

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6066571号  
(P6066571)

(45) 発行日 平成29年1月25日 (2017. 1. 25)

(24) 登録日 平成29年1月6日 (2017. 1. 6)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/31 (2006. 01)

H O 1 L 21/31 C

H O 1 L 21/316 (2006. 01)

H O 1 L 21/316 A

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2012-32682 (P2012-32682)  
 (22) 出願日 平成24年2月17日 (2012. 2. 17)  
 (65) 公開番号 特開2013-171843 (P2013-171843A)  
 (43) 公開日 平成25年9月2日 (2013. 9. 2)  
 審査請求日 平成27年1月30日 (2015. 1. 30)

(73) 特許権者 000001122  
 株式会社日立国際電気  
 東京都港区西新橋二丁目15番12号  
 (74) 代理人 110000039  
 特許業務法人アイ・ピー・ウィン  
 (72) 発明者 坪田 康寿  
 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 小川 将之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理装置及び半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属元素含有膜及びシリコン含有膜が露出した被処理基板を処理する処理室と、  
 前記処理室に設けられ、前記被処理基板を支持する第一基板支持部と、  
 前記処理室に設けられ、前記被処理基板を、前記第一基板支持部に形成された貫通孔か  
 ら突き出た状態で支持する第二基板支持部と、  
 前記処理室にガスを供給するガス供給部と、  
 前記処理基板を加熱する加熱部と、  
 前記処理室内のガスを励起する励起部と、  
 前記処理室内を排気する排気部と、  
 少なくとも前記ガス供給部、前記励起部、及び前記排気部を制御する制御部と、  
 を有し、  
 前記制御部は、

前記被処理基板が前記第一基板支持部に形成された貫通孔から突き出た状態で前記第二  
 基板支持部に支持され、前記ガス供給部に前記被処理基板の裏面へ還元性ガスを供給させ  
 るとともに、前記加熱部に前記被処理基板を加熱させ、

前記被処理基板が前記第一基板支持部に支持されている状態で、前記ガス供給部に前記  
 処理室内へ酸化性ガス及び還元性ガスを供給させるとともに、供給された前記酸化性ガス  
 及び前記還元性ガスを前記励起部に励起させるように制御する  
 基板処理装置。

## 【請求項 2】

前記加熱部は、前記第一基板支持部及び前記処理室の少なくともいずれか一方に設けられている請求項 1 記載の基板処置装置。

## 【請求項 3】

前記制御部は、

前記ガス供給部に前記被処理基板の裏面へ前記還元性ガスを供給させる際に、前記処理室内の圧力を制御する請求項 1 記載の基板処理装置。

## 【請求項 4】

前記制御部は、

前記ガス供給部に前記酸化性ガスを停止させた後に、前記還元ガスを停止させるとともに、前記励起部に励起を停止させるように制御する請求項 1 記載の基板処理装置。

## 【請求項 5】

金属元素含有膜及びシリコン含有膜が露出した被処理基板を処理室に搬入する搬入工程と、

前記被処理基板を加熱する加熱工程と、

前記加熱工程の後に前記被処理基板を処理する処理工程と、  
を有し、

前記加熱工程は、

前記被処理基板を、第一基板支持部に形成された貫通孔から突き出た状態で第二基板支持部に支持するステップと、

前記処理室内を排気するステップと、

前記被処理基板を、前記第一基板支持部に形成された貫通孔から突き出た状態で前記第二基板支持部に支持し、前記被処理基板の裏面に還元性ガスを供給するステップと、

前記第一基板支持部から離して前記第二基板支持部で支持した前記被処理基板を加熱するステップと、

を有し、

前記処理工程は、

前記被処理基板を前記第一基板支持部に支持するステップと、

加熱部が前記被処理基板を加熱するステップと、

前記処理室内に酸化性ガス及び還元性ガスを供給するステップと、

供給された前記酸化性ガス及び前記還元性ガスを励起するステップと、

前記処理室を排気するステップと、

を有する

半導体装置の製造方法。

## 【請求項 6】

前記加熱工程において前記処理室内に前記還元性ガスを供給するステップでは、

前記処理室内の圧力を調整することで前記還元性ガスから前記被処理基板への熱伝導量を制御する請求項 5 記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 7】

前記処理工程は、ガスの供給を停止する工程をさらに有し、  
前記ガスの供給を停止する工程は、

前記酸化性ガスの供給を停止するステップと、

前記酸化性ガスの供給を停止した後に、前記還元性ガスの供給を停止するステップと、  
を有する

請求項 5 又は 6 記載の半導体装置の製造方法。

## 【請求項 8】

前記ガスの供給を停止する工程は、

前記酸化性ガスの供給を停止した後に、前記還元性ガスの供給を停止するとともに前記励起を停止するステップを有する

請求項 7 記載の半導体装置の製造方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 9】

前記還元性ガスとして水素ガスを用いる請求項 5 乃至 8 のいずれか記載の半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、基板処理装置及び半導体装置の製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

特許文献 1 には、複数の基板を処理室内に搬入する工程と、前記基板を処理温度まで昇温させる工程と、前記処理室内に反応ガスを供給してプラズマ化する工程と、前記反応ガスのプラズマを用いて前記基板表面を処理する工程と、前記基板を降温させる工程と、処理後の前記基板を前記処理室内より搬出する工程とを有し、前記基板を処理温度まで昇温させる過程において、水素ガスと不活性ガスとの混合ガスを前記処理室内に供給する半導体デバイスの製造方法が開示されている。

10

## 【0003】

特許文献 2 には、金属膜及びポリシリコン膜が表面に露出している被処理基板を処理室に搬入する工程と、前記処理室に還元性ガスを導入し、プラズマ放電して還元性ガスプラズマを生成し、前記還元性ガスプラズマで被処理基板を処理する工程と、前記還元性ガスプラズマで前記被処理基板を処理する工程の後、前記処理室に酸素または酸素含有ガスを徐々に導入し、前記還元性ガスと酸素または酸素含有ガスとの混合ガスをプラズマ放電して混合プラズマを生成し、前記混合プラズマで前記被処理基板を処理する工程と、を有する半導体装置の製造方法が開示されている。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献 1】特開 2007-335608 号公報

【特許文献 2】特開 2011-18909 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

30

## 【0005】

従来の技術においては、意図せずに被処理基板が酸化してしまうことがあり、一方の面と他方の面とで均一に加熱がなされないことがあるとの問題があった。

本発明の目的は、被処理基板の意図しない酸化を抑制するとともに、被処理基板の一方の面と他方の面とにおける加熱の不均一さを抑制することができる基板処理装置及び半導体装置の製造方法を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

請求項 1 に係る本発明は、金属元素含有膜及びシリコン含有膜が露出した被処理基板を処理する処理室と、前記処理室に設けられ、前記被処理基板を支持する第一基板支持部と、前記処理室に設けられ、前記被処理基板を、前記第一基板支持部に形成された貫通孔から突き出た状態で支持する第二基板支持部と、前記処理室にガスを供給するガス供給部と、前記処理基板を加熱する加熱部と、前記処理室内のガスを励起する励起部と、前記処理室内を排気する排気部と、少なくとも前記ガス供給部、前記励起部、及び前記排気部を制御する制御部と、を有し、前記制御部は、前記被処理基板が前記第一基板支持部に形成された貫通孔から突き出た状態で前記第二基板支持部に支持され、前記ガス供給部に前記被処理基板の裏面へ還元性ガスを供給させるとともに、前記加熱部に前記被処理基板を加熱させ、前記被処理基板が前記第一基板支持部に支持されている状態で、前記ガス供給部に前記処理室内へ酸化性ガス及び還元性ガスを供給させるとともに、供給された前記酸化性ガス及び前記還元性ガスを前記励起部に励起させるように制御する基板処理装置である。

40

50

## 【 0 0 0 7 】

請求項 2 に係る本発明は、前記加熱部は、前記第一基板支持部及び前記処理室の少なくともいずれか一方に設けられている請求項 1 記載の基板処理装置である。

## 【 0 0 0 8 】

請求項 5 に係る本発明は、金属元素含有膜及びシリコン含有膜が露出した被処理基板を処理室に搬入する搬入工程と、前記被処理基板を加熱する加熱工程と、前記加熱工程の後に前記被処理基板を処理する処理工程と、を有し、前記加熱工程は、前記被処理基板を、第一基板支持部に形成された貫通孔から突き出た状態で第二基板支持部に支持するステップと、前記処理室内を排気するステップと、前記被処理基板を、前記第一基板支持部に形成された貫通孔から突き出た状態で前記第二基板支持部に支持し、前記被処理基板の裏面に還元性ガスを供給するステップと、前記第一基板支持部から離して前記第二基板支持部で支持した前記被処理基板を加熱するステップと、を有し、前記処理工程は、前記被処理基板を前記第一基板支持部に支持するステップと、加熱部が前記被処理基板を加熱するステップと、前記処理室内に酸化性ガス及び還元性ガスを供給するステップと、供給された前記酸化性ガス及び前記還元性ガスを励起するステップと、前記処理室を排気するステップと、を有する半導体装置の製造方法である。

10

## 【発明の効果】

## 【 0 0 0 9 】

請求項 1 に係る本発明によれば、被処理基板の意図しない酸化を抑制するとともに、被処理基板の一方の面と他方の面とにおける加熱の不均一さを抑制することができる基板処理装置を提供することができる。

20

## 【 0 0 1 0 】

請求項 2 に係る本発明によれば、請求項 1 に係る本発明が奏する効果を奏することに加えて、本構成を有しない場合と比較して、被処理基板を均一に加熱することができ、基板の表面に付着する酸素を効率良く除去することができる基板処理装置を提供することができる。

## 【 0 0 1 1 】

請求項 5 に係る本発明によれば、被処理基板の意図しない酸化を抑制するとともに、被処理基板の一方の面と他方の面とにおける加熱の不均一さを抑制することができる半導体装置の製造方法を提供することができる。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の実施形態に係る基板処理装置を示す断面図である。

【図 2】図 1 に示す基板処理装置を用いた半導体装置の製造工程を示す流れ図である。

【図 3】図 2 に示す半導体装置の製造工程のシーケンスを示す図である。

【図 4】図 2 に示す半導体装置の製造工程のシーケンスの変形例を示す図である。

【図 5】図 2 に示す半導体装置の製造工程のシーケンスの第 2 の変形例を示す図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 3 】

次に本発明実施形態に係る基板処理装置及び半導体装置の製造方法の一形態を説明する

40

以下の説明は、本発明の一実施形態を説明するためのものであり、本願発明の範囲を制限するものではない。したがって、当業者であればこれらの各要素若しくは全要素をこれと均等なものに置換した実施形態を採用することが可能であり、これらの実施形態も本願発明の範囲に含まれる。例えば、被処理基板を同時に処理する枚数、被処理基板を保持する向き、処理温度、処理室等の形状、ガスの励起方法等は、以下で一例として説明する形態に制限されるものではない。

## 【 0 0 1 4 】

以下の説明においては、プラズマ処理炉の一つであり、電界と磁界により高密度プラズマを生成することができる変形マグネトロン型プラズマ源 (Modified Magnetron Typed P

50

lasma Source)を用いてウエハ等の被処理基板をプラズマ処理する基板処理炉(以下、MMT装置と称する)を有する基板処理装置を実施形態の一例として示して本発明の説明をする。以下で説明するMMT装置は、気密性を確保した処理室に基板を設置し、シャワーヘッドを介して反応ガスを処理室に導入し、処理室をある一定の圧力に保ち、放電用電極に高周波電力を供給して電界を形成するとともに磁界を形成し、マグネトロン放電を起こす。また、以下で説明するMMT装置は、放電用電極から放出された電子がドリフトしながらサイクロイド運動を続けて周回することにより長寿命となって電離生成率を高めるので高密度プラズマを生成することができる。また、反応ガスを励起分解させて被処理基板の表面を酸化させたり、又は窒化させたり等の拡散処理をすることができる。また、被処理基板表面に薄膜を形成するか、基板表面をエッチングする等、被処理基板へ各種のプラズマ処理を施すことができる。

10

#### 【0015】

図1には、本発明の実施形態に係る基板処理装置100が示されている。

基板処理装置100は、被処理基板として用いられるウエハ200を処理する装置であり、先述のようにMMT装置であって、処理容器203を備えた処理炉202を有し、処理炉202の内側の空間が処理室201として用いられている。処理室201では、例えば金属元素含有膜とシリコン含有膜とが露出したウエハ200の処理がなされる。ウエハ200の表面に露出している金属元素含有膜は、例えば、タングステン、タンタル、窒化チタン、窒化タングステン、ルテニウム等の少なくとも何れかを含有している。また、ウエハ200の表面に露出しているシリコン含有膜は、例えば、Poly-Si膜や、アモルファスシリコン膜、シリコン膜、シリコン酸化膜等の少なくとも何れかを含有している。

20

#### 【0016】

処理容器203は、第1の容器として用いられている例えばドーム形状の上側容器210と、第2の容器として用いられている例えば碗型の下側容器211とで、上側容器210が下側容器211の上に被せられるようにして形成されている。上側容器210は酸化アルミニウム又は石英等の非金属材料で形成されており、下側容器211はアルミニウムで形成されている。尚、上側容器210を非金属材料で形成し、下側容器211をアルミニウムで形成することと併せて、後述するサセプタ217を窒化アルミニウムや、セラミックス、又は石英等の非金属材料で構成することによって、処理の際に被処理基板の膜中に取り込まれる金属汚染が低減する。

30

#### 【0017】

また、基板処理装置100は、シャワーヘッド236を有する。

シャワーヘッド236は、処理室201の上部に設けられていて、キャップ状の蓋体233と、ガス導入口234と、バッファ室237と、開口238と、遮蔽プレート240と、ガス吹出口239とを備えている。バッファ室237は、ガス導入口234より導入されたガスを分散するための分散空間として用いられている。ガス導入口234には、ガスを供給するガス供給管232が接続されており、ガス供給管232は、開閉弁であるバルブ243aと、流量制御器として用いられ、流量制御手段として用いられているマスフローコントローラ241とを介して反応ガス230を収納するガスボンベ(不図示)に繋がっている。シャワーヘッド236は、反応ガス230を処理室201に供給するために用いられている。

40

#### 【0018】

また、基板処理装置100においては、後述するサセプタ217の周囲から処理室201の底方向へ基板処理後のガスが流れるように、下側容器211の側壁にガスを排気するガス排気口235が形成されていて、ガス排気口235にはガスを排気するガス排気管231が接続されている。ガス排気管231は、圧力調整器として用いられているAPC242と、開閉弁として用いられているバルブ243bとを介して排気装置として用いられている真空ポンプ246に接続されている。

#### 【0019】

50

また、基板処理装置 100 は、供給される反応ガス 230 を励起させる放電機構として用いられていて、放電手段として用いられている筒状電極 215 を有する。筒状電極 215 は、処理容器 203 の外周に設置されていて、処理室 201 内におけるプラズマ生成領域 224 を囲むように配置されている。筒状電極 215 には、インピーダンスの整合を行う整合器 272 を介して高周波電力を印加する高周波電源 273 が接続されている。

#### 【0020】

また、基板処理装置 100 は、筒状磁石 216 を有する。筒状磁石 216 は、筒状に形成されていて、磁界形成機構として用いられているとともに、磁界形成手段として用いられていて、例えば永久磁石で形成からなる。また、筒状磁石 216 は、筒状電極 215 の外表面の上下端近傍にそれぞれ 1 つが配置されている。上下の筒状磁石 216、216 は、処理室 201 の半径方向に沿った両端（内周端と外周端）にそれぞれ磁極を持ち、上下の筒状磁石 216、216 の磁極の向きが逆向きに設定されている。このため、内周部の磁極同士が互いに異極となっており、これにより、筒状電極 215 の内周面に沿って円筒軸方向に磁力線を形成するようになっている。

10

#### 【0021】

処理炉 202 は、ウエハ 200 をマグネトロン型プラズマ源でのマグネトロン放電により処理するために用いられており、先述の処理室 201、処理容器 203、サセプタ 217、筒状電極 215、筒状磁石 216、シャワーヘッド 236、及び排気口 235 等から構成されていて、処理室 201 でウエハ 200 をプラズマ処理することが可能となっている。

20

#### 【0022】

また、基板処理装置 100 は、遮蔽板 223 を有する。遮蔽板 223 は、筒状電極 215 及び筒状磁石 216 の周囲に配置されていて、筒状電極 215 及び筒状磁石 216 で形成される電界や磁界を外部環境や他処理炉等の装置に悪影響を及ぼさないように、電界や磁界を遮蔽する。

#### 【0023】

また、基板処理装置 100 は、処理室 201 に設けられ、ウエハ 200 を支持する第一基板支持部として用いられているサセプタ 217 を有する。サセプタ 217 は、ウエハ 200 を加熱する加熱部としても用いられている。また、サセプタ 217 の内部には、インピーダンスを変化させるための電極である電極 217c が装備されていて、この電極がインピーダンス可変機構 274 を介して接地されている。インピーダンス可変機構 274 は、コイルや可変コンデンサから構成され、コイルのパターン数や可変コンデンサの容量値を制御することによって、サセプタ 217 等を介してウエハ 200 の電位を制御できるようになっている。

30

#### 【0024】

サセプタ 217 は、処理室 201 の底側中央に配置されている。サセプタ 217 は、例えば窒化アルミニウムやセラミックス、又は石英等の非金属材料で形成され、内部にヒータ 217b が一体的に埋め込まれていて、ウエハ 200 を加熱することができるようになっている。より具体的には、サセプタ 217 はウエハ 200 を例えば 700 程度にまで加熱することができるよう構成されている。このように、サセプタ 217 は、ウエハ 200 を加熱する加熱機構として用いられていて、加熱手段として用いられている。また、サセプタ 217 には貫通孔 217a が形成されている。

40

#### 【0025】

また、サセプタ 217 をウエハ 200 の加熱機構として用い、加熱手段として用いること併せて、例えば加熱ランプ 280 等を処理室 201 に設ける等して、処理室 201 にウエハ 200 を加熱する加熱手段を設けても良い。即ち、基板処理装置 100 においては、第一基板支持部として用いられているサセプタ 217、及び処理室 201 の少なくともいずれか一方にウエハ 200 を加熱する加熱部を設ければ良い。

#### 【0026】

サセプタ 217 に加熱部を設けた場合、ウエハ 200 を後述するリフタピン 266 で支

50

持して加熱する際に、サセプタ 217 とウエハ 200 との間でガスを加熱し、この加熱したガスをウエハ 200 に表面に供給することができるので、ウエハ 200 を均一に加熱することができる。また、温度が上昇し活性度が上昇したガスがウエハ 200 に下向きの面に供給されるため、ウエハ 200 の下向きの面への処理が良好になされる。

#### 【0027】

処理室 201 に加熱部を設けた場合は、処理室 201 内に存在する例えば還元性ガスと酸化性ガス等のガスを加熱することができ、ガスの活性度を向上させることができる。また、サセプタ 217 と処理室 201 との両方に加熱部を設けた場合は、ウエハ 200 の上向きの面と下向きの面とを同時に加熱することができ、ウエハ 200 の上向きの面と下向きの面との温度差を低減することができる。

10

#### 【0028】

また、基板処理装置 100 は、サセプタ昇降機構 268 を有する。サセプタ昇降機構 268 は、サセプタ 217 を昇降させるサセプタ昇降機構として用いられている。

#### 【0029】

また、基板処理装置 100 は、例えば 3 個のリフトピン 266 を有する。リフトピン 266 は、処理室 201 に設けられていて、ウエハ 200 をサセプタ 217 の上で支持する第二基板支持部として用いられている。リフトピン 266 は、サセプタ昇降機構 268 によりサセプタ 217 が下降した際に、サセプタ 217 と非接触な状態で貫通孔 217a を突き抜けるような位置関係となるよう配置されている。

#### 【0030】

20

また、基板処理装置 100 は、ゲートバルブ 244 を有する。ゲートバルブ 244 は、下側容器 211 の側壁に取り付けられていて、仕切弁として用いられている。ゲートバルブ 244 が開いている時には、搬送機構（不図示）により処理室 201 内にウエハ 200 を搬入することができ、処理室 201 内からウエハ 200 を搬出することができるようになる。また、ゲートバルブ 244 は、処理室 201 を気密に閉じることができる。

#### 【0031】

また、基板処理装置 100 は、コントローラ 121 を有する。コントローラ 121 は、信号線 A を通じて APC 242、バルブ 243b、真空ポンプ 246 を制御し、信号線 B を通じてサセプタ昇降機構 268 を制御し、信号線 C を通じてゲートバルブ 244 を制御し、信号線 D を通じて整合器 272、高周波電源 273 を、信号線 E を通じてマスフローコントローラ 241、バルブ 243a を制御し、さらに図示しない信号線を通じてサセプタに埋め込まれたヒータやインピーダンス可変機構 274 等を制御する。

30

#### 【0032】

以上のように構成された基板処理装置 100 においては、先述のように、サセプタ 217 が、処理室 201 に設けられ、ウエハ 200 を支持する第一基板支持部として用いられていて、リフトピン 266 が、処理室 201 に設けられていて、ウエハ 200 をサセプタ 217 の上で支持する第二基板支持部として用いられている。また、基板処理装置 100 においては、マスフローコントローラ 241、バルブ 243a、バルブ 243b、シャワーヘッド 236 等がガス供給部として用いられていて、このガス供給部が、後述するように処理室 201 に酸化性ガス、窒素含有ガス、還元性ガス等のガスを供給する。ここで、酸化性ガスとは、酸素 ( $O_2$ )、亜酸化窒素 ( $NO$ )、二酸化窒素 ( $NO_2$ ) オゾン ( $O_3$ )、過酸化水素 ( $H_2O_2$ )、水 ( $H_2O$ )、等の少なくとも何れかを含有するガスである。窒素含有ガスとは、窒素 ( $N_2$ )、アンモニア ( $NH_3$ ) 等の少なくとも何れかを含有するガスである。還元性ガスとは、水素 ( $H_2$ )、アンモニア ( $NH_3$ )、一酸化炭素 ( $CO$ ) 等の少なくとも何れかを含みガスである。酸素含有ガスは、好ましくは常温常圧状態で気体状の酸素含有ガスである。還元性ガスは、好ましくは水素含有ガスである。

40

#### 【0033】

また、基板処理装置 100 においては、先述のように、サセプタ 217 がウエハ 200 を加熱する加熱部として用いられていて、筒状電極 215、筒状磁石 216、高周波電源 273 等が処理室 201 内のガスを励起する励起部として用いられている。また、基板処

50

理装置 100 においては、ガス排気管 231、真空ポンプ 246 等が処理室 201 内を排気する排気部として用いられている。また、コントローラ 121 は、少なくとも、サセプタ昇降機構 268 と、マスフローコントローラ 241 等からなるガス供給部と、例えばサセプタ 217 からなる加熱部と、高周波電源 273 等を有する励起部と、真空ポンプ 246 等を有する排気部とを制御する制御部として用いられている。

#### 【0034】

以上のように構成された基板処理装置 100 においては、半導体装置の製造工程の一工程として、ウエハ 200 の表面に対し、又はウエハ 200 の表面に形成された下地膜の表面に対して所定のプラズマ処理を施すことができる。このプラズマ処理は、コントローラ 121 が基板処理装置 100 の各部を制御することによりなされ、より具体的には、以下

10

#### 【0035】

即ち、処理室 201 の外部からウエハ 200 を搬送する搬送機構（不図示）によってウエハ 200 が処理室 201 内に搬入され、サセプタ 217 上に搬送される。この際、サセプタ 217 にウエハが搬送される搬送位置まで下降し、リフトピン 266 の先端がサセプタ 217 の貫通孔 217a を通過し、これにより、サセプタ 217 表面よりも所定の高さ分だけリフトピン 266 が突き出た状態となる。次に、下側容器 211 に設けられたゲートバルブ 244 が開かれ、搬送機構（不図示）によってウエハ 200 がリフトピン 266 の先端に載置される。そして、搬送機構が処理室 201 外へ退避した後、ゲートバルブ 244 が閉じられる。そして、サセプタ 217 がサセプタ昇降機構 268 により上昇し、これにより、サセプタ 217 上面にウエハ 200 が載置された状態となり、サセプタ 217 は、さらにウエハ 200 を処理する位置まで上昇する。

20

#### 【0036】

この際、サセプタ 217 に埋め込まれたヒータは予め加熱されており、搬入されたウエハ 200 を、室温から例えば 700 の範囲内における予め定められた所定の温度になるように加熱する。処理室 201 内の圧力は、真空ポンプ 246、及び APC 242 を用いて、例えば 0.1 ~ 1000 Pa の範囲内の予め定められた圧力に維持される。

#### 【0037】

ウエハ 200 の温度が予め定められた処理温度に達し、安定化した後、ガス導入口 234 から遮蔽プレート 240 に形成されたガス吹出口 239 を介して、例えば酸素ガス、窒素ガス、希ガス等の処理ガスが処理室 201 に配置されているウエハ 200 のプラズマ処理がなされる処理面である上向きの面に向けて導入される。この際、導入される処理ガスの流量は、1 ~ 10000 sccm の範囲内における予め定められた流量とされる。処理ガスの導入と同時に、整合器 272 を介して高周波電源 273 から筒状電極 215 に、例えば 10 ~ 3000 W の範囲内の予め定められた電力の高周波電力が印加される。高周波電力が印加される回路のインピーダンスは、インピーダンス可変機構 274 によって所望のインピーダンス値となるように制御されている。

30

#### 【0038】

筒状電極 215 に電圧が印加されると、筒状磁石 216、216 の磁界の影響を受けてマグネトロン放電が発生し、ウエハ 200 の上方空間に電荷をトラップしてプラズマ生成領域 224 に高密度プラズマが生成される。そして、生成された高密度プラズマにより、サセプタ 217 上のウエハ 200 の表面にプラズマ処理が施される。プラズマ処理が終わったウエハ 200 は、搬送機構（不図示）を用いて、基板搬入と逆の手順で処理室 201 外へ搬送される。

40

#### 【0039】

図 2 には、基板処理装置 100 を用いた本発明の実施形態に係る半導体装置の製造方法の工程が示されている。図 2 に示されるように、最初の工程であるステップ S100 は搬入工程であり、コントローラ 121 は、搬送機構（不図示）を制御してウエハ 200 を処理室 201 内に搬入させる。

#### 【0040】

50



次の工程であるステップS200は加熱工程であり、コントローラ121は、基板処理装置100の各部を制御してウエハ200を加熱させる。この加熱工程は、ウエハ200がリフタピン266に載置された状態となるように搬送機構（不図示）等を制御するステップと、処理室201内を排気するように真空ポンプ246等を制御するステップと、処理室201内に還元性ガスを供給するようにバルブ243a等を制御するステップと、サセプタ217等にウエハ200を加熱させるステップとを有する。還元性のガスとしては、例えば水素ガスが用いられる。処理室201内への還元性ガスの供給と、ウエハ200の加熱とは、工程の一部又は全部が同時になされる。

#### 【0041】

この加熱工程においては、還元性ガスを供給させつつ、ウエハ200が加熱させる。このため、ウエハ200が酸化しにくく、ウエハ200に形成された金属元素含有膜の意図しない酸化が抑制される。また、この加熱工程においては、リフタピン266に支持された状態でウエハ200が加熱される。このため、ヒータを有するサセプタ217に支持された状態でウエハ200が加熱される場合と比較して、ウエハ200は上側の面と下側の面とが均一に加熱される。また、リフタピン266で支持されているため、ウエハ200の下側の面の下方に空間が形成され、この空間にも還元性ガスが供給される。このように、ウエハ200裏面に還元性ガスを供給することにより、ウエハ200の下側の面に付着した酸素を除去することができる。よって、ウエハ200裏面から放出される微量な酸素による、ウエハ200の表面に形成された金属元素含有膜への意図しない酸化を防止することができる。

#### 【0042】

また、サセプタ217に設けられたヒータの他に、処理室に別途加熱手段としての加熱ランプ（不図示）を設けることにより、ウエハ200の上側の面と下側の面をより均一に加熱することができる。処理室201内の空間に熱エネルギーを放射することにより、処理室201内に存在する還元性ガスを直接加熱できる。また、処理室201内の部材や内壁の表面を加熱することができ、処理室201内の部材や内壁表面に付着した酸素元素と還元性ガスとの反応効率を向上させることができ、酸素元素の除去効率を向上させることができる。

#### 【0043】

次の工程であるステップS300は処理工程であり、コントローラ121は、基板処理装置100の各部を制御してウエハ200に処理を施させる。この処理工程は、ウエハ200がサセプタ217に載置された状態となるようにサセプタ昇降機構268等を制御するステップと、ウエハ200を加熱するようにサセプタ217等を制御するステップと、処理室201内に酸化性ガスと還元性ガスとを供給するようにバルブ243a等を制御するステップと、処理室201内に供給された酸化性ガスと還元性ガスが励起するように高周波電源273等を制御するステップとを有する。ここで、酸化性ガスは、酸素含有ガスであり、還元性ガスは、水素含有ガスである。すなわち、ステップS300において、処理室201内に酸素ガスと水素ガスとを供給しても良い。

#### 【0044】

次のステップであるステップS400は、停止工程であり、コントローラ121は、ガスの供給を停止させる。この停止工程は、酸化性ガス供給を停止させるステップと、酸化性ガスの供給を停止させた後に、還元性ガスの供給を停止させるステップとを有する。酸化性ガスは、非励起状態であってもウエハ200を酸化させる可能性がある。このため、この停止工程では、先に酸素の供給を停止させ、処理室201内の酸化性ガス濃度を下げることによって、ウエハ200が不要に酸化することを抑制している。また、励起状態の水素が励起状態の酸素や非励起状態の酸素ガスよりも後まで処理室201内に残るので、処理中に、ウエハ200の金属元素含有膜が酸化されていたとしても、この酸化された金属元素含有膜が還元される。

#### 【0045】

図3には、図2で工程を示した半導体装置の製造方法のシーケンスが示されている。

図3に示すように、ウエハ200が処理室201に搬入された後、時間t1から処理室201内の排気が始まり、時間t2までの間は処理室201内が排気される。そして、時間t2に処理室201内への、例えば水素ガス等の還元性ガスの供給が始まり、時間t2から時間t3までの間は処理室201内に還元性ガスを供給される。排気と還元性ガスの供給とがなされる時間t1から時間t3までの間に、処理室201内の雰囲気ガスが還元され、置換される。排気することにより、処理室201内に混入した酸素元素を含むガスを排出することができ、また、真空度を高めた状態で還元性のガスを供給することにより、還元性のガスを加熱されたサセプタ217や処理室201内に存在する加熱された部材に効率良く当てることができ、活性度の高い還元性ガスを多く形成することができる。よって、処理室201内に存在する酸化性ガスや基板に付着した酸素元素の除去効率を向上させることができる。

10

#### 【0046】

時間t3から筒状電極215による放電の準備が始まり、時間t4に筒状電極215の放電が始まり、時間t5に筒状電極215の放電が停止される。時間t4から時間t5までの間は、処理室201内に還元性ガスと、酸化性ガスが供給される。時間t5からは、ウエハ200を排出するための準備がなされる。

#### 【0047】

尚、上述のシーケンスにおいて、時間t1から時間t2になされた処理室201内の排気と、時間t2から時間t3になされた処理室201内への還元性ガスの供給のいずれか一方を省略して処理を簡便化しても良い。

20

#### 【0048】

図4には、図3に示すシーケンスの変形例が示されている。

図3に示すシーケンスでは、時間t2から時間t3までの間に処理室201内に還元性ガスを供給する際に処理室201内の圧力を調整していなかった。これに対して、この図4に示すシーケンスでは、時間t2から時間t3の間に処理室201内に還元性ガスを供給する際に、処理室201内の圧力を調整し、これにより還元性ガスからウエハ200への熱伝導量を制御し、ウエハ200の加熱量を制御している。処理室201内の圧力は、例えば、ウエハ200をサセプタ217上に移載するときの圧力よりも高い圧力にする。圧力を高くすることにより、ウエハ200の上側の面への加熱効率を向上させることができる。

30

#### 【0049】

図4に示すシーケンスにおいて、ウエハ200は時間t1に処理室201内に搬送されると同時に処理室201の熱の影響を受け始める。この際、ウエハ200の温度変化は、ヒータを有するサセプタ217に対向する部分が最も大きいと考えられる。また、ウエハ200を加熱する際に、ウエハ200の昇温速度が速すぎるとウエハ200に過剰な熱応力が発生してしまう虞がある。一方、ウエハ200の昇温速度を遅くすると、処理時間が長くなってしまいう問題がある。図4に示すシーケンスでは、リフタピン266でウエハ200を支持し、ウエハ200とサセプタ217とを離間させた状態とし、処理室201内に還元性ガスを供給する際に処理室201内の圧力を調整することで、還元性ガスからウエハ200への熱伝導量を制御し、ウエハ200の昇温速度を制御している。

40

#### 【0050】

また、このシーケンスでは、加熱工程S200での還元性ガスとして水素を用いている。ここで、水素は他のガスと比較して熱伝導率が高いので、還元ガスがウエハ200への熱伝導に寄与する割合が他の還元ガスを用いた場合よりも大きい。このため、処理室201内の圧力を調整することで、ウエハ200への熱伝導量を調整することは、水素ガス以外の還元ガスを用いる場合と比較してより有用である。

#### 【0051】

尚、基板昇温行程での還元性ガスの一例として水素ガスを用いる例について説明をしたものの、水素ガス以外の還元性ガスを用いる場合であっても良い。すなわち、分子量が小さいガスであれば、処理室201内の圧力を調整することでウエハ200へ熱伝導量を好

50

適に制御することができる。

【 0 0 5 2 】

図 5 には、図 3 に示すシーケンスの第 2 の変形例が示されている。

図 5 に示すシーケンスでは、時間  $t_2$  から時間  $t_3$  までの間に処理室 201 内に還元性ガスを供給する際に処理室 201 内の圧力を調整することに加えて、時間  $t_5$  に筒状電極 215 の放電を停止させることに先立ち、酸化性ガスの供給を停止させ、予め定められた所定の時間、処理室 201 内に還元性ガスだけを供給させた後、時間  $t_5$  に還元性ガスの供給を停止させるとともに、筒状電極 215 の放電を停止させている。

【 0 0 5 3 】

処理室 201 内に還元性ガスだけを供給させる時間は、処理室 201 の体積、処理室 201 からの排気速度、処理室 201 内に還元性ガスが供給される速度等を考慮して定められ、例えば、1 ~ 30 秒程度に定められる。また、還元性ガスが処理室 201 内に供給される流量を、徐々に低減させていき時間  $t_5$  で停止させるようにしても良いし、筒状電極 215 からの放電を徐々に低下させていき、時間  $t_5$  に放電を停止させるようにしても良い。

【 0 0 5 4 】

また、発明者は、鋭意研究した結果、ウエハ 200 上に、金属元素含有膜とシリコン含有膜が積層された微細な凸構造が複数形成されている場合は、ウエハ 200 表面積が多くなり、金属元素含有膜が酸化される部位が生じる可能性があることを見出した。また、微細な凸構造が複数形成されている場合には、熱ストレスが加わり易くなる可能性が有ることを見出した。このようなウエハ 200 を用いる場合に、上述のように、還元性ガスを供給しつつ、ウエハ 200 をリフトピン 266 に支持した状態で加熱することにより、ウエハ 200 の熱ストレスによる反りを低減させつつ、ウエハ 200 上に形成された金属元素含有膜の酸化を防止することができる。

【 0 0 5 5 】

また、上述のシーケンスに加えて、励起状態の水素と励起状態の酸素でウエハ 200 を処理した後に酸化性ガスの供給を止めた状態で、ウエハ 200 をリフトピン 266 で上に保持した状態で、励起状態の水素や還元性ガスをウエハ 200 の下側に供給するようにしても良い。処理後にウエハ 200 の下側に活性な水素を供給することにより、ウエハ 200 の下側の面やサセプタ 217 の表面に付着した酸素元素を除去することができ、搬出工程でウエハ 200 の下側の面やサセプタ 217 の表面から脱離する酸素によるウエハ 200 上側の面に形成された膜の酸化を防止することができる。また、サセプタ 217 の表面やウエハ 200 の上側の面や下側の面、処理室 201 の内壁、処理室 201 内に設けられた部材の表面等を水素で末端処理することにより、これらの表面に酸素が付着したとしても、容易に酸素を除去することが可能となる。

【 0 0 5 6 】

本発明は、特許請求の範囲に記載した通りであり、さらに次に付記した事項を含む。

【 0 0 5 7 】

〔 付 記 1 〕

金属元素含有膜及びシリコン含有膜が露出した被処理基板を処理する処理室と、  
前記処理室に設けられ、被処理基板を支持する第一基板支持部と、  
前記処理室に設けられ、被処理基板を前記第一基板支持部の上で支持する第二基板支持部と、  
前記処理室にガスを供給するガス供給部と、  
被処理基板を加熱する加熱部と、  
前記処理室内のガスを励起する励起部と、  
前記処理室内を排気する排気部と、  
少なくとも前記ガス供給部、前記励起部、及び前記排気部を制御する制御部と、  
を有し、  
前記制御部は、

10

20

30

40

50

被処理基板が前記第二基板支持部に支持されている状態で、前記ガス供給部に前記処理室内へ還元性ガスを供給させるとともに、前記加熱部に被処理基板を加熱させ、

被処理基板が、前記第一基板支持部に支持されている状態で、前記ガス供給部に前記処理室内へ酸化性ガス及び還元性ガスを供給させるとともに、供給された酸化性ガス及び還元性ガスを前記励起部に励起させるように制御する  
基板処理装置。

【 0 0 5 8 】

〔 付 記 2 〕

前記加熱部は、前記第一基板支持部及び前記処理室の少なくともいずれか一方に設けられている付記 1 記載の基板処理装置。

10

【 0 0 5 9 】

〔 付 記 3 〕

金属元素含有膜及びシリコン含有膜が露出した被処理基板を処理室に搬入する搬入工程と、

被処理基板を加熱する加熱工程と、

被処理基板を処理する処理工程と、

を有し、

前記処理工程は、

被処理基板を第一基板支持部に載置するステップと、

加熱部が被処理基板を加熱するステップと、

ガス供給部が前記処理室内に酸化性ガス及び還元性ガスを供給するステップと、

供給された酸化性ガス及び還元性ガスを励起部が励起するステップと、

排気部が前記処理室を排気するステップと、

を有し、

前記加熱工程は、

被処理基板を、前記第一基板支持部の上で支持する第二基板支持部に載置するステップと、

前記排気部が前記処理室内を排気するステップと、

前記ガス供給部が前記処理室内に還元性ガスを供給するステップと、

前記加熱部が被処理基板を加熱するステップと、

20

30

を有する

半導体装置の製造方法。

【 0 0 6 0 】

〔 付 記 4 〕

ガスの供給を停止するガス停止工程をさらに有し、

前記停止工程は、

酸化性ガスの供給を停止するステップと、

酸化性ガスの供給を停止した後に、還元性ガスの供給を停止するステップと、

を有する

付記 3 記載の半導体装置の製造方法。

40

【 0 0 6 1 】

〔 付 記 5 〕

金属膜及びシリコン膜が表面に露出している被処理基板を処理室に搬入する搬入工程と、

前記処理室内の雰囲気還元性ガスで置換する置換工程と、

前記処理室内の雰囲気が還元性ガスで置換された後に、前記処理室に還元性ガスと酸化性ガスとを導入し、プラズマ放電することで被処理基板を処理する処理工程と、

を有し、

前記置換工程において、前記処理室内の圧力を調整することで還元性ガスから被処理基板への熱伝導量を制御する基板処理方法。

50

## 【 0 0 6 2 】

## 〔 付 記 6 〕

前記置換工程に先立ち、前記処理室内の雰囲気ガスを排気する排気行程をさらに有する  
服 5 記載の基板処理方法。

## 【 0 0 6 3 】

## 〔 付 記 7 〕

前記処理工程の後に、ガスの供給及びプラズマ放電を停止させるプラズマ停止工程をさ  
らに有し、

前記停止工程においては、酸化性ガスの導入を停止させた後に、還元性ガスの導入とプ  
ラズマ放電とが停止させる付記 5 又は 6 記載の基板処理方法。

10

## 【 0 0 6 4 】

## 〔 付 記 8 〕

還元性ガスとして水素ガスを用いる付記 5 乃至 7 いずれか記載の基板処理方法。

## 【 0 0 6 5 】

## 〔 付 記 9 〕

前記置換工程では、処理室内の圧力を前記搬送工程の圧力よりも高くする基板処理方法  
。

## 【 0 0 6 6 】

## 〔 付 記 1 0 〕

また、前記被処理基板上には、金属元素含有膜とシリコン含有膜が積層された微細な凸  
構造が複数形成されている。

20

## 【 0 0 6 7 】

## 〔 付 記 1 1 〕

また、前記ガス停止工程と前記プラズマ停止工程の何れか若しくは両方の工程では、前  
記被処理基板を前記第二基板支持部で支持する。

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 0 6 8 】

以上で説明をしたように、本発明は、基板処理装置と、半導体装置の製造方法とに適用  
することができる。

## 【 符号の説明 】

30

## 【 0 0 6 9 】

1 0 0 : 基板処理装置

1 2 1 : コントローラ

2 0 0 : ウエハ

2 0 1 : 処理室

2 1 5 : 筒状電極

2 1 6 : 筒状磁石

2 1 7 : サセプタ

2 3 1 : ガス排気管

2 3 2 : ガス供給管

2 3 6 : シャワーヘッド

2 4 6 : 真空ポンプ

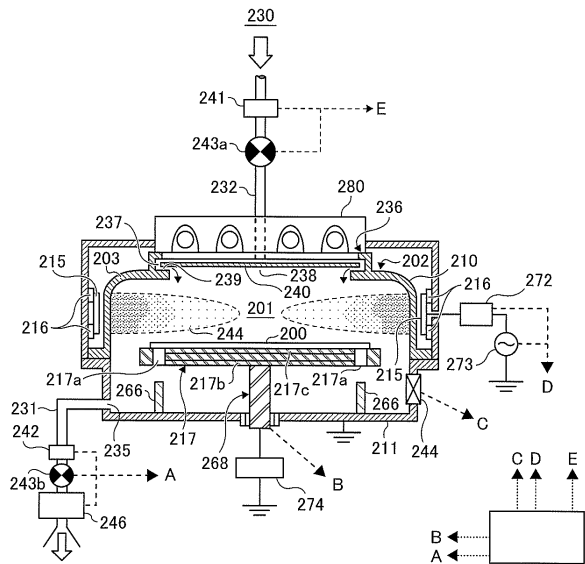
2 6 6 : リフトピン

2 6 8 : サセプタ昇降機構

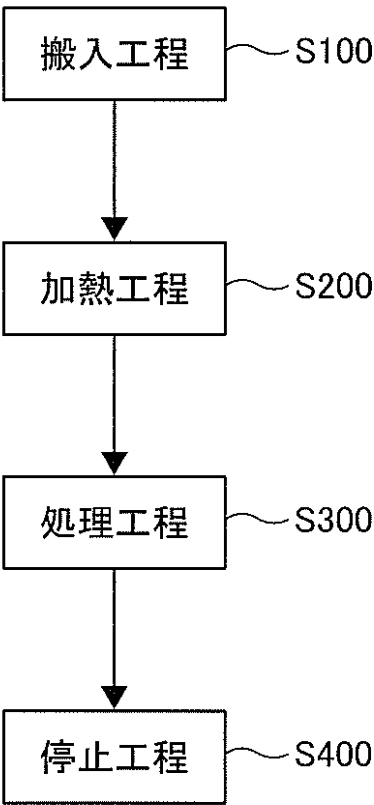
2 7 3 : 高周波電源

40

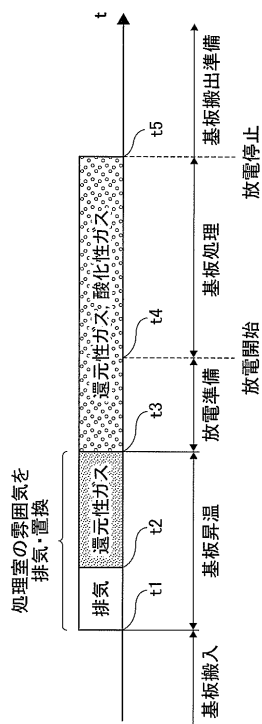
【図 1】



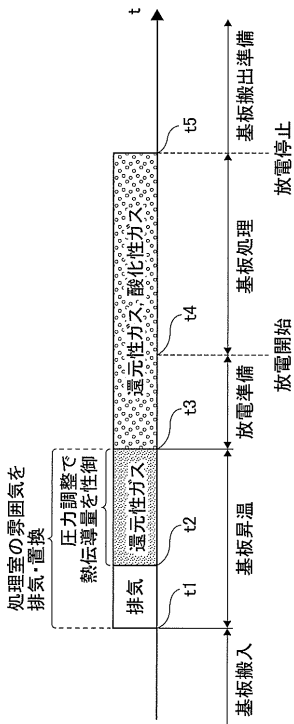
【図 2】



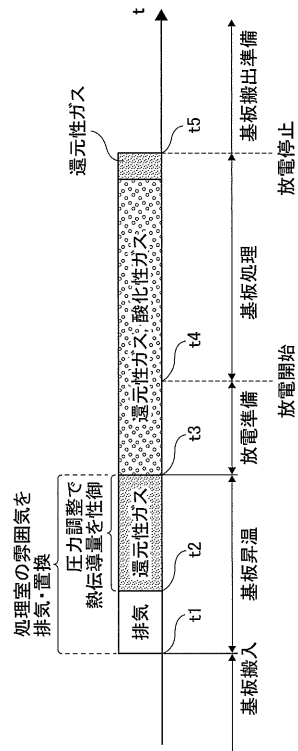
【図 3】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 0 2 9 4 1 5 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 1 2 8 0 1 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 8 - 0 4 2 0 2 3 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H 0 1 L 2 1 / 3 1  
H 0 1 L 2 1 / 3 1 6