(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5807084号
(P5807084)

(45)発行日　平成27年11月10日(2015.11.10)　(24)登録日　平成27年9月11日(2015.9.11)

(51)Int.Cl.			F I		
H01L	21/31	(2006.01)	H01L	21/31	C
C23C	16/455	(2006.01)	C23C	16/455	
H05H	1/46	(2006.01)	H05H	1/46	M

請求項の数 16　(全 20 頁)

(21)出願番号　特願2014-58276(P2014-58276)
(22)出願日　平成26年3月20日(2014.3.20)
(65)公開番号　特開2015-92533(P2015-92533A)
(43)公開日　平成27年5月14日(2015.5.14)
審査請求日　平成26年3月31日(2014.3.31)
(31)優先権主張番号　特願2013-204730(P2013-204730)
(32)優先日　平成25年9月30日(2013.9.30)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

早期審査対象出願

(73)特許権者　000001122
株式会社日立国際電気
東京都千代田区外神田四丁目１４番１号
(72)発明者　豊田　一行
富山県富山市八尾町保内二丁目１番地　株式会社日立国際電気内
(72)発明者　廣地　志有
富山県富山市八尾町保内二丁目１番地　株式会社日立国際電気内
(72)発明者　山本　哲夫
富山県富山市八尾町保内二丁目１番地　株式会社日立国際電気内
(72)発明者　盛満　和広
富山県富山市八尾町保内二丁目１番地　株式会社日立国際電気内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体装置の製造方法、基板処理装置およびプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

基板に原料ガスを供給する工程と、
プラズマ生成領域にパージガスを供給するパージ工程と、
前記プラズマ生成領域に反応ガスを供給する工程と、
前記プラズマ生成領域に高周波電力を供給する工程と、
前記反応ガスを供給する前の前記パージ工程の前記プラズマ生成領域内の圧力を第１圧力とし、前記反応ガスと前記高周波電力が供給された状態で、前記第１圧力よりも低い第２圧力に調整して前記反応ガスのプラズマを生成する工程と、
を有する半導体装置の製造方法。

【請求項２】

前記プラズマ生成領域に高周波電力の供給を開始した後、前記プラズマ生成領域に前記反応ガスを供給して、前記プラズマ生成領域内を前記第１圧力から前記第２圧力へ調圧して前記プラズマを生成する請求項１の半導体装置の製造方法。

【請求項３】

前記反応ガスを供給する前のパージガスを供給する工程で、前記反応ガスの流量よりも多いパージガスを供給する請求項１又は請求項２に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項４】
前記プラズマを発生させる工程の後に、前記反応ガスをプラズマ状態からガス状態に戻す工程を有する請求項１乃至請求項３のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項５】
前記プラズマを発生させる工程と前記ガス状態に戻す工程は交互に行われる請求項４に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項６】
前記第１圧力は、前記反応ガスがプラズマＯＦＦ状態を保つ圧力である請求項１乃至請求項５のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項７】
前記第２圧力は、前記反応ガスがプラズマ化する圧力である請求項１乃至請求項６のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項８】
基板を収容する処理室と、
前記基板に原料ガスを供給する原料ガス供給部と、
前記基板に反応ガスを供給する反応ガス供給部と、
前記反応ガスが供給され、前記反応ガスをプラズマ化するプラズマ生成領域と、
前記プラズマ生成領域にパージガスを供給するパージガス供給部と、
前記プラズマ生成領域に高周波電力を供給する励起部と、
前記反応ガスを供給する前の前記パージガスを供給中の前記プラズマ生成領域の圧力を第１圧力とし、前記反応ガスと前記高周波電力が供給された状態で、前記第１の圧力よりも低い第２圧力に調整して前記反応ガスをプラズマ化させるように、前記反応ガス供給部と前記励起部と前記パージガス供給部を制御する構成を有する制御部と、を有する基板処理装置。

【請求項９】
前記処理室を排気する排気部を有し、
前記制御部は、前記プラズマ生成領域に高周波電力の供給を開始した後、前記プラズマ生成領域に前記反応ガスを供給して前記プラズマ生成領域内を前記第１圧力から前記第２圧力に調圧するように前記反応ガス供給部と前記排気部を制御する構成を有する請求項８に記載の基板処理装置。

【請求項１０】
前記制御部は、前記反応ガスを供給する前のパージガスを供給中に、前記反応ガスの流量よりも多いパージガスを供給するように前記反応ガス供給部と前記パージガス供給部を制御する構成を有する請求項８又は請求項９に記載の基板処理装置。

【請求項１１】
前記制御部は、前記プラズマを発生させた後に、前記高周波電力の供給を維持した状態で前記反応ガスをプラズマ状態からガス状態に戻すように前記励起部と前記反応ガス供給部を制御する構成を有する請求項８乃至請求項１０のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項１２】
前記制御部は、前記反応ガスのプラズマを発生させることと前記ガス状態に戻すことを交互に行うように前記励起部と前記反応ガス供給部を制御する構成を有する請求項１１に

記載の基板処理装置。

【請求項１３】
前記制御部は、前記第１圧力を前記反応ガスがプラズマＯＦＦ状態を保つ圧力となるように前記反応ガス供給部と前記排気部のいずれか若しくは両方を制御する構成を有する請求項９乃至請求項１２のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項１４】
前記制御部は、前記第２圧力を前記反応ガスがプラズマ化する圧力となるように前記反応ガス供給部と前記排気部のいずれか若しくは両方を制御する構成を有する請求項９乃至請求項１３のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項１５】
基板に原料ガスを供給させる手順と、
プラズマ生成領域にパージガスを供給させるパージ手順と、
前記プラズマ生成領域に反応ガスを供給させる手順と、
前記プラズマ生成領域に高周波電力を供給させる手順と、
前記反応ガスを供給させる前の前記パージ手順の前記プラズマ生成領域内の圧力を第１圧力とし、前記反応ガスと前記高周波電力が供給された状態で、前記第１圧力よりも低い第２圧力に調整して前記反応ガスのプラズマを生成させる手順と、
をコンピュータに実行させるプログラム。

【請求項１６】
基板に原料ガスを供給させる手順と、
プラズマ生成領域にパージガスを供給させるパージ手順と、
前記プラズマ生成領域に反応ガスを供給させる手順と、
前記プラズマ生成領域に高周波電力を供給させる手順と、
前記反応ガスを供給させる前の前記パージ手順の前記プラズマ生成領域内の圧力を第１圧力とし、前記反応ガスと前記高周波電力が供給された状態で、前記第１圧力よりも低い第２圧力に調整して前記反応ガスのプラズマを生成させる手順と、
をコンピュータに実行させるプログラムが記録された記録媒体。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、半導体装置の製造方法、基板処理装置およびプログラムに関する。
【背景技術】
【０００２】
大規模集積回路（Ｌａｒｇｅ　Ｓｃａｌｅ　Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ　Ｃｉｒｃｕｉｔ：以下ＬＳＩ）の高集積化に伴って、回路パターンの微細化が進められている。
【０００３】
狭い面積に多くの半導体デバイスを集積させるためには、デバイスのサイズを小さくして形成しなければならず、このためには、形成しようとするパターンの幅と間隔を小さくしなければならない。
【０００４】
近年の微細化により、微細構造の埋め込み、特に縦方向に深い、あるいは横方向に狭い空隙構造（溝）への酸化物の埋め込みに対して、ＣＶＤ法による埋め込み方法が技術限界に達しつつある。また、トランジスタの微細化により、薄く・均一なゲート絶縁膜やゲート電極の形成が求められている。さらに、半導体デバイスの生産性を高めるために基板一枚辺りの処理時間の短縮が求められている。

【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
近年のＬＳＩ、ＤＲＡＭ（Ｄｙｎａｍｉｃ Ｒａｎｄｏｍ Ａｃｃｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ）やＦｌａｓｈ Ｍｅｍｏｒｙに代表される半導体装置の最小加工寸法が、３０ｎｍ幅より小さくなっており、品質を保ったままの微細化や製造スループット向上や処理温度の低温化が困難になってきている。例えば、ゲート絶縁膜やゲート電極の形成の際に、原料ガスの供給・排気、反応ガスの供給・排気およびプラズマの生成を順次、繰返す成膜方法がある。この成膜方法においては、例えば、プラズマ生成を行う際、電力調整・圧力調整・ガス濃度調整などに時間を要し、製造スループットの短縮に限界が有る。
【０００６】
本発明は、基板上に形成される膜の特性を向上させると共に、製造スループットを向上させることが可能な半導体装置の製造方法、基板処理装置およびプログラム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】
【０００７】
一態様によれば、
基板に原料ガスを供給する工程と、プラズマ生成領域に反応ガスを供給する工程と、
前記プラズマ生成領域に高周波電力を供給する工程と、前記反応ガスを供給する前の前記プラズマ生成領域内の圧力を第１圧力とし、前記反応ガスと前記高周波電力が供給された状態で、前記第１圧力よりも低い第２圧力に調整して前記反応ガスのプラズマを生成する工程と、を有する半導体装置の製造方法が提供される。
【０００８】
他の態様によれば、
基板を収容する処理室と、前記基板に原料ガスを供給する原料ガス供給部と、前記基板に反応ガスを供給する反応ガス供給部と、前記反応ガスと供給され、前記反応ガスをプラズマ化するプラズマ生成領域と、前記プラズマ生成領域に高周波電力を供給する励起部と、前記反応ガスを供給する前の前記プラズマ生成領域の圧力を第１圧力とし、前記反応ガスと前記高周波電力が供給された状態で、前記第１の圧力よりも低い第２圧力に調整して前記反応ガスをプラズマ化させるように、前記反応ガス供給部と前記励起部とを制御する構成を有する制御部と、を有する基板処理装置が提供される。
【０００９】
更に他の態様によれば、
基板に原料ガスを供給させる手順と、プラズマ生成領域に反応ガスを供給させる手順と、前記プラズマ生成領域に高周波電力を供給させる手順と、前記反応ガスを供給させる前の前記プラズマ生成領域内の圧力を第１圧力とし、前記反応ガスと前記高周波電力が供給された状態で、前記第１圧力よりも低い第２圧力に調整して前記反応ガスのプラズマを生成させる手順と、をコンピュータに実行させるプログラムが提供される。
【発明の効果】
【００１０】
本発明に係る半導体装置の製造方法、基板処理装置およびプログラムによれば、基板上に形成される膜の特性を向上させると共に、製造スループットを向上させることが可能となる。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】本発明の一実施形態に係る基板処理装置の概略構成図である。
【図２】本発明の実施形態で好適に用いられる基板処理装置のコントローラの概略構成図である。
【図３】本発明の一実施形態に係る基板処理工程を示すフロー図である。
【図４】本発明の一実施形態に係る基板処理工程のガス供給・排気・高周波電力供給のシ

ーケンス例である。
【図５】本発明の他実施形態に係る基板処理工程のガス供給・排気・高周波電力供給のシーケンス例である。
【図６】本発明のＮ２ガスの放電開始特性を示す図である。
【図７】本発明の他の実施形態に係る基板処理装置の概略図例である。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
以下に本発明の実施の形態について説明する。
【００１３】
＜本発明の一実施形態＞
以下、本発明の一実施形態を図面に即して説明する。
【００１４】
（１）基板処理装置の構成
まず、本発明の一実施形態に係る基板処理装置について説明する。
【００１５】
本実施形態に係る処理装置１００について説明する。基板処理装置１００は、高誘電率絶縁膜形成ユニットであり、図１に示されているように、枚葉式基板処理装置として構成されている。
【００１６】
図１に示すとおり、基板処理装置１００は処理容器２０２を備えている。処理容器２０２は、例えば水平断面が円形であり扁平な密閉容器として構成されている。また、処理容器２０２は、例えばアルミニウム（Ａｌ）やステンレス（ＳＵＳ）などの金属材料または、石英により構成されている。処理容器２０２内には、基板としてのシリコンウエハ等のウエハ２００を処理する処理空間（処理室）２０１、搬送空間２０３が形成されている。処理容器２０２は、上部容器２０２ａと下部容器２０２ｂで構成される。上部容器２０２ａと下部容器２０２ｂの間には仕切り板２０４が設けられる。上部処理容器２０２ａに囲まれた空間であって、仕切り板２０４よりも上方の空間を処理室２０１と呼び、下部容器２０２ｂに囲まれた空間であって、仕切り板よりも下方の空間を搬送空間と呼ぶ。
【００１７】
下部容器２０２ｂの側面には、ゲートバルブ２０５に隣接した基板搬入出口２０６が設けられており、ウエハ２００は基板搬入出口２０６を介して図示しない搬送室との間を移動する。下部容器２０２ｂの底部には、リフトピン２０７が複数設けられている。更に、下部容器２０２ｂは接地されている。
【００１８】
処理室２０１内には、ウエハ２００を支持する基板支持部２１０が設けられている。基板支持部２１０は、ウエハ２００を載置する載置面２１１と、載置面２１１を表面に持つ載置台２１２、基板載置台２１２に内包された加熱部としてのヒータ２１３を主に有する。基板載置台２１２には、リフトピン２０７が貫通する貫通孔２１４が、リフトピン２０７と対応する位置にそれぞれ設けられている。
【００１９】
基板載置台２１２はシャフト２１７によって支持される。シャフト２１７は、処理容器２０２の底部を貫通しており、更には処理容器２０２の外部で昇降機構２１８に接続されている。昇降機構２１８を作動させてシャフト２１７及び支持台２１２を昇降させることにより、基板載置面２１１上に載置されるウエハ２００を昇降させることが可能となっている。なお、シャフト２１７下端部の周囲はベローズ２１９により覆われており、処理空間２０１内は気密に保持されている。
【００２０】
基板載置台２１２は、ウエハ２００の搬送時には、基板載置面２１１が基板搬入出口２０６の位置（ウエハ搬送位置）となるよう基板支持台まで下降し、ウエハ２００の処理時には図１で示されるように、ウエハ２００が処理室２０１内の処理位置（ウエハ処理位置

）まで上昇する。
【００２１】
具体的には、基板載置台２１２をウエハ搬送位置まで下降させた時には、リフトピン２０７の上端部が基板載置面２１１の上面から突出して、リフトピン２０７がウエハ２００を下方から支持するようになっている。また、基板載置台２１２をウエハ処理位置まで上昇させたときには、リフトピン２０７は基板載置面２１１の上面から埋没して、基板載置面２１１がウエハ２００を下方から支持するようになっている。なお、リフトピン２０７は、ウエハ２００と直接触れるため、例えば、石英やアルミナなどの材質で形成することが望ましい。
【００２２】
（排気系）
処理室２０１（上部容器２０２ａ）の内壁側面には、処理室２０１の雰囲気を排気する第１排気部としての排気口２２１が設けられている。排気口２２１には排気管２２２が接続されており、排気管２２２には、処理室２０１内を所定の圧力に制御するＡＰＣ（Ａｕｔｏ Ｐｒｅｓｓｕｒｅ Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ）等の圧力調整器２２３、真空ポンプ２２４が順に直列に接続されている。主に、排気口２２１、排気管２２２、圧力調整器２２３、真空ポンプ２２４により第一の排気系（排気ライン）２２０が構成される。
【００２３】
（ガス導入口）
処理室２０１の上部に設けられる後述のシャワーヘッド２３４の上面（天井壁）には、処理室２０１内に各種ガスを供給するためのガス導入口２４１が設けられている。ガス導入口２４１に接続されるガス供給系の構成については後述する。
【００２４】
（シャワーヘッド）
ガス導入口２４１と処理室２０１との間には、ガス分散機構としてのシャワーヘッド２３４が設けられている。ガス導入口２４１はシャワーヘッド２３４の蓋２３１に接続され、ガス導入口２４１から導入されるガスは蓋２３１に設けられた孔２３１ａを介してシャワーヘッド２３４のバッファ空間２３２に供給される。
【００２５】
励起部としての電極（シャワーヘッド蓋２３１）は導電性のある金属で形成され、プラズマ生成領域としてのバッファ空間２３２又は処理室２０１内でガスをプラズマ化するための電極として用いられる。蓋２３１と上部容器２０２ａとの間には絶縁ブロック２３３が設けられ、蓋２３１と上部容器２０２ａの間を絶縁している。励起部としての電極（シャワーヘッド蓋２３１）には、後述の電磁波（高周波）が供給されるように構成されている。
【００２６】
シャワーヘッド２３４は、バッファ空間２３２と処理室２０１の間に、ガス導入口２４１から導入されるガスを分散させるための分散板２３４を備えている。分散板２３４には、複数の貫通孔２３４ａが設けられている。分散板２３４は、基板載置面２１１と対向するように配置されている。
【００２７】
バッファ空間２３２には、供給されたガスの流れを形成するガスガイド２４０が設けられる。ガスガイド２４０は、孔２３１ａを頂点として分散板２３４方向に向かうにつれ径が広がる円錐形状である。ガスガイド２４０の下端の水平方向の径は貫通孔２３４ａの端部よりも更に外周に形成される。
【００２８】
バッファ空間２３２の側方には、第２排気部としてのシャワーヘッド排気口２３５を介して、排気管２３６が接続されている。排気管２３６には、排気のオン/オフを切り替えるバルブ２３７、排気バッファ空間２３２内を所定の圧力に制御するＡＰＣ（Ａｕｔｏ Ｐｒｅｓｓｕｒｅ Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ）等の圧力調整器２３８、真空ポンプ２３９が

順に直列に接続されている。

【００２９】

（供給系）

シャワーヘッド２３４の蓋２３１に接続されたガス導入孔２４１には、共通ガス供給管２４２が接続されている。共通ガス供給管２４２には、第一ガス供給管２４３ａ、第二ガス供給管２４４ａ、第三ガス供給管２４５ａが接続されている。第二ガス供給管２４４ａは、リモートプラズマユニット２４４ｅを介して接続される。

【００３０】

第一ガス供給管２４３ａを含む第一ガス供給系２４３からは第一元素含有ガスが主に供給され、第二ガス供給管２４４ａを含む第二ガス供給系２４４からは主に第二元素含有ガスが供給される。第三ガス供給管２４５ａを含む第三ガス供給系２４５からは、ウエハを処理する際には主に不活性ガスが供給され、処理室をクリーニングする際はクリーニングガスが主に供給される。

【００３１】

（第一ガス供給系）

第一ガス供給管２４３ａには、上流方向から順に、第一ガス供給源２４３ｂ、流量制御器（流量制御部）であるマスフローコントローラ（ＭＦＣ）２４３ｃ、及び開閉弁であるバルブ２４３ｄが設けられている。

【００３２】

第一ガス供給管２４３ａから、第一元素を含有するガス（以下、「第一元素含有ガス」）が、マスフローコントローラ２４３ｃ、バルブ２４３ｄ、共通ガス供給管２４２を介してシャワーヘッド２３４に供給される。

【００３３】

第一元素含有ガスは、原料ガス、すなわち、処理ガスの一つである。

ここで、第一元素は、例えばシリコン（Ｓｉ）である。すなわち、第一元素含有ガスは、例えばシリコン含有ガスである。シリコン含有ガスとしては、例えばジクロロシラン（Ｄｉｃｈｌｏｒｏｓｉｌａｎｅ（ＳｉＨ2Ｃｌ2）：ＤＣＳ）ガスを用いることができる。なお、第一元素含有ガスは、常温常圧で固体、液体、及び気体のいずれであっても良い。第一元素含有ガスが常温常圧で液体の場合は、第一ガス供給源２４３ｂとマスフローコントローラ２４３ｃとの間に、図示しない気化器を設ければよい。ここでは気体として説明する。

【００３４】

第一ガス供給管２４３ａのバルブ２４３ｄよりも下流側には、第一不活性ガス供給管２４６ａの下流端が接続されている。第一不活性ガス供給管２４６ａには、上流方向から順に、不活性ガス供給源２４６ｂ、流量制御器（流量制御部）であるマスフローコントローラ（ＭＦＣ）２４６ｃ、及び開閉弁であるバルブ２４６ｄが設けられている。

【００３５】

ここで、不活性ガスは、例えば、窒素（Ｎ２）ガスである。なお、不活性ガスとして、$Ｎ_2$ガスのほか、例えばヘリウム（Ｈｅ）ガス、ネオン（Ｎｅ）ガス、アルゴン（Ａｒ）ガス等の希ガスを用いることができる。

【００３６】

主に、第一ガス供給管２４３ａ、マスフローコントローラ２４３ｃ、バルブ２４３ｄにより、第一元素含有ガス供給系２４３（シリコン含有ガス供給系ともいう）が構成される。

【００３７】

また、主に、第一不活性ガス供給管２４６ａ、マスフローコントローラ２４６ｃ及びバルブ２４６ｄにより第一不活性ガス供給系が構成される。なお、不活性ガス供給源２３６ｂ、第一ガス供給管２４６ａを、第一不活性ガス供給系に含めて考えてもよい。

【００３８】

更には、第一ガス供給源２４３ｂ、第一不活性ガス供給系を、第一元素含有ガス供給系

に含めて考えてもよい。

【００３９】

（第二ガス供給系）

第二ガス供給管２４４ａには、下流に励起部としてのリモートプラズマユニット２４４ｅが設けても良い。上流には、上流方向から順に、第二ガス供給源２４４ｂ、流量制御器（流量制御部）であるマスフローコントローラ（ＭＦＣ）２４４ｃ、及び開閉弁であるバルブ２４４ｄが設けられている。励起部としてのリモートプラズマユニット２４４ｅには、電磁波（高周波）が供給されるように構成されている。

【００４０】

第二ガス供給管２４４ａからは、第二元素を含有するガス（以下、「第二元素含有ガス」）が、マスフローコントローラ２４４ｃ、バルブ２４４ｄ、リモートプラズマユニット２４４ｅ、共通ガス供給管２４２を介して、シャワーヘッド２３４内に供給される。第二元素含有ガスは、リモートプラズマユニット２４４ｅ内のプラズマ生成領域で、リモートプラズマユニット２４４ｅに設けられた励起部によって励起され、ウエハ２００上に照射可能なように構成される。

【００４１】

第二元素含有ガスは、処理ガスの一つである。なお、第二元素含有ガスは、反応ガスまたは改質ガスとして考えてもよい。

【００４２】

ここで、第二元素含有ガスは、第一元素と異なる第二元素を含有する。第二元素としては、例えば、酸素（Ｏ）、窒素（Ｎ）、炭素（Ｃ）のいずれか一つである。本実施形態では、第二元素含有ガスは、例えば窒素含有ガスであるとする。具体的には、窒素含有ガスとしては、アンモニア（ＮＨ３）ガスが用いられる。

【００４３】

主に、第二ガス供給管２４４ａ、マスフローコントローラ２４４ｃ、バルブ２４４ｄにより、第二元素含有ガス供給系２４４（酸素含有ガス供給系ともいう）が構成される。

【００４４】

また、第二ガス供給管２４４ａのバルブ２４４ｄよりも下流側には、第二不活性ガス供給管２４７ａの下流端が接続されている。第二不活性ガス供給管２４７ａには、上流方向から順に、不活性ガス供給源２４７ｂ、流量制御器（流量制御部）であるマスフローコントローラ（ＭＦＣ）２４７ｃ、及び開閉弁であるバルブ２４７ｄが設けられている。

【００４５】

第二不活性ガス供給管２４７ａからは、不活性ガスが、マスフローコントローラ２４７ｃ、バルブ２４７ｄ、第二ガス供給管２４４ａ、リモートプラズマユニット２４４ｅを介して、シャワーヘッド２３４内に供給される。不活性ガスは、薄膜形成工程（Ｓ１０４）ではキャリアガス或いは希釈ガスとして作用する。

【００４６】

主に、第二不活性ガス供給管２４７ａ、マスフローコントローラ２４７ｃ及びバルブ２４７ｄにより第二不活性ガス供給系が構成される。なお、不活性ガス供給源２４７ｂ、第二ガス供給管２４３ａ、リモートプラズマユニット２４４ｅを第二不活性ガス供給系に含めて考えてもよい。

【００４７】

更には、第二ガス供給源２４４ｂ、リモートプラズマユニット２４４ｅ、第二不活性ガス供給系を、第二元素含有ガス供給系２４４に含めて考えてもよい。

【００４８】

（第三ガス供給系）

第三ガス供給管２４５ａには、上流方向から順に、第三ガス供給源２４５ｂ、流量制御器（流量制御部）であるマスフローコントローラ（ＭＦＣ）２４５ｃ、及び開閉弁であるバルブ２４５ｄが設けられている。

【００４９】

第三ガス供給管２４５ａから、パージガスとしての不活性ガスが、マスフローコントローラ２４５ｃ、バルブ２４５ｄ、共通ガス供給管２４５を介してシャワーヘッド２３４に供給される。

【００５０】

ここで、不活性ガスは、例えば、窒素（Ｎ２）ガスである。なお、不活性ガスとして、Ｎ２ガスのほか、例えばヘリウム（Ｈｅ）ガス、ネオン（Ｎｅ）ガス、アルゴン（Ａｒ）ガス等の希ガスを用いることができる。

【００５１】

第三ガス供給管２４５ａのバルブ２４５ｄよりも下流側には、クリーニングガス供給管２４８ａの下流端が接続されている。クリーニングガス供給管２４８ａには、上流方向から順に、クリーニングガス供給源２４８ｂ、流量制御器（流量制御部）であるマスフローコントローラ（ＭＦＣ）２４８ｃ、及び開閉弁であるバルブ２４８ｄが設けられている。

【００５２】

主に、第三ガス供給管２４５ａ、マスフローコントローラ２４５ｃ、バルブ２４５ｄにより、第三ガス供給系２４５（シリコン含有ガス供給系ともいう）が構成される。

【００５３】

また、主に、クリーニングガス供給管２４８ａ、マスフローコントローラ２４８ｃ及びバルブ２４８ｄによりクリーニングガス供給系が構成される。なお、クリーニングガス源２４８ｂ、第三ガス供給管２４５ａを、クリーニングガス供給系に含めて考えてもよい。

【００５４】

更には、第三ガス供給源２４５ｂ、クリーニングガス供給系を、第三ガス供給系２４５に含めて考えてもよい。

【００５５】

第三ガス供給管２４５ａからは、基板処理工程では、不活性ガスが、マスフローコントローラ２４５ｃ、バルブ２４５ｄ、共通ガス供給管２４２を介して、シャワーヘッド２３４内に供給される。また、クリーニング工程では、クリーニングガスが、マスフローコントローラ２４８ｃ、バルブ２４８ｄ、共通ガス供給管２４２を介して、シャワーヘッド２３４内に供給される。

【００５６】

不活性ガス供給源２４５ｂから供給される不活性ガスは、基板処理工程では、処理室２０１やシャワーヘッド２３４内に留まったガスをパージするパージガスとして作用する。また、クリーニング工程では、クリーニングガスのキャリアガス或いは希釈ガスとして作用しても良い。

【００５７】

クリーニングガス供給源２４８ｂから供給されるクリーニングガスは、クリーニング工程ではシャワーヘッド２３４や処理室２０２に付着した副生成物等を除去するクリーニングガスとして作用する。

【００５８】

ここで、クリーニングガスは、例えば三フッ化窒素（ＮＦ３）ガスである。なお、クリーニングガスとして、例えば、フッ化水素（ＨＦ）ガス、三フッ化塩素ガス（ＣｌＦ３）ガス、フッ素（Ｆ２）ガス等を用いても良く、またこれらを組合せて用いても良い。

【００５９】

（励起部）

励起部は、第１励起部と第２励起部のいずれか若しくは両方で構成される。

【００６０】

第１励起部としてのシャワーヘッド蓋２３１には、整合器２５１、高周波電源２５２が接続されている。高周波電源２５２から、整合器２５１を介してシャワーヘッド蓋２３１に電磁波（高周波）が供給し、整合器２５１でインピーダンスを調整することで、上述の第１元素含有ガスと第２元素含有ガスの何れか若しくは両方を励起（プラズマ化）させる。

【００６１】
なお、第１励起部を用いた場合、第１元素含有ガスと第２元素含有ガスの何れか若しくは両方を含むプラズマは、処理室２０１で生成されるように、高周波電源２５２の出力や、処理室２０１内の圧力が制御される。
【００６２】
第２励起部は、リモートプラズマユニット２４４ｅである。
【００６３】
（プラズマ生成領域）
プラズマ生成領域は、上述の様に、処理室２０１、リモートプラズマユニット２４４ｅの少なくとも何れか若しくは両方で構成される。
【００６４】
（制御部）
図１に示すように基板処理装置１００は、基板処理装置１００の各部の動作を制御するコントローラ１２１を有している。
【００６５】
図２に示すように、制御部（制御手段）であるコントローラ１２１は、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）１２１ａ、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ Ａｃｃｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ）１２１ｂ、記憶装置１２１ｃ、Ｉ／Ｏポート１２１ｄを備えたコンピュータとして構成されている。ＲＡＭ１２１ｂ、記憶装置１２１ｃ、Ｉ／Ｏポート１２１ｄは、内部バス１２１ｅを介して、ＣＰＵ１２１ａとデータ交換可能なように構成されている。コントローラ１２１には、例えばタッチパネル等として構成された入出力装置１２２や、外部記憶装置２８３が接続可能に構成されている。
【００６６】
記憶装置１２１ｃは、例えばフラッシュメモリ、ＨＤＤ（Ｈａｒｄ Ｄｉｓｋ Ｄｒｉｖｅ）等で構成されている。記憶装置１２１ｃ内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラムや、後述する基板処理の手順や条件などが記載されたプログラムレシピ等が読み出し可能に格納されている。なお、プロセスレシピは、後述する基板処理工程における各手順をコントローラ１２１に実行させ、所定の結果を得ることが出来るように組み合わされたものであり、プログラムとして機能する。以下、このプログラムレシピや制御プログラム等を総称して、単にプログラムともいう。なお、本明細書においてプログラムという言葉を用いた場合は、プログラムレシピ単体のみを含む場合、制御プログラム単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合がある。また、ＲＡＭ１２１ｂは、ＣＰＵ１２１ａによって読み出されたプログラムやデータ等が一時的に保持されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。
【００６７】
Ｉ／Ｏポート１２１ｄは、ゲートバルブ２０５、昇降機構２１８、圧力調整器２２３，２３８、真空ポンプ２２４，２３９、リモートプラズマユニット２４４ｅ、ＭＦＣ２４３ｃ，２４４ｃ，２４５ｃ，２４６ｃ，２４７ｃ，２４８ｃ、バルブ２４３ｄ，２４４ｄ，２４５ｄ，２４６ｄ，２４７ｄ，２４８ｄ、整合器２５１、高周波電源２５２等に接続されている。
【００６８】
ＣＰＵ１２１ａは、記憶装置１２１ｃからの制御プログラムを読み出して実行すると共に、入出力装置１２２からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置１２１ｃからプロセスレシピを読み出すように構成されている。そして、ＣＰＵ１２１ａは、読み出されたプロセスレシピの内容に沿うように、ゲートバルブ２０５の開閉動作、昇降機構２１８の昇降動作、圧力調整器２２３，２３８の圧力調整動作、真空ポンプ２２４，２３９のオンオフ制御、リモートプラズマユニット２４４ｅのガス励起動作、ＭＦＣ２４３ｃ、２４４ｃ，２４５ｃ，２４６ｃ，２４７ｃ，２４８ｃの流量調整動作、バルブ２４３ｄ、２４４ｄ，２４５ｄ，２４６ｄ，２４７ｄ，２４８ｄのガスのオンオフ制御、整合器２５１の電力の整合動作、高周波電源２５２のオンオフ制御等を制御するように構成されている。

【００６９】
なお、コントローラ１２１は、専用のコンピュータとして構成されている場合に限らず、汎用のコンピュータとして構成されていても良い。例えば、上述のプログラムを格納した外部記憶装置（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスクやハードディスク等の磁気ディスク、ＣＤやＤＶＤ等の光ディスク、ＭＯなどの光磁気ディスク、ＵＳＢメモリやメモリカード等の半導体メモリ）２８３を用意し、係る外部記憶装置２８３を用いて汎用のコンピュータにプログラムをインストールすること等により、本実施形態に係るコントローラ１２１を構成することができる。なお、コンピュータにプログラムを供給するための手段は、外部記憶装置２８３を介して供給する場合に限らない。例えば、インターネットや専用回線等の通信手段を用い、外部記憶装置２８３を介さずにプログラムを供給するようにしても良い。なお、記憶装置１２１ｃや外部記憶装置２８３は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体として構成される。以下、これらを総称して、単に記録媒体ともいう。なお、本明細書において、記録媒体という言葉を用いた場合は、記憶装置１２１ｃ単体のみを含む場合、外部記憶装置２８３単体のみを含む場合、または、その両方を含む場合が有る。
【００７０】
（２）基板処理工程
次に、基板処理工程の例について、半導体デバイスの製造工程の一つである、ＤＣＳガス及びＮＨ３（アンモニア）ガスを用いてシリコン窒化（ＳｉＮ）膜を形成する例で説明する。
【００７１】
図３は、本実施形態に係る基板処理装置により実施される基板処理の一例を示すシーケンス図である。図例は、プラズマを利用した処理を行って、基板としてのウエハ２００上にＳｉＮ膜を形成する場合のシーケンス動作を示している。
【００７２】
（基板搬入工程Ｓ２０１）
成膜処理に際しては、先ず、ウエハ２００を処理室２０１に搬入させる。具体的には、基板支持部２１０を昇降機構２１８によって、下降させ、リフトピン２０７が、貫通孔２１４から基板支持部２１０の上面側に突出させた状態にする。また、処理室２０１内を所定の圧力に調圧した後、ゲートバルブ２０５を開放し、ゲートバルブ２０５からリフトピン２０７上にウエハ２００を載置させる。ウエハ２００をリフトピン２０７上に載置させた後、昇降２１８によって基板支持部２１０を所定の位置まで上昇させることによって、ウエハ２００が、リフトピン２０７から基板支持部２１０へ載置されるようになる。
【００７３】
（減圧・昇温工程Ｓ２０２）
続いて、処理室２０１内が所望の圧力（真空度）となるように、排気管２２２を介して処理室２０１内を排気する。この際、圧力センサが測定した圧力値に基づき、ＡＰＣバルブの弁の開度をフィードバック制御する。また、温度センサ２６３が検出した温度値に基づき、処理室２０１内が所望の温度となるように、ヒータ２０７への通電量をフィードバック制御する。具体的には、サセプタを予め加熱しておき、ウエハ２００又はサセプタの温度変化が無くなってから一定時間置く。この間、処理室２０１内に残留している水分あるいは部材からの脱ガス等を真空排気やＮ２ガスの供給によるパージによって除去する。これで成膜プロセス前の準備が完了することになる。なお、処理室２０１内の減圧時間を短縮するために、バルブ２３７を開け、ＡＰＣバルブ２３８で排気コンダクタンスを調整しつつ真空ポンプ２３９で排気するようにしても良い。
【００７４】
（第１処理ガス供給工程Ｓ２０３）
続いて、図３，図４に示すように、第１の処理ガス供給系から処理室２０１内に第１の処理ガス（原料ガス）としてのＤＣＳガスを供給する。また、排気系による処理室２０１内の排気を継続し処理室２０１内の圧力を所定の圧力（第１圧力）となるように制御する

。具体的には、第１ガス供給管２４３ａのバルブ２４３ｄ、第１不活性ガス供給管２４５ａのバルブ２４５ｄを開き、第１ガス供給管２４３ａにＤＣＳガス、第１不活性ガス供給管２４５ａにＮ２ガスを流す。ＤＣＳガスは、第１ガス供給管２４３ａから流れ、マスフローコントローラ２４３ｃにより流量調整される。Ｎ２ガスは、第１不活性ガス供給管２４５ａから流れ、マスフローコントローラ２４５ｃにより流量調整される。流量調整されたＤＣＳガスは、流量調整されたＮ２ガスと第１ガス供給管２４３ａ内で混合されて、シャワーヘッドのガス供給孔２３４ａから、加熱された減圧状態の処理室２０１内に供給され、排気管２３１から排気される。このとき、ウエハ２００に対してＤＣＳガスが供給されることとなる（原料ガス（ＤＣＳ）供給工程）ＤＣＳガスは、所定の圧力（第１圧力：例えば１００Ｐａ以上１００００Ｐａ以下）で処理室２０１内に供給する。このようにして、ウエハ２００にＤＣＳを供給する。ＤＣＳが供給されることにより、ウエハ２００上に、シリコン含有層が形成される。シリコン含有層とは、シリコン（Ｓｉ）または、シリコンと塩素（Ｃｌ）を含む層である。

【００７５】

また、図４に示すように、プラズマ生成領域に、電磁波（高周波）の供給を開始する。本実施形態の図４では、原料ガスの供給開始と同時に電磁波の供給を開始しているが、少なくとも反応ガスの供給前に供給されるように構成しても良い。電磁波の供給は、第１処理ガス供給工程Ｓ２０３からＳ２０７の繰り返しが終了するまで継続する。第１処理ガスの供給工程Ｓ２０３では、主にパージガスの供給による昇圧によりパッシェンの法則から、電磁波の電力（電圧），圧力，電極間距離の関係から、原料ガスがプラズマ化しない（プラズマがＯＦＦ状態を維持できる）圧力（第１圧力）に設定にする。この時、整合器２５１を介して供給するＲＦ電力を蓋２３１に供給する際、蓋２３１と支持台２１２の間に生じる電圧が２０００V以上に上昇しないように整合器を事前に設定しておく。例えば図６のＮ２(窒素)放電開始特性に示すようにパージガスの供給量を調節してｐｄ積(ｐ：圧力、ｄ：電極間隔)が２０Ｔｏｒｒ・ｃｍ以下にならないようにする。

【００７６】

（パージ工程Ｓ２０４）

ウエハ２００上にシリコン含有層が形成された後、第１ガス供給管２４３ａのバルブ２４３ｄを閉じ、ＤＣＳガスの供給を停止する。このとき、排気管２２２のＡＰＣバルブ２２４は開いたままとし、真空ポンプ２２４により処理室２０１内を真空排気し、処理室２０１内に残留する未反応もしくはシリコン含有層形成に寄与した後のＤＣＳガスを処理室２０１内から排除する。また、バルブ２４５ｄは開いたままとして、不活性ガスとしてのＮ２ガスの処理室２０１内への供給を維持する。Ｎ２ガスはパージガスとして作用し、これにより、処理室２０１内に残留する未反応もしくはシリコン含有層形成に寄与した後のＤＣＳガスを処理室２０１内から排除する効果を更に高めることができる。また、バルブ２３７を開け、ＡＰＣバルブ２３８を介して、真空ポンプ２３９から排気するように構成しても良い。この様に構成することによって、シャワーヘッド２３４内に残留する未反応もしくはシリコン含有層形成に寄与した後のＤＣＳガスをシャワーヘッド２３４内から除去することができる。この工程では第１処理ガス供給工程Ｓ２０３同様に処理室２０１内のｐｄ積は常時２０Ｔｏｒｒ・ｃｍ以上に維持する。

【００７７】

なお、このとき、処理室２０１内や、シャワーヘッド２３４内に残留するガスを完全に排除しなくてもよく、処理室２０１内を完全にパージしなくてもよい。処理室２０１内に残留するガスが微量であれば、その後に行われる工程において悪影響が生じることはない。このとき処理室２０１内に供給するＮ２ガスの流量も大流量とする必要は無く、例えば、反応管２０３（処理室２０１）の容積と同程度の量を供給することで、次の工程において悪影響が生じない程度のパージを行うことができる。このように、処理室２０１内を完全にパージしないことで、パージ時間を短縮し、スループットを向上させることができる。また、Ｎ２ガスの消費も必要最小限に抑えることが可能となる。

また、カバレッジや膜質、膜厚の均一性を良好にするときには、処理室２０１内を十分

に排気することが好ましい。

【００７８】

このときのヒータ２１３の温度は、ウエハ２００への原料ガス供給時と同様に３００～６５０℃、好ましくは３００～６００℃、より好ましくは３００～５５０℃の範囲内の一定の温度となるように設定する。各府活性ガス供給系から供給するパージガスとしてのＮ２ガスの供給流量は、それぞれ例えば１００～２０００ｓｃｃｍの範囲内の流量とする。パージガスとしては、Ｎ２ガスの他、Ａｒ，Ｈｅ，Ｎｅ，Ｘｅ等の希ガスを用いても良い。

【００７９】

本パージ工程においては、電磁波が継続して供給されており、処理室２０１にプラズマが生成されないようにｐｄ積が２０Ｔｏｒｒ・ｃｍ以上となることが必須である。

【００８０】

（第２処理ガス供給工程Ｓ２０５）

処理室２０１内のＤＣＳ残留ガスを除去した後、パージガスの供給を停止し、第２処理ガス（反応ガス）としてのＮＨ３ガスを供給する。具体的には、第２ガス供給管２３２ｂのバルブ２４３ｂを開き、第２ガス供給管２３２ｂ内にＮＨ３ガスを流す。第２ガス供給管２３２ｂ内を流れたＮＨ３ガスは、マスフローコントローラ２４１ｂにより流量調整される。流量調整されたＮＨ３ガスは第２ノズル２３３ｂのガス供給孔２４８ｂからシャワーヘッド２３４内に供給される。また、処理室２０１内の圧力が、放電可能な圧力（第２圧力）になる様に調整される。ここでは、整合器２５１を介して蓋２３１に供給されるＲＦ電力によって生じる電圧は２０００Ｖ以下で且つ２０００Ｖに近い値に維持されている。この状態でパージガスの供給を減少させることで処理室２０１内の圧力を、第１の圧力よりも低い第２圧力に下げ、ｐｄ積を２０Ｔｏｒｒ・ｃｍ以下にすることで処理室２０１内にプラズマを生成する。

【００８１】

なお、ここでパージガスと第２処理ガスの流量比は、第２処理ガスの流量（供給量）を１とした場合に、パージガスを１０～１００とする。各ガスの流量は、バルブの開閉時間で制御され、第２処理ガスのバルブを開く時間は、例えば、０．１秒～１秒に設定される。

【００８２】

なお、ＲＦ電力の供給は、図４に示す様に、原料ガス供給時から供給しても良いが、図５に示すように、反応ガス供給直後から供給するように構成しても良い。

【００８３】

反応ガスとしてのＮＨ３ガスをプラズマ化することによって、活性化されたＮＨ３ガス（ＮＨ３ガスのプラズマやラジカル）を発生させ、ウエハ２００上に形成されたシリコン含有膜と、反応させ、シリコン窒化膜を形成していくことができる。なお、反応ガスを供給しつつ、プラズマ生成領域の圧力を下げる際に、第２排気部を用いて排気量を増大させても良い。

【００８４】

（パージ工程Ｓ２０６）

第２処理ガス供給工程の後、パージガスの供給で処理室２０１内を昇圧しｐｄ積が＞＞２０Ｔｏｒｒ・ｃｍとすることでプラズマ生成を停止すると同時に反応ガスの供給を止めて、パージ工程Ｓ２０４と同様な処理を行う。パージ工程を行うことによって、処理室２０１内に残留する未反応もしくはシリコン含有層形成に寄与した後のＮＨ３ガスを排除させることができる。なお、パージ工程Ｓ２０４と同様に、バルブ２３７を開け、ＡＰＣバルブ２３８を介して、真空ポンプ２３９から排気するように構成しても良い。この様に構成することによって、シャワーヘッド２３４内に残留する未反応もしくはシリコン窒化膜の形成に寄与した残留ガスをシャワーヘッド２３４内から除去することができる。残留ガスを除去することによって、残留ガスによる予期せぬ膜形成を抑制することができる。

【００８５】

（繰返し工程Ｓ２０７）
以上の第１処理ガス供給工程Ｓ２０３、パージ工程Ｓ２０４、第２処理ガス供給工程Ｓ２０５、パージ工程Ｓ２０５それぞれを１工程ずつ行うことにより、ウエハ２００上に所定の厚さの膜が堆積される。これらの工程を繰返すことにより、ウエハ２００上の膜厚を制御することができる。所定膜厚となるまで、所定回数繰返すように制御される。
【００８６】
（基板搬出工程Ｓ２０８）
繰返し工程Ｓ２０７で所定回数実施された後、基板搬出工程Ｓ２０８が行われ、ウエハ２００が処理室２０１から搬出される。具体的には、搬出可能温度まで降下させ、処理室２０１内を不活性ガスでパージし、搬送可能な圧力に調圧される。調圧後、基板支持部２１０が昇降機構２１８により降下され、リフトピン２０７が、貫通孔２１４から突き出し、ウエハ２００がリフトピン２０７上に載置される。ウエハ２００が、リフトピン２０７上に載置された後、ゲートバルブ２０５が開き、ウエハ２００が処理室２０１から搬出される。
【００８７】
（３）本実施形態に係る効果
本実施形態によれば、以下に示す１つまたは複数の効果を奏する。
【００８８】
（ａ）高周波電力を事前に供給し、反応ガスの供給圧力によって、反応ガスのみがプラズマ化されるようになるため、プラズマのＯＮ／ＯＦＦの切り替え時間を短縮させることができる。
（ｂ）また、パージ工程で、シャワーヘッド内部から排気することで、パージ時間を短縮させることができる。
（ｃ）高周波電力を供給した状態で、処理室２０１内の圧力を下げることにより、プラズマのＯＮ／ＯＦＦ時間の切り替え時間を短縮することができる。
（ｄ）高周波電力を供給した状態で、処理室２０１内の圧力を下げることにより、パージ工程や第１ガス供給工程での圧力を高くすることができ、パージ時間を短縮することができる。パージ工程や第１ガスの供給工程の圧力を下げる場合は、それぞれの処理時間が長くなり、スループットが低下する課題が有る。
（ｅ）圧力を下げてプラズマを発生させることにより、意図しないプラズマの発生を抑制することができる。
【００８９】
＜本発明の第２形態＞
以上、本発明の実施形態を具体的に説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。
【００９０】
例えば、図５に示すガス供給シーケンス例が有る。図５では、原料ガス（第１処理ガス供給）とパージ工程を行った後に、排気工程を行い、原料ガスを除去した後に、反応ガスを供給・電磁波の供給を順次行う。電磁波の供給後に、排気して、放電可能な圧力に調整することで反応ガスの励起を開始させる。この様に構成することで、圧力変動でガス励起を開始させることができる。
【００９１】
＜本発明の第３形態＞
以上の実施形態では、図１に係る装置構成について説明したが、この構成に限定されるものではなく、
その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。
【００９２】
例えば、図７に示す装置構成が有る。図４は、励起部としての電極をマイクロ波導入窓３０５とした構成がある。マイクロ波導入窓３０５には、マイクロ波源３０４から、マグネトロン３０１，アイソレータ３０２，整合器３０３などを介して、電磁波（マイクロ波

）が供給されるように構成される。この様にマイクロ波を供給することによって、バッファ空間２３２内に高周波電力を供給することができ、バッファ空間２３２内に供給されるガスをプラズマ化させることができる。なお、上述の図４や図５の様に電磁波を供給する際にプラズマが生成されていないときは、反射波が増大するが、アイソレータ３０２で反射波を吸収させることによって、マイクロ波源３０４へのダメージを軽減することができる。ガスの供給タイミングや電磁波の供給タイミング、排気タイミングは、図４や図５と同様に構成することができる。

【００９３】

なお、上述の、圧力制御によるプラズマ生成では、ガス流量で圧力を調整するようにした例を記したが、ガス流量の制御と排気量の制御を組み合わせて調整するようにしても良い。組み合わせることによって、圧力調整に要する時間を短縮することができる。また、好ましくは、プラズマ生成領域の容積を小さくすることによっても、短縮することができる。また、上述の第２排気部を用いることによって、排気時間を短縮することができる。

【００９４】

また、上述では、半導体装置の製造工程について記したが、実施形態に係る発明は、半導体装置の製造工程以外にも適用可能である。例えば、液晶デバイスの製造工程や、セラミック基板へのプラズマ処理などが有る。

【００９５】

また、上述では、原料ガスと反応ガスを交互に供給して成膜する方法について記したが、他の方法にも適用可能である。例えば、原料ガスと反応ガスの供給タイミングが重なるように供給しても良い。

【００９６】

また、上述では、成膜処理について記したが、他の処理にも適用可能である。例えば、反応ガスのみを用いて、基板表面や基板に形成された膜をプラズマ酸化処理や、プラズマ窒化処理などの基板処理においても本発明を適用することができる。また、反応ガスのみを用いたプラズマアニール処理にも適用することができる。

【００９７】

また、上述では、枚葉式装置について記したが、これに限らず、基板を垂直方向に複数保持した状態で処理する縦型装置でも良い。また、複数の基板を水平方向に複数枚保持した状態で処理する処理装置であっても良い。

【００９８】

＜本発明の好ましい態様＞

以下に、本発明の好ましい態様について付記する。

【００９９】

＜付記１＞

一態様によれば、

基板に原料ガスを供給する工程と、

プラズマ生成領域に反応ガスを供給する工程と、

前記プラズマ生成領域に高周波電力を供給する工程と、

前記反応ガスを供給する前の前記プラズマ生成領域内の圧力を第１圧力とし、前記反応ガスと前記高周波電力が供給された状態で、前記第１圧力よりも低い第２圧力に調整して前記反応ガスのプラズマを生成する工程と、

を有する半導体装置の製造方法が提供される。

【０１００】

＜付記２＞

付記１に記載の半導体装置の製造方法であって、好ましくは、

前記プラズマ生成領域に高周波電力の供給を開始した後、前記プラズマ生成領域に前記反応ガスを供給して、前記プラズマ生成領域内を前記第１圧力から前記第２圧力へ調圧して前記プラズマを生成する。

【０１０１】

＜付記３＞
付記１又は付記２に記載の半導体装置の製造方法であって、好ましくは、
前記反応ガスを供給する前に、前記反応ガスの流量よりも多い流量のパージガスを供給する工程を有する。
【０１０２】
＜付記４＞
付記１乃至付記３のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法であって、好ましくは、
前記プラズマを発生させる工程の後に、前記反応ガスをプラズマ状態からガス状態に戻す工程を有する。
【０１０３】
＜付記５＞
付記４に記載の半導体装置の製造方法であって、好ましくは、
前記プラズマを発生させる工程と前記ガス状態に戻す工程は交互に行われる。
【０１０４】
＜付記６＞
付記１乃至付記５の何れか一項に記載の半導体装置の製造方法であって、好ましくは、
前記第１圧力は、前記反応ガスがプラズマＯＦＦ状態を保つ圧力とする。
【０１０５】
＜付記７＞
付記１乃至付記６の何れか一項に記載の半導体装置の製造方法であって、好ましくは、
前記第２圧力は、前記反応ガスがプラズマ化する圧力である。
【０１０６】
＜付記８＞
他の態様によれば、
基板を収容する処理室と、
前記基板に原料ガスを供給する原料ガス供給部と、
前記基板に反応ガスを供給する反応ガス供給部と、
前記反応ガスと供給され、前記反応ガスをプラズマ化するプラズマ生成領域と、
前記プラズマ生成領域に高周波電力を供給する励起部と、
前記反応ガスを供給する前の前記プラズマ生成領域の圧力を第１圧力とし、前記反応ガスと前記高周波電力が供給された状態で、前記第１の圧力よりも低い第２圧力に調整して前記反応ガスをプラズマ化させるように、前記反応ガス供給部と前記励起部とを制御する構成を有する制御部と、
を有する基板処理装置が提供される。
【０１０７】
＜付記９＞
付記８に記載の基板処理装置であって、好ましくは、
前記処理室を排気する排気部を有し、
前記制御部は、前記プラズマ生成領域に高周波電力の供給を開始した後、前記プラズマ生成領域に前記反応ガスを供給して、前記プラズマ生成領域内を、前記第１圧力から前記第２圧力に調圧するように前記反応ガス供給部と前記排気部を制御する構成を有する。
【０１０８】
＜付記１０＞
付記８又は付記９に記載の基板処理装置であって、好ましくは、
前記処理室にパージガスを供給するパージガス供給部が設けられ、
前記制御部は、前記反応ガスを供給する前に、前記反応ガスの流量よりも多い流量のパージガスを供給する工程を行うように前記反応ガス供給部と前記パージガス供給部を制御する構成を有する。
【０１０９】

＜付記１１＞
付記８乃至付記１０のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、
前記制御部は、前記プラズマを発生させる工程の後に、前記高周波電力の供給を維持した状態で前記反応ガスをプラズマ状態からガス状態に戻す工程を行うように前記励起部と前記反応ガス供給部を制御する。
【０１１０】
＜付記１２＞
付記８乃至付記１１のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、
前記制御部は、前記プラズマを発生させる工程と前記ガス状態に戻す工程を交互に行うように前記励起部と前記反応ガス供給部を制御する構成を有する。
【０１１１】
＜付記１３＞
付記９乃至付記１２のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、
前記制御部は、前記第１圧力が、前記反応ガスがプラズマＯＦＦ状態を保つ圧力となるように、前記反応ガス供給部と前記排気部のいずれか若しくは両方を制御する構成を有する。
【０１１２】
＜付記１４＞
付記９乃至付記１３のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、
前記制御部は、前記第２圧力が、前記反応ガスがプラズマ化する圧力となるように前記反応ガス供給部と前記排気部のいずれか若しくは両方を制御する構成を有する。
【０１１３】
＜付記１５＞
更に他の態様によれば、
基板に原料ガスを供給させる手順と、
プラズマ生成領域に反応ガスを供給させる手順と、
前記プラズマ生成領域に高周波電力を供給させる手順と、
前記反応ガスを供給させる前の前記プラズマ生成領域内の圧力を第１圧力とし、前記反応ガスと前記高周波電力が供給された状態で、前記第１圧力よりも低い第２圧力に調整して前記反応ガスのプラズマを生成させる手順と、
をコンピュータに実行させるプログラムが提供される。
【０１１４】
＜付記１６＞
付記１５に記載のプログラムであって、好ましくは、
前記プラズマ生成領域に高周波電力の供給を開始した後、前記プラズマ生成領域に前記反応ガスを供給して、前記プラズマ生成領域内を前記第１圧力から前記第２圧力へ調圧して前記プラズマを生成させる手順を有する。
【０１１５】
＜付記１７＞
付記１５又は付記１６に記載のプログラムであって、好ましくは、
前記反応ガスを供給する前に、前記反応ガスの流量よりも多い流量のパージガスを供給させる手順を有する。
【０１１６】
＜付記１８＞
付記１５乃至付記１７に記載のプログラムであって、好ましくは、
前記プラズマを発生させる手順の後に、前記反応ガスをプラズマ状態からガス状態に戻させる手順を有する。
【０１１７】
＜付記１９＞
付記１５乃至付記１８のいずれか一項に記載のプログラムであって、好ましくは、

前記プラズマを発生させる手順と前記ガス状態に戻させる手順は交互に行われる。

【０１１８】

＜付記２０＞

付記１５乃至付記１９のいずれか一項に記載のプログラムであって、好ましくは、

前記第１圧力は、前記反応ガスがプラズマＯＦＦ状態を保つ圧力とする。

【０１１９】

＜付記２１＞

付記１５乃至付記２０のいずれか一項に記載のプログラムであって、好ましくは。

前記第２圧力は、前記反応ガスがプラズマ化する圧力である。

【０１２０】

＜付記２２＞

更に他の態様によれば、

基板に原料ガスを供給させる手順と、

プラズマ生成領域に反応ガスを供給させる手順と、

前記プラズマ生成領域に高周波電力を供給させる手順と、

前記反応ガスを供給させる前の前記プラズマ生成領域内の圧力を第１圧力とし、前記反応ガスと前記高周波電力が供給された状態で、前記第１圧力よりも低い第２圧力に調整して前記反応ガスのプラズマを生成させる手順と、

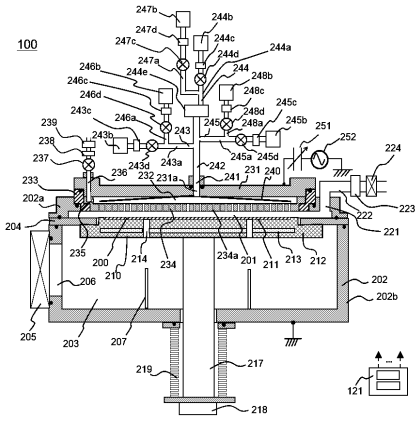
をコンピュータに実行させるプログラムが記録された記録媒体が提供される。

【符号の説明】

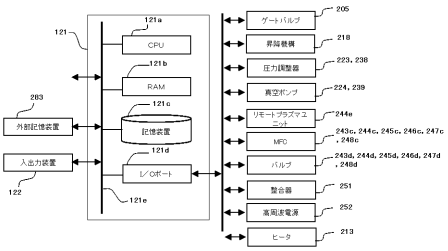
【０１２１】

２００　ウエハ（基板）
２０１　処理室
２０２　処理容器
２１２　基板載置台
２１３　ヒータ
２２１　排気口（第１排気部）
２３４　シャワーヘッド
２３５　シャワーヘッド排気口（第２排気部）
２３１　シャワーヘッド蓋（励起部）
２４４ｅ　リモートプラズマユニット（励起部）

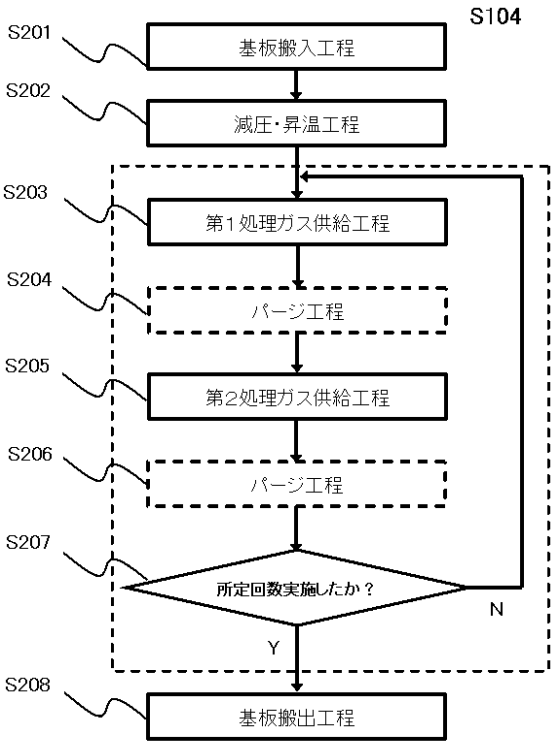
【図１】



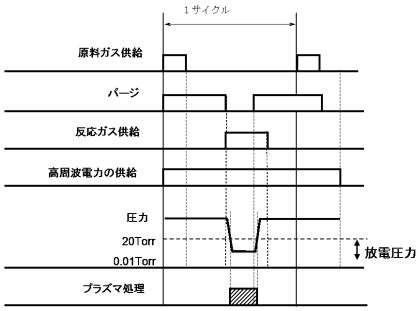
【図２】



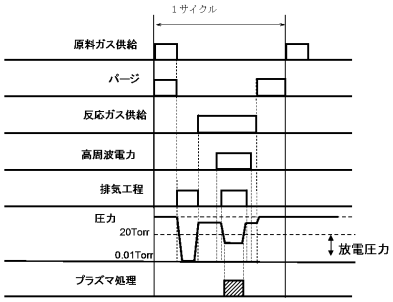
【図３】



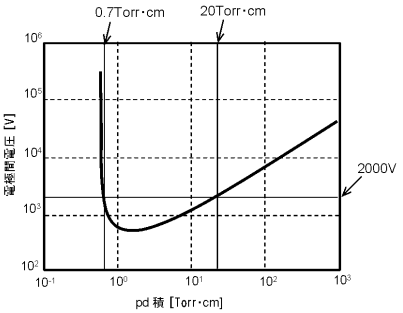
【図４】



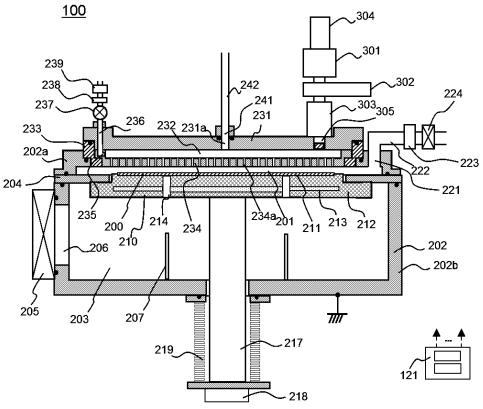
【図５】



【図６】



【図７】



フロントページの続き

(72)発明者　高崎　唯史
富山県富山市八尾町保内二丁目１番地　株式会社日立国際電気内

審査官　正山　旭

(56)参考文献　特開２０１２－１７５０５７（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－３００６８８（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－０４２８２３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－０２９２８４（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－２７７７６２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２１／３１
Ｃ２３Ｃ　１６／４５５
Ｈ０５Ｈ　１／４６