

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7067424号
(P7067424)

(45)発行日 令和4年5月16日(2022.5.16)

(24)登録日 令和4年5月6日(2022.5.6)

(51)国際特許分類 F I
 H 0 1 L 21/3213(2006.01) H 0 1 L 21/88 D
 H 0 1 L 21/768(2006.01) H 0 1 L 21/302 2 0 1 A
 H 0 1 L 21/302(2006.01)

請求項の数 13 (全20頁)

(21)出願番号	特願2018-206819(P2018-206819)	(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30年11月1日(2018.11.1)	(74)代理人	110002756 特許業務法人弥生特許事務所
(65)公開番号	特開2019-121784(P2019-121784 A)	(72)発明者	浅田 泰生 山梨県韮崎市穂坂三ツ沢650東京エレクトロンテクノロジーソリューションズ株式会社内
(43)公開日	令和1年7月22日(2019.7.22)	(72)発明者	折居 武彦 山梨県韮崎市穂坂三ツ沢650東京エレクトロンテクノロジーソリューションズ株式会社内
審査請求日	令和3年5月24日(2021.5.24)	(72)発明者	入江 伸次 山梨県韮崎市穂坂三ツ沢650東京エレクトロンテクノロジーソリューションズ株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2017-251800(P2017-251800)		
(32)優先日	平成29年12月27日(2017.12.27)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エッチング方法及びエッチング装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリコン含有膜、多孔質膜、エッチング非対象膜がこの順に横方向に隣り合って設けられる基板に成膜ガスを供給し、前記シリコン含有膜をエッチングするためのエッチングガスが前記多孔質膜の孔部を通過して前記エッチング非対象膜に供給されることを防ぐための通過防止膜を当該孔部に成膜する成膜工程と、前記エッチングガスを供給して前記シリコン含有膜をエッチングするエッチング工程と、を含むことを特徴とするエッチング方法。

【請求項2】

前記成膜工程と前記エッチング工程とをこの順に複数回繰り返す繰り返し工程を含むことを特徴とする請求項1記載のエッチング方法。

【請求項3】

前記成膜ガスは、第1の成膜ガス及び第2の成膜ガスを含み、前記成膜工程は、前記第1の成膜ガスと前記第2の成膜ガスとを順に前記基板に供給して、前記第1の成膜ガスと前記第2の成膜ガスとを互いに反応させて前記通過防止膜を成膜する工程を含むことを特徴とする請求項2記載のエッチング方法。

【請求項4】

前記第1の成膜ガスを供給する期間と前記第2の成膜ガスを供給する期間との間、前記第2の成膜ガスを供給する期間と前記エッチングガスを供給する期間との間、前記エッチングガスを供給する期間と第1の成膜ガスを供給する期間との間で各々基板の周囲を排気す

る工程を含むことを特徴とする請求項 3 記載のエッチング方法。

【請求項 5】

前記基板への前記エッチングガスの供給と前記基板への前記成膜ガスの供給とは、同時に行われることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 6】

前記成膜工程及び前記エッチング工程を行った後、前記孔部から前記通過防止膜を気化させて除去するために、前記基板を加熱する加熱工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか一つに記載のエッチング方法。

【請求項 7】

前記エッチング非対象膜の上側にはエッチングマスク膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか一つに記載のエッチング方法。 10

【請求項 8】

前記通過防止膜は、尿素結合を有する重合体であることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか一つに記載のエッチング方法。

【請求項 9】

処理容器と、

前記処理容器内に設けられ、シリコン含有膜、多孔質膜、エッチング非対象膜が横方向にこの順に隣り合って設けられる基板を載置するための載置部と、

前記シリコン含有膜をエッチングするエッチングガスが前記多孔質膜の孔部を通過してエッチング非対象膜に供給されることを防ぐための通過防止膜を当該孔部に成膜するために、前記処理容器内に成膜ガスを供給する成膜ガス供給部と、 20

前記処理容器内に前記エッチングガスを供給するエッチングガス供給部と、を含むことを特徴とするエッチング装置。

【請求項 10】

前記成膜ガスの供給と前記エッチングガスの供給とが、この順に複数回繰り返されるように制御信号を出力する制御部が設けられることを特徴とする請求項 9 記載のエッチング装置。

【請求項 11】

前記基板への前記エッチングガスの供給と前記基板への前記成膜ガスの供給とが同時に行われるように制御信号を出力する制御部が設けられることを特徴とする請求項 9 記載のエッチング装置。 30

【請求項 12】

前記エッチングガス供給部は、前記載置部に対向して設けられたシャワーヘッドであることを特徴とする請求項 9 ないし 11 のいずれか一つに記載のエッチング装置。

【請求項 13】

前記成膜ガス供給部は、当該成膜ガス供給部から供給される前記成膜ガスが前記基板に供給される前に、前記処理容器の側壁に衝突するように設けられることを特徴とする請求項 9 ないし 12 のいずれか一つに記載のエッチング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】 40

【0001】

本発明は、基板において多孔質膜に隣り合うように形成されたシリコン含有膜をエッチングする技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置を構成する配線が埋め込まれる層間絶縁膜としては、low-k 膜と呼ばれる低誘電率膜により構成される場合があり、このlow-k膜としては例えば多孔質膜によって構成される。そして半導体装置の製造工程においては、そのような多孔質膜が形成された半導体ウエハ（以下、ウエハと記載する）に対してエッチングが行われる場合がある。

【0003】 50

例えば特許文献 1 には、low-k膜である層間絶縁膜が形成されたウエハに対してエッチングを行い、配線を埋め込むための凹部を形成することについて記載されている。この凹部内には、成膜ガスが供給されることによって凹部内に配線が埋め込まれるまでに大気に暴露されることを防ぐための被膜が形成される。また、特許文献 2 においては、多孔質膜である低誘電率膜に形成された凹部に埋め込まれた有機膜を、所定の量の二酸化炭素を含む処理ガスのプラズマを用いることでエッチングする技術について記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2016 - 63141 号公報

10

特許第 4940722 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

半導体装置を製造するにあたり、ポリシリコン膜と、多孔質膜である SiOCN 膜と、上側が酸化シリコン膜、下側が SiGe (シリコンゲルマニウム) 膜により夫々形成される積層体と、が横方向にこの順に隣り合うようにその表面部に形成されたウエハについて、ポリシリコン膜を除去する処理が行われる場合がある。このポリシリコン膜の除去処理をドライエッチングによって行うとすると、ポリシリコン膜のエッチングが進行する過程で、エッチングガスが SiOCN 膜を透過し、SiGe 膜に供給される。より具体的に述べると、SiOCN 膜が多孔質膜であるため、エッチングガスは SiOCN 膜の側方から当該多孔質膜の孔部を通過して、SiGe 膜の側壁に供給される。SiGe 膜はエッチングによる除去対象ではないが、そのようにエッチングガスが供給されることで、その側壁がエッチングされてしまう。

20

【0006】

そこで、例えばプラズマを用いた異方性エッチングによりポリシリコン膜の上部側を除去した後、ウェットエッチングによってポリシリコン膜の下部側を除去するように処理が行われる場合がある。このウェットエッチングに用いられるエッチング液については上記のエッチングガスよりも SiOCN 膜の透過性が低いため、SiGe 膜のエッチングが抑制される。しかし、このように複数の工程を行うことは手間であり、ウェットエッチングの工程でも装置の微細化に伴い処理が不可能となり、また、SiOCN 膜の側壁の厚さは小さくなる傾向にあり、当該 SiOCN 膜の側壁の厚さが将来さらに小さくなった場合には、エッチング液の SiOCN 膜に対する透過性が上昇し、SiGe 膜をエッチングしてしまうおそれがある。上記の特許文献 1、2 に記載される技術は、このような問題を解決できるものではない。

30

【0007】

本発明はこのような事情に基づいてなされたものであり、その目的は、シリコン含有膜、多孔質膜、エッチング非対象膜が横方向にこの順に隣り合って設けられる基板にエッチングガスを供給してシリコン含有膜 (シリコンそのものである場合を含む) を除去するにあたり、エッチング非対象膜がエッチングされることを防ぐことができる技術を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のエッチング方法は、シリコン含有膜、多孔質膜、エッチング非対象膜がこの順に横方向に隣り合って設けられる基板に成膜ガスを供給し、前記シリコン含有膜をエッチングするためのエッチングガスが前記多孔質膜の孔部を通過して前記エッチング非対象膜に供給されることを防ぐための通過防止膜を当該孔部に成膜する成膜工程と、前記エッチングガスを供給して前記シリコン含有膜をエッチングするエッチング工程と、を含むことを特徴とする。

【0009】

50

本発明のエッチング装置は、処理容器と、
前記処理容器内に設けられ、シリコン含有膜、多孔質膜、エッチング非対象膜が横方向にこの順に隣り合って設けられる基板を載置するための載置部と、
前記シリコン含有膜をエッチングするエッチングガスが前記多孔質膜の孔部を通過してエッチング非対象膜に供給されることを防ぐための通過防止膜を当該孔部に成膜するために、前記処理容器内に成膜ガスを供給する成膜ガス供給部と、
前記処理容器内に前記エッチングガスを供給するエッチングガス供給部と、
を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、シリコン含有膜、多孔質膜、エッチング非対象膜が横方向にこの順に隣り合って設けられる基板に成膜ガスが供給され、多孔質膜の孔部にシリコン含有膜をエッチングするエッチングガスがエッチング非対象膜へと供給されることを防ぐための通過防止膜が形成される。それによってシリコン含有膜をエッチングするにあたり、エッチング非対象膜のエッチングが抑制される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明に係るエッチングが行われるウエハの表面の縦断側面図である。

【図2】本発明に係るエッチング工程を説明する工程図である。

【図3】本発明に係るエッチング工程を説明する工程図である。

【図4】本発明に係るエッチング工程を説明する工程図である。

【図5】エッチング終了後のウエハの表面の縦断側面図である。

【図6】成膜ガスによって尿素結合を有する重合体が生成する反応を示す説明図である。

【図7】エッチングを行うための基板処理装置の平面図である。

【図8】前記基板処理装置に設けられるエッチングモジュールの縦断側面図である。

【図9】前記エッチングモジュールの横断平面図である。

【図10】前記エッチングモジュールの動作を示す説明図である。

【図11】前記エッチングモジュールの動作を示す説明図である。

【図12】前記エッチングモジュールの動作を示す説明図である。

【図13】前記エッチングモジュールの動作を示す説明図である。

【図14】他のエッチングモジュールの構成例を示す縦断側面図である。

【図15】評価試験におけるウエハの縦断側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図1は、本発明の一実施形態に係る処理が行われるウエハWの表面部の縦断側面図を示している。図中11はSiGe膜であり、SiGe膜11の上側には酸化シリコン(SiO_x)膜12が積層されている。この酸化シリコン膜12とSiGe膜11との積層体には、凹部13が形成されており、この凹部13内にはポリシリコン膜14が埋め込まれている。また、ポリシリコン膜14の側壁と凹部13の側壁との間には、ポリシリコン膜14の側方を囲み、ポリシリコン膜14の側壁及び凹部13の側壁に各々接するSiOCN膜15、即ちシリコン、酸素、窒素及び炭素により構成される膜が設けられている。従って、横方向に見てポリシリコン膜14、SiOCN膜15、SiGe膜11がこの順に隣り合うように形成されている。SiOCN膜15は層間絶縁膜であり、多孔質膜である。

【0013】

この発明の実施形態における処理の概要を述べると、SiOCN膜15の孔部に尿素結合を有する重合体(ポリ尿素)であるポリ尿素膜を成膜するための成膜ガスの供給と、被エッチング膜であるポリシリコン膜14をエッチングするためのエッチングガスの供給とを交互に繰り返し行う。つまり、間隔を空けてポリシリコン膜14のエッチングが行われ、エッチングとエッチングとの間には孔部に埋め込まれるようにポリ尿素膜が成膜される。それによって、エッチングガスがSiOCN膜15の側方からSiOCN膜15を透過

10

20

30

40

50

してエッチング非対象膜であるSiGe膜11の側壁をエッチングしてしまうことを防ぐ。

【0014】

上記の酸化シリコン膜12は、ポリシリコン膜14をエッチングする際のエッチングマスク膜となる。また上記のエッチングガスとしては、この酸化シリコン膜12及び上記のポリ尿素膜へのエッチング選択性が低く、且つポリシリコン膜14へのエッチング選択性が高いことから、例えばIF₇(七フッ化ヨウ素)ガスが用いられる。このIF₇ガスは分子量が比較的大きいため、SiOCN膜15の孔部を通過しにくいと考えられるので、SiGe膜11への供給がより確実に抑制されることが見込まれる点からも好ましい。

【0015】

この実施形態ではモノマーであるアミンを含む第1の成膜ガス、モノマーであるイソシアネートを含む第2の成膜ガスをウエハWに供給して重合反応させることで、上記のポリ尿素膜を成膜する。アミンとしては例えば1,3-ビス(アミノメチル)シクロヘキサノール(H6XDA)、イソシアネートとしては例えば1,3-ビス(イソシアネートメチル)シクロヘキサノール(H6XDI)が夫々用いられる。また、アミンとしてヘキサミン、イソシアネートとしてtertブチルイソシアン酸を夫々用いてもよい。なお、ポリ尿素膜を成膜できるアミン、イソシアネートについてはこの例に限られず、後にさらに具体例を挙げる。

10

【0016】

続いて、図2~図4を参照してウエハWに対して行われる処理について説明する。この図2~図4は図1で説明したウエハWの表面部が、処理によって変化する様子を示す模式図である。図中、SiOCN膜15に形成されている孔部を16、アミンである第1の成膜ガスを21、イソシアネートである第2の成膜ガスを22、ポリ尿素膜を23、IF₇であるエッチングガスを24として表す。また、図2~図4で示す各処理は、ウエハWが処理容器に搬入され、処理容器内が排気されて所定の圧力の真空雰囲気とされた状態で行われる。

20

【0017】

まず、処理容器内に第1の成膜ガス21が供給される(ステップS1、図2(a))。この第1の成膜ガス21がSiOCN膜15の上部側の孔部16に流入して孔壁に吸着される。続いて、処理容器内への第1の成膜ガス21の供給が停止し、処理容器内においては排気と例えばN₂(窒素)ガスであるパージガスの供給とが行われる状態となり(ステップS2、図2(b))、孔部16に流入しなかった第1の成膜ガス21は、排気されるパージガスの気流に乗って除去される。

30

【0018】

続いて、処理容器内に第2の成膜ガス22が供給され(ステップS3、図2(c))、この第2の成膜ガス22がSiOCN膜15の上部側の孔部16に流入して、当該孔部16に吸着された第1の成膜ガス21と反応し、エッチングガスの通過防止膜であるポリ尿素膜23が形成されて、当該孔部16が塞がれる。その後、処理容器内への第2の成膜ガス22の供給が停止し、処理容器内においては排気とパージガスの供給とが行われる状態となり(ステップS4、図2(d))、孔部16に流入しなかった第2の成膜ガス22は、排気されるパージガスの気流に乗って除去される。

【0019】

続いて、処理容器内にエッチングガス24が供給され(ステップS5、図3(e))、ポリシリコン膜14がエッチングされて、SiOCN膜15の上部側の側壁が露出する。このときSiOCN膜15の上部側の孔部16にはポリ尿素膜23が埋め込まれており、当該ポリ尿素膜23はエッチングガス24によりエッチングされにくい。従って、エッチングガス24の孔部16の通過が防止されるため、エッチングガス24がSiOCN膜15を側方から透過してSiGe膜11の側壁をエッチングすることを防ぐことができる。その後、処理容器内へのエッチングガス24の供給が停止し、処理容器内においては排気とパージガスの供給とが行われる状態となり(ステップS6、図3(f))、処理容器内に残留するエッチングガス24は、処理容器内から排気されるパージガスの気流に乗って除去される。

40

50

【 0 0 2 0 】

その後、処理容器内に第 1 の成膜ガス 2 1 が供給される。即ち、再度ステップ S 1 が実行される。上記のステップ S 5 でポリシリコン膜 1 4 がエッチングされて S i O C N 膜 1 5 の上部側の側壁が露出しているため、この 2 回目のステップ S 1 で供給される第 1 の成膜ガス 2 1 は、S i O C N 膜 1 5 において 1 回目のステップ S 1 で当該第 1 の成膜ガス 2 1 が供給された孔部 1 6 よりも下方の孔部 1 6 に供給されて孔壁に吸着される。

【 0 0 2 1 】

その後、ステップ S 2 の処理容器内における排気及びパージガスの供給が再度行われ、続いてステップ S 3 の処理容器内への第 2 の成膜ガス 2 2 の供給が再度行われる。この第 2 の成膜ガス 2 2 についても、2 回目のステップ S 1 で処理容器内へ供給される第 1 の成膜ガス 2 1 と同様、1 回目のステップ S 3 で当該第 2 の成膜ガス 2 2 が供給された S i O C N 膜 1 5 の孔部 1 6 よりも下方の孔部 1 6 に供給されて、当該孔部 1 6 にて吸着されている第 1 の成膜ガス 2 1 と反応し、ポリ尿素膜 2 3 が形成される。従って、この 2 回目のステップ S 3 では、S i O C N 膜 1 5 におけるポリ尿素膜 2 3 が形成される領域が下方へと広がることになる（図 4 (a)）。

10

【 0 0 2 2 】

然る後、ステップ S 4 の排気及びパージガスの供給が行われた後、ステップ S 5 のエッチングガス 2 4 の供給が行われ、ポリシリコン膜 1 4 が下方へ向けてさらにエッチングされ、S i O C N 膜 1 5 の側壁において露出する領域が下方に向けて拡大する。上記のように 2 回目のステップ S 3 によって S i O C N 膜 1 5 においてポリ尿素膜 2 3 が形成される領域が下方へと広げられていることにより、ポリシリコン膜 1 4 のエッチングによって新たに露出する S i O C N 膜 1 5 の側壁付近の孔部 1 6 は、ポリ尿素膜 2 3 が埋め込まれた状態となっている。従って、この 2 回目のステップ S 5 においても、エッチングガスが S i O C N 膜 1 5 の孔部 1 6 を通過して S i G e 膜 1 1 の側壁をエッチングすることを防ぐことができる（図 4 (b)）。このエッチング後、ステップ S 6 の排気及びパージガスの供給が再度行われる。

20

【 0 0 2 3 】

このように順番に行われるステップ S 1 ~ S 6 を一つのサイクルとすると、例えば上記の 2 回目のステップ S 6 が行われた後も、当該サイクルが繰り返し行われ、S i O C N 膜 1 5 を下方へと向けて成膜されるポリ尿素膜 2 3 により、S i G e 膜 1 1 の側壁のエッチングが防がれながら、ポリシリコン膜 1 4 が下方へとエッチングされる。そして、例えばポリシリコン膜 1 4 が全てエッチングされて、所定の回数のサイクルが終了すると（図 4 (c)）、ウエハ W が例えば 1 0 0 以上好ましくは 3 0 0 以上に加熱されることで、孔部 1 6 に埋め込まれたポリ尿素膜 2 3 が、気化あるいは解重合気化し、ウエハ W から除去される（図 4 (d)）。ウエハ W の表面に付着しているエッチングの残渣も、この加熱によってポリ尿素膜 2 3 と共に気化して除去される（ステップ S 7）。図 5 は、そのようにポリシリコン膜 1 4 がエッチングされて、ポリ尿素膜 2 3 が除去されたウエハ W を示している。ポリシリコン膜 1 4 が除去されることで形成された凹部 1 7 内には、例えば後の工程で半導体装置のゲートが形成される。

30

【 0 0 2 4 】

上記の発明の実施形態の処理によれば、S i G e 膜 1 1 がエッチングガスによりエッチングされることを抑制しつつ、ポリシリコン膜 1 4 を当該エッチングガスによりエッチングすることができる。また、当該発明の実施形態の処理においては、背景技術で述べたプラズマ処理後にウエットエッチングを用いる処理を行う場合に比べて、ウエハ W の周囲の雰囲気ガスをプラズマ処理を行うための真空雰囲気からウエットエッチングを行うための大気雰囲気に切り替える必要が無い。従って、当該発明の実施形態の処理は、処理に要する時間や手間を軽減できるという利点がある。さらに、当該実施形態の処理によればプラズマを用いる必要が無いため、ウエハ W の表面の各膜が当該プラズマからのダメージを受けることが無いので、ウエハ W から形成される半導体装置の信頼性を高くすることができるという利点も有る。ただし、プラズマを用いてエッチングを行う場合も本発明の権利範囲に含

40

50

まれる。

【0025】

上記のステップS1～S6において処理容器の排気流量は一定であってもよいし、処理容器内の不要なガスを除去するためのステップS2、S4、S6における排気流量についてはより確実にガスを除去することができるように、ステップS1、S3、S5の排気流量よりも大きくしてもよい。また、ステップS2、S4、S6ではパージガスの供給を行わず、排気のみによって不要なガスを除去するようにしてもよい。なお、上記のようにエッチングガスであるIF₇ガスのポリ尿素膜23に対するエッチング選択性は比較的低いため、当該ポリ尿素膜23がポリシリコン膜14の表面に形成されると、ポリシリコン膜14がエッチングされ難くなってしまふ。しかし、既述のステップS2、S4で不要な第1の成膜ガス21及び第2の成膜ガス22が除去されている。つまり、ステップS2、S4を行うことで、ポリシリコン膜14のエッチングをより確実に行うことができる。

10

【0026】

ところで、ポリシリコン膜14以外のシリコン含有膜が被エッチング膜であってもよい。このシリコン含有膜はシリコンを主成分として含む膜であり、具体的に例えばアモルファスシリコン膜、単結晶シリコン膜、SiGe膜などがシリコン含有膜に含まれる。そして、エッチングガスとしては、上記のシリコン含有膜をエッチングできるものであればよい。具体的に当該エッチングガスとしてはIF₇ガス以外に、例えばフッ素(F₂)ガス、ClF₃(三フッ化塩素)、IF₅(五フッ化ヨウ素)ガス、BrF₃(三フッ化臭素)などのフッ素を含有するガスを用いることができる。

20

【0027】

上記の実施形態ではエッチング非対象膜はSiGe膜11であるが、例えばSi膜であってもよい。また、エッチング非対象膜については、これらSi膜やSiGe膜11のようなシリコン含有膜以外の膜であってもよい。さらに、SiGe膜11上に設けられるマスク膜としては、エッチング時にSiGe膜11が上方側からエッチングされることを抑制できればよいので、酸化シリコン膜12であることには限られない。さらに、多孔質膜としてもSiOCN膜15には限られず、SiOCN膜15の代わりにSiCO膜、SiCOH膜などの多孔質膜が形成されていてもよい。

【0028】

また、ポリ尿素膜23を成膜するための成膜ガスとしては、上記の例に限られない。例えばアミンとして1,12-ジアミノドデカン(DAD)、イソシアネートとして4,4'-ジフェニルメタンジイソシアネート(MDI)を用いてもよいし、アミンとしてDAD、イソシアネートとしてH6XDIとを用いてもよいし、アミンとしてヘキサメチレンジアミン、イソシアネートとしてH6XDIを用いてもよい。ところで、アミンとしては既述した各化合物の他には、例えば1,6-ジアミノヘキサン、シクロヘキシルアミン、ヘキシルアミン、ブチルアミン、tertブチルアミンを用いることができる。イソシアネートとしては既述した各化合物の他には、例えば1,6-ジイソシアン酸ヘキサン、シクロヘキシルイソシアン酸、ヘキシルイソシアン酸、ブチルイソシアン酸、tertブチルイソシアン酸を用いることができる。つまり、以上に挙げたアミンの各化合物の中から選択したもの、以上に挙げたイソシアネートの各化合物の中から選択したものを、ポリ尿素膜23の成膜に夫々用いることができる。イソシアネートとアミンとの反応のバリエーションについてさらに説明しておく、当該反応においては図6に示すように、成膜ガスを構成する原料モノマーとして一官能性分子を用いてもよい。また、ポリ尿素を加熱して解重合させて気化させることにより生じたガスを、成膜ガスとしてウエハWに供給し、当該ガスがウエハW表面で冷却、吸着されて重合反応が起こり、再度ポリ尿素膜が成膜されるようにしてもよい。従って、成膜ガスとしては、第1の成膜ガス及び第2の成膜ガスの2つをウエハWに供給することには限られない。

30

40

【0029】

図2～図4で説明した処理例では、ステップS1～S6が3回以上行われるように述べたが、ステップS1～S6を2回のみ行うようにしてもよい。また、ステップS7ではポリ

50

尿素膜 23 が SiOCN 膜 15 から除去されるようにウエハ W を加熱しているが、ポリ尿素膜 23 が SiOCN 膜 15 の孔部 16 に残留していても SiOCN 膜 15 の誘電率が実用上問題無ければ、そのようにポリ尿素膜 23 が残留していてもよいことが考えられる。従って、ステップ S7 のポリ尿素膜 23 の除去を行わない場合も、本発明の権利範囲に含まれる。

【0030】

続いて、図 2 ~ 図 4 で説明した一連の処理を行うための基板処理装置 3 について、図 7 の平面図を参照して説明する。基板処理装置 3 は、ウエハ W を搬入出するための搬入出部 31 と、搬入出部 31 に隣接して設けられた 2 つのロードロック室 41 と、2 つのロードロック室 41 に各々隣接して設けられた、2 つの熱処理モジュール 40 と、2 つの熱処理モジュール 40 に各々隣接して設けられた 2 つのエッチングモジュール 5 と、を備えている。

10

【0031】

搬入出部 31 は、第 1 の基板搬送機構 32 が設けられると共に常圧雰囲気とされる常圧搬送室 33 と、当該常圧搬送室 33 の側部に設けられた、ウエハ W を収納するキャリア 34 が載置されるキャリア用載置台 35 と、を備えている。図中 36 は常圧搬送室 33 に隣接するオリエンタ室であり、ウエハ W を回転させて偏心量を光学的に求め、第 1 の基板搬送機構 32 に対するウエハ W の位置合わせを行うために設けられる。第 1 の基板搬送機構 32 は、キャリア用載置台 35 上のキャリア 34 とオリエンタ室 36 とロードロック室 41 との間でウエハ W を搬送する。

【0032】

各ロードロック室 41 内には、例えば多関節アーム構造を有する第 2 の基板搬送機構 42 が設けられており、当該第 2 の基板搬送機構 42 は、ウエハ W をロードロック室 41 と熱処理モジュール 40 とエッチングモジュール 5 との間で搬送する。熱処理モジュール 40 を構成する処理容器内及びエッチングモジュール 5 を構成する処理容器内は真空雰囲気として構成されており、ロードロック室 41 内は、これらの真空雰囲気の処理容器内と常圧搬送室 33 との間でウエハ W の受け渡しを行えるように、常圧雰囲気と真空雰囲気とが切り替えられる。

20

【0033】

図中 43 は開閉自在なゲートバルブであり、常圧搬送室 33 とロードロック室 41 との間、ロードロック室 41 と熱処理モジュール 40 との間、熱処理モジュール 40 とエッチングモジュール 5 との間に各々設けられている。熱処理モジュール 40 については、上記の処理容器、当該処理容器内を排気して真空雰囲気を形成するための排気機構及び処理容器内に設けられると共に載置されたウエハ W を加熱可能な載置台などを含み、既述のステップ S7 を実行できるように構成されている。

30

【0034】

続いて、エッチングモジュール 5 について図 8 の縦断側面図及び図 9 の横断平面図を参照しながら説明する。このエッチングモジュール 5 は、例えば円形の処理容器 51 を備え、この処理容器 51 内でウエハ W にステップ S1 ~ S6 の処理が行われる。つまり、エッチング及び成膜が共通の処理容器 51 内にて行われる。処理容器 51 は気密な真空容器であり、当該処理容器 51 内の下部側には、水平に形成された表面（上面）にウエハ W を載置する、円形の載置台 61 が設けられている。図中 62 は、載置台 61 に埋設されたステージヒーターであり、上記のステップ S1 ~ S6 の処理が行えるようにウエハ W を所定の温度に加熱する。図中 63 は、載置部である載置台 61 を処理容器 51 の底面に支持する支柱である。図中 64 は 3 つの垂直な昇降ピンであり、昇降機構 65 により載置台 61 の表面を突没し、既述の第 2 の基板搬送機構 42 と載置台 61 との間でウエハ W の受け渡しを行う。

40

【0035】

上記の処理容器 51 の側壁の下部側は、平面で見た処理容器 51 の中心側へ向けて突出し、載置台 61 の側部に近接しており、平面視リング状の下段部 52 をなす。下段部 52 の上面は水平で、例えば載置台 61 の表面と同じ高さ形成されている。処理容器 51 の側

50

壁において、この下段部 5 2 の上側を側壁本体部 5 3 とする。後述するように成膜ガス（第 1 の成膜ガス及び第 2 の成膜ガス）は、被衝突部材をなす側壁本体部 5 3 に衝突するように吐出されるが、下段部 5 2 はそのように吐出された成膜ガスを、その上面を伝わらせて載置台 6 1 上へと供給するガイド部材としての役割を有する。図中 5 4 は側壁ヒーターであり、下段部 5 2 及び側壁本体部 5 3 に各々埋設されている。この側壁ヒーター 5 4 により、処理容器 5 1 の内側における下段部 5 2 及び側壁本体部 5 3 の表面の温度が調整され、上記の側壁本体部 5 3 に衝突した成膜ガスの温度及び処理容器 5 1 内の雰囲気温度が調整される。

【 0 0 3 6 】

図 9 中 5 5 はウエハ W の搬送口であり、側壁本体部 5 3 において上記の成膜ガスが衝突する部位とは処理容器 5 1 の周方向に離れた部位に開口し、上記のゲートバルブ 4 3 により開閉自在に構成されている。図中 6 6 は処理容器 5 1 の底面に開口した排気口であり、排気管を介して真空ポンプ及びバルブなどにより構成される排気機構 6 7（図 8 参照）に接続されている。排気機構 6 7 による排気口 6 6 からの排気流量が調整されることにより、処理容器 5 1 内の圧力が調整される。

10

【 0 0 3 7 】

載置台 6 1 の上方で処理容器 5 1 の天井部には、エッチングガス供給部をなすガスシャワーヘッド 7 が、当該載置台 6 1 に対向するように設けられている。ガスシャワーヘッド 7 は、シャワープレート 7 1、ガス拡散空間 7 2 及び拡散板 7 3 を備えている。シャワープレート 7 1 は、ガスシャワーヘッド 7 の下面部をなすように水平に設けられ、載置台 6 1 にシャワー状にガスを吐出するために、ガス吐出孔 7 4 が多数分散して形成されている。ガス拡散空間 7 2 は各ガス吐出孔 7 4 にガスを供給するために、その下方側がシャワープレート 7 1 によって区画されるように形成された扁平な空間である。このガス拡散空間 7 2 を上下に分割するように拡散板 7 3 が水平に設けられている。図中 7 5 は、拡散板 7 3 に形成される貫通孔であり、拡散板 7 3 に多数、分散して穿孔されている。図中 7 7 は天井ヒーターであり、ガスシャワーヘッド 7 の温度を調整する。

20

【 0 0 3 8 】

ガス拡散空間 7 2 の上部側には、ガス供給管 6 8 の下流端が接続されている。当該ガス供給管 6 8 の上流側は、流量調整部 6 9 を介して I F 7 ガスの供給源 6 0 に接続されている。流量調整部 6 9 は、バルブやマスフローコントローラにより構成されており、ガス供給管 6 8 の下流側へ供給されるガスの流量を調整する。なお後述の各流量調整部についても、流量調整部 6 9 と同様に構成されており、流量調整部が介設される管の下流側へ供給されるガスの流量を調整する。

30

【 0 0 3 9 】

上記の処理容器 5 1 の側壁本体部 5 3 には、上記の成膜ガス（第 1 の成膜ガス及び第 2 の成膜ガス）を供給する成膜ガス供給部であるガスノズル 8 が設けられている。つまり成膜ガスは、ガスシャワーヘッド 7 とは別個に設けられたガス供給部から供給される。また、このガスノズル 8 は成膜ガスの他に既述のパージガスも供給する。

【 0 0 4 0 】

ガスノズル 8 は、例えば横方向に伸びる棒状に形成されている。図 8、図 9 における鎖線の矢印は、ガスノズル 8 の先端に設けられる吐出口の開口方向、即ちガスの吐出方向を示している。これらの矢印が示すように、ガスノズル 8 はウエハ W の直径に沿うように水平にガスを吐出する。そして、ガスの吐出方向の先には側壁本体部 5 3 が位置しているため、吐出されたガスはウエハ W に供給されるより前に当該側壁本体部 5 3 に衝突する。つまり、ガスノズル 8 に設けられるガス吐出口はウエハ W に向いておらず、被衝突部材である側壁本体部 5 3 に向いている。そして、そのように側壁本体部 5 3 に衝突したガスは、図 8 中に点線の矢印で示すように、下段部 5 2 の表面、載置台 6 1 の表面に沿って流れてウエハ W へ供給される。

40

【 0 0 4 1 】

このようにガスノズル 8 が構成されるのは、ガスノズル 8 の吐出口がウエハ W に向けられ

50

、吐出されたガスが直接ウエハWに向かって直接供給されるように構成される場合に比べて、ウエハWに到達するまでに吐出されたガスが長い距離を移動することで、当該ガスを横方向に十分に拡散させることを目的としている。つまり、ウエハWの面内に均一性高く各ガスが供給されるように、ガスノズル8は側壁本体部53に向けてガスを吐出するように構成されている。

【0042】

図8中81はガス供給管であり、処理容器51の外側からガスノズル8に接続されている。ガス供給管81の上流側は分岐し、ガス導入管82、83を形成している。ガス導入管82の上流側は、流量調整部91、バルブV1をこの順に介して気化部92に接続されている。気化部92内においては、上記のH6XDAが液体の状態で貯留されており、気化部92はこのH6XDAを加熱する図示しないヒーターを備えている。また、気化部92にはガス供給管94の一端が接続されており、ガス供給管94の他端はバルブV2、ガス加熱部95をこの順に介してN₂(窒素)ガス供給源96に接続されている。このような構成により、加熱されたN₂ガスが気化部92に供給されて当該気化部92内のH6XDAが気化され、当該気化に用いられたN₂ガスとH6XDAガスとの混合ガスが第1の成膜ガスとして、ガスノズル8に導入される。

10

【0043】

また、ガス供給管94についてガス加熱部95の下流側、且つバルブV2の上流側における部位は分岐してガス供給管97を形成し、このガス供給管97の端部はバルブV3を介して、ガス導入管82のバルブV1の下流側、且つ流量調整部91の上流側に接続されている。従って、上記の第1の成膜ガスをガスノズル8に供給しないときには、ガス加熱部95で加熱されたN₂ガスを、気化部92を迂回させてガスノズル8に導入することができる。

20

【0044】

また、ガス導入管83の上流側は、流量調整部101、バルブV4をこの順に介して気化部102に接続されている。気化部102内においては、上記のH6XDIが液体の状態に貯留されており、気化部102はこのH6XDIを加熱する図示しないヒーターを備えている。また、気化部102にはガス供給管104の一端が接続されており、ガス供給管104の他端はバルブV5、ガス加熱部105をこの順に介してN₂(窒素)ガス供給源106に接続されている。このような構成により、加熱されたN₂ガスが気化部102に供給されて当該気化部102内のH6XDIが気化され、当該気化に用いられたN₂ガスとH6XDIガスとの混合ガスが第2の成膜ガスとして、ガスノズル8に導入される。

30

【0045】

また、ガス供給管104についてガス加熱部105の下流側、且つバルブV5の上流側における部位は分岐してガス供給管107を形成し、このガス供給管107の端部は、バルブV6を介して、ガス導入管83のバルブV4の下流側、且つ流量調整部101の上流側に接続されている。従って、上記の第2の成膜ガスをガスノズル8に供給しないときには、ガス加熱部105で加熱されたN₂ガスを、気化部102を迂回させてガスノズル8に導入することができる。

【0046】

ガス供給管81及びガス導入管82、83には、流通中の成膜ガス中のH6XDA及びH6XDIが液化することを防ぐために、例えば管内を加熱するための配管ヒーター76が各々管の周囲に設けられる。この配管ヒーター76と、上記のガス加熱部95、105と、気化部92、102に設けられるヒーターとによって、ガスノズル8から吐出される成膜ガスの温度が調整される。なお、図示の便宜上、配管ヒーター76はガス供給管81、ガス導入管82、83の一部のみに示しているが、上記の液化を防ぐことができるようにこれらの管の比較的広い範囲に渡って設けられる。

40

【0047】

ガス導入管82における流量調整部91の上流側、流量調整部91、気化部92、バルブV1～V3、ガス供給管94、97、ガス加熱部95及びN₂ガス供給源96を第1のガ

50

ス供給機構 9 A とする。また、ガス導入管 8 3 における流量調整部 1 0 1 の上流側、流量調整部 1 0 1、気化部 1 0 2、バルブ V 4 ~ V 6、ガス供給管 1 0 4、1 0 7、ガス加熱部 1 0 5 及び N₂ ガス供給源 1 0 6 を第 2 のガス供給機構 9 B とする。上記のように第 1 のガス供給機構 9 A は、N₂ ガスまたは第 1 の成膜ガスをガスノズル 8 に供給することができ、第 2 のガス供給機構 9 B は、N₂ ガスまたは第 2 の成膜ガスをガスノズル 8 に供給することができる。

【 0 0 4 8 】

ところで、図 7 に示すように基板処理装置 3 はコンピュータである制御部 3 0 を備えており、この制御部 3 0 は、プログラム、メモリ、CPU を備えている。プログラムには、既述したウエハ W の処理及びウエハ W の搬送が行われるように命令（各ステップ）が組み込まれており、このプログラムは、コンピュータ記憶媒体、例えばコンパクトディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、DVD 等に格納され、制御部 3 0 にインストールされる。制御部 3 0 は当該プログラムにより基板処理装置 3 の各部に制御信号を出力し、各部の動作を制御する。具体的には、エッチングモジュール 5 の動作、熱処理モジュール 4 0 の動作、第 1 の基板搬送機構 3 2、第 2 の基板搬送機構 4 2 の動作、オリエンタ室 3 6 の動作が制御信号により制御される。上記のエッチングモジュール 5 の動作としては、各ヒーターの出力の調整、第 1 のガス供給機構 9 A、第 2 のガス供給機構 9 B、ガスシャワーヘッド 7 からの IF₇ ガスの給断、ガスノズル 8 からの各ガスの給断、排気機構 6 7 による排気流量の調整、昇降機構 6 5 による昇降ピン 6 4 の昇降などの各動作が含まれる。この制御部 3 0 及びエッチングモジュール 5 は、本発明のエッチング装置に相当する。

【 0 0 4 9 】

基板処理装置 3 におけるウエハ W の搬送経路を説明する。図 1 で説明したように各膜が形成されたウエハ W を格納したキャリア 3 4 がキャリア用載置台 3 5 に載置される。そして、このウエハ W は、常圧搬送室 3 3、オリエンタ室 3 6、常圧搬送室 3 3、ロードロック室 4 1 の順に搬送され、熱処理モジュール 4 0 を介してエッチングモジュール 5 に搬送される。そして、既述のようにステップ S 1 ~ S 6 からなるサイクルが繰り返し行われて、ウエハ W が処理される。続いて、ウエハ W は熱処理モジュール 4 0 に搬送されてステップ S 7 の処理を受ける。然る後、ウエハ W は、ロードロック室 4 1、常圧搬送室 3 3 の順で搬送されて、キャリア 3 4 に戻される。

【 0 0 5 0 】

続いて、エッチングモジュール 5 において実施される上記のステップ S 1 ~ S 6 と、当該エッチングモジュール 5 に設けられる第 1 のガス供給機構 9 A 及び第 2 のガス供給機構 9 B から供給されるガスとの対応について、図 1 0 ~ 図 1 3 を参照して説明する。第 1 のガス供給機構 9 A から第 1 の成膜ガスが、第 2 のガス供給機構 9 B から N₂ ガスが各々ガスノズル 8 に供給されて、当該ガスノズル 8 からこれらの混合ガスが吐出されて、ステップ S 1 が行われる（図 1 0）。続いて、第 1 のガス供給機構 9 A 及び第 2 のガス供給機構 9 B から N₂ ガスが夫々ガスノズル 8 に供給され、この N₂ ガスがガスノズル 8 からパージガスとして吐出されて、ステップ S 2 が行われる（図 1 1）。その後、第 1 のガス供給機構 9 A から N₂ ガスが、第 2 のガス供給機構 9 B から第 2 の成膜ガスが夫々ガスノズル 8 に供給されて、当該ガスノズル 8 からこれらの混合ガスが吐出されて、ステップ S 3 が行われる（図 1 2）。然る後、ステップ S 2 と同様に第 1 のガス供給機構 9 A 及び第 2 のガス供給機構 9 B から N₂ ガスが各々ガスノズル 8 に供給され、この N₂ ガスが当該ガスノズル 8 からパージガスとして吐出されて、ステップ S 4 が行われる（図 1 1）。

【 0 0 5 1 】

その後、例えば第 1 のガス供給機構 9 A 及び第 2 のガス供給機構 9 B からガスノズル 8 へのガスの供給が停止した状態で、ガスシャワーヘッド 7 から IF₇ ガスが供給されてステップ S 5 が行われる（図 1 3）。なお、このステップ S 5 は既述した ClF₃ ガス、F₂ ガスなどの Si をエッチング可能な F 系ガスであれば、いずれのガスを用いても行うことが可能である。然る後、ステップ S 2、S 4 と同様に第 1 のガス供給機構 9 A 及び第 2 のガス供給機構 9 B から N₂ ガスが各々ガスノズル 8 に供給され、この N₂ ガスが当該ガス

ノズル 8 からパージガスとして吐出されて、ステップ S 6 が行われる (図 1 1) 。

【 0 0 5 2 】

このようにエッチングモジュール 5 による処理を行う際には、配管ヒーター 7 6 及びステージヒーター 6 2 の出力を制御することで、ウエハ W の温度はガスノズル 8 から吐出される成膜ガス (第 1 の成膜ガス及び第 2 の成膜ガス) の温度よりも低くなるようにし、吐出された成膜ガスが効率よくウエハ W に吸着されるようにしてもよい。また、側壁本体部 5 3 の温度について、ガスノズル 8 から吐出される成膜ガスの温度よりも低くなるように配管ヒーター 7 6 及び側壁ヒーター 5 4 の出力を制御し、当該側壁本体部 5 3 に衝突した成膜ガスが降温されるようにしてもよい。そのように衝突した成膜ガスが降温されることで、ウエハ W に供給された際に成膜ガスの温度が比較的低くなり、より効率良くウエハ W に成膜ガスを吸着させることができる。その場合、側壁本体部 5 3 に成膜されることを防ぐために、例えば側壁本体部 5 3 の温度 > ウエハ W の温度となるように、上記のステージヒーター 6 2 及び側壁ヒーター 5 4 の出力を制御する。

10

【 0 0 5 3 】

ところで、エッチングガス及び成膜ガスの両方ともウエハ W の面内において均一性高く供給することが望ましいが、成膜ガスにより成膜されるポリ尿素膜 2 3 は上記のようにエッチング処理後にウエハ W から除去される犠牲膜であるため、ウエハ W にパターンを形成するためのエッチングガスを、ウエハ W の面内においてより均一性高く供給することが好ましい。ガスノズル 8 とガスシャワーヘッド 7 とでは、シャワー状にガスを供給するガスシャワーヘッド 7 の方が、ウエハ W の面内により均一性高くガスを供給できることが見込まれる。そしてガスシャワーヘッド 7 は、ガスの拡散性を良好なものとし、各ガス吐出孔 7 4 から均一性高くガスを供給できるように、内部に形成される流路は狭く、屈曲性が高くなる傾向が有る。つまり、当該ガスシャワーヘッド 7 内の流路を流れるガスについては比較的大きな圧力損失を受ける。そこで、エッチングモジュール 5 は、エッチングガスについては高い均一性を持ってウエハ W に供給されるようにガスシャワーヘッド 7 から供給し、成膜ガスについては流路内での圧力損失による液化を防ぐためにガスノズル 8 から吐出するように構成されている。

20

【 0 0 5 4 】

上記のエッチングモジュール 5 において、第 1 の成膜ガス及び第 2 の成膜ガスを別個のガスノズルから吐出するようにしてもよい。またガスノズル 8 については、例えば横方向に幅広な吐出口を備えるように構成してもよい。排気口 6 6 についても処理容器 5 1 の底部に開口することに限られず、例えば処理容器 5 1 の下方側の側壁に開口していてもよい。また、パージガスについてはガスシャワーヘッド 7 から吐出してもよい。ところで処理容器 5 1 の天井部においてガスシャワーヘッド 7 の代わりに、例えば平面視ウエハ W の周に沿うように同心円状に開口したガスの吐出口を備えるガス供給部を設けてウエハ W にエッチングガスを供給してもよい。つまり、エッチングガス供給部としては、ガスシャワーヘッド 7 として構成されることには限られない。

30

【 0 0 5 5 】

また、基板処理装置 3 については例えばウエハ W の搬送機構を備えた真空雰囲気搬送室に、内部に真空雰囲気を形成する処理容器を各々備えた成膜モジュール、エッチングモジュールを接続して構成されていてもよい。その場合、成膜モジュールはステップ S 1 ~ S 4、エッチングモジュールはステップ S 5、S 6 を各々行えるように構成され、上記の真空雰囲気の搬送室に設けられる搬送機構により、エッチングモジュールと成膜モジュールとの間でウエハ W を繰り返し移動させることで、ステップ S 1 ~ S 6 からなるサイクルが繰り返し行われる。つまり、互いに異なる処理容器内で成膜とエッチングとが行われるようにしてもよい。ただし基板処理装置 3 が上記のエッチングモジュール 5 を備えることで、上記のサイクルを繰り返し行うにあたり、そのようなモジュール間を移動する時間を省くことができるため、スループットの向上を図ることができる。

40

【 0 0 5 6 】

ところで、図 1 4 にはエッチングモジュール 5 の変形例であるエッチングモジュール 5 0

50

について示している。このエッチングモジュール50について、エッチングモジュール5との差異点を中心に説明する。エッチングモジュール50にはガスノズル8が設けられておらず、ガス供給管81の下流端はガスシャワーヘッド7に接続され、ガス拡散空間72に成膜ガスが供給される。従って、エッチングモジュール50ではエッチングガス、成膜ガスが各々ガスシャワーヘッド7から処理容器51内に供給される。なお、このようにガスシャワーヘッド7から成膜ガスが吐出されるため、ガスノズル8から吐出された成膜ガスをガイドするための処理容器51の下段部52については設けられていなくてもよい。つまり、処理容器51の側壁の壁面は、載置台61に向けて突出せずに垂直面として構成されていてもよい。

【0057】

また、アミンを含む第1の成膜ガス、イソシアネートを含む第2の成膜ガス、エッチングガス及びパージガスを処理容器51内に供給する順番としては、既述した例には限られない。例えば、第1の成膜ガス及び第2の成膜ガスについて、順番に処理容器51内に供給する代わりに、同時に処理容器51内に供給することができる。即ち、第1及び第2の成膜ガス、パージガス、エッチングガス、パージガスの順でガスを供給する。そして、この順番での成膜ガス、エッチングガス及びパージガスの供給を1つのサイクルとし、1枚のウエハWに対してこのサイクルを繰り返し行うことで、ポリ尿素膜23の成膜とポリシリコン膜14のエッチングとを交互に繰り返し行ってもよい。また、第1の成膜ガス、第2の成膜ガス及びエッチングガスについて、同時に処理容器51内に供給してもよい。つまり、SiOCN膜15の孔部16にポリ尿素膜23を成膜しつつ、ポリシリコン膜14のエッチングを行うようにしてもよい。その場合は、これら第1の成膜ガス、第2の成膜ガス及びエッチングガスの供給後に、パージガスを供給して処理容器51内をパージする。なお、第1の成膜ガス、第2の成膜ガス及びエッチングガスの供給と、その後のパージガスの供給とを1つのサイクルとし、1枚のウエハWに対してこのサイクルを繰り返し行うことで処理してもよい。エッチングモジュール5、50で処理を行う場合には、制御部30からこのような処理が行われるように当該エッチングモジュール5、50の各部に制御信号が出力される。

本発明は、既述した各実施形態に限られず、各実施形態については適宜変更することができる。また各実施形態は互いに組み合わせることができる。

【0058】

(評価試験)

本発明に関連して行われた評価試験1、2について説明する。評価試験1として、表面部が図1で示したように構成されたウエハWに対して、背景技術の項目で説明したようにポリシリコン膜14を除去する処理を行った。詳しく述べると、酸化シリコン膜12とSiGe膜11との界面近くまで等方性ドライエッチングにてポリシリコン膜14を除去した後、異方性エッチングで下部ポリシリコン膜14を除去し、図5に示したように側壁がSiOCN膜15により構成される凹部17を形成した。その後、ウエハWに第1の成膜ガス及び第2の成膜ガスを供給して、凹部17の側壁を含むウエハWの表面を覆うように、厚さが4nmとなるポリ尿素膜23を成膜した。然る後、図14に示すようにウエハWにIF₇ガスを供給した後、SiGe膜11の状態を確認したがダメージは発生していなかった。従ってこの試験結果から、図2～図4で説明したようにSiOCN膜15の孔部16に埋め込まれるようにポリ尿素膜23を形成することで、SiGe膜11をIF₇ガスによるエッチングから保護できると考えられる。

【0059】

続いて、評価試験2について説明する。この評価試験2では上記のエッチングモジュール5、50と同様に真空雰囲気形成される処理容器51内に各種のガスを供給可能に構成された試験用の装置を用いて、試験用の基板に対して図2～図5で説明した処理を行った。つまり、ステップS1～S6のサイクルを繰り返し実施した後、ステップS7のポリ尿素膜23を解重合させるための加熱処理を行った。上記の試験用の基板は、図1で説明した膜構造を備えている。そして、ステップS7の加熱処理を行った後は、SiOCN膜1

10

20

30

40

50

5の孔部16にポリ尿素膜23が残留しているか否かの確認と、SiGe膜11がエッチングガスによりダメージを受けたか否かの確認とを行った。なお、上記のステップS1～S6の繰り返しのサイクルは、エッチングガスを処理容器51内に供給してポリシリコン膜14の上部をエッチングし、処理容器51内をパージした後に行っている。

【0060】

ステップS1～S4における処理条件、即ち、第1の成膜ガス供給時、第2の成膜ガス供給時、第1の成膜ガスまたは第2の成膜ガス供給直後の各パージ時の処理条件について述べる。処理容器51内の圧力は0.1 Torr (13.3 Pa)～10 Torr (1333 Pa)、基板の温度は0～100とした。そして、第1の成膜ガスとしてtertブチルアミン、第2の成膜ガスとしてtertブチルイソシアン酸を夫々使い、これら第1の成膜ガス、第2の成膜ガスを各々20 sccm～500 sccmで処理容器51に供給した。パージとしては、N₂ガスを100～1000 sccmで処理容器51に供給した。

10

【0061】

上記したステップS1～S6のサイクルの前に行ったエッチング、ステップS5のエッチング及びこれらエッチング直後の各パージ時の処理条件について述べる。処理容器51内の圧力は0.1 Torr～10 Torr、基板の温度は0～100とした。エッチングガスとしてはClF₃(三フッ化塩素)ガスを用いた。パージとしては、N₂ガスを100～1000 sccmで処理容器51内に供給して行った。

また、ステップS7の解重合時の処理条件として、処理容器51内の圧力は0.1 Torr～10 Torr、基板の温度を100～400とした。また、この解重合を行う際に、パージガスとしてN₂ガスを100 sccm～2000 sccmで処理容器51に供給した。

20

【0062】

なお、ステップS1～S6のサイクルの前のエッチングでは、ポリシリコン膜14を上下方向に80 nmエッチングし、ステップS5のエッチングについては、ポリシリコン膜14を上下方向に60 nmエッチングした。ステップS1～S6のサイクルは3回行った。従って、この評価試験2ではポリシリコン膜14を、合計260 nmエッチングしている。成膜とその後のパージを行う時間、即ちステップS1を開始してからステップS4を終えるまでの時間は5分間とした。なお、この評価試験2における処理前と処理後の重量変化量は、128 wt ppmであった。

30

【0063】

上記のようにステップS7の実行後の基板について確認したところ、SiOCN膜15の孔部16におけるポリ尿素膜23は残留しておらず、SiGe膜11におけるダメージは確認されなかった。従ってこの評価試験2の結果から、本開示の処理についての効果が確認された。

【符号の説明】

【0064】

W	ウエハ
11	SiGe膜
14	ポリシリコン膜
15	SiOCN膜
21	第1の成膜ガス
22	第2の成膜ガス
23	ポリ尿素膜
24	エッチングガス
3	基板処理装置
30	制御部
5	成膜モジュール
51	処理容器
61	載置台

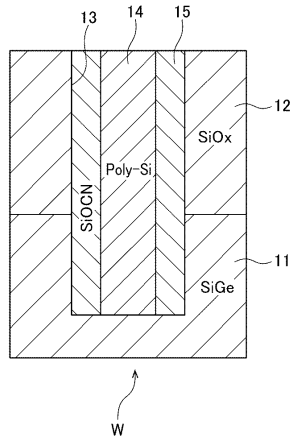
40

50

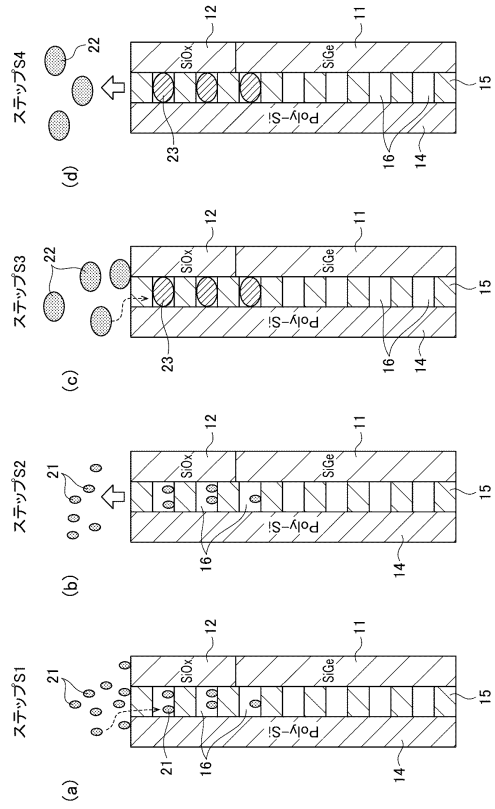
7 ガスシャワーヘッド
8 ガスノズル

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

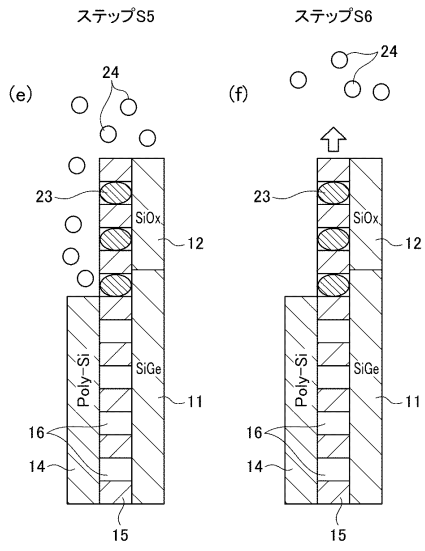
20

30

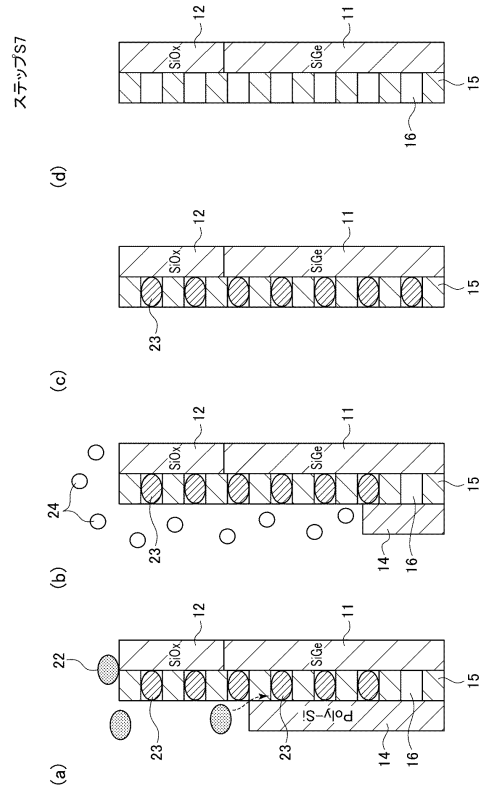
40

50

【図3】



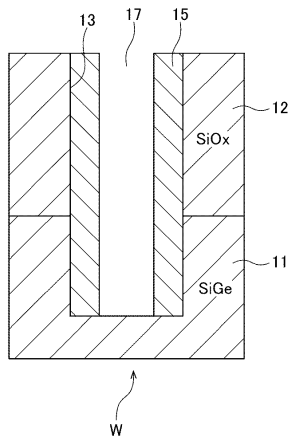
【図4】



10

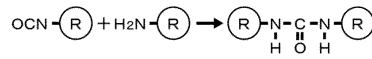
20

【図5】



30

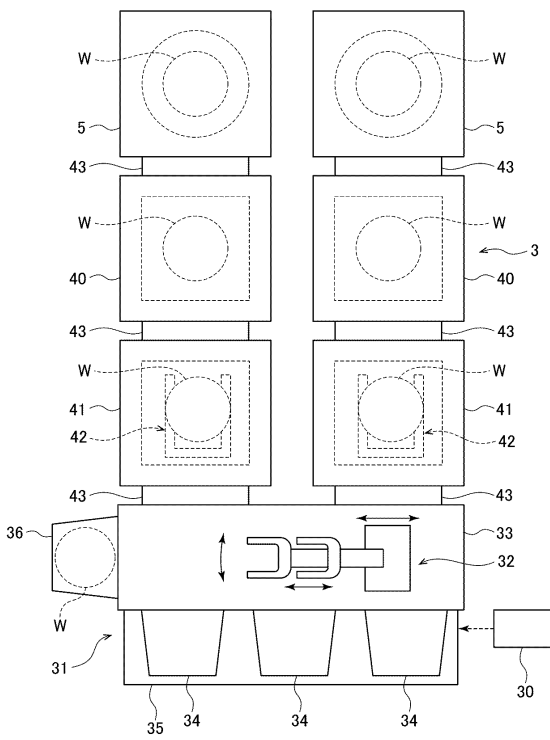
【図6】



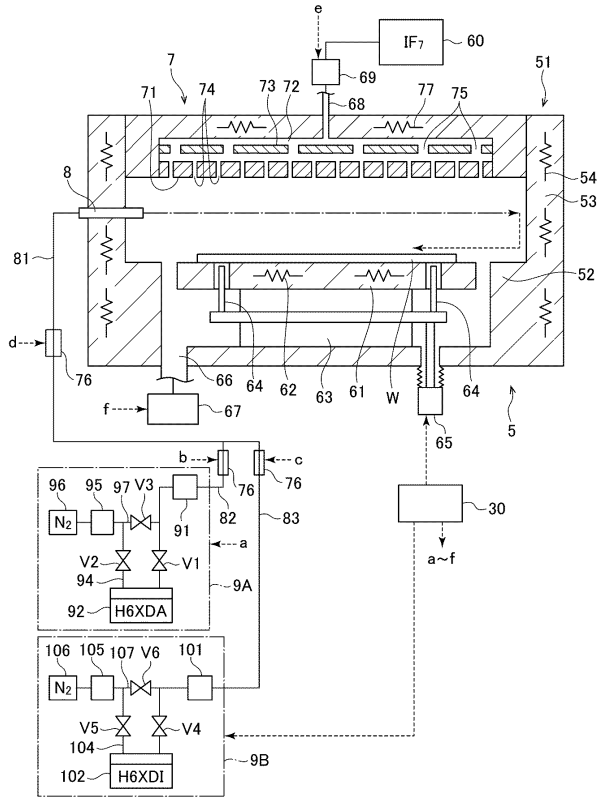
40

50

【図7】



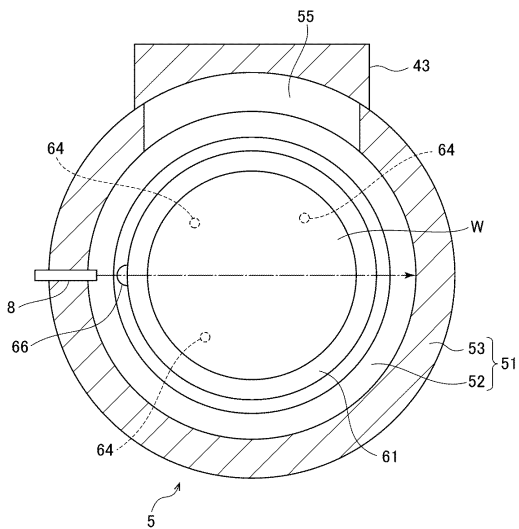
【図8】



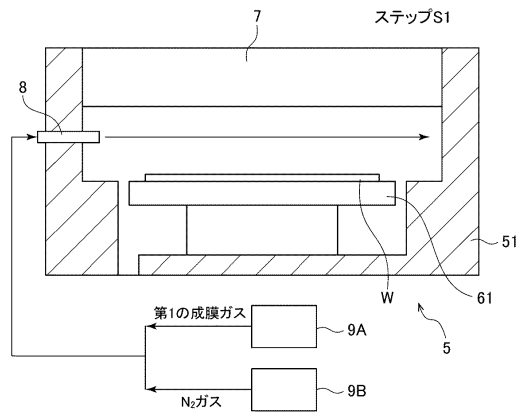
10

20

【図9】



【図10】

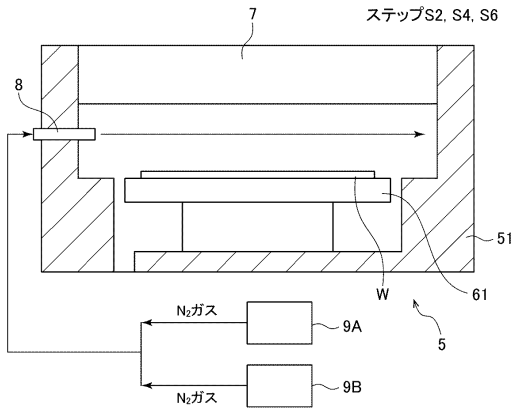


30

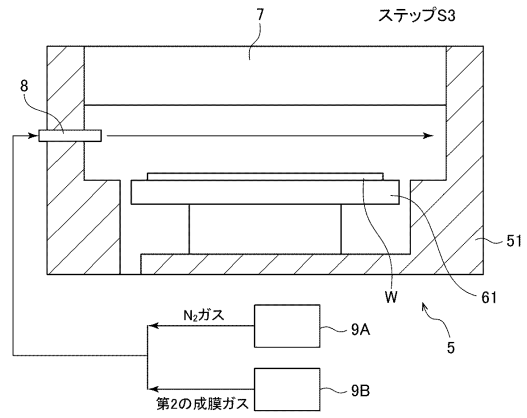
40

50

【図11】

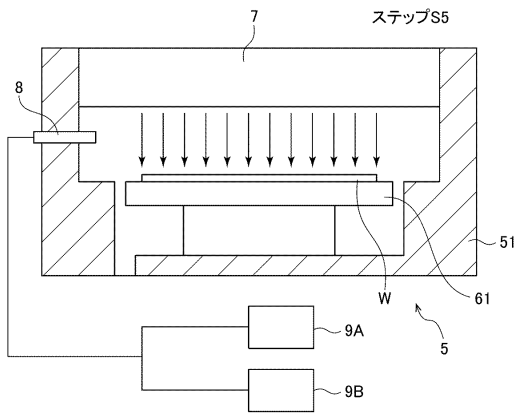


【図12】

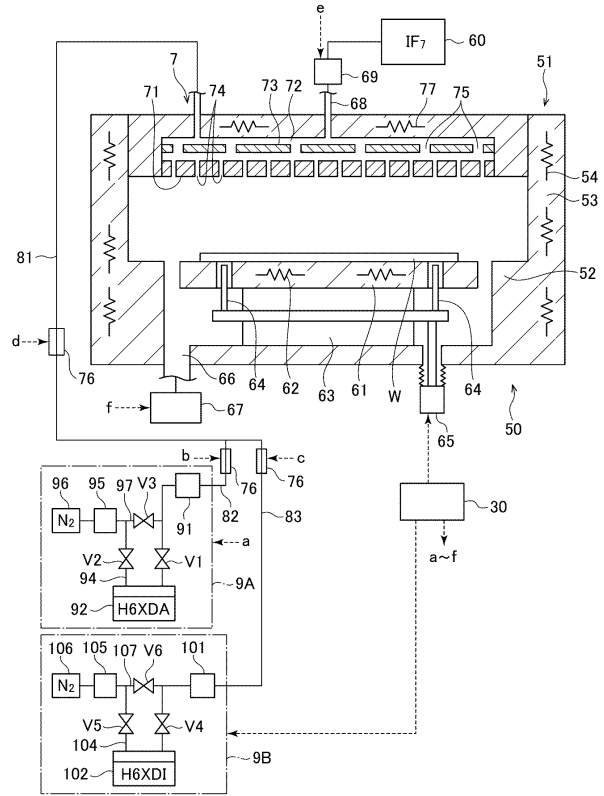


10

【図13】



【図14】



20

30

40

50

フロントページの続き

- クトロン テクノロジーソリューションズ株式会社内
- (72)発明者 高橋 信博
山梨県韮崎市穂坂三ツ沢650東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社内
- (72)発明者 萩原 彩乃
山梨県韮崎市穂坂三ツ沢650東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社内
- (72)発明者 山口 達也
山梨県韮崎市穂坂三ツ沢650東京エレクトロン テクノロジーソリューションズ株式会社内
- 審査官 宇多川 勉
- (56)参考文献 特表2018-529225(JP,A)
特開2006-253245(JP,A)
国際公開第2018/159783(WO,A1)
特開2016-207768(JP,A)
特開2015-061073(JP,A)
特開2010-004049(JP,A)
特表2008-535212(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21/3213
H01L 21/302