

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5202372号  
(P5202372)

(45) 発行日 平成25年6月5日(2013.6.5)

(24) 登録日 平成25年2月22日(2013.2.22)

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

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-27098 (P2009-27098)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成21年2月9日(2009.2.9)	(74) 代理人	100099944 弁理士 高山 宏志
(65) 公開番号	特開2009-246340 (P2009-246340A)	(72) 発明者	岡田 充弘 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
(43) 公開日	平成21年10月22日(2009.10.22)	(72) 発明者	戸根川 大和 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
審査請求日	平成22年10月26日(2010.10.26)	審査官	田代 吉成
(31) 優先権主張番号	特願2008-66326 (P2008-66326)		
(32) 優先日	平成20年3月14日(2008.3.14)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成膜装置のメタル汚染低減方法、半導体装置の製造方法、記憶媒体及び成膜装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

真空保持可能な縦型で筒体状をなす処理容器と、前記処理容器内に配置され、被処理体を複数段に保持した状態で保持する保持部材と、前記処理容器の外周に設けられた加熱装置とを備えた成膜装置のメタル汚染低減方法であって、

前記処理容器内の内壁、及び前記保持部材の表面を、クリーニングガスを用いてクリーニングする工程と、

前記クリーニングされた前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面に、MLD手法を用いてシリコン窒化膜を成膜し、前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面をシリコン窒化膜により被覆する工程と、

を具備し、

前記処理容器内には高温部と低温部とがあり、

前記高温部における前記シリコン窒化膜の膜厚  $t_H$  と、前記低温部における前記シリコン窒化膜の膜厚  $t_L$  との比  $t_H / t_L$  が1以上1.5以下であることを特徴とする成膜装置のメタル汚染低減方法。

【請求項2】

前記シリコン窒化膜を成膜する際、前記低温部を加熱することを特徴とする請求項1に記載の成膜装置のメタル汚染低減方法。

【請求項3】

前記シリコン窒化膜の膜厚の最大値  $t_{max}$  は18nm以上300nm以下であること

を特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の成膜装置のメタル汚染低減方法。

【請求項 4】

前記シリコン窒化膜は、成膜反応が CVD ではなく、MLD となる温度範囲にて成膜されることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の成膜装置のメタル汚染低減方法。

【請求項 5】

前記シリコン窒化膜は、プリカーサーとしてジクロルシランを用いる場合、温度 550 以上 650 以下の条件で成膜されることを特徴とする請求項 4 に記載の成膜装置のメタル汚染低減方法。

【請求項 6】

前記シリコン窒化膜は、プリカーサーとしてヘキサクロロジシランを用いる場合、温度 450 以上 550 以下の条件で成膜されることを特徴とする請求項 4 に記載の成膜装置のメタル汚染低減方法。

【請求項 7】

前記クリーニングガスは、ハロゲン、又はハロゲン化合物であることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の成膜装置のメタル汚染低減方法。

【請求項 8】

前記クリーニングガスは、  
F<sub>2</sub>、CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、ClF<sub>3</sub>、COF<sub>2</sub>、NF<sub>3</sub>、及び HCl のいずれかから選ばれることを特徴とする請求項 7 に記載の成膜装置のメタル汚染低減方法。

【請求項 9】

前記成膜装置は、被処理体に対して酸素又は窒素を含有する薄膜を成膜する成膜装置であって、前記被処理体への成膜処理時に、前記薄膜のソースガスと、前記酸素又は窒素を含有するガスとを交互に供給し、前記酸素又は窒素を含有する薄膜を成膜することを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載の成膜装置のメタル汚染低減方法。

【請求項 10】

真空保持可能な縦型で筒体状をなす処理容器と、前記処理容器内に配置され、半導体ウエハを複数段に保持した状態で保持する保持部材と、前記処理容器の外周に設けられた加熱装置とを備えた成膜装置を用いた半導体装置の製造方法であって、

前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面に、MLD 手法を用いてシリコン窒化膜を成膜し、前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面をシリコン窒化膜により被覆する被覆工程と、

前記保持部材に複数段に保持された半導体ウエハに対して、酸素又は窒素を含有する薄膜を、この薄膜のソースガスと、前記酸素又は窒素を含有するガスとを交互に供給し、前記酸素又は窒素を含有する薄膜を成膜する成膜工程と、

前記成膜工程を所定回数実施した後、前記処理容器内の内壁、及び前記保持部材の表面を、クリーニングガスを用いてクリーニングするクリーニング工程と、を具備し、

前記クリーニング工程の後、前記被覆工程に戻るとともに、前記被覆工程を請求項 1 から請求項 9 のいずれか一項に記載の成膜装置のメタル汚染低減方法を用いて行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

コンピュータ上で動作し、真空保持可能な縦型で筒体状をなす処理容器と、前記処理容器内に配置され、半導体ウエハを複数段に保持した状態で保持する保持部材と、前記処理容器の外周に設けられた加熱装置とを備えた成膜装置を制御するプログラムが記憶された記憶媒体であって、

前記プログラムは、実行時に、請求項 10 に記載の半導体装置の製造方法を実行するように、コンピュータに前記成膜装置を制御させることを特徴とする記憶媒体。

【請求項 12】

下端に開口部を有する有天井の円筒体状の処理容器と、

前記処理容器の開口部に連結され、前記処理容器の内部に成膜ガスを導入するガス配管

10

20

30

40

50

が接続される、円筒体状のマニホールドと、

前記マニホールドの開口部を、昇降することで開閉する蓋部と、

前記蓋部上に支持され、前記処理容器内に、被処理体を複数段に保持した状態で保持することが可能な保持部材と、

前記処理容器の外周に、前記保持部材を囲むように設けられた第 1 の加熱装置と、

前記蓋部の外部に設けられた第 2 の加熱装置と、

を具備し、

クリーニングされた前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面に、MLD手法を用いてシリコン窒化膜を成膜し、前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面をシリコン窒化膜により被覆する際、前記第 2 の加熱装置を用いて請求項 2 から請求項 9 のいずれか一項に記載の成膜装置のメタル汚染低減方法を行うことを特徴とする成膜装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウエハ等の被処理体に  $SiO_2$  等の薄膜を成膜する成膜装置に係わり、特に、成膜装置内のメタル汚染を低減するメタル汚染低減方法、このメタル汚染低減方法を適用した半導体装置の製造方法、この半導体装置の製造方法を実行するプログラムを格納した記憶媒体、及び成膜装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造工程においては、シリコンウエハに代表される半導体ウエハに対して  $SiO_2$  等薄膜を成膜する成膜工程が存在する。成膜工程においては、縦型のバッチ式熱処理装置にて複数の半導体ウエハに対して一括して化学蒸着法 (CVD) により成膜する技術が用いられている。

20

【0003】

半導体装置の微細化・高集積化が進展しており、この進展に伴い、良質な  $SiO_2$  等の薄膜が求められるようになってきた。良質な薄膜を実現可能な技術として、薄膜のソースとなるソースガス、例えば、 $Si$  ソースと酸化剤とを交互に供給しながら原子層レベル、又は分子層レベルで交互に繰り返し成膜する ALD、又は MLD 手法を用いて  $SiO_2$  膜を成膜する技術が、例えば、特許文献 1 に記載されている。

30

【0004】

また、製造ラインにおいては、良質な薄膜を安定して成膜するために、処理容器内に堆積した薄膜成分を、クリーニングガスを用いて取り除くクリーニングが定期的実施されている。

【0005】

また、処理容器内をプリコートする技術が、特許文献 2 乃至 5 に記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2003 - 7700 号公報

40

【特許文献 2】特開平 9 - 246256 号公報

【特許文献 3】特開 2002 - 313740 号公報

【特許文献 4】特開 2003 - 188159 号公報

【特許文献 5】特開平 9 - 171968 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

$SiO_2$  等の薄膜の品質への要求は、年々高まってきている。薄膜の特性を左右する大きな要因の一つに、薄膜のメタル汚染が挙げられる。メタル汚染の汚染源は、処理容器内に紛れ込んだメタルである。

50

## 【 0 0 0 8 】

処理容器内は定期的にクリーニングされるが、このクリーニングの際に用いるクリーニングガス中に、極微量ながらもメタル成分が紛れ込む可能性がある。

## 【 0 0 0 9 】

もしも、クリーニングガス中にメタル成分が紛れ込んでしまうと、クリーニング後においても処理容器内には微量なメタル成分が残留することになる。残留したメタル成分が極微量であり、処理容器内への飛散量が許容範囲に収まるのであれば何等问题は無い。しかしながら、飛散量の許容範囲は、年々狭まっているのが実情である。

## 【 0 0 1 0 】

今後、許容範囲の狭まりが益々進んでしまうと、現状のままでは、定期的なクリーニング後の処理容器をすぐにライン復帰させることが難しくなるばかりか、処理容器の使用自体を中止せざるを得ない状況が想定されてくる。

10

## 【 0 0 1 1 】

この発明は、処理容器内へのメタル成分の飛散を抑制でき、飛散量の許容範囲の狭まりにも対応することが可能な成膜装置のメタル汚染低減方法、このメタル汚染低減方法を適用した半導体装置の製造方法、この半導体装置の製造方法を実行するプログラムを格納した記憶媒体、及び上記メタル汚染低減方法をより効率良く実施することが可能な成膜装置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】

## 【 0 0 1 2 】

20

上記課題を解決するために、この発明の第1の態様に係る成膜装置のメタル汚染低減方法は、真空保持可能な縦型で筒体状をなす処理容器と、前記処理容器内に配置され、被処理体を複数段に保持した状態で保持する保持部材と、前記処理容器の外周に設けられた加熱装置とを備えた成膜装置のメタル汚染低減方法であって、前記処理容器内の内壁、及び前記保持部材の表面を、クリーニングガスを用いてクリーニングする工程と、前記クリーニングされた前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面に、MLD手法を用いてシリコン窒化膜を成膜し、前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面をシリコン窒化膜により被覆する工程と、を具備し、前記処理容器内には高温部と低温部とがあり、前記高温部における前記シリコン窒化膜の膜厚 $t_H$ と、前記低温部における前記シリコン窒化膜の膜厚 $t_L$ との比 $t_H / t_L$ が1以上15以下である。

30

## 【 0 0 1 3 】

また、この発明の第2の態様に係る半導体装置の製造方法は、真空保持可能な縦型で筒体状をなす処理容器と、前記処理容器内に配置され、半導体ウエハを複数段に保持した状態で保持する保持部材と、前記処理容器の外周に設けられた加熱装置とを備えた成膜装置を用いた半導体装置の製造方法であって、前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面に、MLD手法を用いてシリコン窒化膜を成膜し、前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面をシリコン窒化膜により被覆する被覆工程と、前記保持部材に複数段に保持された半導体ウエハに対して、酸素又は窒素を含有する薄膜を、この薄膜のソースガスと、前記酸素又は窒素を含有するガスとを交互に供給し、前記酸素又は窒素を含有する薄膜を成膜する成膜工程と、前記成膜工程を所定回数実施した後、前記処理容器内の内壁、及び前記保持部材の表面を、クリーニングガスを用いてクリーニングするクリーニング工程と、を具備し、前記クリーニング工程の後、前記被覆工程に戻るとともに、前記被覆工程を上記第1の態様に係る成膜装置のメタル汚染低減方法を用いて行う。

40

## 【 0 0 1 4 】

また、この発明の第3の態様に係る記憶媒体は、コンピュータ上で動作し、真空保持可能な縦型で筒体状をなす処理容器と、前記処理容器内に配置され、半導体ウエハを複数段に保持した状態で保持する保持部材と、前記処理容器の外周に設けられた加熱装置とを備えた成膜装置を制御するプログラムが記憶された記憶媒体であって、前記プログラムは、実行時に、上記第2の態様に係る半導体装置の製造方法を実行するように、コンピュータに前記成膜装置を制御させる。

50

## 【 0 0 1 5 】

また、この発明の第 4 の態様に係る成膜装置は、下端に開口部を有する有天井の円筒体状の処理容器と、前記処理容器の開口部に連結され、前記処理容器の内部に成膜ガスを導入するガス配管が接続される、円筒体状のマニホールドと、前記マニホールドの開口部を、昇降することで開閉する蓋部と、前記蓋部上に支持され、前記処理容器内に、被処理体を複数段に保持した状態で保持することが可能な保持部材と、前記処理容器の外周に、前記保持部材を囲むように設けられた第 1 の加熱装置と、前記蓋部の外部に設けられた第 2 の加熱装置と、を具備し、クリーニングされた前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面に、MLD手法を用いてシリコン窒化膜を成膜し、前記処理容器の内壁、及び前記保持部材の表面をシリコン窒化膜により被覆する際、前記第 2 の加熱装置を用いて上記第 1 の態様に係る成膜装置のメタル汚染低減方法を行うとともに、低温部を加熱する。

10

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 6 】

この発明によれば、処理容器内へのメタル成分の飛散を抑制でき、飛散量の許容範囲の狭まりにも対応することが可能な成膜装置のメタル汚染低減方法、このメタル汚染低減方法を適用した半導体装置の製造方法、この半導体装置の製造方法を実行するプログラムを格納した記憶媒体、及び上記メタル汚染低減方法をより効率良く実施することが可能な成膜装置を提供できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 7 】

【図 1】この発明の実施に使用される成膜装置の一例を示す縦断面図

【図 2】この発明の実施に使用される成膜装置の一例を示す横断面図

【図 3】成膜処理におけるガスの供給のタイミングを示すタイミングチャート

【図 4】この発明の一実施形態に係るメタル汚染低減方法の流れの一例を示す流れ図

【図 5】プリコート処理におけるガスの供給のタイミングを示すタイミングチャート

【図 6】処理容器の近傍を拡大して示す断面図

【図 7】処理容器の近傍を拡大して示す断面図

【図 8】この発明の実施に使用される成膜装置の他例を示す縦断面図

【図 9】図 8 に示した成膜装置の基本構成を示す断面図

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 8 】

以下、添付図面を参照しながら本発明の一実施形態を説明する。

## 【 0 0 1 9 】

図 1 は成膜装置の一例を示す縦断面図、図 2 は図 1 に示す成膜装置の横断面図、図 3 は図 1 に示す成膜装置のガスの供給タイミングの一例を示すタイミング図である。なお、図 1 及び図 2 においては、加熱装置を省略している。

## 【 0 0 2 0 】

成膜装置 100 は、下端が開口された有天井の円筒体状の処理容器 1 を有している。この処理容器 1 の全体は、例えば、石英により形成されており、この処理容器 1 内の天井には、石英製の天井板 2 が設けられて封止されている。また、この処理容器 1 の下端開口部には、例えばステンレススチールにより円筒体状に成形されたマニホールド 3 が Oリング等のシール部材 4 を介して連結されている。

40

## 【 0 0 2 1 】

上記マニホールド 3 は処理容器 1 の下端を支持しており、このマニホールド 3 の下方から被処理体として多数枚、例えば 50 ~ 100 枚の半導体ウエハ W を多段に載置可能な石英製のウエハポート 5 が処理容器 1 内に挿入可能となっている。このウエハポート 5 は 3 本の支柱 6 を有し（図 2 参照）、支柱 6 に形成された溝により多数枚のウエハ W が支持されるようになっている。

## 【 0 0 2 2 】

このウエハポート 5 は、石英製の保温筒 7 を介してテーブル 8 上に載置されており、こ

50

のテーブル 8 は、マニホールド 3 の下端開口部を開閉する例えばステンレススチール製の蓋部 9 を貫通する回転軸 10 上に支持される。

【 0 0 2 3 】

そして、この回転軸 10 の貫通部には、例えば磁性流体シール 11 が設けられており、回転軸 10 を気密にシールしつつ回転可能に支持している。また、蓋部 9 の周辺部とマニホールド 3 の下端部との間には、例えばリングよりなるシール部材 12 が介設されており、これにより処理容器 1 内のシール性を保持している。

【 0 0 2 4 】

上記の回転軸 10 は、例えばポートエレベータ等の昇降機構（図示せず）に支持されたアーム 13 の先端に取り付けられており、ウエハポート 5 および蓋部 9 等を一体的に昇降して処理容器 1 内に対して挿脱されるようになってい

10

【 0 0 2 5 】

また、成膜装置 100 は、成膜処理に使用する成膜ガスとして、処理容器 1 内へ酸素含有ガス、例えばオゾン（ $O_3$ ）ガスを供給する酸素含有ガス供給機構 14 a と、処理容器 1 内へシリコンソースガス、例えばジクロルシラン（DCS）ガスを供給するシリコンソースガス供給機構 14 b と、処理容器 1 内へ窒素含有ガス、例えばアンモニア（ $NH_3$ ）ガスを供給する窒素ガス供給機構 14 c と、を有している。

【 0 0 2 6 】

また、成膜装置 100 は、パージガスとして、処理容器 1 内へ不活性ガス、例えば窒素（ $N_2$ ）ガスを供給するパージガス供給機構 16 a と、クリーニングガスとして、処理容器 1 内へハロゲン及び/又は水素含有ガス、例えば六フッ化エタン（ $C_2F_6$ ）ガスを供給するクリーニングガス供給機構 16 b とを有している。

20

【 0 0 2 7 】

酸素含有ガス供給機構 14 a は、酸素含有ガス供給源 17 a と、ガス供給源 17 a から酸素含有ガスを導くガス配管に接続され、マニホールド 3 の側壁を内側へ貫通して上方向へ屈曲されて垂直に延びる石英管よりなる分散ノズル 19 とを有している。分散ノズル 19 の垂直部分には、複数のガス吐出孔 19 a が所定の間隔を隔てて形成されており、各ガス吐出孔 19 a から水平方向に処理容器 1 に向けて略均一に酸素含有ガス、例えば  $O_3$  ガスを吐出することができるようになってい

30

【 0 0 2 8 】

シリコンソースガス供給機構 14 b は、シリコン含有ガス供給源 17 b と、ガス供給源 17 b からシリコン含有ガスを導くガス配管に接続され、分散ノズル 19 と同様に、マニホールド 3 の側壁を内側へ貫通して上方向へ屈曲されて垂直に延びる石英管よりなる分散ノズル 24 とを有している。分散ノズル 24 の垂直部分にも、処理容器 1 内に水平方向に均一にシリコン含有ガス、例えば DCS ガスを吐出できるように、複数のガス吐出孔 24 a が形成されている。シリコンソースガスを導くガス配管にも、開閉弁 18 c、及び流量制御器 18 d が設けられており、酸素含有ガスと同様に、流量を制御しつつ、シリコンソースガスが分散ノズル 24 に供給される。

40

【 0 0 2 9 】

窒素含有ガス供給機構 14 c は、窒素含有ガス供給源 17 c を有している。本例では、ガス供給源 17 c から窒素含有ガスを導くガス配管が、上記分散ノズル 19 に接続されている。窒素含有ガスは、各ガス吐出孔 19 a から水平方向に処理容器 1 に向けて略均一に吐出される。窒素含有ガスを導くガス配管にも、開閉弁 18 e、及び流量制御器 18 f が設けられており、窒素含有ガスが、酸素含有ガスやシリコンソースガスと同様に、流量が制御されつつ、分散ノズル 19 に供給される。なお、窒素含有ガス専用の分散ノズルを、処理容器 1 に別途設けるようにしても良い。

50

## 【 0 0 3 0 】

パージガス供給機構 1 6 a は、パージガス供給源 2 5 a と、パージガス供給源 2 5 a からパージガスを導くガス配管に接続され、マニホール 3 の側壁を貫通して設けられたノズル 2 7 とを有している。

## 【 0 0 3 1 】

クリーニングガス供給機構 1 6 b は、クリーニングガス供給源 2 5 b を有している。本例では、ガス供給源 2 5 b からクリーニングガスを導く配管がノズル 2 7 に接続されている。なお、クリーニングガス専用のノズルを、処理容器 1 に別途設けるようにしても良い。

## 【 0 0 3 2 】

パージガスを導くガス配管、及びクリーニングガスを導く配管にもそれぞれ、開閉弁 2 6 a、及び 2 6 c、並びに流量制御器 2 6 b、及び 2 6 d が接続されており、パージガス、及びクリーニングガスも、それぞれ流量が制御されつつ、ノズル 2 7 に供給されるようになっている。

## 【 0 0 3 3 】

処理容器 1 内の、分散ノズル 1 9、及び 2 4 と反対側の部分には、処理容器 1 内を真空排気するための排気口 3 7 が設けられている。排気口 3 7 は処理容器 1 の側壁を上下方向へ削りとることによって細長く形成されている。処理容器 1 の排気口 3 7 に対応する部分には、排気口 3 7 を覆うように断面がコの字状に成形された排気口カバー部材 3 8 が溶接により取り付けられている。排気口カバー部材 3 8 は、処理容器 1 の側壁に沿って上方に延びており、処理容器 1 の上方にガス出口 3 9 を規定している。ガス出口 3 9 には、図示せぬ真空ポンプ等を含む真空排気機構が接続される。図示せぬ真空排気機構は、処理容器 1 内を真空引きする。

## 【 0 0 3 4 】

処理容器 1 の外周には筒体状の加熱装置 4 0 が設けられている。加熱装置 4 0 は処理容器 1 を囲むように設けられており、処理容器 1、及びその内部に収容された被処理体、例えば、半導体ウエハ W を加熱する。

## 【 0 0 3 5 】

成膜装置 1 0 0 の各構成部の制御、例えば開閉バルブ 1 8 a、1 8 c、1 8 e、2 6 a、2 6 c の開閉による各ガスの供給並びに停止、流量制御器 1 8 b、1 8 d、1 8 f、2 6 b、2 6 d による流量の制御、加熱装置 4 0 の制御等は、例えばマイクロプロセッサ(コンピュータ)からなるコントローラ 5 0 により行われる。コントローラ 5 0 には、オペレータが成膜装置 1 0 0 を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、成膜装置 1 0 0 の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなるユーザーインターフェース 5 1 が接続されている。

## 【 0 0 3 6 】

コントローラ 5 0 には記憶部 5 2 が接続されている。記憶部 5 2 は、成膜装置 1 0 0 で実行される各種処理をコントローラ 5 0 の制御にて実現するための制御プログラムや、処理条件に応じて成膜装置 1 0 0 の各構成部に処理を実行させるためのプログラムすなわちレシピが格納される。レシピは、例えば記憶部 5 2 の中の記憶媒体に記憶される。記憶媒体は、ハードディスクや半導体メモリであってもよいし、CD-ROM、DVD、フラッシュメモリ等の可搬性のものであってもよい。また、他の装置から、例えば専用回線を介してレシピを適宜伝送させるようにしてもよい。レシピは、必要に応じて、ユーザーインターフェース 5 1 からの指示等にて記憶部 5 2 から読み出され、読み出されたレシピに従った処理をコントローラ 5 0 が実行することで、成膜装置 1 0 0 は、コントローラ 5 0 の制御のもと、所望の処理が実施される。

## 【 0 0 3 7 】

成膜装置 1 0 0 による成膜処理は、以下のように実施される。

## 【 0 0 3 8 】

図 3 はガスの供給タイミングを示すタイミングチャートである。本例は、処理容器 1 内

10

20

30

40

50

に、シリコンソースガスと酸素含有ガスとを交互に供給することで、半導体ウエハWにシリコン酸化膜を成膜する例である。

【0039】

まず、常温において、例えば50～100枚の半導体ウエハWが搭載された状態のウエハポート5を予め所定の温度に制御された処理容器1内に、処理容器1の下方から上昇させることによりロードする。半導体ウエハWの一例は、直径300mmのものである。次いで、蓋部9を用いて、マニホールド3の下端開口部を閉じ、処理容器1内を密閉空間とする。次いで、処理容器1内を真空引きして所定のプロセス圧力に維持するとともに、加熱装置40への供給電力を制御して、ウエハ温度を上昇させてプロセス温度に維持し、ウエハポート5を回転させた状態で成膜処理を開始する。

10

【0040】

この際の成膜処理は、図3に示すように、シリコンソースガスを処理容器1に供給して半導体ウエハW上にシリコンを吸着させる工程S1と、酸素含有ガスとして例えばO<sub>3</sub>ガスを処理容器1に供給してシリコンを酸化させる工程S2とを交互に繰り返す。これらの工程S1とS2との間では、処理容器1内から残留ガスを除去する工程S3が実施される。これら工程S1乃至S3におけるプロセス温度は、例えば、100～400に設定される。このように、シリコンソースガスと酸素含有ガスとを、処理容器1内に交互に供給することで、半導体ウエハ上に、シリコン酸化膜が成膜される。

【0041】

ところで、上記シリコン酸化膜の成膜の際には、半導体ウエハW以外にも、処理容器1の内壁や、処理容器1内に配置された各部材の表面、例えば、ウエハポート5やテーブル8、保温筒7等の表面にもシリコン酸化膜が成膜される。半導体ウエハW以外にも成膜されてしまったシリコン酸化膜を除去するために、クリーニングガスを用いたクリーニングが実施される。クリーニングガスの例としては、例えば、シリコン酸化膜を除去する場合には、CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>等が用いられる。

20

【0042】

しかしながら、CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>等のガスは腐食性のガスである。このため、配管の内壁を腐食させてしまう可能性がある。もしも、配管の内壁が腐食されてしまうと、腐食部分からメタル塵が発生する。発生したメタル塵はクリーニングガスにのって、処理容器1内に紛れ込んでしまう。紛れ込んだメタル塵は、処理容器1の内壁や、処理容器1内に配置された各部材の表面に付着する。

30

【0043】

そこで、本実施形態では、クリーニング後の処理容器1の内壁や、処理容器1内に配置された各部材の表面を、シリコン窒化膜を用いて被覆し、紛れ込んだメタル塵をシリコン窒化膜によって封じ込めるようにした。

【0044】

図4は、この発明の一実施形態に係るメタル汚染低減方法の流れの一例を示す流れ図である。

【0045】

図4に示すように、初めてライン投入される、又はメンテナンス後にラインに再投入される成膜装置(稼働開始)に対し、プリコートを実施する(ステップ1)。プリコートは、処理容器1の内壁や、処理容器1内に配置された各部材の表面を、シリコン窒化膜を用いて被覆する工程である。

40

【0046】

プリコートした後、プリコートされた成膜装置を用いて、被処理体、例えば、ウエハポート5に保持された半導体ウエハ群に対し、成膜処理を実施する(ステップ2)。成膜処理は、例えば、シリコン酸化膜を形成する場合、図3に示したように、シリコンソースガスと、酸素含有ガスとを交互に供給すれば良い。ソースガスと酸素含有ガスとを交互に供給する場合、シリコンソースガス、即ちプリカーサーの一例は、ジクロルシラン(DCS: SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)であり、酸素含有ガス、即ち酸化剤の一例は、オゾン(O<sub>3</sub>)である

50



。

【0047】

次に、成膜処理終了後、成膜処理が所定処理数に達したか否かを判断する（ステップ3）。

【0048】

所定処理数に達していない場合（No.）、ステップ2に戻り、次のウエハポート5に保持された半導体ウエハ群に対し、成膜処理を実施する。

【0049】

反対に、所定処理数に達した場合（Yes.）、ステップ4に進み、クリーニングガスを用いたクリーニングを実施する。

【0050】

クリーニングした後、ステップ1に戻り、上記プリコート、即ちシリコン窒化膜の成膜を実施する。

【0051】

さらに、本実施形態では、上記プリコート、即ちシリコン窒化膜の成膜を、CVD手法ではなく、図5に示すように、MLD手法を用いるようにした。

【0052】

図5に示すように、シリコン窒化膜の成膜は、シリコンソースガスを処理容器1に供給して処理容器1の内壁、及び処理容器1内の各部材の表面にシリコンを吸着させる工程S1と、窒素含有ガスとして例えばNH<sub>3</sub>ガスを処理容器1に供給してシリコンを窒化させる工程S2とを交互に繰り返す。これらの工程S1とS2との間では、処理容器1内から残留ガスを除去する工程S3が実施される。この際に使用されるパージガスの一例は窒素（N<sub>2</sub>）である。

【0053】

さらに、シリコン窒化膜は、シリコンソースガス、即ちプリカーサーとしてジクロロシラン（DCS）を用いる場合、成膜は、温度550以上650以下の条件で行う。温度が高くと、成膜反応がMLDではなく、CVDになってしまうためである。

【0054】

また、プリカーサーとしてはヘキサクロロジシラン（HCDS：Si<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>）を用いることもできる。HCDSを用いる場合、成膜は、温度450以上550以下の条件で行われると良い。この理由は、DCSを用いる場合と同様に、成膜反応がMLDではなく、CVDになってしまうためである。

【0055】

成膜反応をMLDとする理由は、次の通りである。

【0056】

図6は、処理容器1の近傍を拡大して示す断面図である。

【0057】

図6に示すように、本実施形態に係る成膜装置は縦型炉であり、かつ、複数の被処理体を一括して処理するバッチ式の縦型炉に属する。バッチ式の縦型炉の場合には、被処理体が収容される空間が枚葉式の炉に比較して大きい。また、複数の被処理体はウエハポート5に保持され、ウエハポート5は、保温筒7で断熱されたテーブル8上に載置される構成である。このため、被処理体が収容される空間と、保温筒7が収容される空間、例えば、参照符号Aに示されるマニホール3、及びマニホール3近傍の空間との間の温度差が大きくなりやすい。参照符号Aに示される空間を以下、低温部、被処理体が収容される空間を以下、高温部と呼ぶ。

【0058】

クリーニング後の処理容器1の内壁や、処理容器1内に配置された各部材の表面を、シリコン窒化膜を用いて被覆するだけならば、CVDでも良い。しかしながら、CVDでは、高温部へのシリコン窒化膜の成膜は問題ないが、低温部にはほとんど成膜されない。CVDを用いたシリコン窒化膜の堆積例を以下に示す。

10

20

30

40

50

## 【0059】

成膜手法：CVD

成膜温度：800

プリカーサー：DCS

窒化剤：NH<sub>3</sub>

流量比DCS/NH<sub>3</sub>：90/270 sccm

上記条件による高温部への成膜量（高温部の石英上における膜厚） $t_H$ は3000オングストローム（300nm）であったが、低温部への成膜量（低温部の石英上における膜厚） $t_L$ は60オングストローム（6nm）しかなかった。膜厚 $t_H$ と膜厚 $t_L$ との比 $t_H/t_L$ は50である（ $t_H/t_L = 3000/60 = 50$ ）。

10

## 【0060】

シリコン窒化膜の膜厚が60オングストロームでは、低温部におけるメタルを封じ込める効果が低くなってしまふ。また、高温部におけるシリコン窒化膜の膜厚 $t_H$ が3000オングストロームを超えるように成膜すれば、低温部におけるシリコン窒化膜の膜厚 $t_L$ が60オングストロームを超える。このため、低温部におけるメタルを封じ込める効果は向上するが、反対に、高温部におけるシリコン窒化膜の膜厚 $t_H$ が厚くなってしまふため、シリコン窒化膜が割れやすくなり、パーティクルの原因になってしまふ。

## 【0061】

そこで、本実施形態では、シリコン窒化膜の成膜にMLDを使用する。

## 【0062】

MLDを用いたシリコン窒化膜の堆積例を以下に示す。

20

## 【0063】

成膜手法：MLD

成膜温度：600

プリカーサー：DCS

窒化剤：NH<sub>3</sub>

パージガス：N<sub>2</sub>

処理サイクル：DCS供給、N<sub>2</sub>パージ、NH<sub>3</sub>供給、N<sub>2</sub>パージ、DCS供給の繰り返し

上記条件による高温部への成膜量（高温部の石英上における膜厚） $t_H$ が900オングストローム（90nm）のとき、低温部Aへの成膜量（低温部Aの石英上における膜厚） $t_L$ は60オングストローム（6nm）となった。膜厚 $t_H$ と膜厚 $t_L$ との比 $t_H/t_L$ は15である（ $t_H/t_L = 900/60 = 15$ ）。このまま、高温部におけるシリコン窒化膜の膜厚 $t_H$ を3000オングストローム（300nm）とすると、低温部Aにおけるシリコン窒化膜の膜厚 $t_L$ は180乃至200オングストローム（18乃至20nm）となる。膜厚 $t_L$ が180乃至200オングストロームあれば、低温部Aにおけるメタルを封じ込める効果は十分なものにできる。また、高温部におけるシリコン窒化膜の膜厚 $t_H$ は割れにくい膜厚を維持できるため、パーティクルの発生も抑制できる。

30

## 【0064】

また、膜厚 $t_H$ と膜厚 $t_L$ との比 $t_H/t_L$ は1以上15以下にすることもできる。例えば、比 $t_H/t_L$ が“1”に近づけば近づくほど、高温部におけるシリコン窒化膜の膜厚 $t_H$ と低温部Aにおけるシリコン窒化膜の膜厚 $t_L$ との差を小さくでき、処理容器内に、高温部及び低温部Aが生ずるような成膜装置であっても、処理容器1内及び処理容器1内の各部材の表面に、均一にシリコン窒化膜を成膜することができる。図7にシリコン窒化膜成膜後の断面図を示す。

40

## 【0065】

図7に示すように、本実施形態によれば、処理容器1の内壁、及び処理容器1内の各部材の表面に、高温部における膜厚 $t_H$ と低温部Aにおける膜厚 $t_L$ との比 $t_H/t_L$ が、1以上15以下の、より均一なシリコン窒化膜60を成膜することができる。

## 【0066】

50

このように、本実施形態は、シリコン窒化膜の成膜にMLD手法を用いることで、処理容器内に、高温部及び低温部Aが生ずるような成膜装置であっても、高温部及び低温部Aとの双方に、より均一なシリコン窒化膜60を成膜することができる。従って、低温部Aにおいてはメタルの封じ込め効果を損なうことなく、また、高温部においてはパーティクルの発生を抑制できるメタル汚染抑制方法が得られる。

【0067】

また、図8に示すように、蓋部9の外側にヒータ41を設け、MLD手法を用いてシリコン窒化膜60を成膜する際に、ヒータ41の温度を、例えば350程度に設定しても良い。低温部Aを、例えば、ヒータ41を用いて加熱しながら、MLD手法を用いてシリコン窒化膜60を成膜することで、低温部Aへのガス吸着が促進され、低温部Aにおける成膜量を増やすことが可能となる。低温部Aにおける成膜量が増える結果、低温部Aにおけるシリコン窒化膜60の膜厚 $t_L$ が高温部におけるシリコン窒化膜60の膜厚 $t_H$ に、さらに近づくようになる。膜厚 $t_L$ が膜厚 $t_H$ に、さらに近づくことで、膜厚 $t_H$ と膜厚 $t_L$ との比 $t_H/t_L$ は、さらに1に近づくようになる。

10

【0068】

このように、低温部Aを加熱しながら、MLD手法を用いてシリコン窒化膜60を成膜することで、高温部及び低温部Aとの双方に、さらに均一なシリコン窒化膜60を成膜することが可能となる。

【0069】

図8に示した成膜装置の基本構成を図9A及び図9Bに示す。図9Aは蓋部9を上昇させ、ウエハポート5を処理容器1の内部に収容した状態を示し、図9Bは蓋部9を下降させ、ウエハポート5を処理容器1の外部に取り出した状態を示している。なお、図9A及び図9Bにおいては排気口37、排気口カバー部材38等は省略している。

20

【0070】

図9A及び図9Bに示すように、成膜装置100aは、蓋部9にヒータ41を備えることが図1に示した成膜装置100と異なる。改めて基本構成を説明すると、成膜装置100aは、下端に開口部1aを有する有天井の円筒体状の処理容器1と、処理容器1の開口部1aに連結され、処理容器1の内部に成膜ガスを導入するガス配管19又は24が接続される、円筒体状のマニホールド3と、マニホールド3の開口部3aを、昇降することで開閉する蓋部9と、蓋部9上に支持され、処理容器1内に、被処理体、例えば、半導体ウエハWを複数段に保持した状態で保持することが可能な保持部材、例えば、ウエハポート5と、処理容器1の外周に、ウエハポート5を囲むように設けられた第1の加熱装置、例えば、ヒータ40と、蓋部9の外部に設けられた第2の加熱装置、例えば、ヒータ41と、を具備する。

30

【0071】

図9A及び図9Bに示す成膜装置100aはヒータ40を備える。しかし、ヒータ40は、半導体ウエハWに成膜処理を施すためのものである。このため、ヒータ40は、基本的に、処理容器1の外周に、ウエハポート5を囲むように設けられることとなる。ヒータ40は、ウエハポート5の周囲以外は、基本的に加熱しなくて良い。このため、ヒータ40から離れた部分、例えば、成膜ガスを導入するガス配管19又は24を処理容器1の内部に導くマニホールド3、保温筒7、テーブル8、及び蓋部9等は、余熱こそ受けるが直接に加熱されることはない。このため、成膜処理中、これら、マニホールド3、保温筒7、テーブル8、及び蓋部9等の温度は、ウエハポート5の周囲、例えば、処理容器1に比較して温度が低くなる。これが、処理容器1の内部に高温部と低温部Aとを生じさせる理由の一つである。

40

【0072】

そこで、例えば、マニホールド3、保温筒7、テーブル8、蓋部9等、及びその近傍が加熱されるように、蓋部9の外部に、例えば、円筒型のヒータ41を設ける。このヒータ41を用いて、処理容器1内の各部材の表面に、シリコン窒化膜60を成膜する際に、例えば、マニホールド3、保温筒7、テーブル8、蓋部9等、及びその近傍を加熱する。

50

## 【0073】

このような成膜装置100aを用いることで、処理容器1内の各部材の表面に、シリコン窒化膜60を、さらに均一に成膜することができる。

## 【0074】

また、上記シリコン窒化膜60の成膜を、クリーニング後に行うことによって、処理容器内へのメタル成分の飛散を抑制でき、飛散量の許容範囲の狭まりにも対応することが可能な成膜装置のメタル汚染低減方法を得ることができる。

## 【0075】

また、図4に示したような処理フローを半導体装置の製造プロセスに組み込むことによって、メタル汚染が発生し難く、歩留り良く半導体装置を製造できる半導体装置の製造方法を得ることができる。

10

## 【0076】

さらに、図4に示したような処理フローをレシピに格納し、このレシピをコントローラ50によって実行させることで、成膜装置に、メタル汚染が発生し難く、歩留りも良い処理を実行させることができる。

## 【0077】

また、高温部から低温部にかけて成膜されるシリコン窒化膜60の膜厚の最大値 $t_{max}$ は、18nm以上300nm以下が良い。18nm以上の膜厚があれば、メタルの封じ込め効果が良い。また、300nm以下とすることで、シリコン窒化膜60の割れに起因したパーティクルの発生を抑制することができる。

20

## 【0078】

また、クリーニングガスとしては、上記実施形態では、 $CF_4$ 、 $C_2F_6$ 、 $NF_3$ を例示したが、クリーニングガスとしては、ハロゲン、又はハロゲン化合物を使用することができる。このようなクリーニングガスとしては、 $F_2$ 、 $ClF_3$ 、 $COF_2$ 、及びHCl等を挙げることができる。

## 【0079】

また、上記実施形態では、被処理体に対して酸素を含有する薄膜、例えば、シリコン酸化膜を成膜する成膜装置を例示したが、例えば、被処理体に対して窒素を含有する薄膜、例えば、シリコン窒化膜を成膜する成膜装置であっても良い。また、薄膜に対して酸化することも可能であり、この場合には被処理体上に酸化膜、例えばシリコン酸化膜を成膜することができる。酸化、又は窒化、又は酸窒化される物質としては、シリコンに限られるものではなく、ハフニウム、ジルコニウム等、半導体装置に使用される金属材料であれば良い。

30

## 【0080】

また、酸化に使用される酸素含有ガスとしては、 $O_3$ ガスの他に $O_2$ ガス、 $NO_2$ ガス、 $NO$ ガス、 $N_2O$ ガス、 $H_2O$ ガスを用いることができる。また、処理容器1に、プラズマ生成機構を設けて酸素含有ガスをプラズマ化して反応性を高めるようにしてもよい。また、 $O_3$ ガスを用いる場合には酸素含有ガス供給源17aには $O_3$ ガスを発生するオゾンナイザーを備えるようにしてもよい。

## 【0081】

以上、この発明を一実施形態に従って説明したが、この発明は上記一実施形態に限定されることなく、種々変形可能であるし、上記一実施形態が唯一の実施形態でもない。

40

## 【0082】

例えば、上記実施形態では本発明を複数の半導体ウエハを搭載して一括して成膜を行うバッチ式の成膜装置に適用した例を示したが、これに限らず、一枚のウエハ毎に成膜を行う枚葉式の成膜装置に適用することもできる。また、上記実施形態では、成膜原料と酸化剤（又は窒化剤、又は酸窒化剤）とを交互的に供給した例について示したが、これらを同時に供給するようにしてもよい。

## 【0083】

また、被処理体としては、半導体ウエハに限定されず、LCDガラス基板等の他の基板

50

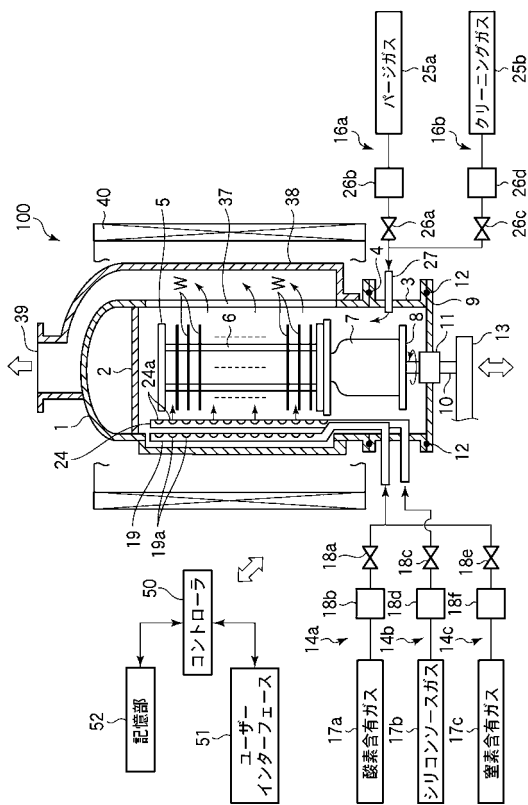
にも本発明を適用することができる。

【符号の説明】

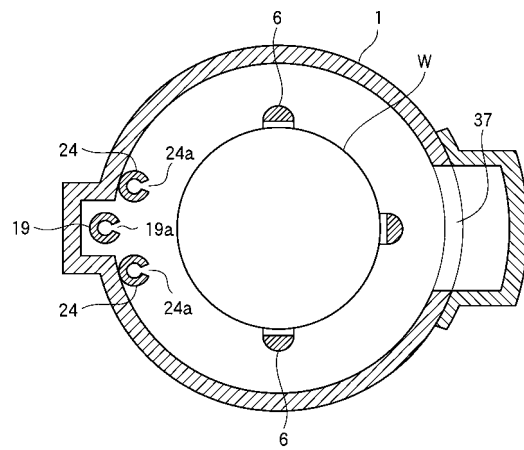
【0084】

1 ... 処理容器、2 ... 天井板、3 ... マニホールド、5 ... ウエハポート、6 ... 支柱、7 ... 保温筒、8 ... テーブル、9 ... 蓋部、14 a ... 酸素含有ガス供給機構、14 b ... シリコンソースガス供給機構、14 c ... 窒素含有ガス供給機構、16 a ... パージガス供給機構、16 b ... クリーニングガス供給機構、W ... 半導体ウエハ（被処理体）

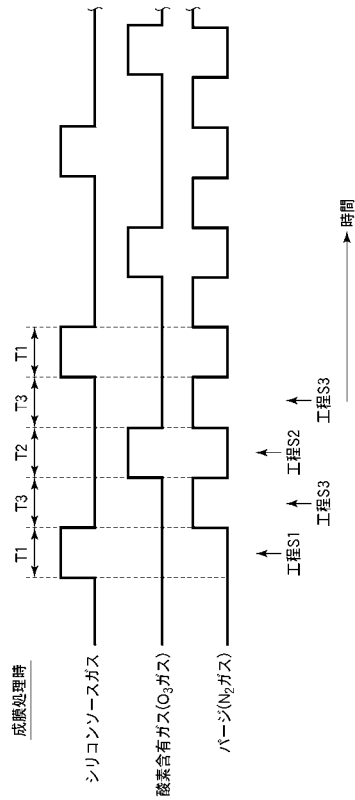
【図1】



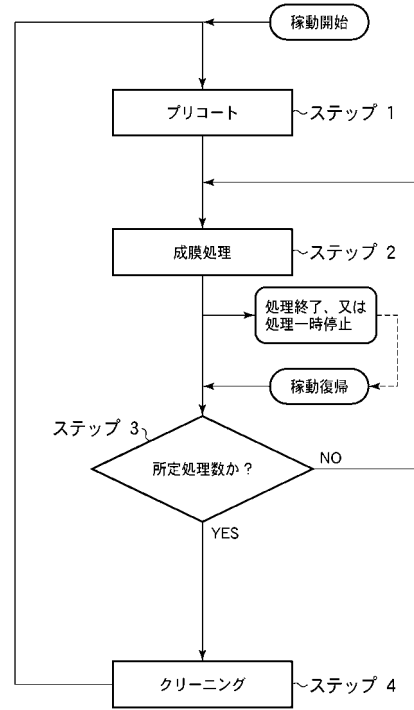
【図2】



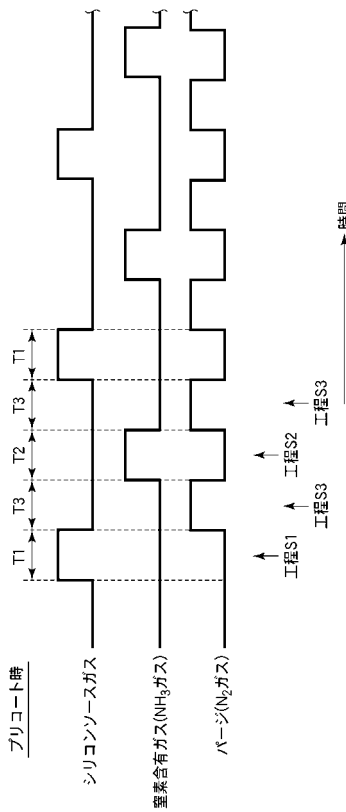
【図3】



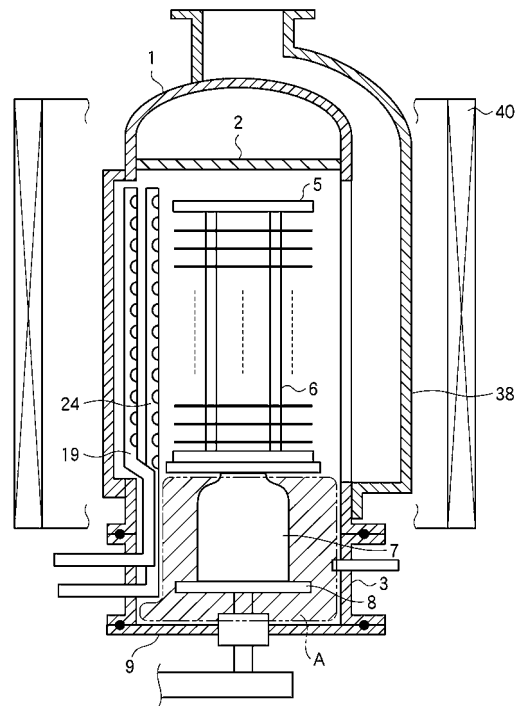
【図4】



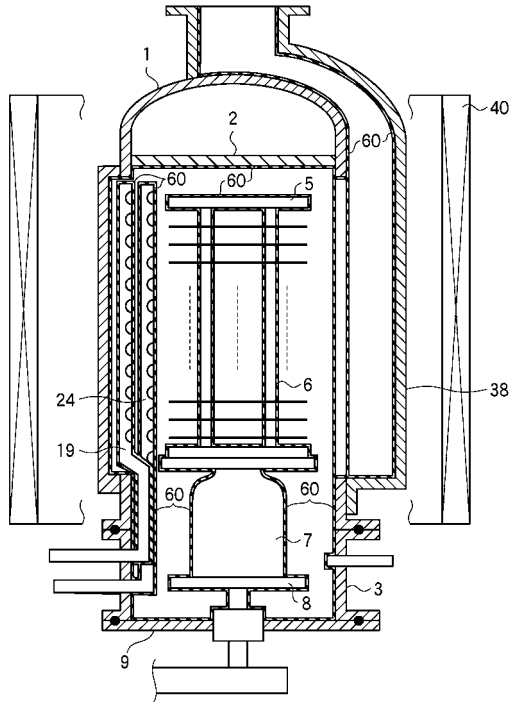
【図5】



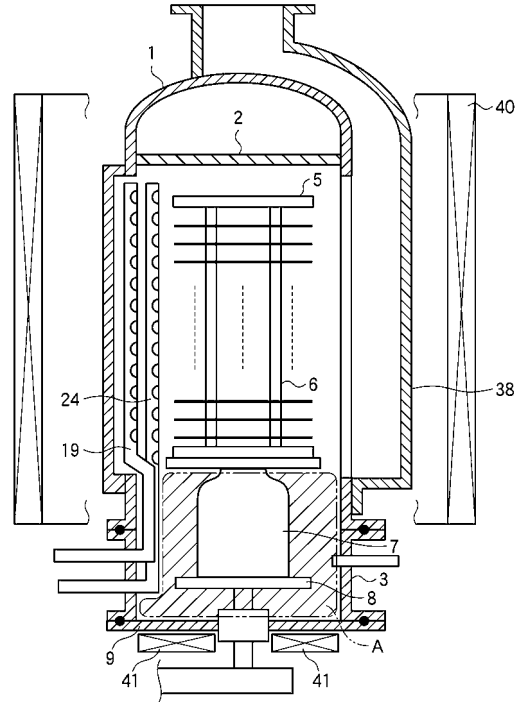
【図6】



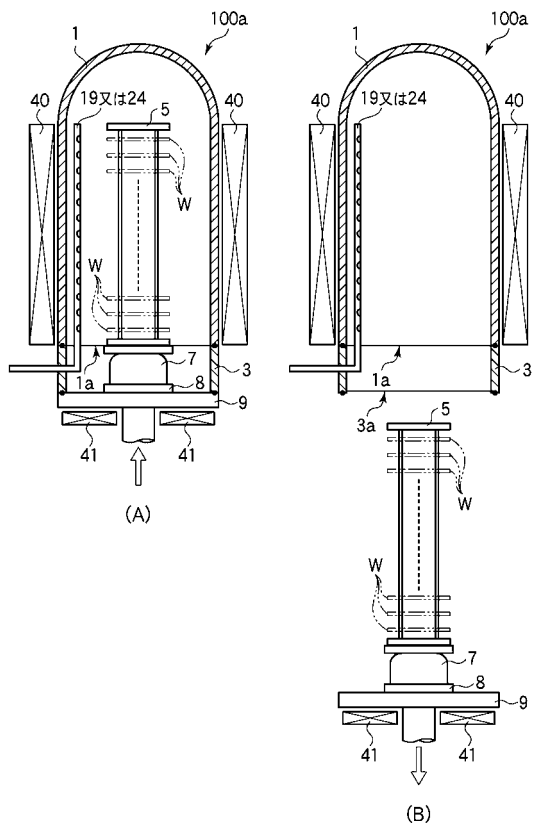
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-281083(JP,A)  
国際公開第2007/111348(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/31  
C23C 16/44