

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5982223号
(P5982223)

(45) 発行日 平成28年8月31日(2016.8.31)

(24) 登録日 平成28年8月5日(2016.8.5)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 I O 1 H
H O 5 H 1/46 (2006.01)	H O 5 H 1/46 M

請求項の数 5 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2012-186344 (P2012-186344)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成24年8月27日(2012.8.27)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-45063 (P2014-45063A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成26年3月13日(2014.3.13)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成27年5月25日(2015.5.25)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	原田 彰俊
			東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
		審査官	鈴木 聡一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法、及びプラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法であって、

第1のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間に供給し、絶縁膜の表面にチタン含有物のマスク膜が形成された被処理基板を前記第1のフッ素含有ガスのプラズマを用いてエッチングする第1の工程と、

O₂ガスを前記プラズマ処理空間に供給し、前記プラズマ処理空間に表面を対向させて配置された部材に対して前記第1の工程の後に付着したカーボン含有物を前記O₂ガスのプラズマを用いて除去する第2の工程と、

窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスを前記プラズマ処理空間に供給し、前記部材に対して前記第1の工程の後に付着したチタン含有物を前記窒素含有ガス及び前記第2のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する第3の工程と

を含むことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項2】

前記第2の工程と前記第3の工程との間に、第3のフッ素含有ガスを前記プラズマ処理空間に供給し、前記部材に対して前記第1の工程の後に付着したチタン含有物を前記第3のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する第4の工程をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理方法。

【請求項3】

前記プラズマ処理装置が、

10

20

前記第 1 の工程を実行した後に前記第 2 の工程及び前記第 3 の工程を少なくとも 2 回繰り返して実行することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 4】

前記窒素含有ガスは、 N_2 ガス又は NF_3 ガスであり、前記第 2 のフッ素含有ガスは、 CF_4 ガス、 C_4F_8 ガス又は CHF_3 ガスであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 5】

絶縁膜の表面にチタン含有物のマスク膜が形成された被処理基板が配置されるプラズマ処理空間を画成する処理容器と、

第 1 のフッ素含有ガスを前記プラズマ処理空間に供給する第 1 のガス供給部と、

O_2 ガスを前記プラズマ処理空間に供給する第 2 のガス供給部と、

窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスを前記プラズマ処理空間に供給する第 3 のガス供給部と、

前記第 1 のガス供給部から前記第 1 のフッ素含有ガスを前記プラズマ処理空間に供給し、前記第 1 のフッ素含有ガスのプラズマを用いて前記被処理基板をエッチングする第 1 の工程と、前記第 2 のガス供給部から前記 O_2 ガスを前記プラズマ処理空間に供給し、前記プラズマ処理空間に表面を対向させて配置された部材に対して前記第 1 の工程の後に付着したカーボン含有物を前記 O_2 ガスのプラズマを用いて除去する第 2 の工程と、前記第 3 のガス供給部から前記窒素含有ガス及び前記第 2 のフッ素含有ガスを前記プラズマ処理空間に供給し、前記部材に対して前記第 1 の工程の後に付着したチタン含有物を前記窒素含有ガス及び前記第 2 のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する第 3 の工程とを実行する制御部と

を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の種々の側面及び実施形態は、プラズマ処理方法、及びプラズマ処理装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体の製造プロセスでは、薄膜の堆積又はエッチング等を目的としたプラズマ処理を実行するプラズマ処理装置が広く用いられている。プラズマ処理装置としては、例えば薄膜の堆積処理を行うプラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) 装置や、エッチング処理を行うプラズマエッチング装置等が挙げられる。

【0003】

プラズマ処理装置は、例えば、プラズマ処理空間を画成する処理容器、処理容器内に被処理基板を設置する試料台、及びプラズマ反応に必要な処理ガスを処理室内に導入するためのガス供給系などを備える。また、プラズマ処理装置は、処理室内の処理ガスをプラズマ化するため、マイクロ波、RF 波などの電磁エネルギーを供給するプラズマ生成機構、及びバイアス電圧を試料台に印加し、試料台上に設置された被処理基板に向けてプラズマ中のイオンを加速するためのバイアス電圧印加機構などを備える。

【0004】

ところで、プラズマ処理装置においては、デュアルダマシン配線用の絶縁膜が形成された被処理基板をエッチングする際に、絶縁膜にエッチングパターンが形成されるように、絶縁膜の表面に耐プラズマ性を有するマスク膜を形成することが知られている。この点、例えば特許文献 1 には、被処理基板の絶縁膜の表面にチタン含有物 (例えば TiN) のマスク膜を形成し、マスク膜をプラズマ処理空間に対向させて処理容器内に配置し、マスク膜をマスクとして被処理基板をエッチングすることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 2 1 6 9 6 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、従来技術では、被処理基板のエッチング特性が経時劣化する恐れがあるという問題がある。すなわち、従来技術では、TiNのマスク膜をマスクとして被処理基板をエッチングする場合に、エッチングパターンの開口部の絶縁膜のエッチングと同時にマスク膜自体がエッチングされる。このため、従来技術では、エッチングされたマスク膜から生じたチタン含有物などの付着物がプラズマ処理空間に直面する各種部材に累積的に付着してプラズマ処理空間内のプラズマ密度が変動し、その結果、被処理基板のエッチング特性が経時劣化する恐れがある。特に、複数ロットの被処理基板を処理すると、この経時劣化が顕著となる。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の一側面に係るプラズマ処理方法は、プラズマ処理装置におけるプラズマ処理方法である。プラズマ処理方法は、第 1 の工程と、第 2 の工程と、第 3 の工程を含む。第 1 の工程は、第 1 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間に供給し、絶縁膜の表面にチタン含有物のマスク膜が形成された被処理基板を前記第 1 のフッ素含有ガスのプラズマを用いてエッチングする。第 2 の工程は、O₂ ガスを前記プラズマ処理空間に供給し、前記プラズマ処理空間に表面を対向させて配置された部材に対して前記第 1 の工程の後に付着したカーボン含有物を前記 O₂ ガスのプラズマを用いて除去する。第 3 の工程は、窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスを前記プラズマ処理空間に供給し、前記部材に対して前記第 1 の工程の後に付着したチタン含有物を前記窒素含有ガス及び前記第 2 のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する。

20

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

本発明の種々の側面及び実施形態によれば、被処理基板のエッチング特性の経時劣化を抑制することができるプラズマ処理方法、及びプラズマ処理装置が実現される。

【図面の簡単な説明】

30

【 0 0 0 9 】

【図 1】図 1 は、一実施形態に係るプラズマ処理装置の構成の概略を示す縦断面図である。

【図 2 A】図 2 A は、一実施形態に係るプラズマ処理装置を用いてエッチングされる前のウェハの構成例を示す図である。

【図 2 B】図 2 B は、一実施形態に係るプラズマ処理装置を用いてエッチングされた後のウェハの構成例を示す図である。

【図 3 A】図 3 A は、チタン含有物の除去に寄与する要素を選定する実験計画法を実行した結果を示す図である。

【図 3 B】図 3 B は、チタン含有物の除去に寄与する要素を選定する実験計画法を実行した結果を示す図である。

40

【図 3 C】図 3 C は、チタン含有物の除去に寄与する要素を選定する実験計画法を実行した結果を示す図である。

【図 3 D】図 3 D は、チタン含有物の除去に寄与する要素を選定する実験計画法を実行した結果を示す図である。

【図 4】図 4 は、プラズマ処理空間に表面を対向させて配置された部材ごとのチタン含有物のエッチング量を示す図である。

【図 5 A】図 5 A は、本実施形態のプラズマ処理のモデルを示す図である。

【図 5 B】図 5 B は、本実施形態のプラズマ処理のモデルを示す図である。

【図 5 C】図 5 C は、本実施形態のプラズマ処理のモデルを示す図である。

50

【図 6】図 6 は、第 1 実施例のプラズマ処理のフローチャートを示す図である。

【図 7】図 7 は、第 2 実施例のプラズマ処理のフローチャートを示す図である。

【図 8】図 8 は、第 3 実施例のプラズマ処理のフローチャートを示す図である。

【図 9】図 9 は、第 4 実施例のプラズマ処理のフローチャートを示す図である。

【図 10A】図 10A は、本実施形態のプラズマ処理方法による効果を説明するための図（その 1）である。

【図 10B】図 10B は、本実施形態のプラズマ処理方法による効果を説明するための図（その 1）である。

【図 11】図 11 は、本実施形態のプラズマ処理方法による効果を説明するための図（その 2）である。

10

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照して種々の実施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附することとする。

【0011】

プラズマ処理方法は、第 1 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間に供給し、絶縁膜の表面にチタン含有物のマスク膜が形成された被処理基板を第 1 のフッ素含有ガスのプラズマを用いてエッチングする第 1 の工程と、 O_2 ガスをプラズマ処理空間に供給し、プラズマ処理空間に表面を対向させて配置された部材に対して第 1 の工程の後に付着したカーボン含有物を O_2 ガスのプラズマを用いて除去する第 2 の工程と、窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間に供給し、部材に対して第 1 の工程の後に付着したチタン含有物を窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する第 3 の工程とを含む。

20

【0012】

プラズマ処理方法は、1つの実施形態において、第 2 の工程と第 3 の工程との間に、第 3 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間に供給し、部材に対して第 1 の工程の後に付着したチタン含有物を第 3 のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する第 4 の工程をさらに含む。

【0013】

プラズマ処理方法は、1つの実施形態において、プラズマ処理装置が、第 1 の工程を実行した後に第 2 の工程及び第 3 の工程を少なくとも 2 回繰り返して実行する。

30

【0014】

プラズマ処理方法は、1つの実施形態において、窒素含有ガスは、 N_2 ガス及び NF_3 ガスの少なくともいずれか一つであり、第 2 のフッ素含有ガスは、 CF_4 ガス、 C_4F_8 ガス及び CHF_3 ガスの少なくともいずれか一つである。

【0015】

プラズマ処理装置は、1つの実施形態において、絶縁膜の表面にチタン含有物のマスク膜が形成された被処理基板が配置されるプラズマ処理空間を画成する処理容器と、第 1 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間に供給する第 1 のガス供給部と、 O_2 ガスをプラズマ処理空間に供給する第 2 のガス供給部と、窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間に供給する第 3 のガス供給部と、第 1 のガス供給部から第 1 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間に供給し、第 1 のフッ素含有ガスのプラズマを用いて被処理基板をエッチングする第 1 の工程と、第 2 のガス供給部から O_2 ガスをプラズマ処理空間に供給し、プラズマ処理空間に表面を対向させて配置された部材に対して第 1 の工程の後に付着したカーボン含有物を O_2 ガスのプラズマを用いて除去する第 2 の工程と、第 3 のガス供給部から窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間に供給し、部材に対して第 1 の工程の後に付着したチタン含有物を窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する第 3 の工程とを実行する制御部とを備える。

40

【0016】

図 1 は、一実施形態に係るプラズマ処理装置の構成の概略を示す縦断面図である。図 1

50

に示すように、プラズマ処理装置 1 は、プラズマ処理を行うためのプラズマ処理空間 S を画成する略円筒状の処理容器 11 を有している。処理容器 11 は、接地線 12 により電氣的に接続されて接地されている。また、処理容器 11 の表面は、プラズマ処理空間 S に対向している。すなわち、処理容器 11 は、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて設けられている。

【0017】

処理容器 11 内には、被処理基板としてのウェハ W を保持するウェハチャック 10 が設けられている。ウェハチャック 10 によって保持されるウェハ W は、後述するウェハ W のマスク膜 D2 をプラズマ処理空間 S に対向させて配置される。ウェハチャック 10 は、その下面を下部電極としてのサセプタ 13 により支持されている。サセプタ 13 は、例えばアルミニウム等の金属により略円盤状に形成されている。処理容器 11 の底部には、絶縁板 14 を介して支持台 15 が設けられ、サセプタ 13 はこの支持台 15 の上面に支持されている。ウェハチャック 10 の内部には電極（図示せず）が設けられており、当該電極に直流電圧を印加することにより生じる静電気力でウェハ W を吸着保持することができるように構成されている。

10

【0018】

サセプタ 13 の上面であってウェハチャック 10 の外周部には、プラズマ処理の均一性を向上させるための、例えばシリコンからなる導電性のフォーカスリング 20 が設けられている。サセプタ 13、支持台 15 及びフォーカスリング 20 は、例えば石英からなる円筒部材 21 によりその外側面が覆われている。また、フォーカスリング 20 の表面は、プラズマ処理空間 S に対向している。すなわち、フォーカスリング 20 は、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて設けられている。

20

【0019】

支持台 15 の内部には、冷媒が流れる冷媒路 15a が例えば円環状に設けられており、当該冷媒路 15a の供給する冷媒の温度を制御することにより、ウェハチャック 10 で保持されるウェハ W の温度を制御することができる。また、ウェハチャック 10 と当該ウェハチャック 10 で保持されたウェハ W との間に、伝熱ガスとして例えばヘリウムガスを供給する伝熱ガス管 22 が、例えばサセプタ 13、支持台 15 及び絶縁板 14 を貫通して設けられている。

【0020】

サセプタ 13 には、当該サセプタ 13 に高周波電力を供給してプラズマを生成するための第 1 の高周波電源 30 が、第 1 の整合器 31 を介して電氣的に接続されている。第 1 の高周波電源 30 は、例えば 27 ~ 100 MHz の周波数、本実施の形態では例えば 40 MHz の高周波電力を出力するように構成されている。第 1 の整合器 31 は、第 1 の高周波電源 30 の内部インピーダンスと負荷インピーダンスをマッチングさせるものであり、処理容器 11 内にプラズマが生成されているときに、第 1 の高周波電源 30 の内部インピーダンスと負荷インピーダンスとが見かけ上一致するように作用する。

30

【0021】

また、サセプタ 13 には、当該サセプタ 13 に高周波電力を供給してウェハ W にバイアスを印加することでウェハ W にイオンを引き込むための第 2 の高周波電源 40 が、第 2 の整合器 41 を介して電氣的に接続されている。第 2 の高周波電源 40 は、第 1 の高周波電源 30 から出力される高周波電力の周波数よりも低い周波数である例えば 400 kHz ~ 13.56 MHz の周波数、本実施の形態では例えば 13.56 MHz の高周波電力を出力するように構成されている。第 2 の整合器 41 は、第 1 の整合器 31 と同様に、第 2 の高周波電源 40 の内部インピーダンスと負荷インピーダンスをマッチングさせるものである。なお、以下では、第 1 の高周波電源 30 から出力される高周波電力及び第 2 の高周波電源 40 から出力される高周波電力を、それぞれ「高周波電力 HF」及び「高周波電力 LF」と呼ぶことがあるものとする。

40

【0022】

これら第 1 の高周波電源 30、第 1 の整合器 31、第 2 の高周波電源 40、第 2 の整合

50

器 4 1 は、後述する制御部 1 5 0 に接続されており、これらの動作は制御部 1 5 0 により制御される。

【 0 0 2 3 】

下部電極であるサセプタ 1 3 の上方には、上部電極 4 2 がサセプタ 1 3 に対向して平行に設けられている。上部電極 4 2 は、導電性の支持部材 5 0 を介して処理容器 1 1 の上部に支持されている。したがって上部電極 4 2 は、処理容器 1 1 と同様に接地電位となっている。

【 0 0 2 4 】

上部電極 4 2 は、ウェハチャック 1 0 に保持されたウェハ W と対向面を形成する電極板 5 1 と、当該電極板 5 1 を上方から支持する電極支持体 5 2 とにより構成されている。電極板 5 1 には、処理容器 1 1 の内部に処理ガスを供給する複数のガス供給口 5 3 が電極板 5 1 を貫通して形成されている。電極板 5 1 には、例えばジュール熱の少ない低抵抗の導電体または半導体により構成され、本実施の形態においては例えばシリコンが用いられる。また、電極板 5 1 のウェハ W に対向する表面は、プラズマ処理空間 S に対向している。すなわち、電極板 5 1 は、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて設けられている。

【 0 0 2 5 】

電極支持体 5 2 は導電体により構成され、本実施の形態においては例えばアルミニウムが用いられる。電極支持体 5 2 内部の中央部には、略円盤状に形成されたガス拡散室 5 4 が設けられている。また、電極支持体 5 2 の下部には、ガス拡散室 5 4 から下方に伸びるガス孔 5 5 が複数形成され、ガス供給口 5 3 は当該ガス孔 5 5 を介してガス拡散室 5 4 に

【 0 0 2 6 】

ガス拡散室 5 4 には、ガス供給管 7 1 が接続されている。ガス供給管 7 1 には、図 1 に示すように処理ガス供給源 7 2 が接続されており、処理ガス供給源 7 2 から供給された処理ガスは、ガス供給管 7 1 を介してガス拡散室 5 4 に供給される。ガス拡散室 5 4 に供給された処理ガスは、ガス孔 5 5 とガス供給口 5 3 を通じて処理容器 1 1 内に導入される。すなわち、上部電極 4 2 は、処理容器 1 1 内に処理ガスを供給するシャワーヘッドとして機能する。

【 0 0 2 7 】

本実施形態における処理ガス供給源 7 2 は、ガス供給部 7 2 a と、ガス供給部 7 2 b と、ガス供給部 7 2 c と、ガス供給部 7 2 d とを有している。ガス供給部 7 2 a は、エッチング処理用のガスとして、第 1 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間 S に供給する。第 1 のフッ素含有ガスは、例えば C_4F_8 ガスである。ガス供給部 7 2 a は、第 1 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間 S に供給する第 1 のガス供給部の一例である。

【 0 0 2 8 】

ガス供給部 7 2 b は、エッチング処理の後の付着物除去処理用のガスとして、 O_2 ガスをプラズマ処理空間 S に供給する。ガス供給部 7 2 b は、 O_2 ガスをプラズマ処理空間 S に供給する第 2 のガス供給部の一例である。

【 0 0 2 9 】

ガス供給部 7 2 c は、エッチング処理の後の付着物除去処理用のガスとして、窒素含有ガスをプラズマ処理空間 S に供給する。窒素含有ガスは、例えば N_2 ガス及び NF_3 ガスの少なくともいずれか一つである。また、ガス供給部 7 2 d は、エッチング処理の後の付着物除去処理用のガスとして、第 2 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間 S に供給する。第 2 のフッ素含有ガスは、例えば CF_4 ガス、 C_4F_8 ガス及び CHF_3 ガスの少なくともいずれか一つである。これらガス供給部 7 2 c 及びガス供給部 7 2 d は、窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間 S に供給する第 3 のガス供給部の一例である。

【 0 0 3 0 】

また、ガス供給部 7 2 d は、エッチング処理の後の付着物除去処理用のガスとして、第 3 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間 S に供給することもできる。第 3 のフッ素含有ガ

10

20

30

40

50

スは、CとHとFとを含むガスであり、例えばC H F₃ガスである。

【0031】

また、処理ガス供給源72は、各ガス供給部72a、72b、72c、72dとガス拡散室54との間にそれぞれ設けられたバルブ73a、73b、73c、73dと、流量調整機構74a、74b、74c、74dとを備えている。ガス拡散室54に供給されるガスの流量は、流量調整機構74a、74b、74c、74dによって制御される。

【0032】

処理容器11の底部には、処理容器11の内壁と円筒部材21の外側面とによって、処理容器11内の雰囲気を実処理容器11の外部へ排出するための流路として機能する排気流路80が形成されている。処理容器11の底面には排気口90が設けられている。排気口90の下方には、排気室91が形成されており、当該排気室91には排気管92を介して排気装置93が接続されている。したがって、排気装置93を駆動することにより、排気流路80及び排気口90を介して処理容器11内の雰囲気を排気し、処理容器内を所定の真空度まで減圧することができる。

【0033】

また、プラズマ処理装置1には、制御部150が設けられている。制御部150は、例えばコンピュータであり、メモリ等の記憶装置であるプログラム格納部(図示せず)を有している。プログラム格納部には、各電源30、40や各整合器31、41及び流量調整機構74などを制御して、プラズマ処理装置1を動作させるためのプログラムも格納されている。例えば、制御部150は、ガス供給部72aから第1のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間Sに供給し、第1のフッ素含有ガスのプラズマを用いてウェハWをエッチングする制御を行う。また、例えば、制御部150は、ガス供給部72bからO₂ガスをプラズマ処理空間Sに供給し、プラズマ処理空間Sに表面を対向させて配置された部材(例えば処理容器11、電極板51及びフォーカスリング20等)に対してウェハWのエッチング後に付着したカーボン含有物をO₂ガスのプラズマを用いて除去する制御を行う。また、例えば、制御部150は、ガス供給部72c及びガス供給部72dそれぞれから窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間Sに供給し、プラズマ処理空間Sに表面を対向させて配置された部材に対してウェハWのエッチング後に付着したチタン含有物を窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する制御を行う。

【0034】

なお、上記のプログラムは、例えばコンピュータ読み取り可能なハードディスク(HD)、フレキシブルディスク(FD)、コンパクトディスク(CD)、マグネットオプティカルディスク(MO)、メモリーカードなどのコンピュータに読み取り可能な記憶媒体に記録されていたものであって、その記憶媒体から制御部150にインストールされたものであってもよい。

【0035】

次に、プラズマ処理装置1を用いてエッチングされるウェハWの構成例について説明する。図2Aは、一実施形態に係るプラズマ処理装置を用いてエッチングされる前のウェハの構成例を示す図である。図2Bは、一実施形態に係るプラズマ処理装置を用いてエッチングされた後のウェハの構成例を示す図である。図2Aに示すように、ウェハWは、絶縁膜D1と、絶縁膜D1の表面に形成されたマスク膜D2とを有する。絶縁膜D1は、デュアルダマシ配線用の層間絶縁膜であり、第1の絶縁膜D11、第2の絶縁膜D12及び第3の絶縁膜D13を有する。第1の絶縁膜D11は、例えばSiONにより形成される。第2の絶縁膜D12は、比誘電率が所定値(例えば4.2)以下である低誘電率物質により形成される。第2の絶縁膜D12は、例えば、SiOCHにより形成される。第3の絶縁膜D13は、例えばSiCNにより形成される。

【0036】

所定の開口部を有するエッチングパターンが形成されたマスク膜D2は、耐プラズマ性を有するチタン含有物により形成される。マスク膜D2は、例えば、TiNにより形成される。絶縁膜D1の表面にチタン含有物のマスク膜D2が形成されたウェハWは、マスク

膜 D 2 をプラズマ処理空間 S に対向させて配置されている。

【 0 0 3 7 】

ところで、上述のようにプラズマ処理装置 1 では、絶縁膜 D 1 の表面にチタン含有物（例えば T i N 等）のマスク膜 D 2 が形成されたウェハ W がマスク膜 D 2 をプラズマ処理空間 S に対向させて配置されている。プラズマ処理装置 1 では、T i N のマスク膜 D 2（以下適宜「T i N 膜」という）をマスクとしてウェハ W をエッチングする場合に、プラズマによりエッチングパターンの開口部（マスク膜 D 2 の開口部）がプラズマに曝され、例えば、図 2 B のように絶縁膜 D 1（第 1 の絶縁膜 D 1 1 及び第 2 の絶縁膜 D 1 2）がエッチングされる。このとき、絶縁膜 D 1 に加えて図 2 B の破線部のように T i N 膜自体がエッチングされる。T i N 膜自体がエッチングされると、絶縁膜 D 1 から生じたカーボン含有物に加えて T i N 膜から生じたチタン含有物が、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて配置された部材（例えば処理容器 1 1、電極板 5 1 及びフォーカスリング 2 0 等）に対して付着する。プラズマ処理空間 S に表面を対向させて配置された部材にチタン含有物が累積的に付着すると、プラズマ処理空間 S 内のプラズマ密度が変動し、その結果、ウェハ W のエッチング特性が経時劣化する恐れがある。

10

【 0 0 3 8 】

これらの点に鑑みて、本発明者らは、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて配置された部材に対してウェハ W のエッチング後に付着したチタン含有物を効率良く除去する手法について鋭意研究を重ねた。その結果、本発明者らは、カーボン含有物を O_2 ガスのプラズマを用いて除去するとともに、チタン含有物を窒素含有ガス及びフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去することにより、チタン含有物を効率良く除去することができるという知見を得た。以下、この知見について説明する。なお、以下の説明では、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて配置された部材の一例として、上部電極 4 2 の電極板 5 1 を挙げて説明するが、これには限られない。本実施形態は、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて配置された部材であれば、処理容器 1 1 及びフォーカスリング 2 0 等の他の部材に対しても同様に適用することができる。

20

【 0 0 3 9 】

図 3 A ~ 図 3 D は、チタン含有物の除去に寄与する要素を選定する実験計画法を実行した結果を示す図である。ここでは、上部電極 4 2 に対して付着するチタン含有物の一例としての T i N 膜が形成されたウェハ W を複数のパラメータを振りつつエッチングする実験計画法を実行した結果が示されている。図 3 A ~ 図 3 D において、横軸は、実験計画法を実行した場合の、チタン含有物の除去に寄与する各パラメータの値を示している。また、図 3 A , 図 3 C において、縦軸は、第 1 の高周波電源 3 0 から高周波電力 H F が出力された場合のウェハ W の V p p (V) を示している。また、図 3 B , 図 3 D において、縦軸は、第 2 の高周波電源 4 0 から高周波電力 L F が出力された場合のウェハ W の V p p (V) を示している。なお、V p p は、ウェハ W の表面における高周波電力の電圧値の最大値と最小値との差である。この V p p は、高周波電力によるプラズマ密度と相関があることがわかっておりこの V p p (V) の変動がすなわちプラズマ密度の変動と言える。

30

【 0 0 4 0 】

図 3 A の枠 1 0 2 及び図 3 B の枠 1 0 4 に示すように、プラズマ処理空間に供給される N_2 ガスの流量を振った場合の V p p の傾きが、他のパラメータを振った場合の V p p の傾きよりも大きい。これは、 N_2 ガスのプラズマがウェハ W 上に形成された T i N 膜の除去に寄与しているためであると考えられる。

40

【 0 0 4 1 】

一方、図 3 C の枠 1 0 6 及び図 3 D の枠 1 0 8 に示すように、プラズマ処理空間に供給される CF_4 ガス又は C_4F_8 ガスの流量を振った場合の V p p の傾きが、他のパラメータを振った場合の V p p の傾きよりも大きい。これは、 CF_4 ガス又は C_4F_8 ガスのプラズマがウェハ W 上に形成された T i N 膜の除去に寄与しているためであると考えられる。これらの実験計画法の結果から、チタン含有物の除去に最も寄与する要素として、 N_2 ガス等の窒素含有ガスと、 CF_4 ガス又は C_4F_8 ガス等のフッ素含有ガスとが選定され

50

た。

【 0 0 4 2 】

次に、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて配置された部材に対してウェハ W のエッチング後に付着したチタン含有物を窒素含有ガス及びフッ素含有ガスのプラズマを用いてエッチングした場合の、部材ごとのチタン含有物のエッチング量について説明する。図 4 は、プラズマ処理空間に表面を対向させて配置された部材ごとのチタン含有物のエッチング量を示す図である。ここでは、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて配置された部材に対してウェハ W のエッチング後に付着したチタン含有物を模擬した矩形状の T i N チップ (2 0 m m × 2 0 m m) を各部材上に配置し、T i N チップのエッチング量を計測した結果を示す。図 4 において、縦軸は、T i N チップのエッチング量 [n m] を示している。また、図 4 において、横軸は、T i N チップが配置された各部材上の位置を示している。

10

【 0 0 4 3 】

図 4 において、グラフ 2 0 2 は、電極板 5 1 の中央部に配置された T i N チップ (以下「電極板中央部チップ」という) を O_2 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合の電極板中央部チップのエッチング量を示している。また、グラフ 2 0 4 は、 O_2 ガスのプラズマを用いたエッチングの実行後に電極板中央部チップを CHF_3 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合の電極板中央部チップのエッチング量を示している。また、グラフ 2 0 6 は、 CHF_3 ガスのプラズマを用いてエッチングの実行後に電極板中央部チップを N_2 ガス及び C_4F_8 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合の電極板中央部チップのエッチング量を示している。

20

【 0 0 4 4 】

また、図 4 において、グラフ 2 1 2 は、電極板 5 1 の周縁部に配置された T i N チップ (以下「電極板周縁部チップ」という) を O_2 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合の T i N チップのエッチング量を示している。また、グラフ 2 1 4 は、 O_2 ガスのプラズマを用いたエッチングの実行後に、電極板周縁部チップを CHF_3 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合の電極板周縁部チップのエッチング量を示している。また、グラフ 2 1 6 は、 CHF_3 ガスのプラズマを用いてエッチングの実行後に、電極板周縁部チップを N_2 ガス及び C_4F_8 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合の電極板周縁部チップのエッチング量を示している。

【 0 0 4 5 】

30

また、図 4 において、グラフ 2 2 2 は、フォーカスリング 2 0 に配置された T i N チップ (以下「フォーカスリングチップ」という) を O_2 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合のフォーカスリングチップのエッチング量を示している。また、グラフ 2 2 4 は、 O_2 ガスのプラズマを用いたエッチングの実行後に、フォーカスリングチップを CHF_3 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合のフォーカスリングチップのエッチング量を示している。また、グラフ 2 2 6 は、 CHF_3 ガスのプラズマを用いたエッチングの実行後に、フォーカスリングチップを N_2 ガス及び C_4F_8 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合のフォーカスリングチップのエッチング量を示している。

【 0 0 4 6 】

グラフ 2 0 2 と、グラフ 2 0 4 , 2 0 6 とを比較すると、電極板中央部チップを N_2 ガス及び C_4F_8 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合の電極板中央部チップのエッチング量が最も大きい。また、グラフ 2 1 2 と、グラフ 2 1 4 , 2 1 6 とを比較すると、電極板周縁部チップを N_2 ガス及び C_4F_8 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合のグラフ 2 1 6 の電極板周縁部チップのエッチング量が最も大きい。また、グラフ 2 2 2 と、グラフ 2 2 4 , 2 2 6 とを比較すると、フォーカスリングチップを N_2 ガス及び C_4F_8 ガスのプラズマを用いてエッチングした場合のフォーカスリングチップのエッチング量が最も大きい。これは、電極板 5 1 又はフォーカスリング 2 0 に付着したチタン含有物と N_2 ガス及び C_4F_8 ガスのプラズマとが化学的に反応して T i (N F ₃) 等の錯体ガスが発生し、結果として、電極板 5 1 又はフォーカスリング 2 0 に付着したチタン含有物が除去されたためであると考えられる。

40

50

【 0 0 4 7 】

次に、本実施形態のプラズマ処理のモデルについて説明する。図 5 A ~ 図 5 C は、本実施形態のプラズマ処理のモデルを示す図である。図 5 A ~ 図 5 C において、分子モデル群 5 1 0 は、ウェハ W がエッチングされた後に電極板 5 1 に付着したカーボン含有物に含まれる炭素のモデルを示している。また、図 5 A ~ 図 5 C において、分子モデル群 5 2 0 は、ウェハ W がエッチングされた後に電極板 5 1 に付着したチタン含有物（例えば TiF_4 、 TiN 、 TiO_2 及び Ti 等）に含まれるチタンのモデルを示している。また、図 5 A ~ 図 5 C において、分子モデル群 5 3 0 は、ウェハ W がエッチングされた後に電極板 5 1 に付着したチタン含有物（例えば TiF_4 等）に含まれるフッ素のモデルを示している。また、図 5 A ~ 図 5 C において、分子モデル群 5 4 0 は、ウェハ W がエッチングされた後に電極板 5 1 に付着したチタン含有物（例えば TiN 等）に含まれる窒素のモデルを示している。また、図 5 B において、分子モデル群 5 5 0 は、酸素のモデルを示している。

10

【 0 0 4 8 】

本実施形態のプラズマ処理は、まず、第 1 のフッ素含有ガス（例えば C_4F_8 ガス）をプラズマ処理空間 S に供給し、第 1 のフッ素含有ガスのプラズマを用いてウェハ W をエッチングする第 1 の工程を実行する。これにより、図 5 A に示すように、電極板 5 1 の表面には、エッチングされたウェハ W の絶縁膜から生じたカーボン含有物（分子モデル群 5 1 0）が付着するとともに、エッチングされたウェハ W のマスク膜から生じたチタン含有物（分子モデル群 5 2 0、分子モデル群 5 3 0 及び分子モデル群 5 4 0）が付着する。このため、第 1 の工程は、「エッチング工程」ということができる。

20

【 0 0 4 9 】

本実施形態のプラズマ処理は、 O_2 ガスをプラズマ処理空間 S に供給し、電極板 5 1 に対して上記の第 1 の工程の後に付着したカーボン含有物を O_2 ガスのプラズマを用いて除去する第 2 の工程を実行する。これにより、図 5 B に示すように、電極板 5 1 の表面におけるカーボン含有物と O_2 ガスのプラズマとが化学的に反応して CO や CO_2 となり、電極板 5 1 の表面からカーボン含有物が除去され、電極板 5 1 の表面におけるチタン含有物が露出される。このため、第 2 の工程は、「カーボン含有物除去工程」ということができる。

【 0 0 5 0 】

本実施形態のプラズマ処理は、窒素含有ガス（例えば N_2 ガス又は NF_3 ガス）及び第 2 のフッ素含有ガス（例えば CF_4 ガス、 C_4F_8 ガス又は CHF_3 ガス）をプラズマ処理空間 S に供給し、電極板 5 1 に対して上記の第 1 の工程の後に付着したチタン含有物を窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する第 3 の工程を実行する。これにより、図 5 C に示すように、電極板 5 1 の表面におけるチタン含有物と窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスのプラズマとが化学的に反応して $Ti(NF_3)$ 等の錯体ガスが発生し、電極板 5 1 の表面からチタン含有物が除去される。このため、第 3 の工程は、「チタン含有物除去工程」ということができる。

30

【 0 0 5 1 】

以上のように、本実施形態のプラズマ処理及びプラズマ処理装置 1 は、第 1 の工程で第 1 のフッ素含有ガスを供給し、第 1 のフッ素含有ガスをを用いてウェハ W をエッチングする。そして、本実施形態のプラズマ処理及びプラズマ処理装置 1 は、第 2 の工程で O_2 ガスをプラズマ処理空間 S に供給し、電極板 5 1 に対して第 1 の工程の後に付着したカーボン含有物を O_2 ガスのプラズマを用いて除去することにより、電極板 5 1 の表面におけるチタン含有物を露出させる。そして、本実施形態のプラズマ処理及びプラズマ処理装置 1 は、第 3 の工程で窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間 S に供給し、電極板 5 1 に対して第 1 の工程の後に付着したチタン含有物を窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去することにより、 $Ti(NF_3)$ 等の錯体ガスを発生させる。このため、本実施形態によれば、エッチング時にウェハ W から生じたチタン含有物等の付着物がプラズマ処理空間に対面する各種部材に付着した場合でも、各種部材から付着物を除去することができるので、プラズマ処理空間内のプラズマ密度の変動を抑え

40

50

ることが可能となる。その結果、本実施形態によれば、ウェハWのエッチング特性の経時劣化を抑制することができる。

【0052】

次に、プラズマ処理の実施例について説明する。図6は、第1実施例のプラズマ処理のフローチャートを示す図である。

【0053】

まず、第1実施例のプラズマ処理では、エッチング工程を実行する（ステップS101）。具体的には、制御部150は、流量調整機構74aを制御して、第1のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間Sへ供給する。そして、制御部150は、第1の高周波電源30及び第2の高周波電源40を制御して、第1のフッ素含有ガスをプラズマ化させ、第1のフッ素含有ガスのプラズマを用いてウェハWをエッチングする。

10

【0054】

続いて、第1実施例のプラズマ処理では、カーボン含有物除去工程を実行する（ステップS102）。具体的には、制御部150は、流量調整機構74bを制御して、O₂ガスをプラズマ処理空間Sへ供給する。そして、制御部150は、第1の高周波電源30及び第2の高周波電源40を制御して、O₂ガスをプラズマ化させ、プラズマ処理空間Sに表面を対向させて配置された電極板51に対して付着したカーボン含有物をO₂ガスのプラズマを用いて除去する。

【0055】

続いて、第1実施例のプラズマ処理では、チタン含有物除去工程を実行する（ステップS103）。具体的には、制御部150は、流量調整機構74c及び流量調整機構74dをそれぞれ制御して、窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間Sへ供給する。そして、制御部150は、第1の高周波電源30及び第2の高周波電源40を制御して、窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスをプラズマ化させ、プラズマ処理空間Sに表面を対向させて配置された電極板51に対して付着したチタン含有物を窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスを用いて除去する。

20

【0056】

第1実施例のプラズマ処理によれば、エッチング工程を行うことによりウェハWをエッチングし、その後カーボン含有物除去工程を行うことにより電極板51に付着したカーボン含有物を除去してチタン含有物を露出させ、その後チタン含有物除去工程を行うことによりTi(NF₃)等の錯体ガスとしてチタン含有物を除去することができる。このため、エッチング時にウェハWから生じたチタン含有物等の付着物が電極板51に付着した場合でも、付着物のうちチタン含有物を効率良く除去することができるので、プラズマ処理空間内のプラズマ密度の変動を抑えることが可能となる。その結果、ウェハWのエッチング特性の経時変動を抑制することができる。

30

【0057】

次に、第2実施例のプラズマ処理について説明する。図7は、第2実施例のプラズマ処理のフローチャートを示す図である。

【0058】

まず、第2実施例のプラズマ処理では、エッチング工程を実行する（ステップS201）。具体的には、制御部150は、流量調整機構74aを制御して、第1のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間Sへ供給する。そして、制御部150は、第1の高周波電源30及び第2の高周波電源40を制御して、第1のフッ素含有ガスをプラズマ化させ、第1のフッ素含有ガスのプラズマを用いてウェハWをエッチングする。

40

【0059】

続いて、第2実施例のプラズマ処理では、チタン含有物除去工程を実行する（ステップS202）。具体的には、制御部150は、流量調整機構74c及び流量調整機構74dをそれぞれ制御して、窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間Sへ供給する。そして、制御部150は、第1の高周波電源30及び第2の高周波電源40を制御して、窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスをプラズマ化させ、プラズマ処理空間S

50

に表面を対向させて配置された電極板 5 1 に対して付着したチタン含有物を窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスを用いて除去する。

【 0 0 6 0 】

続いて、第 2 実施例のプラズマ処理では、カーボン含有物除去工程を実行する（ステップ S 2 0 3）。具体的には、制御部 1 5 0 は、流量調整機構 7 4 b を制御して、 O_2 ガスをプラズマ処理空間 S へ供給する。そして、制御部 1 5 0 は、第 1 の高周波電源 3 0 及び第 2 の高周波電源 4 0 を制御して、 O_2 ガスをプラズマ化させ、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて配置された電極板 5 1 に対して付着したカーボン含有物を O_2 ガスのプラズマを用いて除去する。

【 0 0 6 1 】

10

第 2 実施例のプラズマ処理によれば、エッチング工程を行うことによりウェハ W をエッチングし、その後チタン含有物除去工程を行うことにより電極板 5 1 に付着したチタン含有物を $Ti(NF_3)$ 等の錯体ガスとして除去してカーボン含有物を露出させ、その後カーボン含有物除去工程を行うことによりカーボン含有物を除去することができる。このため、エッチング時にウェハ W から生じたチタン含有物等の付着物が電極板 5 1 に付着した場合でも、付着物のうちチタン含有物を効率良く除去することができるので、プラズマ処理空間内のプラズマ密度の変動を抑えることが可能となる。その結果、ウェハ W のエッチング特性の経時変動を抑制することができる。

【 0 0 6 2 】

次に、第 3 実施例のプラズマ処理について説明する。図 8 は、第 3 実施例のプラズマ処理のフローチャートを示す図である。

20

【 0 0 6 3 】

まず、第 3 実施例のプラズマ処理では、エッチング工程を実行する（ステップ S 3 0 1）。具体的には、制御部 1 5 0 は、流量調整機構 7 4 a を制御して、第 1 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間 S へ供給する。そして、制御部 1 5 0 は、第 1 の高周波電源 3 0 及び第 2 の高周波電源 4 0 を制御して、第 1 のフッ素含有ガスをプラズマ化させ、第 1 のフッ素含有ガスのプラズマを用いてウェハ W をエッチングする。

【 0 0 6 4 】

続いて、第 3 実施例のプラズマ処理では、第 1 のカーボン含有物除去工程を実行する（ステップ S 3 0 2）。具体的には、制御部 1 5 0 は、流量調整機構 7 4 b を制御して、 O_2 ガスをプラズマ処理空間 S へ供給する。そして、制御部 1 5 0 は、第 1 の高周波電源 3 0 及び第 2 の高周波電源 4 0 を制御して、 O_2 ガスをプラズマ化させ、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて配置された電極板 5 1 に対して付着したカーボン含有物を O_2 ガスのプラズマを用いて除去する。

30

【 0 0 6 5 】

続いて、第 3 実施例のプラズマ処理では、第 1 のチタン含有物除去工程を実行する（ステップ S 3 0 3）。具体的には、制御部 1 5 0 は、流量調整機構 7 4 c 及び流量調整機構 7 4 d をそれぞれ制御して、窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間 S へ供給する。そして、制御部 1 5 0 は、第 1 の高周波電源 3 0 及び第 2 の高周波電源 4 0 を制御して、窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスをプラズマ化させ、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて配置された電極板 5 1 に対して付着したチタン含有物を窒素含有ガス及び第 2 のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する。

40

【 0 0 6 6 】

続いて、第 3 実施例のプラズマ処理では、第 2 のカーボン含有物除去工程を実行する（ステップ S 3 0 4）。具体的には、制御部 1 5 0 は、流量調整機構 7 4 b を制御して、 O_2 ガスをプラズマ処理空間 S へ供給する。そして、制御部 1 5 0 は、第 1 の高周波電源 3 0 及び第 2 の高周波電源 4 0 を制御して、 O_2 ガスをプラズマ化させ、プラズマ処理空間 S に表面を対向させて配置された電極板 5 1 に対して付着したカーボン含有物を O_2 ガスのプラズマを用いて除去する。

【 0 0 6 7 】

50

続いて、第3実施例のプラズマ処理では、第2のチタン含有物除去工程を実行する（ステップS305）。具体的には、制御部150は、流量調整機構74c及び流量調整機構74dをそれぞれ制御して、窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間Sへ供給する。そして、制御部150は、第1の高周波電源30及び第2の高周波電源40を制御して、窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスをプラズマ化させ、プラズマ処理空間Sに表面を対向させて配置された電極板51に対して付着したチタン含有物を窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する。

【0068】

第3実施例のプラズマ処理によれば、第1実施例と同様に、エッチング工程を行うことによりウェハWをエッチングし、その後カーボン含有物除去工程を行うことにより電極板51に付着したカーボン含有物を除去してチタン含有物を露出させ、その後チタン含有物除去工程を行うことによりTi(NF₃)等の錯体ガスとしてチタン含有物を除去することができる。このため、エッチング時にウェハWから生じたチタン含有物等の付着物が電極板51に付着した場合でも、付着物のうちチタン含有物を効率良く除去することができるので、プラズマ処理空間内のプラズマ密度の変動を抑えることが可能となる。その結果、ウェハWのエッチング特性の経時変動を抑制することができる。また、第3実施例のプラズマ処理によれば、エッチング工程を実行した後にカーボン含有物除去工程とチタン含有物除去工程とのセットを2回繰り返して実行しているので、電極板51に付着した付着物をより効率良く除去することができる。なお、第3実施例では、エッチング工程を実行した後にカーボン含有物除去工程とチタン含有物除去工程とのセットを2回繰り返して実行する例を示したが、エッチング工程を実行した後にカーボン含有物除去工程とチタン含有物除去工程とのセットを2回以上繰り返して実行してもよい。

【0069】

次に、第4実施例のプラズマ処理について説明する。図9は、第4実施例のプラズマ処理のフローチャートを示す図である。

【0070】

まず、第4実施例のプラズマ処理では、エッチング工程を実行する（ステップS401）。具体的には、制御部150は、流量調整機構74aを制御して、第1のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間Sへ供給する。そして、制御部150は、第1の高周波電源30及び第2の高周波電源40を制御して、第1のフッ素含有ガスをプラズマ化させ、第1のフッ素含有ガスのプラズマを用いてウェハWをエッチングする。

【0071】

続いて、第4実施例のプラズマ処理では、カーボン含有物除去工程を実行する（ステップS402）。具体的には、制御部150は、流量調整機構74bを制御して、O₂ガスをプラズマ処理空間Sへ供給する。そして、制御部150は、第1の高周波電源30及び第2の高周波電源40を制御して、O₂ガスをプラズマ化させ、プラズマ処理空間Sに表面を対向させて配置された電極板51に対して付着したカーボン含有物をO₂ガスのプラズマを用いて除去する。

【0072】

続いて、第4実施例のプラズマ処理では、CHF₃ガスを用いたチタン含有物除去工程を実行する（ステップS403）。具体的には、制御部150は、流量調整機構74d等を制御して、第3のフッ素含有ガスとしてCHF₃ガスをプラズマ処理空間Sへ供給する。そして、制御部150は、第1の高周波電源30及び第2の高周波電源40を制御して、CHF₃ガスをプラズマ化させ、プラズマ処理空間Sに表面を対向させて配置された電極板51に対して付着したチタン含有物をCHF₃ガスのプラズマを用いて除去する。

【0073】

続いて、第4実施例のプラズマ処理では、チタン含有物除去工程を実行する（ステップS404）。具体的には、制御部150は、流量調整機構74c及び流量調整機構74dをそれぞれ制御して、窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスをプラズマ処理空間Sへ供給する。そして、制御部150は、第1の高周波電源30及び第2の高周波電源40を制

御して、窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスをプラズマ化させ、プラズマ処理空間Sに表面を対向させて配置された電極板51に対して付着したチタン含有物を窒素含有ガス及び第2のフッ素含有ガスのプラズマを用いて除去する。

【0074】

第4実施例のプラズマ処理によれば、第1実施例と同様に、エッチング工程を行うことによりウェハWをエッチングし、その後カーボン含有物除去工程を行うことにより電極板51に付着したカーボン含有物を除去してチタン含有物を露出させ、その後チタン含有物除去工程を行うことによりTi(NF₃)等の錯体ガスとしてチタン含有物を除去することができる。このため、エッチング時にウェハWから生じたチタン含有物等の付着物が電極板51に付着した場合でも、付着物のうちチタン含有物を効率良く除去することができるので、プラズマ処理空間内のプラズマ密度の変動を抑えることが可能となる。その結果、ウェハWのエッチング特性の経時変動を抑制することができる。また、第4実施例のプラズマ処理によれば、カーボン含有物除去工程とチタン含有物除去工程との間に、第3のフッ素含有ガスとしてのCHF₃ガスをプラズマ処理空間に供給し、電極板51に付着したチタン含有物をCHF₃ガスのプラズマを用いて除去するので、電極板51に付着した付着物をより効率良く除去することができる。

10

【0075】

次に、本実施形態のプラズマ処理方法による効果について説明する。図10A及び図10Bは、本実施形態のプラズマ処理方法による効果を説明するための図(その1)である。図10A及び図10Bは、プラズマ処理装置1によってウェハWに対してプラズマ処理を行った場合における効果を示す図である。図10A及び図10Bにおいて、横軸は、プラズマ処理装置1によってウェハWに対してプラズマ処理を行った時間(sec)を示し、縦軸は、ウェハWのVpp(V)を示している。なお、Vppは、ウェハWの表面における高周波電力の電圧値の最大値と最小値との差である。このVppは、高周波電力によるプラズマ密度と相関があることがわかっており、このVpp(V)の変動がすなわちプラズマ密度の変動と言える。

20

【0076】

また、図10Aは、本実施形態のプラズマ処理方法を用いることなく、ウェハWにO₂ガスのプラズマを用いたドライクリーニング(DC:Dry Cleaning)処理を実行した場合の、DC処理時のロット番号毎のウェハWのVppと時間との関係を示すグラフである。つまり、図10Aにおいて、グラフ602は、ロット番号「1」のウェハW25枚に対してデュアルダマシン配線用の溝のエッチング(図2参照)を行い、その後にDC処理を行ったときのVppと時間との関係を示す。グラフ604は、ロット番号「2」のウェハW25枚処理後(ロット番号「1」を含んだ累積でウェハW50枚処理後)のDC処理におけるVppと時間との関係を示す。また、グラフ606は、ロット番号「3」のウェハW25枚処理後(ロット番号「1」及び「2」を含んだ累積でウェハW75枚処理後)のDC処理におけるVppと時間との関係を示している。一方、図10Bは、本実施形態のプラズマ処理方法を用いてウェハWに対してプラズマ処理を実行した場合の、ロット番号毎のウェハWのVppと時間との関係を示すグラフである。つまり、図10Bにおいて、グラフ612は、ロット番号「1」のウェハW25枚に対してデュアルダマシン配線用の溝のエッチング(図2参照)を行った後に、本実施形態のプラズマ処理を行い、その後にDC処理を行ったときのVppと時間との関係を示す。言い換えると、グラフ612は、図10AのDC処理の前に、本実施形態のプラズマ処理を行った場合の効果を示す図となっている。グラフ614は、ロット番号「2」のウェハW25枚処理後(ロット番号「1」を含んだ累積でウェハW50枚処理後)に、本実施形態のプラズマ処理を行い、その後のDC処理におけるVppと時間との関係を示しており、グラフ616は、ロット番号「3」のウェハW25枚処理後(ロット番号「1」及び「2」を含んだ累積でウェハW75枚処理後)に、本実施形態のプラズマ処理を行い、その後のDC処理におけるVppと時間との関係を示している。

30

40

【0077】

50

まず、図10Aに示すように、本実施形態のプラズマ処理方法を用いることなく単にDC処理を実行した場合、グラフ602, 604, 606に示すように、ロット番号の相違によって、ウェハWのVppの時間に対する履歴は異なっている。これは、エッチング時にウェハWのマスク膜から生じたチタン含有物が、プラズマ処理空間に対面する電極板51に累積的に付着してプラズマ処理空間内のプラズマ密度が変動したためであると考えられる。

【0078】

これに対して、本実施形態のプラズマ処理方法を用いてウェハWに対してプラズマ処理を実行した場合、カーボン含有物除去工程を行うことにより電極板51に付着したカーボン含有物を除去するとともに、チタン含有物除去工程を行うことにより電極板51に付着したチタン含有物を除去する。その結果、DC処理時の図10Bのグラフ612, 614, 616に示すように、ロット番号に関わらず、ウェハWのVppの時間に対する履歴は同等に維持されている。これは、エッチング時にウェハWのマスク膜から生じたチタン含有物が、プラズマ処理空間に対面する電極板51に付着した場合でも、電極板51に付着したチタン含有物が除去されたためであると考えられる。つまり、プラズマ密度の変動が抑制されていることがわかる。

【0079】

図11は、本実施形態のプラズマ処理方法による効果を説明するための図(その2)である。図11において、横軸は、プラズマ処理装置1へ搬入されたウェハWのロット番号(累積した値)を示し、縦軸は、ウェハWの絶縁膜をエッチングした場合に絶縁膜に形成される溝の溝径(nm)を示している。

【0080】

また、図11において、グラフ702は、本実施形態のプラズマ処理方法を用いることなく、DC処理のみを実行した場合に絶縁膜に形成される溝の溝径の、ロット番号(累積した値)に対する変動を示している。また、図11において、グラフ704は、本実施形態のプラズマ処理方法を実行した場合に絶縁膜に形成される溝の溝径の、ロット番号に対する変動を示している。

【0081】

グラフ702とグラフ704とを比較すると、本実施形態のプラズマ処理方法を実行した場合に絶縁膜に形成される溝の溝径の、ロット番号に対する減少幅は、DC処理のみを実行した場合に絶縁膜に形成される溝の溝径の、ロット番号に対する減少幅よりも小さい。これは、本実施形態のプラズマ処理方法を実行した場合には、エッチング時にウェハWのマスク膜から生じたチタン含有物が、プラズマ処理空間に対面する電極板51に付着した場合でも、電極板51に付着したチタン含有物が除去されたためであると考えられる。その結果、プラズマ密度が安定しエッチングした溝の形状の変動も抑制されていることがわかる。

【符号の説明】

【0082】

- 1 プラズマ処理装置
- 11 処理容器
- 20 フォーカスリング
- 30 第1の高周波電源
- 40 第2の高周波電源
- 42 上部電極
- 51 電極板
- 52 電極支持体
- 72 処理ガス供給源
- 72a、72b、72c、72d ガス供給部
- 74a、74b、74c、74d 流量調整機構
- 150 制御部

10

20

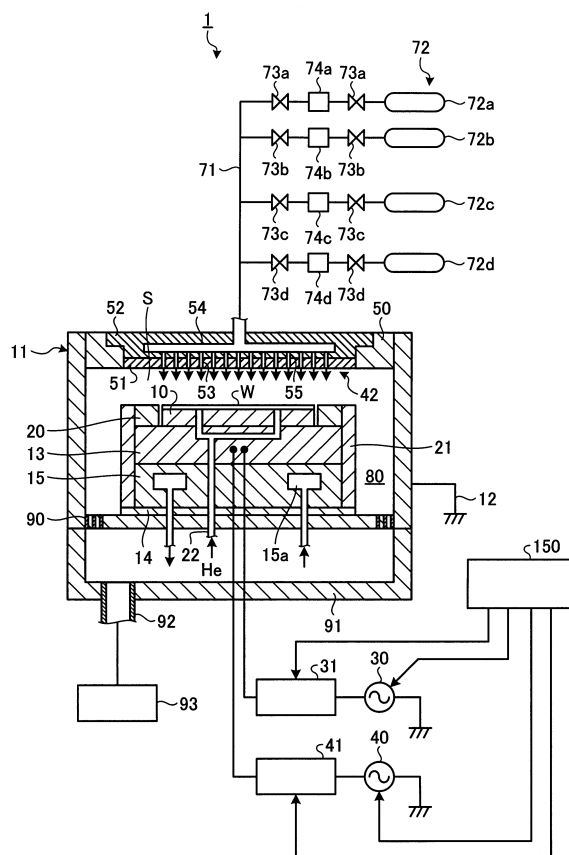
30

40

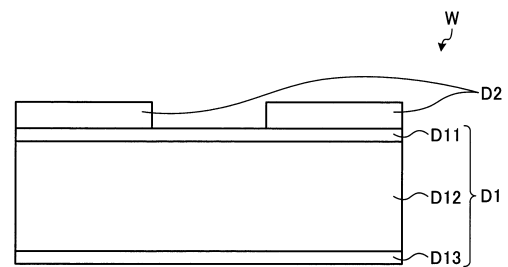
50

D 1 絶縁膜
 D 2 マスク膜
 S プラズマ処理空間
 W ウェハ

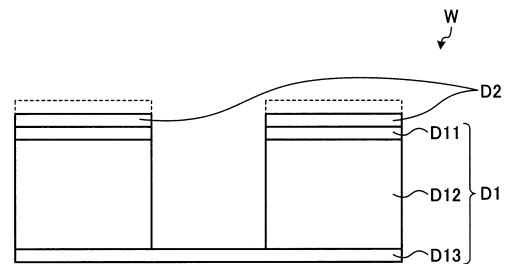
【図 1】



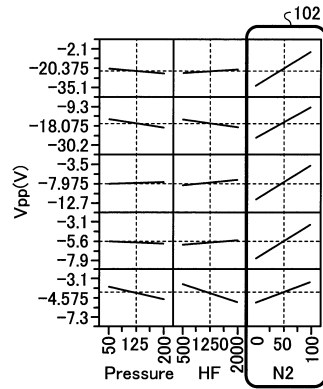
【図 2 A】



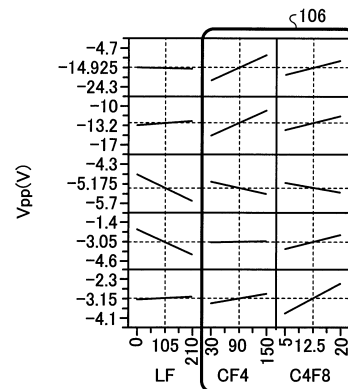
【図 2 B】



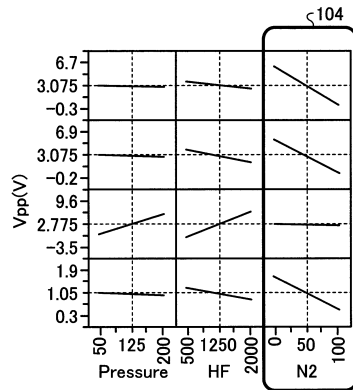
【図 3 A】



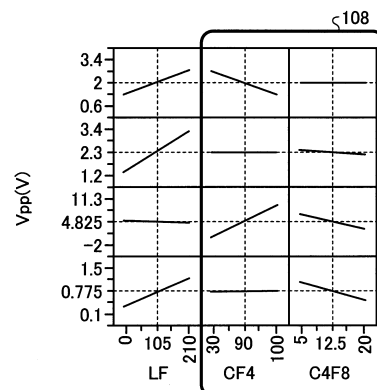
【図 3 C】



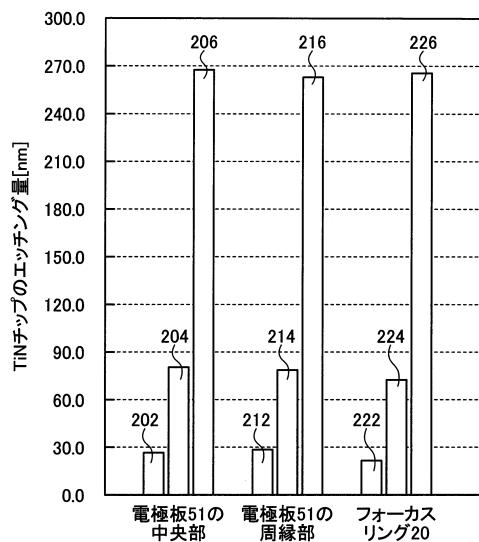
【図 3 B】



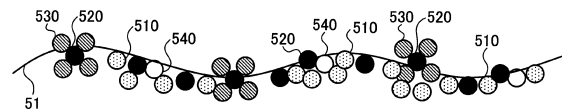
【図 3 D】



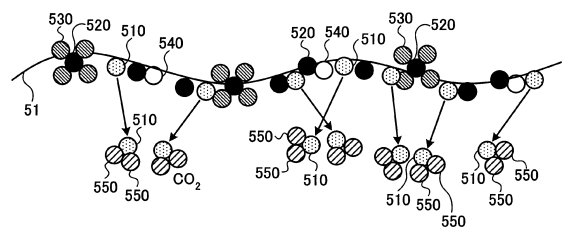
【図 4】



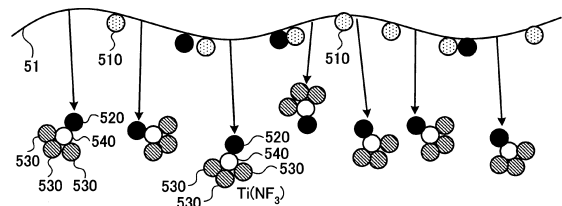
【図 5 A】



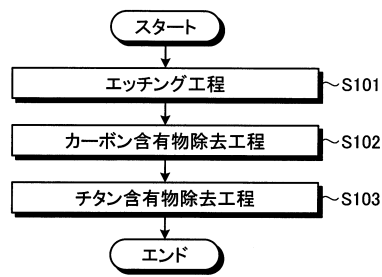
【図 5 B】



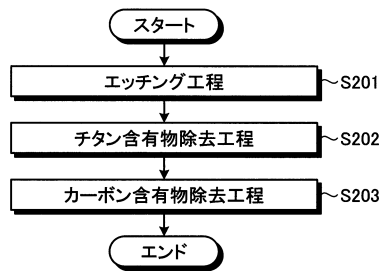
【図 5 C】



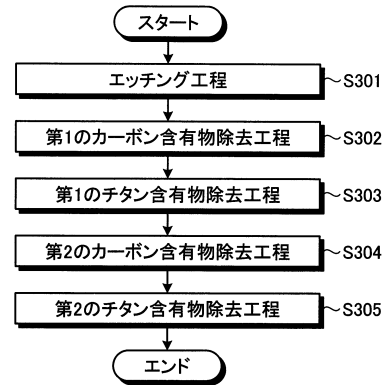
【図 6】



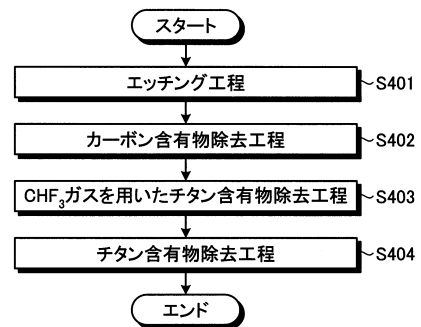
【図 7】



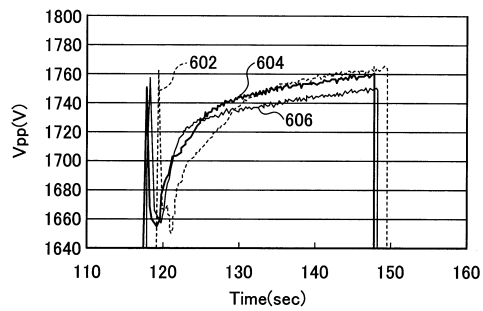
【図 8】



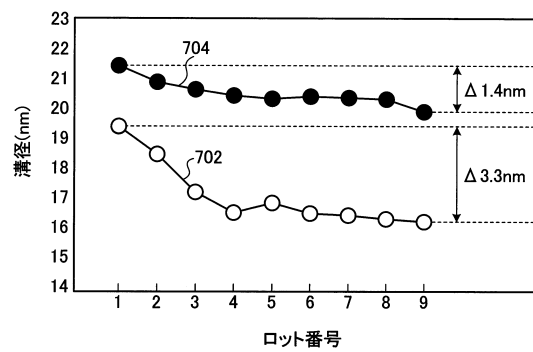
【図 9】



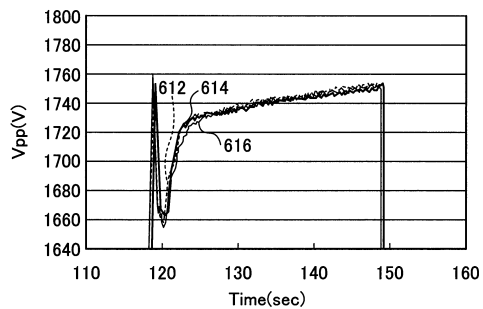
【図 10 A】



【図 11】



【図 10 B】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-282539(JP,A)
特開2006-165246(JP,A)
特開2012-084600(JP,A)
特開平09-171999(JP,A)
特開平03-239323(JP,A)
特開平10-280151(JP,A)
米国特許出願公開第2008/0194114(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/302
H01L 21/3065
H01L 21/461
H05H 1/46