搬送する搬送手段を有する、前記基板処理装置 1 0 に接続された真空搬送室に、被処理基板を搬出し、処理を完了する。

#### 【 0 1 1 5 】

上記の基板処理方法では、処理容器内に反応容器が設置された二重空間構造に構成された基板処理装置が用いられており、原料ガスが流れる空間が極小化され、原料ガスの残留・吸着量が極小化されている。従来はこのような二重空間構造を採用した場合、二重空間構造の内側の空間と外側の空間において圧力差が生じてしまい、特にガスの供給・排出を繰り返す ALD 法においては当該圧力差によってガスの流れが生じ、これによる成膜の不均一などが問題になっていた。30

#### 【 0 1 1 6 】

しかし、本実施例による基板処理方法を適用することで、当該二重空間構造の間での圧力差が抑制され、圧力差によって生じる成膜の不均一などの成膜への影響が抑制される効果を奏する。

#### 【 0 1 1 7 】

すなわち、当該二重空間構造を採用することで前記プロセス空間 A 1 の体積を小さくし、処理ガスの供給、排出の効率を向上させて生産性を向上させながら、当該二重空間構造に起因する局所的な圧力差の影響を抑制し、面内均一性に優れた良好な膜質による成膜を実施することが可能となっている。40

#### 【 0 1 1 8 】

次に、上記の条件を用いて被処理基板上に成膜を行った場合に、前記外側空間 A 2 に供給する圧力調整ガスの流量を変更した場合の膜厚の面内均一性の変化を示した結果を図 8 に示す。

#### 【 0 1 1 9 】

図 8 を参照するに、例えば圧力調整ガスの流量が 0.2 s1m の場合には膜厚分布の面内均一性が 6.2 % であるのに対して、圧力調整ガスの流量を増大させるに従い、すなわ50

ち前記外側空間 A 2 の圧力を増大させて前記プロセス空間 A 1 と前記外側空間 A 2 の圧力差が小さくなるに従い、面内均一性が良好となっていることがわかる。

#### 【 0 1 2 0 】

この場合、圧力調整ガスの流量が 1 s 1 m の場合に面内均一性が 5 . 3 % となり、面内均一性が改善されていることがわかる。圧力調整ガスの流量を、1 s 1 m よりさらに増大させていくと、面内均一性が悪くなる方向に変化している。これは、圧力調整ガスの流量を増大させると、前記外側空間 A 2 の圧力が増大し、当該外側空間 A 2 と前記プロセス空間 A 1 の圧力差が再び大きくなるためと考えられる。このため、圧力調整ガスの流量や、前記外側空間 A 2 の圧力は、適切な範囲で用いることが好ましく、前記プロセス空間 A 1 0 の圧力と前記外側空間 A 2 0 の圧力が、実質的に同一となるようにすることが好ましい

10

。

#### 【 実施例 2 】

#### 【 0 1 2 1 】

また、本発明は上記の実施例 1 に限定されるものではなく、例えば基板処理装置 1 0 の構造を様々に変形・変更することも可能である。

#### 【 0 1 2 2 】

図 9 は、基板処理装置 1 0 の変形例を示す。ただし図 9 は、実施例 1 の図 5 に対応し、図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。また、特に説明の無い部分は、実施例 1 の場合と同様とし、基板処理方法は実施例 1 と同様の方法で実施することができる。

20

#### 【 0 1 2 3 】

本実施例の場合、前記ガードリング 1 4 と前記下部容器 1 1 B の間には、例えば略円筒状のコンダクタンス調整リング 1 2 C が挿入されている。

#### 【 0 1 2 4 】

前記コンダクタンス調整リング 1 2 C は、前記下部容器 1 2 B の開口部の端部に接続されている。前記下部容器 1 2 には、前記保持台 1 3 ( または前記ガードリング 1 4 ) に対応して形成された略円状の開口部が形成されており、前記コンダクタンス調整リング 1 2 C は、当該開口部の端部に、その略円筒形状の一端が接続されるようにして設置されている。

#### 【 0 1 2 5 】

30

このため、前記ガードリング 1 4 と前記下部容器 1 1 B の間に形成される、前記プロセス空間 A 1 と前記外側空間 A 2 とが連通する空間のコンダクタンスが、実施例 1 の場合と比べて小さくなっている。このため、前記プロセス空間 A 1 に供給された原料ガスが、効率よく被処理基板上に吸着され、いわゆる飽和吸着に至るまでの時間を短縮することが可能となる。この場合、前記プロセス空間 A 1 から前記外側空間 A 2 に流出する原料ガスの量が抑制され、原料ガスの利用効率が向上していると考えられる。

#### 【 0 1 2 6 】

図 1 0 は、実施例 1 に示した基板処理装置と、実施例 2 に示した基板処理装置を用いて、同様の基板処理方法で成膜を行った場合の膜厚分布の面内均一性を示したものである。この場合、横軸に図 7 に示したステップ 3 の時間 ( 原料ガスの供給時間 ) 、縦軸に面内均一性をとっている。実験結果は、図中に実験 EX 1 で実施例 1 の場合の結果を、実験 EX 2 で実施例 2 の場合の結果を示している。

40

#### 【 0 1 2 7 】

図 1 0 を参照するに、実験 EX 1 の場合には、原料ガスの供給時間を短縮すると、特に当該供給時間が 1 秒以下では、面内均一性が著しく悪化し、実質的に成膜が困難となっている。

#### 【 0 1 2 8 】

一方、実験 EX 2 の場合には、原料ガスの供給時間を短縮した場合でも面内均一性の悪化はみられず、原料ガスの供給時間が 0 . 5 秒とした場合でも面内均一性の悪化の傾向は殆どみられない。

50

## 【0129】

これは、前記プロセス空間A1から前記外側空間A2に流出する原料ガスの量が抑制され、原料ガスが効率よく利用されて短時間で飽和吸着に至っているためと考えられる。また、前記外側空間A2に供給される圧力調整ガスが、前記プロセス空間A1に流入する量が抑制された影響がある可能性も考えられる。

## 【0130】

以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明は上記の特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形・変更が可能である。

## 【産業上の利用可能性】

10

## 【0131】

本発明によれば、複数の処理ガスを交互に供給する成膜において、被処理基板が処理される空間での処理ガスの流れを制御し、形成される薄膜の膜厚の均一性を良好とすることが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0132】

【図1】従来の基板処理装置を示す図である。

【図2】図1の基板処理装置の一部の拡大図である。

【図3】実施例1による基板処理装置を模式的に示した図(その1)である。

【図4】実施例1による基板処理装置を模式的に示した図(その2)である。

20

【図5】図3の基板処理装置の一部の拡大図である。

【図6】実施例1による基板処理装置の全体の概略を示す図である。

【図7】実施例1による基板処理方法を示すフローチャートである。

【図8】圧力調整ガスによる成膜の改善効果を示す図である。

【図9】実施例2による基板処理装置の一部の拡大図である。

【図10】図9の基板処理装置による成膜結果を示す図である。

## 【符号の説明】

## 【0133】

10,100 基板処理装置

30

11,111 処理容器

11A,111A カバープレート

11B,111B 外側容器

12,112 反応容器

12A,112A 上側容器

12B,112B 下側容器

13,113 保持台

14,114 ガードリング

15A,15B,115A,115B 排気口

16A,16B,116A,116B 処理ガスノズル

17A,17B,117A,117B 高速ロータリバルブ

40

19,119 ベローズ

20,120 回動軸

21,121 軸受部

22,122 磁気シール

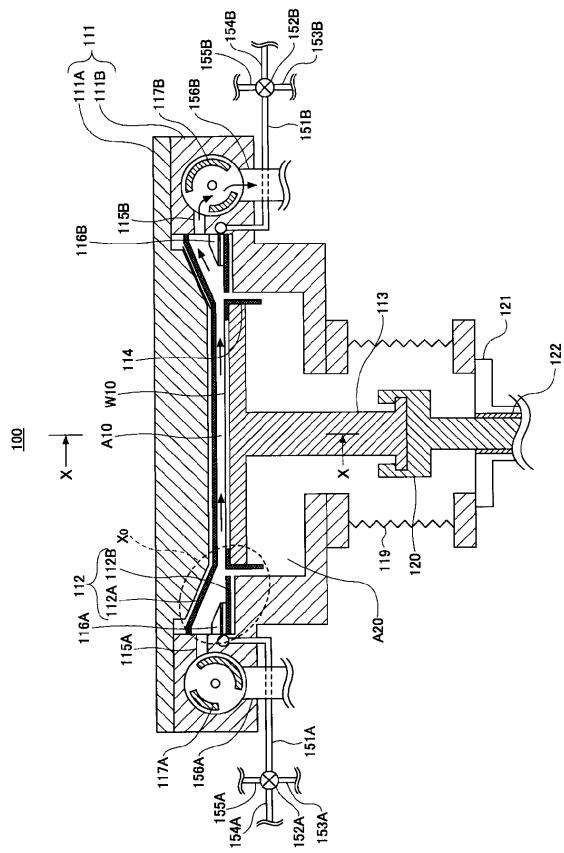
52A,52B,152A,152B 切り替えバルブ

54A,54B ガスライン

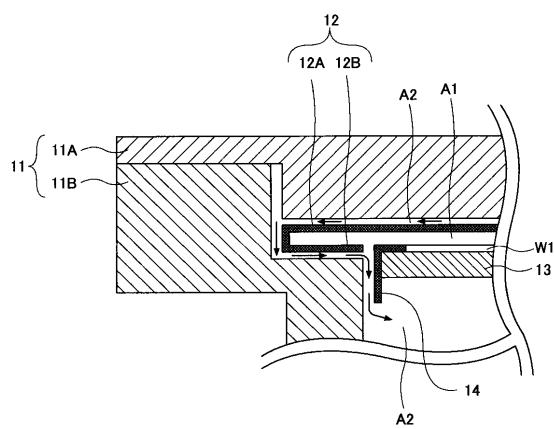
56 パージガス導入ライン

57 排気ライン

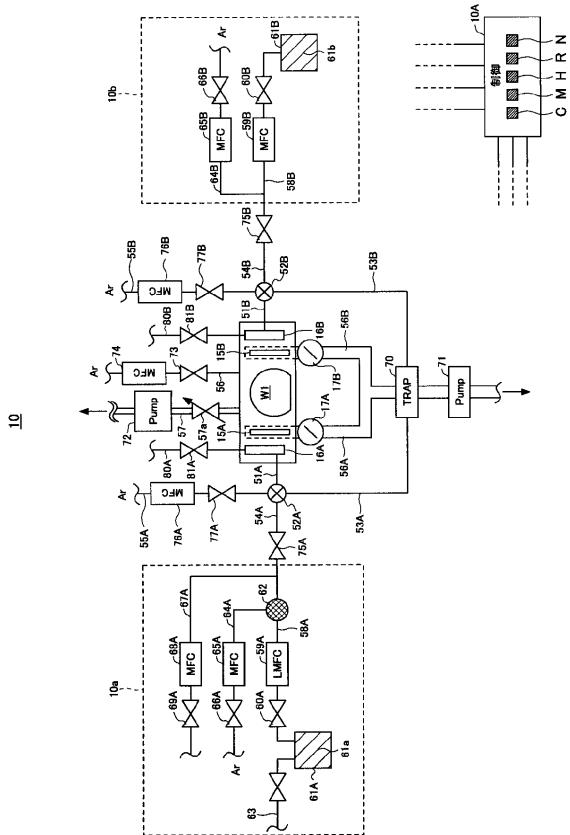
【図1】



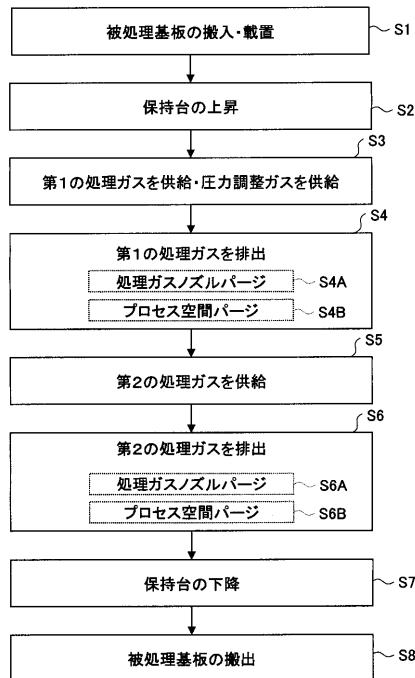
【図5】



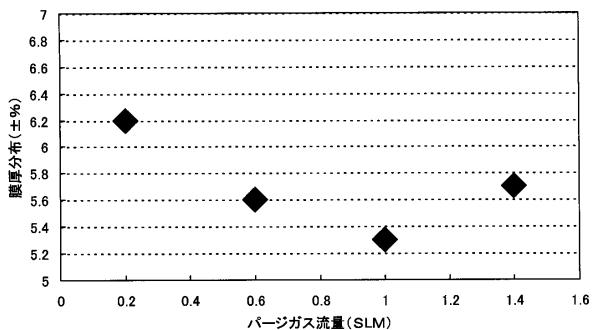
【図6】



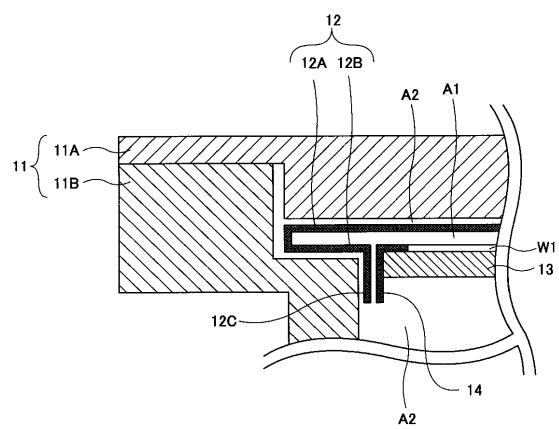
【図7】



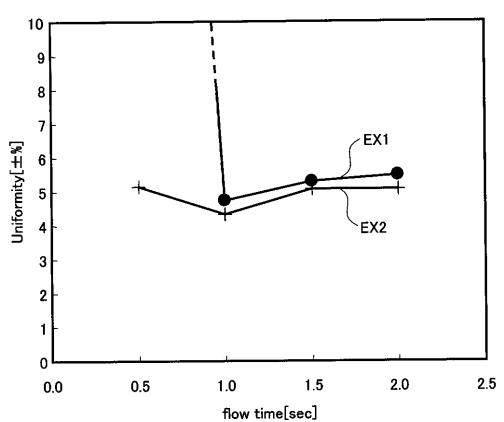
【図8】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(72)発明者 竹山 環

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 柿本 明修

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 今井 淳一

(56)参考文献 特開2004-006733(JP,A)

実開平06-062534(JP,U)

特開平01-107519(JP,A)

特開平08-260158(JP,A)

特開2002-217112(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/316

C23C 16/455

H01L 21/283

H01L 21/31

H01L 21/768