

(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2010-177480

(P2010-177480A)

(43) 公開日 平成22年8月12日(2010.8.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 O 1 H	5 F 0 0 4
	HO 1 L 21/302 1 O 1 D	
	HO 1 L 21/302 1 O 1 G	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2009-18958 (P2009-18958)
 (22) 出願日 平成21年1月30日 (2009. 1. 30)

(71) 出願人 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (72) 発明者 角屋 誠浩
 山口県下松市大字東豊井794番地
 株式会社日立ハイ
 テクノロジーズ笠戸事業所内
 (72) 発明者 田中 基裕
 山口県下松市大字東豊井794番地
 株式会社日立ハイ
 テクノロジーズ笠戸事業所内
 最終頁に続く

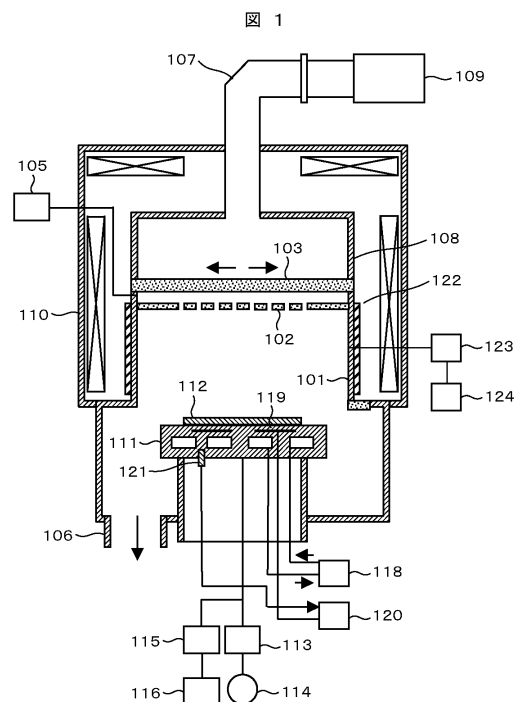
(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法

(57) 【要約】

【課題】性能の変動を抑制したプラズマ処理装置またはプラズマ処理方法を提供する。

【解決手段】真空容器内に配置された処理室と、この処理室内に配置された試料台上に載せられたウエハを該処理室内に形成したプラズマを用いて処理するプラズマ処理装置であって、前記ウエハ上に配置された金属の物質を有する膜およびこの下方に配置された酸化膜又は高誘電率を有する材料から構成された膜層をエッチングする処理の前に、予め前記金属の物質と同種の金属を含む膜を表面に備えた別のウエハを処理してこの金属から構成された粒子を堆積させてから前記ウエハ上の前記膜層を処理する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

真空容器内に配置された処理室と、この処理室内に配置された試料台上に載せられたウエハを該処理室内に形成したプラズマを用いて処理するプラズマ処理装置であって、

前記ウエハ上に配置された金属の物質を有する膜およびこの下方に配置された酸化膜又は高誘電率を有する材料から構成された膜層をエッチングする処理の前に、予め前記金属の物質と同種の金属を含む膜を表面に備えた別のウエハを処理してこの金属から構成された粒子を堆積させてから前記ウエハ上の前記膜層を処理するプラズマ処理装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のプラズマ処理装置であって、前記別のウエハの処理の際に前記処理室内の発光を用いて前記金属の物質の量を検出した結果に基づいてこの別のウエハの処理を調節するプラズマ処理装置。

10

【請求項 3】

請求項 2 に記載のプラズマ処理装置において、前記別のウエハの処理は、少なくとも 2 つのステップ以上からなり、前記ウエハの膜層をエッチングする際に用いられるガスと同等のガスにより処理されるプラズマ処理装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のプラズマ処理装置であって、それぞれのステップのステップ時間比は前記ウエハの膜層をエッチングする際のエッチング時間比の $\pm 20\%$ 以内にされるプラズマ処理装置。

20

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 に記載のプラズマ処理装置であって、前記予めに行われる別のウエハの処理が前記処理室内をウェットクリーニングした後に行われるプラズマ処理装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 の何れかに記載のプラズマ処理装置において、前記金属の物質は TiN を有し、前記高誘電率を有する材料は HfO_2 であってそのエッチングには少なくとも BCl_3 ガスが用いられるプラズマ処理装置。

【請求項 7】

真空容器内に配置された処理室内の試料台上に載せられたウエハを該処理室内にプラズマを形成して処理するプラズマ処理方法であって、

30

前記ウエハ上に配置された金属の物質を有する膜およびこの下方に配置された酸化膜又は高誘電率を有する材料から構成された膜層をエッチングする処理の前に、予め前記金属の物質と同種の金属を含む膜を表面に備えた別のウエハを処理してこの金属から構成された粒子を堆積させてから前記ウエハ上の前記膜層を処理するステップを備えたプラズマ処理方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のプラズマ処理方法であって、前記別のウエハの処理の際に前記処理室内の発光を用いて前記金属の物質の量を検出した結果に基づいてこの別のウエハの処理を調節するプラズマ処理方法。

【請求項 9】

40

請求項 8 に記載のプラズマ処理方法であって、前記別のウエハの処理は、少なくとも 2 つのステップ以上からなり、前記ウエハの膜層をエッチングする際に用いられるガスと同等のガスにより処理されるプラズマ処理方法。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のプラズマ処理方法であって、前記各ステップのステップ時間比は前記ウエハの膜層をエッチングする際のエッチング時間比の $\pm 20\%$ 以内にされるプラズマ処理方法。

【請求項 11】

請求項 7 乃至 10 に記載のプラズマ処理方法であって、前記予めに行われる別のウエハの処理が前記処理室内をウェットクリーニングした後に行われるプラズマ処理方法。

50

【請求項 1 2】

請求項 7 乃至 1 1 の何れかに記載のプラズマ処理方法において、前記金属の物質は T i N を有し、前記高誘電率を有する材料は H f O₂ であってそのエッチングには少なくとも B C l₃ ガスが用いられるプラズマ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、真空容器内の処理室内部に配置された半導体ウエハ等の基板状の試料表面に配置された複数の膜層を処理室内に形成したプラズマを用いて処理するプラズマ処理装置またはプラズマ処理方法に係り、特に、プラズマを用いて半導体基板等の表面処理を行うのに好適なプラズマ処理方法に関する。

10

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年の半導体素子は微細化により、リソグラフィーにより形成されたマスクを下層膜に転写するエッチング工程にはより高い精度の寸法精度、つまり C D (Critical Dimension) 精度が要求されている。量産現場において高い C D 制御性に加えて、C D の再現性を確保することが重要な課題である。一般にエッチング工程で C D が変動する要因としては、エッチングチャンパー内壁に被処理材から発生した反応生成物が付着する、チャンパー内部材が長期的な使用により消耗する、チャンパー内部材の温度等が変動し、チャンパー内内壁等へのラジカルの付着確率が変化し、エッチング性能へ影響するプラズマ状態が変動する等の要因が挙げられる。

20

【0 0 0 3】

次に微細トランジスタでは、短チャンネル効果を制御する上で、ゲート絶縁膜の容量を増加させる必要があり、従来ゲート酸化膜の厚みを低減することで、本課題を達成してきた。しかしゲート酸化膜の薄膜化によりリーク電流が増加することから、ゲート絶縁膜としてより高い誘電率を持つ材料 (High - k) が導入された。酸化膜を置き換える High - k 材として、ハフニウム酸化膜 (H f O₂) が挙げられる。しかしながら従来のポリシリコン (Poly - S i) 電極と H f O₂ 間では材料の不適合が存在することから、適正な仕事関数を持つ金属 (メタル) 膜を有する構造が必要である。メタル材料としては種々挙げられるが、Semiconductor International 2 0 0 8 / 1 号 (非特許文献 1) 記載のように T i N , L a などが用いられている。

30

【0 0 0 4】

従来、プラズマ処理装置はウエハ毎、又は、ロット毎にプラズマを用いたクリーニングが実施され、カーボン (C) , 酸化膜, Poly - S i , 窒化膜等を対象としたプロセスには、主にフッ素 (F) , 塩素 (C l) , 酸素 (O) を含むプラズマでのクリーニングが用いられてきた。またエッチングチャンパー内壁部材が消耗することにより発生する金属等 (例えば A l) 等がチャンパー内に付着等する場合は、プラズマでのクリーニングだけで除去することは困難なため、予め製品用ウエハのエッチング処理前にシーズニング等の処理を行って、チャンパー内雰囲気を一様に保つ等の技術が検討されている。

【0 0 0 5】

40

このような従来技術としては、特開 2 0 0 4 - 0 3 1 3 0 8 号公報 (特許文献 1) に記載のものが知られている。この従来技術では、真空容器内の処理室内で被エッチング対象であるシリコンウエハをこの処理室内で形成したプラズマを用いてエッチングする際に、予め、処理室内に S i を組成として含む反応生成物を処理室の内壁面に付着させるシーズニングを行う技術が開示されている。例えば、半導体デバイスのゲートを形成するためのポリシリコン膜を処理するエッチングにおいて、シリコンウエハを H B r と C l₂ , O₂ の単独または混合したガスを用いてプラズマを形成してシーズニングするもの、さらには、処理室をウエットクリーニングした直後に、A l 膜が堆積しているウエハを S F₆ ガスと C l₂ ガスとを混合したガスを用いてプラズマを形成して該ウエハをエッチング処理し処理室内の石英部材の表面に A l F 被膜を形成する処理を行うものが開示されている

50

。

【 0 0 0 6 】

また、J. Vac. Sci. Technol. B24, 2191(2006) (非特許文献2)記載のように、金属材料(例えばTiN)をエッチングすると、この金属材料がチャンパー内壁に付着し前記ガス系を用いたプラズマによるクリーニングでは十分にこれを除去することが困難な場合があることが知られていた。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 4 - 0 3 1 3 8 0 号

10

【 非特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 非特許文献 1 】 Semiconductor International 日本版2008.1 pp. 20-27

【 非特許文献 2 】 Journal of Vacuum Science and Technology 2191, B 24 (2006)

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

上記の従来技術では、次の点について考慮が不十分であり、問題が生じていた。すなわち、上記高誘電率の材料から構成された膜層をエッチングする場合に、このような材料に含まれる金属材料が処理室内に残留し、この残留物により、この処理の後に実施される処理の結果、形状、CDの値等の性能が処理中あるいはウエハの枚数が増加するに伴って変動してしまい、ひいては歩留まりが低下してしまうという虞があった。

20

【 0 0 1 0 】

本発明の目的は、性能の変動を抑制したプラズマ処理装置またはプラズマ処理方法を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 1 】

上記目的は、金属を有する膜およびHigh-kの材料を有する膜の膜層の構造を有する被処理材を備えたウエハの処理の実施前に、このような層構造に含まれる金属の材料と同種の金属の膜を表面に備えたウエハを処理することにより達成される。このことにより処理室内の金属残留量を安定化させ、プロセス変動が抑制される。また、処理室内の金属物質の残留の量をプラズマ発光をモニターすることにより監視、処理条件を調節してもよい。

30

【 0 0 1 2 】

より具体的には、上記目的は、真空容器内に配置された処理室と、この処理室内に配置された試料台上に載せられたウエハを該処理室内に形成したプラズマを用いて処理するプラズマ処理装置であって、前記ウエハ上に配置された金属の物質を有する膜およびこの下方に配置された酸化膜又は高誘電率を有する材料から構成された膜層をエッチングする処理の前に、予め前記金属の物質と同種の金属を含む膜を表面に備えた別のウエハを処理してこの金属から構成された粒子を堆積させてから前記ウエハ上の前記膜層を処理するプラズマ処理装置によって達成される。

40

【 0 0 1 3 】

または、真空容器内に配置された処理室内の試料台上に載せられたウエハを該処理室内にプラズマを形成して処理するプラズマ処理方法であって、前記ウエハ上に配置された金属の物質を有する膜およびこの下方に配置された酸化膜又は高誘電率を有する材料から構成された膜層をエッチングする処理の前に、予め前記金属の物質と同種の金属を含む膜を表面に備えた別のウエハを処理してこの金属から構成された粒子を堆積させてから前記ウエハ上の前記膜層を処理するステップを備えたプラズマ処理方法により達成される。

【 0 0 1 4 】

さらには、前記別のウエハの処理の際に前記処理室内の発光を用いて前記金属の物質の

50

量を検出した結果に基づいてこの別のウエハの処理を調節することにより達成される。

【0015】

さらには、前記別のウエハの処理は、少なくとも2つのステップ以上からなり、前記ウエハの膜層をエッチングする際に用いられるガスと同等のガスにより処理されることにより達成される。

【0016】

さらにまた、それぞれのステップのステップ時間比は前記ウエハの膜層をエッチングする際のエッチング時間比の $\pm 20\%$ 以内にされることにより達成される。

【0017】

さらにまた、前記予めに行われる別のウエハの処理が前記処理室内をウェットクリーニングした後に行われることにより達成される。

10

【0018】

さらにまた、前記金属の物質はTiNを有し、前記高誘電率を有する材料は HfO_2 であってそのエッチングには少なくとも BCl_3 ガスが用いられることにより達成される。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の一実施例であるマイクロ波ECREッチング装置の縦断面図である。

【図2】図1に示す本実施例が処理を行う被処理材の構造を模式的に示す縦断面図である。

【図3】従来の技術によりメタル/High-k積層構造の被処理材を処理した際の、ウェット処理後のPoly-Siのエッチングレートの測定の結果を示すグラフである。

20

【図4】処理室内部に処理室内壁と同種部材のテストサンプルを設置し、メタル膜 203 を含む膜層と含まない膜層を処理した場合の、それぞれのサンプル表面をXPS(X-ray photo-electron spectroscopy)を用いて測定した結果を示すグラフである。

【図5】ウエハの上の図2に示す膜層のメタル膜とHigh-k膜とのエッチング処理の時間をパラメータとして複数枚連続してエッチング処理を行って後別ウエハのPoly-Si膜のエッチング処理のレートを測定した結果を示すグラフである。

【図6】図1に示す実施例において BCl_3 を含む処理用ガスを用いてプラズマを生成した場合のTiに起因する発光強度の時間変化を示すグラフである。

【図7】図1に示す実施例において、製品用のウエハ112表面の被処理材の処理前に上記シーズニング処理を行わなかった場合及びTiNのエッチングステップのみの処理を行った場合、TiN膜とHigh-k材料による膜の上記シーズニング処理を行い且つプラズマ発光によりシーズニングの終点判定を行った後にPoly-Si膜 203 をエッチング処理した際のエッチングレートの変化を示すグラフである。

30

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明の実施の形態について、以下図面を用いて説明する。

【実施例】

【0021】

以下、本発明の実施例を図1乃至図7を用いて説明する。図1は、本発明の実施例に係るマイクロ波によるECR(Electron Cyclotron Resonance)を用いてプラズマを形成してウエハを処理す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。本図では、真空容器及びこの内部に配置された処理室と処理室内に配置された試料台、電極、真空容器の外周及び上部に配置された電界、磁界の供給手段、これらに電力を供給する電源を模式的に示している。これら以外の機器、装置は、本実施例に係る技術分野の通常の知識を有する者により、本実施例に係る発明の作用、効果を著しく損なわないように、求められる性能或いは仕様に応じて配置または削除可能である。

40

【0022】

本図に示すプラズマ処理装置では、上部が開放された円筒形状を有した真空容器101の上部に、真空容器101内の円筒形状を有する処理室104内部にエッチング処理用の

50

ガスを導入するための円板形状のシャワープレート102（例えば石英製またはイットリウム製で該ガスが通流する複数の貫通孔を少なくとも中心部に備えたもの）及び誘電体窓103（例えば石英製）を設置し、これらの内外を密封することによりこれらにより天井部を構成し処理室104を構成する。シャワープレート102と誘電体窓103との間の空間にはエッチングガスを流すためのガス供給装置105が連通されてこれより上記ガスが供給される。

【0023】

また、真空容器101の下部には、処理室104の底面に面した真空排気口106を介し真空排気装置が接続され、処理室104の内部を排気して減圧可能に構成されている（図示省略）。処理室104内にプラズマを生成するための電界を処理室104に伝送するため、誘電体窓103の上方には電磁波（本実施例ではマイクロ波）を伝送する導波管107が配置されている。導波管107の下端部は円板状の誘電体窓103の上面に面して円筒形状を有した空間に連結されている。

10

【0024】

導波管107（またはアンテナ）へ伝送される電界は、電界発生用電源109によって発振されて形成される。処理室104内に供給される電波の周波数は、本実施例の作用・効果によって特に限定されないが、本実施例では2.45GHzのマイクロ波が使用される。このマイクロ波が電界発生用電源109により形成されて導波管107内部を伝播して誘電体窓103の上面から該部材及び下方のシャワープレート102を透過してこの下方の処理室104内部に配置された試料台である外形がおよそそれと見做せる程度の円筒形状を備えたウエハ載置用電極111の略円形の上面上方から処理室104内部に導入される。

20

【0025】

処理室104の側周囲及び上方の外周には、処理室104内部に磁場を形成する磁場発生コイル110が配置されている。電界発生用電源109より発振されて処理室104内部に供給された電界は、同様に処理室104内部に供給された磁場と相互作用を及ぼして、処理用ガスを励起して処理室104内にプラズマを生成する。上記の通り、シャワープレート102に対向して真空容器101内部の処理室104の下部にはウエハ載置用電極111が配置され、その上部表面は誘電体の材料が溶射されて形成された誘電体膜（図示省略）で被覆され、誘電体膜内部に配置されたタンゲステン等の金属製の導電性の膜には高周波フィルター115を介して直流電源116が接続されている。

30

【0026】

さらに、ウエハ載置用電極111には内部にアルミやTi等の導電性金属により構成された円板状の部材が配置され、これにマッチング回路113を介して高周波電源114が接続されている。また、このウエハ載置用電極111の金属製の部材の内部は、らせん状または同心円状の多重の冷媒用流路117が配置され、この冷媒用流路117は冷媒用配管と連結されている。冷媒用の配管は温調器118に連結されているとともに、ヒーター119とも連結され、ヒーター119は、ヒーター制御器120に接続されている。またウエハ載置用電極111には、温度センサー121が設置され、その信号はヒーター制御器120に伝送され、ウエハ112の温度を所望の温度になるように、ヒーター119出力および冷媒の温度を制御する温調器118の設定温度を制御する。このような構成によって内部の冷媒の温度、ひいてはウエハ載置用電極111の調節が行われる。

40

【0027】

また、処理室104を構成する真空容器101の外壁には、処理室104内部の発光を測定可能な発光分光器123が連結され、該発光分光器123は発光データ処理装置124に接続されている。処理に伴って生じるプラズマ等の発光は、真空容器101側壁に配置された石英等の部材による窓を通り発光分光器123に供給され、発光データ処理装置124によりそのデータの数値的な解析が可能に構成されている。

【0028】

処理室104内に搬送されたウエハ112は、ウエハ載置用電極111上面の誘電体膜

50

上に載せられて、直流電源 116 から内部の膜状の電極に印加される直流電圧によって生成された静電気力によりウエハ載置用電極 111 上に吸着される。この状態で温度の調節がされ、ガス供給装置 105 から所望のエッチング用のガスが処理室 104 内部にシャワープレート 102 を介して供給され、かつ真空排気口 106 から処理室 104 内のガスが真空排気装置により排気されて真空容器 101 内が所定の圧力に調節される。処理室 104 内に供給された電界、磁界によってガスが励起されて処理室 104 内にプラズマが形成される。プラズマが形成されると、ウエハ載置用電極 111 に接続された高周波電源 114 から高周波電力を印加することにより、ウエハ 112 上面にバイアス電位を形成して、プラズマからウエハ 112 上面にヘイオンを引き込み、ウエハ 112 のエッチング処理が開始される。

10

【0029】

図 2 に、図 1 に示す本実施例が処理を行う被処理材の構造を模式的に示す。本図における被処理材は、ウエハ 112 の上面に積層され配置された膜層を有しており、本図は処理後のその膜層の一部の形状を模式的に示している。

【0030】

本図の膜層は、複数の膜から構成され、下地であるウエハ 112 のシリコン 205 の上面に例として 4 つの層からなっている。これらはレジスト (PR) 又はハードマスク (SiO_2 , SiN または SiON など) 等のマスク 201、その下方の Poly-Si (ポリシリコン) 膜 202、金属の物質から構成された材料を含む膜 (例えば TiN 、以下メタル膜) 203、High-k (例えば HfO_2) 膜 204 の積層構造を有している。

20

【0031】

このような膜層の構造は、半導体デバイスのゲート構造を形成するためのものであって、エッチング処理の前に所定の処理によって成膜、リソグラフィ処理によりマスク 201 の不要部分の除去が行われている。本図のこれらの各膜は、単一の層から構成されているが、複数の層から構成されていてもよく、特にメタル膜 203 は上下に各々が異なる材料からなる複数の層から構成されていても良い。また、メタル膜 203 の材料の種類および積層数、厚みは製造される半導体デバイスの仕様に応じ NMOS 部分、PMOS 部分によって異なる。

【0032】

それぞれの積層膜はそれぞれ条件、ガスの組成、供給量、圧力、処理時間等の少なくとも 1 部が異なる所定のエッチングレシビにより処理される。またマスク 201 は、近年の微細加工に対応した PR だけでは、膜厚、エッチング耐性が不十分であることから、PR の下層にアモルファスカーボン (ACL) や、 SiN または SiON および SiO_2 のハードマスクを配置して、それらをマスクに更に下層の Poly-Si 膜 202 やメタル膜 203 をエッチングしてもよい。ここではマスク 201 のエッチング工程についての説明は省略する。

30

【0033】

Poly-Si 膜 202 のエッチングの処理用ガスとしては、 Cl_2 とフッ素 (F) (例えば CF_4) の混合ガス又は Cl_2 と HBr の混合ガス等が用いられる。また必要に応じて O_2 等のガスも用いられる。

40

【0034】

次にメタル膜 203 (例えば TiN) の層のエッチング工程では、最初にメタル膜 203 の層の界面 (上下の膜層の間でこれらの材料としての表面同士の間形成された面であり、単一または数原子層程度の別の部材の膜が存在する場合を含めた境界部分) に形成された自然酸化膜等を除去するため、相対的に高いウエハバイアスの値にしてイオンエネルギーを増加させる。処理用のガスとしては HBr や Ar 等が用いられるが、他のガス系であっても良い。

【0035】

この自然酸化膜除去の工程の後、メタル膜 203 のエッチングの為に、処理用ガスとして主に Cl_2 または Cl_2 と HBr の混合ガスが用いられる。本実施例で用いられるメタル

50

膜 2 0 3 のエッチングは、メタル 2 0 3 の層が相対的に他の膜の層より薄膜であるため、比較的低いイオンエネルギーとなるように高周波電源 1 1 4 からの電力によるウエハバイアスの値が調整される。

【 0 0 3 6 】

次に、高誘電率材料である High - K (例えば HfO_2) 膜のエッチングには BCl_3 又は BCl_3 と Cl_2 の混合ガスが用いられる。本ステップでは相対的に低いイオンエネルギー条件を使用することにより、良好なエッチング特性 (形状, 選択比) 等が達成される。

【 0 0 3 7 】

従来は、エッチング処理したウエハの枚数が所定の枚数になると、処理室 1 0 4 内部のウェットクリーニング等のクリーニングを実施した後、処理室 1 0 4 内部を馴染ませるため、Si, PR 又は酸化膜ウエハ等の非メタル系ウエハを用いたエッチングを実施して処理室 1 0 4 内部の部材表面のシーズニング処理を実施した後に製品用のウエハの処理を実施していた。図 3 は、従来の技術によりメタル / High - k 積層構造の被処理材が表面に配置されたウエハを複数枚処理した際の、ウェット処理後の Poly - Si のエッチングレートの測定の結果を示すグラフである。

10

【 0 0 3 8 】

本従来技術では、複数枚のウエハの処理の枚数が増大するに伴ってエッチングレートが変化している。特に、処理開始から極初期にエッチングレートが急激に増加し、その後安定となっている。このため、クリーニングしてエッチング処理を開始した直後の製品用のウエハでの処理結果とその後所定の枚数を経て安定した結果が得られたウエハのその処理結果との間で形状に著しい差異が生じていた。

20

【 0 0 3 9 】

発明者らは、この原因を明らかにするため、処理室内部に処理室内壁と同種部材のテストサンプルを設置し、メタル膜 2 0 3 を含む膜層と含まない膜層を処理した場合の、それぞれのサンプル表面を XPS (X-ray photo-electron spectroscopy) を用いて測定した。その結果のグラフを図 4 として示す。この図に示すように、メタル膜 2 0 3 を有する膜層を処理したサンプルからは Ti が検出された。更に、メタル 2 0 3 を含む膜層を処理したサンプルからは、フッ素 (F) の増加が検出された。

【 0 0 4 0 】

図 5 は、メタル膜 2 0 3 と High - k 膜 2 0 4 とのエッチング処理の時間をパラメータとして複数枚 (本例では 1 0 枚程度) 連続してエッチング処理を行って後別のウエハ 1 1 2 の図 2 に示す膜層の Poly - Si 膜 2 0 2 のエッチング処理のレートを測定した結果を示すグラフである。図中点線は、ウエハ 1 1 2 を長期間処理した際の安定する Poly - Si 膜 2 0 2 のエッチングレートである。

30

【 0 0 4 1 】

本図に示すように High - k 膜 2 0 4 のエッチング処理の時間が少ないほどエッチングレートが高く、多いと減少する。また、ある一定以上の High - k 膜 2 0 4 のエッチング処理の時間ではエッチングレートが飽和している。本実施例は、メタル膜 2 0 3 の材料として TiN エッチングしたものであり、 HBr / Cl_2 を含む処理用ガスを使用した。さらに、High - k 膜 2 0 4 のエッチングとして BCl_3 / Cl_2 を含む処理用ガスを使用した。また、この膜層を処理した後、Si ウエハを電極上に設置し、Ar 放電に暴し、その後 Si ウエハ表面を TRXF (Total reflection X-ray Fluorescence) により測定したものである。それぞれ検出された Ti 量を右軸に示す。

40

【 0 0 4 2 】

本例において、検出された金属の物質である Ti は処理室 1 0 4 内に粒子として残留した Ti が、処理中に Ar のスパッタリングにより飛散し、ウエハ 1 1 2 上に堆積したものに起因すると考えられ、すなわち、処理室 1 0 4 内に残留した Ti の量を示していると考えられる。従って、Poly - Si 膜 2 0 2 のエッチング処理のレートと処理室 1 0 4 内に残留する Ti 量の間には相関があると考えられる。

【 0 0 4 3 】

50

さらに、図4にも示したように、Tiが処理室104内に残留することによりFも同時に増加している。この原因を調べるため、XPSの測定結果を詳細に見ると(図示省略)、Ti2pピークにはTi-Oの結合の他にTi-Fのピークが観測されること、またF1sのピークには低束縛エネルギー方向へのエネルギーシフトが見られることから、Fが何らかの金属と結合していると考えられ、この場合Ti-Fの結合を有していると発明者らは考えた。このことは、処理室104内に残留するTiにより処理室104の内壁表面を構成する材料の物質がフッ化され、更にはプラズマ中のFが増加することによりPoly-Si膜の処理のレートが増加していることについても説明が可能となる。

【0044】

一方、一般にTi-F, Ti-Oの結合は安定であり従来の技術によるプラズマを用いたクリーニングでは除去することが難しいと考えられる。そこで、本実施例では、製品用のウエハ112の被処理材の処理前に、予め、この被処理材に含まれる金属(例えばTiN)膜203の材料と同じ物質を表面に有するウエハを処理して、同じ金属(金属)の物質(例えばTi)を処理室104内部に付着させるシーズニングを行っている。このことにより、処理室104内部の処理中のガスの組成を安定化することができる。本実施例のこのような事前のクリーニングは、処理室104内部の部材の表面をウエットクリーニングした後、製品用のウエハ112を処理する前に行われる。

【0045】

本実施例のシーズニングは、複数枚のTiNを表面に配置したウエハ112を用いても良い。つまり、繰り返して事前のシーズニングを行っても良い。この際、各々異なる膜層を有する複数枚のウエハを連続して処理しても良い。処理室104内部に残留する金属物質(Ti)の量は、シーズニングに用いるウエハ112上又はウエハ112なしの状態にて、プラズマを生成し、そのプラズマの発光を用いて検出することが可能である。図6を用いて、この金属物質の検出について説明する。

【0046】

図6は、図1に示す実施例においてBCl₃を含む処理用ガスを用いてプラズマを生成した場合のTiに起因する発光強度の時間変化を示すグラフである。本実施例では、この発光強度を発光データ処理装置124を用いて解析する。特に、その内部に配置された演算装置が同様に内部に配置された記憶装置内に格納された上記金属物質を表面に配置したウエハ112をエッチング処理する間に検出した発光データを読み出して、所定の金属物質に対応する波長の発光のデータを積分する処理を含む特定の演算を行って処理室104内に残留するTiの量を示す結果を算出し信号として出力することでTiの量が検出される。

【0047】

上記のように、このようなウエハ112の処理によって処理室104内部の表面に堆積する、あるいは処理室104内部に残留するTiの量が大きくなるに伴って、この後に行われる被処理材を有するウエハ112のエッチング処理のレートは変化するのであるが、Tiの量が特定の値を越えると処理のレートが所定値に漸近する、飽和状態となる。このような飽和状態になるTiの量は、飽和状態となるだけ長い時間に渡り金属物質を含む膜を表面にウエハ112の該膜のエッチング処理を行った場合の処理室104内からの発光のデータを予め取得して解析しておいて、ウエットクリーニングを行った直後に行う金属物質(Ti)を有する膜を表面に配置されたウエハの事前のエッチング処理を行った差異の発光強度と比較して、上記レートが飽和状態となるまでのシーズニングの終点を検出する。また、本実施例ではBCl₃を含むガス系を使用した。Ar等希ガスを用いたガス系でも同様の測定が可能である。

【0048】

図7は、図1に示す実施例において、製品用のウエハ112表面の被処理材の処理前に上記シーズニング処理を行わなかった場合及びTiNのエッチングステップのみの処理を行った場合、TiN膜とHigh-k材料による膜の上記シーズニング処理を行い且つプラズマ発光によりシーズニングの終点判定を行った後にPoly-Si膜203をエッチング処理

10

20

30

40

50

した際のエッチングレートの変化を示すグラフである。TiN膜とHigh-k材料による膜との処理を行った場合には、3例のなかで最もレートの変動が小さく安定な処理が実施されている。前述のようにHigh-kの材料を含む膜の処理は、 BCl_3 を組成として含む処理用ガスを使用しており、このガスを用いた処理では BCl_3 が処理室104内部に残留したTiを除去する特性がある。

【0049】

このことから、処理室104内部の残留したTiの量を調節するためには、事前のシーズニングの処理においてTiN膜のエッチングの工程とHigh-k材料による膜のエッチングの工程との時間比又は放電条件をプラズマの発光を検出した結果得られる信号を基に調整することが重要である。このことにより事前のシーズニングの処理によって処理室104内部に残留、あるいは堆積させる金属の物質(Ti)の量を所望の量に調節することができる。

10

【0050】

また、処理室104内部の残留したTiの量を制御する際、このような膜層の構造を有する被処理材を備えたウエハ112をエッチングする際のメタル膜203とHigh-k膜204との処理に要する時間の比と等しいか20%以内の比にて、Tiシーズニング中のTiN膜/High-k材料から構成された膜の処理の時間比で処理を行うことで、シーズニング中に蓄積する処理室104内のTiの残留の分布も、実際の被処理材を処理する時と同等とする。このことは、事前のシーズニングの処理におけるTiN膜/High-k材料から構成された膜の構成を被処理材のものと同等にし、TiN膜/High-k材料から構成された膜の処理で処理室104内部のプラズマ中の金属の物質の発光の強度を被処理材を有する製品用のウエハ112の処理の際、特に、そのエッチングレート等の処理の条件が安定した状態となって得られるプラズマの発光強度と等しくなるように、事前のシーズニングでのウエハ112の処理を行うことによっても得られる。さらにまた、事前のシーズニングの処理においてTiN膜/High-k材料から構成された膜の各々を処理する際に用いられる処理用ガスの組成を含む処理の条件を被処理材を有するウエハ112の処理の条件と同じか実質的に同じと見做せる程度に同等にすることによっても得られる。

20

【0051】

上記のような事前のシーズニングの処理は、2つ以上のステップから構成されていることになる。このような処理を行うことにより、処理室104内に残留するTiの量或いは分布をより高精度に調節することができ、プロセスの安定性を向上できる。

30

【0052】

以上のように、上記実施例では、メタル膜203およびHigh-k膜204の積層構造を有する被処理材の処理の実施前に、該被処理材に含まれるメタル膜203を構成する材料と同種のメタル物質を含む膜を表面に有するウエハを処理して当該膜をエッチング処理することで、更には、処理室104内の上記メタル物質が残留している量を、処理室内の発光をモニターすることにより検出する、或いは検出結果を用いて処理の条件を調節することにより、処理室104内のメタル物質の残留の量を安定化させ、処理の結果得られる形状の変動を抑制することが可能となる。ひいては、加工後のCD値の安定性を向上でき、処理の歩留りの低下、及び経時変化が少ないエッチング処理の装置または方法を提供することができる。

40

【0053】

また、処理室104内部のメタル物質の残留の量が安定化されるため、メタル物質を起因としたプロセスの変動が抑制され、CDの変動抑制が可能であるという効果がある。

【0054】

上記の本実施例では、特にECRプラズマ装置についての実施例を述べたが、本発明は他のプラズマ生成装置または方法、例えば誘導結合型プラズマ(ICP)、容量結合型プラズマ(CCP)を用いても同様の効果がある。

【符号の説明】

【0055】

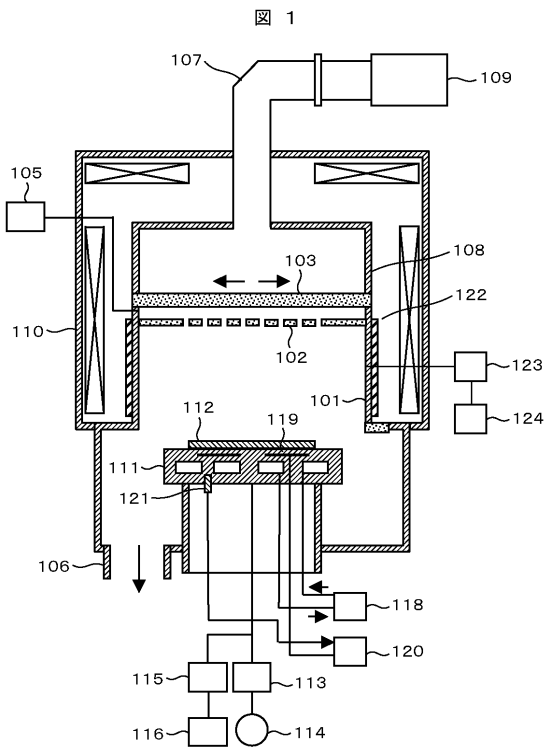
50

- 1 0 1 真空容器
- 1 0 2 シャワープレート
- 1 0 3 誘電体窓
- 1 0 4 処理室
- 1 0 5 ガス供給装置
- 1 0 6 真空排気口
- 1 0 7 導波管
- 1 0 8 空洞共振器
- 1 0 9 電界発生用電源
- 1 1 0 磁場発生コイル
- 1 1 1 ウエハ載置用電極
- 1 1 2 ウエハ
- 1 1 3 マッチング回路
- 1 1 4 高周波電源
- 1 1 5 フィルター
- 1 1 6 直流電源
- 1 1 7 冷媒用流路
- 1 1 8 温調器
- 1 1 9 , 1 2 2 ヒーター
- 1 2 0 ヒーター制御器
- 1 2 1 温度センサー
- 1 2 3 発光分光器
- 1 2 4 発光データ処理装置

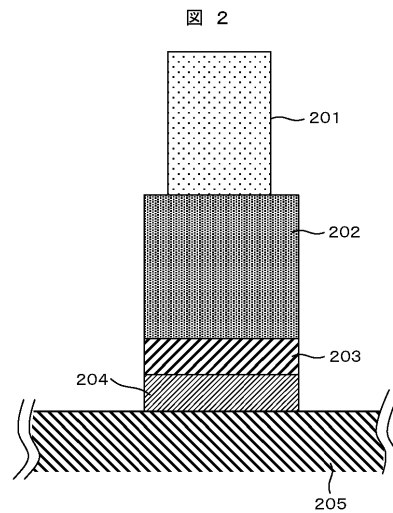
10

20

【 図 1 】

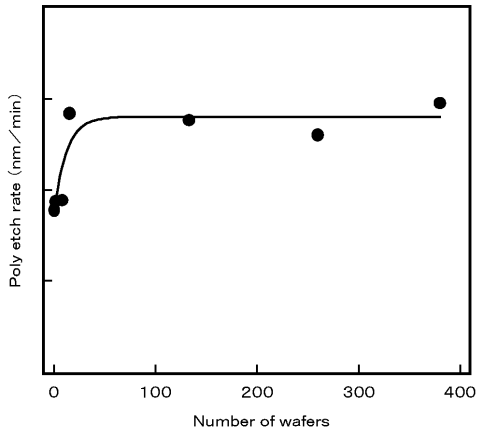


【 図 2 】



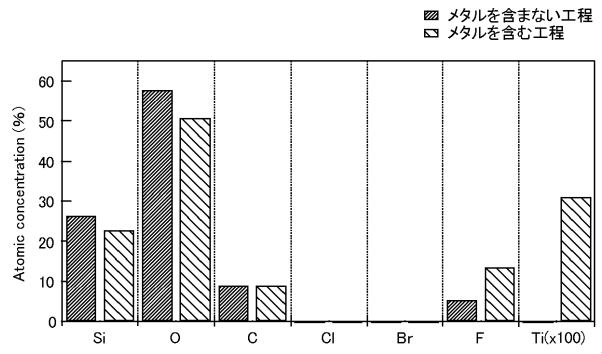
【 図 3 】

図 3



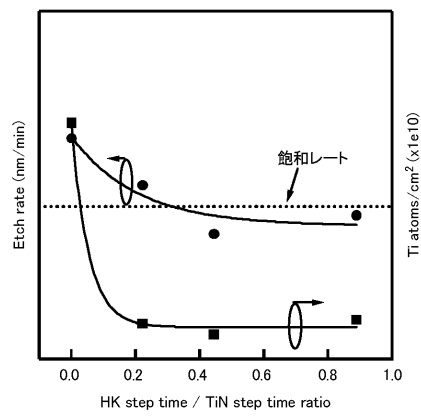
【 図 4 】

図 4



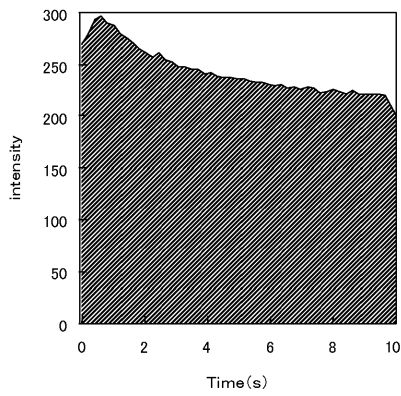
【 図 5 】

図 5



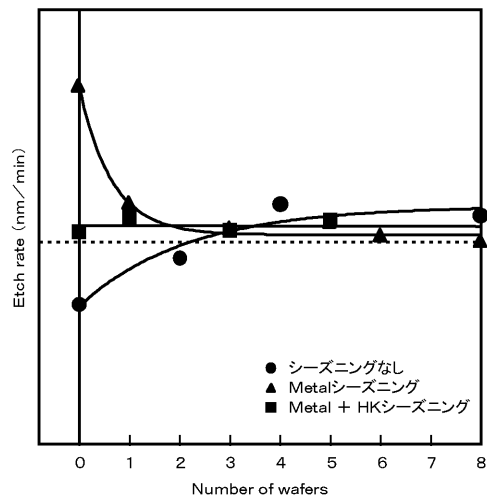
【 図 6 】

図 6



【 図 7 】

図 7



フロントページの続き

(72)発明者 廣田 侯然

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5F004 AA15 AA16 BA14 BB12 BB13 BB14 BB18 BB22 BB25 CA09

CB02 DA01 DA04 DA11 EB02