

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-110293

(P2017-110293A)

(43) 公開日 平成29年6月22日(2017.6.22)

(51) Int.Cl.

C23C 16/26 (2006.01)
HO1L 21/314 (2006.01)
HO1L 21/3065 (2006.01)
HO1L 21/31 (2006.01)

F 1

C 23 C 16/26
HO 1 L 21/314 A
HO 1 L 21/302 104 Z
HO 1 L 21/31 B

テーマコード(参考)

4 K 03 0
5 F 00 4
5 F 04 5
5 F 05 8

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-219861 (P2016-219861)
(22) 出願日 平成28年11月10日 (2016.11.10)
(31) 優先権主張番号 特願2015-244234 (P2015-244234)
(32) 優先日 平成27年12月15日 (2015.12.15)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂五丁目3番1号
(74) 代理人 10009944
弁理士 高山 宏志
北村 昌幸
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内
(72) 発明者 清水 亮
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内
(72) 発明者 渡邊 要介
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

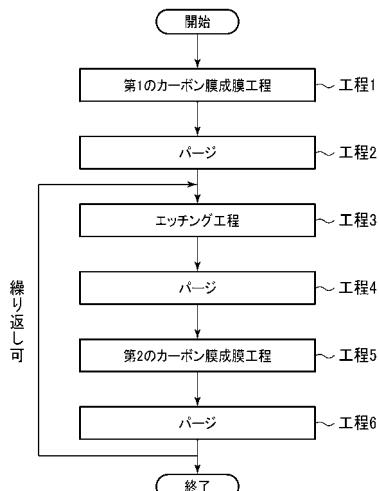
(54) 【発明の名称】カーボン膜の成膜方法および成膜装置

(57) 【要約】

【課題】段差形状の埋め込みを含むカーボン膜を熱CVD法で成膜する際に、埋め込み部分に欠陥が生じ難いカーボン膜の成膜方法を提供する。

【解決手段】段差形状部が形成された被処理面を有する被処理体を加熱した状態で、被処理体に炭化水素系カーボンソースガスを含む成膜ガスを供給して、段差形状部に第1のカーボン膜が埋め込まれるように第1のカーボン膜を成膜し、被処理体を加熱した状態で、被処理体にエッチングガスを供給し、段差形状部内の第1のカーボン膜に、段差形状部の間口部分で広く、底部に行くに従って狭くなるV字型のエッチング領域が形成されるように第1のカーボン膜をエッチングし、被処理体を加熱した状態で、被処理体に炭化水素系カーボンソースガス含む成膜ガスを供給して、エッチング領域に第2のカーボン膜が埋め込まれるように第2のカーボン膜を成膜する。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

段差形状部が形成された被処理面を有する被処理体上に、カーボン膜を成膜するカーボン膜の成膜方法であって、

前記被処理体を加熱した状態で、前記被処理体に炭化水素系カーボンソースガスを含む成膜ガスを供給して、前記段差形状部に第1のカーボン膜が埋め込まれるように第1のカーボン膜を成膜する第1のカーボン膜成膜工程と、

前記被処理体を加熱した状態で、前記被処理体にエッティングガスを供給し、前記段差形状部内の前記第1のカーボン膜に、前記段差形状部の間口部分で広く、底部に行くに従つて狭くなるV字型のエッティング領域が形成されるように前記第1のカーボン膜をエッティングするエッティング工程と、

前記被処理体を加熱した状態で、前記被処理体に炭化水素系カーボンソースガス含む成膜ガスを供給して、前記エッティング領域に第2のカーボン膜が埋め込まれるように第2のカーボン膜を成膜する第2のカーボン膜成膜工程と
を有することを特徴とするカーボン膜の成膜方法。

【請求項 2】

前記第1のカーボン膜成膜工程と、前記エッティング工程と、前記第2のカーボン膜成膜工程とは、同一の成膜装置内に形成された同一の処理室内で連続して行われることを特徴とする請求項1に記載のカーボン膜の成膜方法。

【請求項 3】

前記第1のカーボン膜成膜工程と、前記エッティング工程と、前記第2のカーボン膜成膜工程とは、同じ温度で行われることを特徴とする請求項2に記載のカーボン膜の成膜方法。

【請求項 4】

前記第1のカーボン膜成膜工程と前記エッティング工程の間、前記エッティング工程と前記第2のカーボン膜成膜工程との間、前記第2のカーボン膜成膜工程の後に、前記処理室をページするページ工程を行うことを特徴とする請求項2または請求項3に記載のカーボン膜の成膜方法。

【請求項 5】

前記エッティング工程と、前記第2のカーボン膜成膜工程とを、複数回繰り返すことを特徴とする請求項1から請求項4に記載のカーボン膜の成膜方法。

【請求項 6】

前記第1のカーボン膜成膜工程と前記第2のカーボン膜成膜工程において、前記成膜ガスとして、前記炭化水素系カーボンソースガスに熱分解温度降下ガスを添加したものを用い、前記炭化水素系カーボンソースガスの熱分解温度を降下させ、成膜温度を350～450にすることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載のカーボン膜の成膜方法。

【請求項 7】

前記第1のカーボン膜成膜工程は、前記カーボン膜が前記段差形状部に完全に埋め込まれる前の、隙間が形成されている状態で終了することを特徴とする請求項1から請求項6のいずれか1項に記載のカーボン膜の成膜方法。

【請求項 8】

前記エッティングガスは、酸素ガス(O₂)もしくはオゾンガス(O₃)を含む酸素系ガス、またはハロゲン元素を含むハロゲン系ガスであることを特徴とする請求項1から請求項7のいずれか1項に記載のカーボン膜の成膜方法。

【請求項 9】

前記炭化水素系カーボンソースガスが、



10

20

30

40

50

の少なくとも一つの分子式で表わされる炭化水素を含むガス（ただし、nは1以上の自然数、mは2以上の自然数）であることを特徴とする請求項1から請求項8のいずれか1項に記載のカーボン膜の成膜方法。

【請求項10】

段差形状部が形成された被処理面を有する被処理体上に、カーボン膜を成膜するカーボン膜の成膜装置であって、

段差形状部が形成された被処理面を有する被処理体を収容する処理室を有する処理容器と、

前記処理室内に、処理に使用するガスを供給する処理ガス供給機構と、

前記処理室内に収容された前記被処理体を加熱する加熱装置と、

前記処理ガス供給機構、および前記加熱装置を制御する制御部と、を具備し、

前記制御部が、請求項1から請求項9のいずれか1項に記載のカーボン膜の成膜方法が実施されるように前記処理ガス供給機構、および前記加熱装置を制御することを特徴とするカーボン膜の成膜装置。

【請求項11】

コンピュータ上で動作し、カーボン膜の成膜装置を制御するための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1から請求項9のいずれかのカーボン膜の成膜方法が行われるように、コンピュータに前記カーボン膜の成膜装置を制御させることを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カーボン膜を段差形状に対して埋め込むカーボン膜の成膜方法および成膜装置に関する。

【背景技術】

【0002】

次世代半導体デバイスのパターニング工程に用いられる材料の一つとしてカーボン（C）が注目されている。パターニング工程では段差形状に対する埋め込み性が良好であることが求められる。

【0003】

段差形状に対する埋め込み性が良好な成膜手法として、塗布方式が検討されているが、耐熱性に問題がある。

【0004】

一方、一般的に、カーボン膜の成膜方法としては、特許文献1に記載されているプラズマCVD法、あるいは特許文献2に記載されている熱CVD法が知られているが、これらはパターニング工程の膜として用いるには、段差形状に対する埋め込み性が十分とはいえない。特に、プラズマCVD法では比較的低い温度で成膜することができるものの、段差形状に対する埋め込み性がより低いものとなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開2008/105321号

【特許文献2】特開2012-17502号公報

【特許文献3】特開2014-33186号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

耐熱性および段差形状に対する埋め込み性の両方を考慮すると、熱CVD法が適していると考えられるが、パターンの微細化にともなって、熱CVD法では条件を調整しても、段差形状に埋め込んだカーボン膜に、ボイドやシーム等の欠陥が生じることがある。

10

20

30

40

50

【0007】

したがって、本発明は、段差形状の埋め込みを含むカーボン膜を熱CVD法で成膜する際に、埋め込み部分に欠陥が生じ難いカーボン膜の成膜方法および成膜装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第1の観点は、段差形状部が形成された被処理面を有する被処理体上に、カーボン膜を成膜するカーボン膜の成膜方法であって、前記被処理体を加熱した状態で、前記被処理体に炭化水素系カーボンソースガスを含む成膜ガスを供給して、前記段差形状部に第1のカーボン膜が埋め込まれるように第1のカーボン膜を成膜する第1のカーボン膜成膜工程と、前記被処理体を加熱した状態で、前記被処理体にエッティングガスを供給し、前記段差形状部内の前記第1のカーボン膜に、前記段差形状部の間口部分で広く、底部に行くに従って狭くなるV字型のエッティング領域が形成されるように前記第1のカーボン膜をエッティングするエッティング工程と、前記被処理体を加熱した状態で、前記被処理体に炭化水素系カーボンソースガス含む成膜ガスを供給して、前記エッティング領域に第2のカーボン膜が埋め込まれるように第2のカーボン膜を成膜する第2のカーボン膜成膜工程とを有することを特徴とするカーボン膜の成膜方法を提供する。

10

【0009】

前記第1のカーボン膜成膜工程と、前記エッティング工程と、前記第2のカーボン膜成膜工程とは、同一の成膜装置内に形成された同一の処理室内で連続して行われることが好ましい。前記第1のカーボン膜成膜工程と、前記エッティング工程と、前記第2のカーボン膜成膜工程とは、同じ温度で行われることが好ましい。前記第1のカーボン膜成膜工程と前記エッティング工程の間、前記エッティング工程と前記第2のカーボン膜成膜工程との間、前記第2のカーボン膜成膜工程の後に、前記処理室をページするページ工程を行うことが好ましい。

20

【0010】

前記エッティング工程と、前記第2のカーボン膜成膜工程とを、複数回繰り返してもよい。また、前記第1のカーボン膜成膜工程と前記第2のカーボン膜成膜工程において、前記成膜ガスとして、前記炭化水素系カーボンソースガスに熱分解温度降下ガスを添加したものを用い、前記炭化水素カーボンソースガスの熱分解温度を降下させ、成膜温度を350～450にすることが好ましい。

30

【0011】

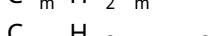
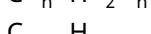
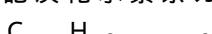
前記第1のカーボン膜成膜工程は、前記カーボン膜が前記段差形状部に完全に埋め込まれる前の、隙間が形成されている状態で終了することが好ましい。

【0012】

前記エッティングガスとしては、酸素ガス(O₂)もしくはオゾンガス(O₃)を含む酸素系ガス、またはハロゲン元素を含むハロゲン系ガスを好適に用いることができる。

【0013】

前記炭化水素系カーボンソースガスとしては、



40

の少なくとも一つの分子式で表わされる炭化水素を含むガス(ただし、nは1以上の自然数、mは2以上の自然数)を好適に用いることができる。

【0014】

本発明の第2の観点は、段差形状部が形成された被処理面を有する被処理体上に、カーボン膜を成膜するカーボン膜の成膜装置であって、段差形状部が形成された被処理面を有する被処理体を収容する処理室を有する処理容器と、前記処理室内に、処理に使用するガスを供給する処理ガス供給機構と、前記処理室内に収容された前記被処理体を加熱する加熱装置と、前記処理ガス供給機構、および前記加熱装置を制御する制御部と、を具備し、

50

前記制御部が、上記第1の観点のカーボン膜の成膜方法が実施されるように前記処理ガス供給機構、および前記加熱装置を制御することを特徴とするカーボン膜の成膜装置を提供する。

【0015】

本発明の第3の観点は、コンピュータ上で動作し、カーボン膜の成膜装置を制御するための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1の観点のカーボン膜の成膜方法が行われるように、コンピュータに前記カーボン膜の成膜装置を制御させることを特徴とする記憶媒体を提供する。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、第1のカーボン膜成膜工程により、段差形状部内に第1のカーボン膜を埋め込んだ後、エッチング工程により第1のカーボン膜にV字型のエッチング領域を形成し、その後、第2のカーボン膜成膜工程により、V字型のエッチング領域に第2のカーボン膜を埋め込むので、段差形状部内にボイドやシームのない状態でカーボン膜を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の成膜方法を実施することができる成膜装置の一例を概略的に示す断面図である。

【図2】本発明の一実施形態が適用されるウエハの構造を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態に係るカーボン膜の成膜方法のフローを示すフロー図である。

【図4】本発明の一実施形態に係るカーボン膜の成膜方法を実施する際の工程断面図である。

【図5】図4の工程断面図と、これら工程を行った際の断面のSEM写真、およびエッチング工程および第2のカーボン膜成膜工程を2回繰り返した後の断面のSEM写真を示す図である。

【図6】工程3～工程6を2回以上繰り返す際のシーケンスの例を示すタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0019】

<本発明を実施するための装置の一例>

図1は本発明の成膜方法を実施することができる成膜装置の一例を概略的に示す断面図である。

【0020】

図1に示すように、成膜装置100は、縦型のバッチ式成膜装置として構成され、有天井の円筒状の外壁101と、外壁101の内側に設けられ、円筒状の内壁102とを備えている。外壁101および内壁102は、例えば、石英製であり、内壁102の内側領域が、被処理体である半導体ウエハ（以下、単にウエハと記す）Wを複数枚一括して処理する処理室Sとなっている。

【0021】

外壁101と内壁102とは環状空間104を隔てつつ水平方向に沿って互いに離れており、各々の下端部において、ベース材105に接合されている。内壁102の上端部は、外壁101の天井部から離隔されており、処理室Sの上方が環状空間104に連通されるようになっている。処理室Sの上方に連通される環状空間104は排気路となる。処理室Sに供給され、拡散されたガスは、処理室Sの下方から処理室Sの上方へと流れて、環状空間104に吸引される。環状空間104の、例えば、下端部には排気管106が接続されており、排気管106は、排気装置107に接続されている。排気装置107は真空

10

20

30

40

50

ポンプ等を含んで構成され、処理室 S を排気し、また、処理室 S の内部の圧力を処理に適切な圧力となるように調節する。

【 0 0 2 2 】

外壁 101 の外側には、加熱装置 108 が、処理室 S の周囲を取り囲むように設けられている。加熱装置 108 は、処理室 S の内部の温度を処理に適切な温度となるように調節し、複数枚のウエハ W を一括して加熱する。

【 0 0 2 3 】

処理室 S の下方はベース材 105 に設けられた開口 109 に連通している。開口 109 には、例えば、ステンレススチールにより円筒状に成形されたマニホールド 110 が O リング等のシール部材 111 を介して連結されている。マニホールド 110 の下端部は開口となつてあり、この開口を介してポート 112 が処理室 3 の内部に挿入される。ポート 112 は、例えば、石英製であり、複数本の支柱 113 を有している。支柱 113 には、図示せぬ溝が形成されており、この溝により、複数枚の被処理基板が一度に支持される。これにより、ポート 112 は、被処理基板として複数枚、例えば、50 ~ 150 枚のウエハ 1 を多段に載置することができる。複数のウエハ 1 を載置したポート 112 が、処理室 S の内部に挿入されることで、処理室 S の内部には、複数のウエハ W を収容することができる。

10

【 0 0 2 4 】

ポート 112 は、石英製の保温筒 114 を介してテーブル 115 の上に載置される。テーブル 115 は、例えば、ステンレススチール製の蓋部 116 を貫通する回転軸 117 上に支持される。蓋部 116 は、マニホールド 110 の下端部の開口を開閉する。蓋部 116 の貫通部には、例えば、磁性流体シール 118 が設けられ、回転軸 117 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 116 の周辺部とマニホールド 110 の下端部との間には、例えば、O リングよりなるシール部材 119 が介設され、処理室 S の内部のシール性を保持している。回転軸 117 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 120 の先端に取り付けられている。これにより、ウエハポート 112 および蓋部 116 等は、一体的に鉛直方向に昇降されて処理室 S に対して挿脱される。

20

【 0 0 2 5 】

成膜装置 100 は、処理室 S の内部に、処理に使用するガスを供給する処理ガス供給機構 130 を有している。

30

【 0 0 2 6 】

本例の処理ガス供給機構 130 は、炭化水素系カーボンソースガス供給源 131a 、熱分解温度降下ガス供給源 131b 、不活性ガス供給源 131c 、およびエッティングガス供給源 131d を含んでいる。

40

【 0 0 2 7 】

炭化水素系カーボンソースガス供給源 131a は、流量制御器（ MFC ） 132a および開閉弁 133a を介してガス供給口 134a に接続されている。同様に、熱分解温度降下ガス供給源 131b は流量制御器（ MFC ） 132b および開閉弁 133b を介してガス供給口 134b に接続され、不活性ガス供給源 131c は流量制御器（ MFC ） 132c および開閉弁 133c を介してガス供給口 134c に接続されている。エッティングガス供給源 131d は流量制御器（ MFC ） 132d および開閉弁 133d を介してガス供給口 134d に接続されている。ガス供給口 134a ~ 134d はそれぞれ、マニホールド 110 の側壁を水平方向に沿って貫通するように設けられ、供給されたガスを、マニホールド 110 の上方にある処理室 S の内部に向けて拡散させる。

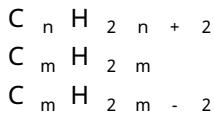
【 0 0 2 8 】

炭化水素系カーボンソースガス供給源 131a から供給される炭化水素系カーボン水素ガスは、熱 CVD 法によりカーボン膜を成膜するためのガスである。

【 0 0 2 9 】

炭化水素系カーボンソースガスとしては、

50



の少なくとも一つの分子式で表わされる炭化水素を含むガスを挙げることができる（ただし、nは1以上の自然数、mは2以上の自然数）。

【0030】

また、炭化水素系カーボンソースガスとしては、

ベンゼンガス（C₆H₆）

が含まれていてもよい。

【0031】

分子式C_nH_{2n+2}で表わされる炭化水素としては、

メタンガス（CH₄）

エタンガス（C₂H₆）

プロパンガス（C₃H₈）

ブタンガス（C₄H₁₀：他の異性体も含む）

ペンタンガス（C₅H₁₂：他の異性体も含む）

などを挙げることができる。

10

【0032】

分子式C_mH_{2m}で表わされる炭化水素としては、

エチレンガス（C₂H₄）

プロピレンガス（C₃H₆：他の異性体も含む）

ブチレンガス（C₄H₈：他の異性体も含む）

ペンテンガス（C₅H₁₀：他の異性体も含む）

20

などを挙げることができる。

【0033】

分子式C_mH_{2m-2}で表わされる炭化水素としては、

アセチレンガス（C₂H₂）

プロピンガス（C₃H₄：他の異性体も含む）

ブタジエンガス（C₄H₆：他の異性体も含む）

イソブレンガス（C₅H₈：他の異性体も含む）

30

などを挙げることができる。

【0034】

熱分解温度降下ガス供給源131bから供給される熱分解温度降下ガスは、炭化水素系カーボンソースガスの熱分解温度を降下させて、熱CVD法によるカーボン膜の成膜温度を低下させる機能を有するガスである。

【0035】

熱分解温度降下ガスとしては、ハロゲン元素を含むガスを好適に用いることができる。ハロゲン元素としては、フッ素（F）、塩素（Cl）、臭素（Br）、ヨウ素（I）を挙げることができる。熱分解温度を降下させる効果を高めるためには、ハロゲンガス単体のガスであることが好ましく、C₁₂ガスを好適に用いることができる。

40

【0036】

不活性ガス供給源131cから供給される不活性ガスは、パージガスや希釈ガスとして用いられる。不活性ガスとしては、例えばN₂ガスや、Arガス等の希ガスを用いることができる。

【0037】

エッティングガス供給源131dから供給されるエッティングガスは、最初に形成されたカーボン膜をエッティングするためのものである。エッティングガスとしては、酸素ガス（O₂）やオゾンガス（O₃）等の酸素系ガスや、F、Br、Cl等を含むハロゲン系ガス、例えばC₁₂ガスを用いることができる。

【0038】

50

成膜装置 100 は制御部 150 を有している。制御部 150 は、例えば、マイクロプロセッサ（コンピュータ）からなるプロセスコントローラ 151 を備えており、成膜装置 100 の各構成部の制御は、プロセスコントローラ 151 が行う。プロセスコントローラ 151 には、ユーザーインターフェース 152 と、記憶部 153 とが接続されている。

【0039】

ユーザーインターフェース 152 は、オペレータが成膜装置 100 を管理するためにコマンドの入力操作等を行うためのタッチパネルディスプレイやキーボードなどを含む入力部、および成膜装置 100 の稼働状況を可視化して表示するディスプレイなどを含む表示部を備えている。

【0040】

記憶部 153 は、成膜装置 100 で実行される各種処理をプロセスコントローラ 151 の制御にて実現するための制御プログラムや、成膜装置 100 の各構成部に処理条件に応じた処理を実行させるためのプログラムを含んだ、いわゆるプロセスレシピが格納される。プロセスレシピは、記憶部 153 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、プロセスレシピは、他の装置から、例えば専用回線を介して適宜伝送させるようにしてもよい。

【0041】

プロセスレシピは、必要に応じてユーザーインターフェース 152 からのオペレータの指示等にて記憶部 153 から読み出され、プロセスコントローラ 151 は、読み出されたプロセスレシピに従った処理を成膜装置 100 に実行させる。

【0042】

<カーボン膜の成膜方法>

次に、図 1 の成膜装置により実施される、本発明のカーボン膜の成膜方法の一実施形態について説明する。

【0043】

図 2 は本発明の一実施形態が適用されるウエハ W の構造を示す図、図 3 は本発明の一実施形態に係るカーボン膜の成膜方法のフローを示すフロー図、図 4 はその際の工程断面図である。

【0044】

まず、図 2 に示すような、上部に所定の構造が形成されたシリコン基体 1 の上にシリコン酸化膜等からなる層間絶縁膜 2 が形成され、層間絶縁膜 2 に段差形状部としてコンタクトホールやビアホール等の凹部 3 が形成されたウエハ W を、複数、例えば 50 ~ 150 枚ポート 112 に搭載し、複数のウエハ W が搭載されたポート 112 を成膜装置 100 内の処理室 S 内に下方から搬入し、蓋部 116 でマニホールド 110 の下端開口部を閉じることにより処理室 S 内を密閉空間とする。この状態で処理室 S 内を真空引きして所定の減圧雰囲気に維持するとともに、加熱装置 108 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 112 を回転させた状態でカーボン膜の成膜処理を行う。

【0045】

本実施形態において、カーボン膜の成膜は、主要工程として、第 1 のカーボン膜成膜工程、エッティング工程、および第 2 のカーボン膜成膜工程を、成膜装置 100 により in-situ で行う。

【0046】

以下、詳細に説明する。

最初に、第 1 のカーボン膜成膜工程を実施する（工程 1）。

工程 1 の第 1 のカーボン膜の成膜は、炭化水素系カーボンソースガス供給源 131a から炭化水素系カーボンソースガスとして、上述したような炭化水素を含むガス、例えば C_5H_8 ガスを処理室 S に供給するとともに、熱分解温度降下ガス供給源 131b から上述したような熱分解温度降下ガスとして、ハロゲン元素を含むガス、例えば C_1_2 ガスを供

10

20

30

40

50

給して熱CVD法により行う。

【0047】

工程1においては、炭化水素系カーボンソースガスが熱分解して生じた第1のカーボン膜4aが段差形状部である凹部3に埋め込まれるが、埋め込みを完全に完了せずに中途で終わらせる(図4(a))。

【0048】

CVD法の場合、図2に示すように、凹部3が中間部分で膨らんだ形状となるボーアイングが生じて、凹部3の間口が狭くなることが多く、しかもソースガスが段差形成部である凹部3の入口部分に優先的に供給され、オーバーハングが生じやすい。ボーアイングやオーバーハングが生じた場合には、そのままカーボン膜の埋め込みを継続すると、埋め込んだカーボン膜中にボイドやシームが形成されて残存する可能性が高い。そこで、工程1の第1のカーボン膜成膜工程では、凹部3の間口がオーバーハングにより塞がれる前に成膜を停止する。すなわち、図4(a)に示すように、凹部3の側面に形成された第1のカーボン膜4aの中央部に、隙間5が存在する状態で終了する。第1のカーボン膜4aの成膜停止のタイミングは、予め実験で求めておくことが好ましい。

10

【0049】

工程1においては、第1のカーボン膜4aを成膜する際の炭化水素系カーボンソースガスの分解温度が700~800程度と高いことから、熱分解温度降下ガスを添加することにより炭化水素系カーボンソースガスの熱分解温度を降下させてもよい。熱分解温度降下ガスとしてはハロゲン元素含有ガス、例えばC1₂ガスを好適に用いることができ、これにより成膜温度を350~450の範囲にすることができる。炭化水素系カーボンソースガスと熱分解温度降下ガスの流量比は、100:1~1000:1程度とすることが好ましい。

20

【0050】

熱分解温度降下ガスは必須ではなく、炭化水素系カーボンソースガスのみを用いてカーボン膜を成膜してもよい。ただし、炭化水素系カーボンソースガスの分解温度が高いと成膜中にシリコン基体に形成されたトランジスタ等に影響が出るおそれがある場合には、熱分解温度降下ガスを用いて炭化水素系カーボンソースガスの熱分解温度を降下させることが好ましい。

30

【0051】

工程1の他の条件としては、以下の条件を挙げることができる。

処理圧力: 1~100 Torr (133~13300 Pa)

処理時間: 3~5 min

【0052】

工程1の後、処理室Sを排気装置107により排気するとともに、不活性ガス供給源131cから処理室Sにバージガスとして例えばN₂ガスを供給して処理室Sのバージを行う(工程2)。これにより、処理室Sから炭化水素系カーボンソースガスおよび熱分解温度降下ガスが排出される。

【0053】

バージ終了後、引き続き、エッティング工程を実施する(工程3)。

40

工程3のエッティングは、エッティングガス供給源131dから、上述したエッティングガス、例えばO₃ガスを処理室Sに供給することにより、第1のカーボン膜4aをエッティングする(図4(b))。この際に、エッティングガスとともに、不活性ガスを希釈ガスとして添加してもよい。

【0054】

工程3のエッティングの際には、エッティングガスが上方から第1のカーボン膜4aに供給されてエッティングが進行するが、エッティングガスは隙間5の内部に入り込みにくいので、隙間5の上部のほうが隙間5の底部よりも優先的にエッティングされる。このため、図4(b)のように、エッティング領域6は、間口が広く底部に行くに従って狭くなるV字型となる。

50

【0055】

エッティングの際の温度は、スループットを高くする観点から、加熱装置108によるウエハWの加熱温度を工程1と同じ温度であることが好ましい。ただし、熱分解温度降下ガスを用いない場合は、カーボン膜の成膜温度は700～800程度になり、エッティングをこの温度範囲で行うと、エッティングレートが速すぎるおそれがある。このため、工程1の第1のカーボン膜成膜時の温度を、熱分解温度降下ガスを用いて350～450とし、工程3のエッティングも350～450の範囲の温度で行うようにすることが好ましい。

【0056】

なお、工程3の他の条件としては、以下の条件を挙げることができる。

処理圧力：0.2～4.5 Torr (26.6～598.5 Pa)

処理時間：3～5 min

10

【0057】

工程3の後、処理室Sを排気装置107により排気するとともに、不活性ガス供給源131cから処理室Sにバージガスとして例えばN₂ガスを供給して処理室Sのバージを行う（工程4）。これにより、処理室Sからエッティングガスが排出される。

【0058】

バージ終了後、第2のカーボン膜成膜工程を実施する（工程5）。

工程5の第2のカーボン膜の成膜は、工程1と同様、炭化水素系カーボンソースガス供給源131aから炭化水素系カーボンソースガスとして、炭化水素を含むガス、例えばC₅H₈ガスを処理室Sに供給するとともに、熱分解温度降下ガス供給源131bから熱分解温度降下ガスとして、ハロゲン元素を含むガス、例えばCl₂ガスを供給して熱CVD法により行う。このときの成膜温度は、工程1の第1のカーボン膜成膜工程、および工程3のエッティング工程と同じ温度であることが好ましい。

20

【0059】

工程5においては、炭化水素系カーボンソースガスが熱分解して生じた第2のカーボン膜4bが、エッティング領域6に埋め込まれる（図4（c））。

【0060】

このとき、エッティング領域6は、間口が広く底部が狭いV字型をなしているので、熱CVD法により第2のカーボン膜4bを埋め込む際に、エッティング領域6の底部にカーボンソースガスが到達しやすく、内部にボイドやシームが形成されることを有効に防止することができる。

30

【0061】

このようにして、凹部3内に、ボイドやシームを生じさせることなく、第1のカーボン膜4aおよび第2のカーボン膜4bからなるカーボン膜4を埋め込むことができる。

【0062】

工程5においては、工程1の第1のカーボン膜4aの成膜の際と同様、熱分解温度降下ガスを添加することにより炭化水素系カーボンソースガスの熱分解温度を降下させて、成膜温度を例えば350～450にすることが好ましいが、熱分解温度降下ガスは必須ではなく、炭化水素系カーボンソースガスのみを用いてカーボン膜を成膜してもよい。また、他の成膜条件も工程1の第1のカーボン膜4aの成膜と同様の条件で第2のカーボン膜4bを形成することができる。

40

【0063】

工程5の後、処理室Sを排気装置107により排気するとともに、不活性ガス供給源131cから処理室Sにバージガスとして例えばN₂ガスを供給して処理室Sのバージを行う（工程6）。これにより、処理室Sから炭化水素系カーボンソースガスおよび熱分解温度降下ガスが排出される。

【0064】

以上のように第1のカーボン膜成膜工程、エッティング工程、および第2のカーボン膜成膜工程を1回のみ行ってカーボン膜の成膜を終了してもよいが、エッティング工程および第

50

2のカーボン膜成膜工程を2回以上繰り返してもよい。具体的には、図3に示すように、工程6のバージを行った後、工程3～工程6を2回以上繰り返してもよい。エッチング工程および第2のカーボン膜成膜工程を2回以上繰り返すことにより、ボイドやシームの発生をより効果的に抑制することができる。

【0065】

このことを、図5を参照して説明する。図5は、図4の(a)～(c)の工程断面図と、これら工程を行った際の断面のSEM写真、およびエッチング工程および第2のカーボン膜成膜工程を2回繰り返した後の断面のSEM写真を示すものである。

【0066】

図5の(c)のSEM写真に示すように、第1のカーボン膜成膜工程、エッチング工程、および第2のカーボン膜成膜工程を1回のみ行った場合には、ボイドやシームは完全にならないが、図5の(d)のSEM写真に示すように、エッチング工程および第2のカーボン膜成膜工程を2回繰り返すことにより残渣物が除去され、ボイドやシームがほぼ完全になくなっていることがわかる。

【0067】

工程3～工程6を2回以上繰り返す際のシーケンスは、例えば図6に示すタイミングチャートに示すようになる。すなわち、炭化水素系カーボンソースガスの供給と、エッチングガスの供給とを、バージを挟んで繰り返すシーケンスで行うことができる。

【0068】

以上のように、本実施形態によれば、第1のカーボン膜成膜工程により、凹部3内に第1のカーボン膜4aを途中まで埋め込んだ後、エッチング工程により第1のカーボン膜4aにV字型のエッチング領域6を形成し、その後、第2のカーボン膜成膜工程により、V字型のエッチング領域6に第2のカーボン膜4bを埋め込むので、凹部3内にボイドやシームのない状態でカーボン膜4を形成することができる。

【0069】

また、第1のカーボン膜成膜工程、エッチング工程、第2のカーボン膜成膜工程を、一つの成膜装置100内でin-situで行うことができるので、高スループットでカーボン膜の埋め込みを行うことができる。さらに、第1のカーボン膜成膜工程、エッチング工程、第2のカーボン膜成膜工程を同じ温度で行うことにより、成膜温度を変更する時間がかからず、スループットを一層向上させることができる。

【0070】

<他の適用>

以上、本発明の実施形態について説明したが、この発明は、上記の実施形態に限定されることはなく、その趣旨を逸脱しない範囲で種々変形可能である。

【0071】

例えば、上記実施形態においては、縦型バッチ式の成膜装置を用いてカーボン膜を成膜する例を示したが、枚葉式の成膜装置を用いることも可能であるし、縦型以外のバッチ式成膜装置を用いることも可能である。

【0072】

また、上記実施形態では、被処理体として半導体ウエハを例にとって説明したが、半導体ウエハに限定されず、液晶表示装置等のFPD(フラットパネルディスプレイ)に用いるガラス基板や、セラミック基板等の他の被処理体にも本発明を適用することができることはいうまでもない。

【符号の説明】

【0073】

1；シリコン基体

2；層間絶縁膜

3；凹部

4；カーボン膜

4a；第1カーボン膜

10

20

30

40

50

4 b ; 第2カーボン膜

5 ; 隙間

6 ; エッチング領域

100 ; 成膜装置

130 ; 処理ガス供給機構

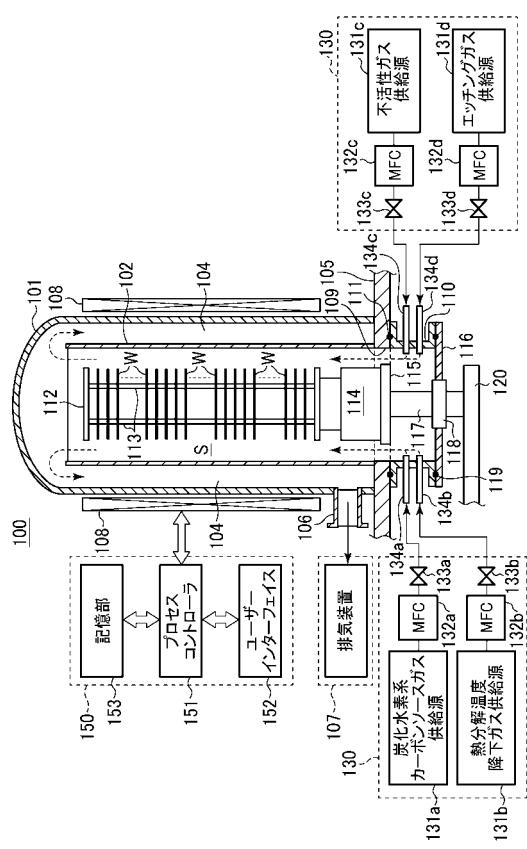
131a ; 炭化水素系カーボンソース供給源

131d ; エッチングガス供給源

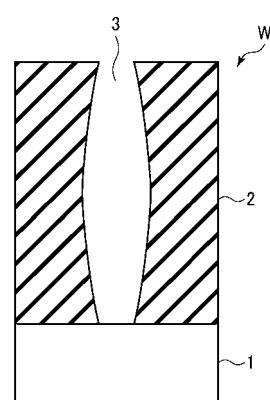
S ; 処理室

W ; 半導体ウエハ

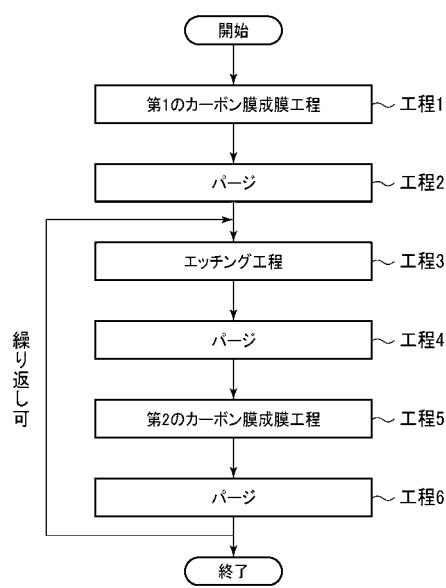
【図1】



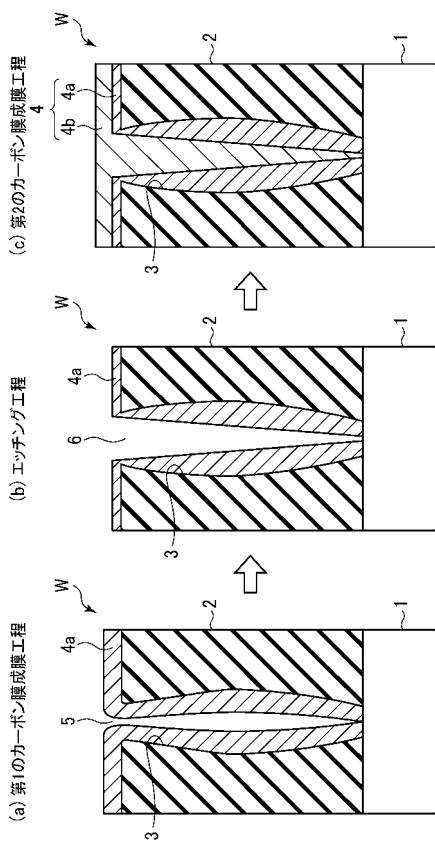
【図2】



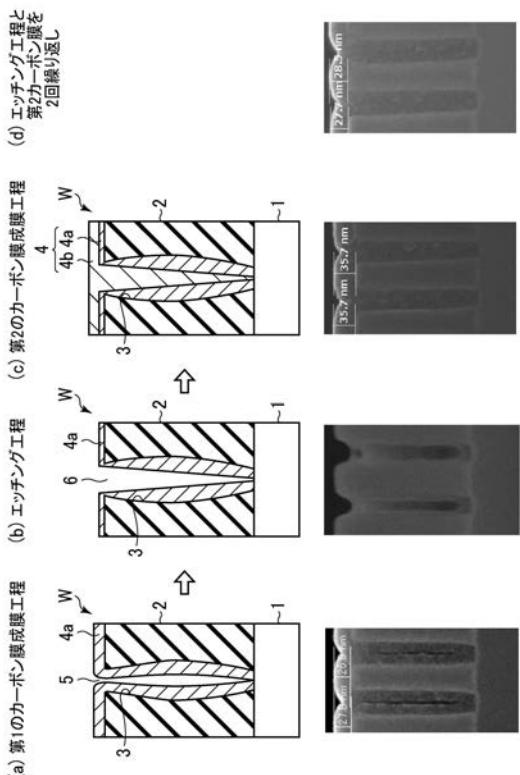
【図3】



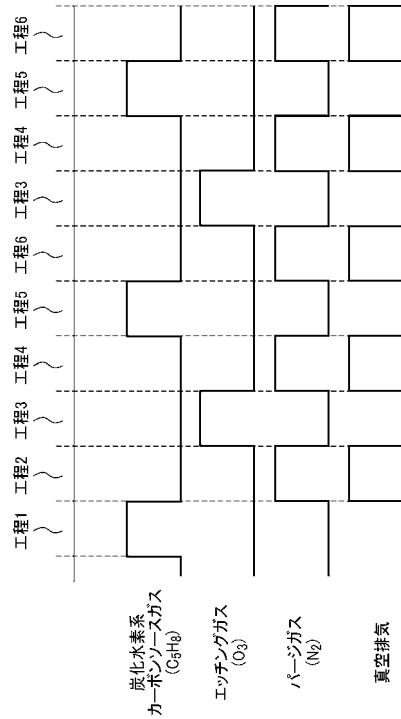
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4K030 AA09 AA18 BA27 CA04 CA11 CA12 FA10 HA01 JA10 KA26
LA15
5F004 AA12 BA01 BA19 BB19 BB26 BD04 CA04 DA04 DA26 DA27
DB00
5F045 AA03 AB07 AC07 AC15 AC16 AD07 AD08 AE21 AE23 AE25
AF08 AF11 BB19 DP19 DP28 DQ05 EC02 EE19 EF02 EF09
EK06 HA03 HA13
5F058 BC20 BD18 BE04 BF04 BF26 BF34 BH12 BJ05