(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7482684号
(P7482684)

(45)発行日　令和6年5月14日(2024.5.14)

(24)登録日　令和6年5月2日(2024.5.2)

(51)国際特許分類

		FI		
H01L 21/3065(2006.01)		H01L	21/302	104C
H05H 1/46 (2006.01)		H05H	1/46	A

請求項の数　8　（全14頁）

(21)出願番号　特願2020-88724(P2020-88724)
(22)出願日　令和2年5月21日(2020.5.21)
(65)公開番号　特開2021-184410(P2021-184410A)
(43)公開日　令和3年12月2日(2021.12.2)
審査請求日　令和5年3月30日(2023.3.30)

(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
(74)代理人　100088155
弁理士　長谷川 芳樹
(74)代理人　100113435
弁理士　黒木 義樹
(74)代理人　100122507
弁理士　柏岡 潤二
(72)発明者　浅子 竜一
宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ１番
東京エレクトロン宮城株式会社内
審査官　山口 祐一郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　エッチング方法及びプラズマ処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

（ａ）第１のプラズマを用いて窒化チタン膜をエッチングする工程と、

（ｂ）第２のプラズマを用いて前記窒化チタン膜をエッチングする工程と、

を含み、

前記第１のプラズマは第１の処理ガスから生成され、前記第２のプラズマは第２の処理ガスから生成され、

前記第１の処理ガス及び前記第２の処理ガスのうち一方は、塩素含有ガス及びフルオロカーボンガスを含み、

前記第１の処理ガス及び前記第２の処理ガスのうち他方は、塩素含有ガスを含みフルオロカーボンガスを含まず、

前記（ａ）及び前記（ｂ）を含むサイクルの繰り返しが実行され、

前記サイクルの前記繰り返しは、前記窒化チタン膜がその上面と下面との間で底面を提供するように該窒化チタン膜がその膜厚方向において部分的にエッチングされた状態で停止される、

エッチング方法。

【請求項２】

前記窒化チタン膜を有する基板は、相変化材料層を更に有し、

前記窒化チタン膜は、前記相変化材料層上に設けられており、

第３の処理ガスから生成された第３のプラズマを用いて、前記窒化チタン膜における前

記底面と前記下面との間の部分及び前記相変化材料層の厚さ方向における一部をエッチングする工程を更に含む、
請求項１に記載のエッチング方法。
【請求項３】
前記第３の処理ガスは、臭素含有ガスを含む、請求項２に記載のエッチング方法。
【請求項４】
前記相変化材料層は、ゲルマニウム、アンチモン、及びテルルから形成されている、請求項２又は３に記載のエッチング方法。
【請求項５】
第４の処理ガスから生成された第４のプラズマを用いて、前記相変化材料層を更にエッチングする工程を更に含む、請求項２～４の何れか一項に記載のエッチング方法。
【請求項６】
前記第４の処理ガスは、水素ガス及び炭化水素ガスを含む、請求項５に記載のエッチング方法。
【請求項７】
前記サイクルにおける前記（ａ）の時間長と前記（ｂ）の時間長の各々は、１秒以上、３秒以下である、請求項１～６の何れか一項に記載のエッチング方法。
【請求項８】
チャンバと、
前記チャンバ内で基板を支持するように構成された基板支持器と、
前記チャンバ内に第１の処理ガス及び第２の処理ガスを供給するように構成されたガス供給部と、
前記チャンバ内のガスからプラズマを生成するように構成されたプラズマ生成部と、
前記ガス供給部と前記プラズマ生成部を制御するように構成された制御部と、
を備え、
前記第１の処理ガス及び前記第２の処理ガスのうち一方は、塩素含有ガス及びフルオロカーボンガスを含み、
前記第１の処理ガス及び前記第２の処理ガスのうち他方は、塩素含有ガスを含みフルオロカーボンガスを含まず、
前記制御部は、
前記チャンバ内において前記第１の処理ガスから第１のプラズマを生成して前記基板支持器によって支持された前記基板の窒化チタン膜をエッチングするように、前記ガス供給部及び前記プラズマ生成部を制御する第１の制御と、
前記チャンバ内において前記第２の処理ガスから第２のプラズマを生成して前記窒化チタン膜をエッチングするように、前記ガス供給部及び前記プラズマ生成部を制御する第２の制御と、
を含む制御サイクルの繰り返しを実行し、
前記制御サイクルの前記繰り返しは、前記窒化チタン膜がその上面と下面との間で底面を提供するように該窒化チタン膜がその膜厚方向において部分的にエッチングされた状態で停止される、
プラズマ処理装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示の例示的実施形態は、エッチング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】
プラズマエッチングが基板の膜に対する加工のために行われている。特表２００４－５１９８３８号公報（以下、「特許文献１」という）は、窒化チタン膜に対するプラズマエッチングを開示している。具体的に、特許文献１は、窒化チタン膜に対するプラズマエッ

チングにおいて、塩素とフルオロカーボンを含むガスから生成されたプラズマを用いることを開示している。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特表２００４－５１９８３８号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
本開示は、窒化チタン膜の部分的なエッチングにより得られる底面の荒れを抑制し、パターンの密度による窒化チタン膜のエッチングレートの差を低減する技術を提供する。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
一つの例示的実施形態においては、エッチング方法が提供される。エッチング方法は、（ａ）第１のプラズマを用いて窒化チタン膜をエッチングする工程を含む。エッチング方法は、（ｂ）第２のプラズマを用いて窒化チタン膜をエッチングする工程を更に含む。第１のプラズマは第１の処理ガスから生成され、第２のプラズマは第２の処理ガスから生成される。第１の処理ガス及び第２の処理ガスのうち一方は、塩素含有ガス及びフルオロカーボンガスを含む。第１の処理ガス及び第２の処理ガスのうち他方は、塩素含有ガスを含みフルオロカーボンガスを含まない。エッチング方法では、（ａ）及び（ｂ）を含むサイクルの繰り返しが実行される。サイクルの繰り返しは、窒化チタン膜がその上面と下面との間で底面を提供するように該窒化チタン膜がその膜厚方向において部分的にエッチングされた状態で停止される。
【発明の効果】
【０００６】
一つの例示的実施形態によれば、窒化チタン膜の部分的なエッチングにより得られる底面の荒れが抑制され、パターンの密度による窒化チタン膜のエッチングレートの差が低減される。
【図面の簡単な説明】
【０００７】
【図１】一つの例示的実施形態に係るエッチング方法の流れ図である。
【図２】一例の基板の部分拡大断面図である。
【図３】図３の（ａ）～図３の（ｃ）の各々は、図１に示すエッチング方法の対応の工程において作成される基板の部分拡大断面図である。
【図４】一つの例示的実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。
【発明を実施するための形態】
【０００８】
以下、種々の例示的実施形態について説明する。
【０００９】
一つの例示的実施形態においては、エッチング方法が提供される。エッチング方法は、（ａ）第１のプラズマを用いて窒化チタン膜をエッチングする工程を含む。エッチング方法は、（ｂ）第２のプラズマを用いて窒化チタン膜をエッチングする工程を更に含む。第１のプラズマは第１の処理ガスから生成され、第２のプラズマは第２の処理ガスから生成される。第１の処理ガス及び第２の処理ガスのうち一方は、塩素含有ガス及びフルオロカーボンガスを含む。第１の処理ガス及び第２の処理ガスのうち他方は、塩素含有ガスを含みフルオロカーボンガスを含まない。エッチング方法では、（ａ）及び（ｂ）を含むサイクルの繰り返しが実行される。サイクルの繰り返しは、窒化チタン膜がその上面と下面との間で底面を提供するように該窒化チタン膜がその膜厚方向において部分的にエッチングされた状態で停止される。
【００１０】

塩素含有ガスを含みフルオロカーボンガスを含まない処理ガスから生成されたプラズマによるエッチングでは、パターンの密度による窒化チタン膜のエッチングレートの差は、小さい。しかしながら、塩素含有ガスを含みフルオロカーボンガスを含まない処理ガスから生成されたプラズマによるエッチングでは、窒化チタン膜の部分的なエッチングにより得られる底面の荒れが、大きくなる。一方、塩素含有ガス及びフルオロカーボンガスを含む処理ガスから生成されたプラズマによるエッチングでは、窒化チタン膜の部分的なエッチングにより得られる底面の荒れは、抑制される。しかしながら、塩素含有ガス及びフルオロカーボンガスを含む処理ガスから生成されたプラズマによるエッチングでは、パターンの密度による窒化チタン膜のエッチングレートの差は、大きくなる。上記実施形態では、第１の処理ガスから生成された第１のプラズマによる窒化チタン膜のプラズマエッチングと第２の処理ガスから生成された第２のプラズマによる窒化チタン膜のプラズマエッチングが交互に行われる。したがって、上記実施形態によれば、窒化チタン膜の部分的なエッチングにより得られる底面の荒れが抑制され、パターンの密度による窒化チタン膜のエッチングレートの差が低減される。

【００１１】

一つの例示的実施形態において、窒化チタン膜を有する基板は、相変化材料層を更に有していてもよい。窒化チタン膜は、相変化材料層上に設けられている。この実施形態において、エッチング方法は、第３の処理ガスから生成された第３のプラズマを用いて、窒化チタン膜における底面と下面との間の部分及び相変化材料層の厚さ方向における一部をエッチングする工程を更に含んでいてもよい。

【００１２】

一つの例示的実施形態において、第３の処理ガスは、臭素含有ガスを含んでいてもよい。この実施形態によれば、相変化材料層の損傷を抑制しつつ、相変化材料層をエッチングすることが可能となる。

【００１３】

一つの例示的実施形態において、相変化材料層は、ゲルマニウム、アンチモン、及びテルルから形成されていてもよい。

【００１４】

一つの例示的実施形態において、エッチング方法は、第４の処理ガスから生成された第４のプラズマを用いて、相変化材料層を更にエッチングする工程を更に含んでいてもよい。

【００１５】

一つの例示的実施形態において、第４の処理ガスは、水素ガス及び炭化水素ガスを含んでいてもよい。

【００１６】

一つの例示的実施形態において、サイクルにおける（ａ）の時間長と（ｂ）の時間長の各々は、１秒以上、３秒以下であってもよい。この実施形態によれば、窒化チタン膜の部分的なエッチングにより得られる底面の荒れがより効果的に抑制され、パターンの密度による窒化チタン膜のエッチングレートの差がより効果的に低減される。

【００１７】

別の例示的実施形態においては、プラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、チャンバ、基板支持器、ガス供給部、プラズマ生成部、及び制御部を備える。基板支持器は、チャンバ内で基板を支持するように構成されている。ガス供給部は、チャンバ内に第１の処理ガス及び第２の処理ガスを供給するように構成されている。プラズマ生成部は、チャンバ内のガスからプラズマを生成するように構成されている。制御部は、ガス供給部とプラズマ生成部を制御するように構成されている。第１の処理ガス及び第２の処理ガスのうち一方は、塩素含有ガス及びフルオロカーボンガスを含む。第１の処理ガス及び第２の処理ガスのうち他方は、塩素含有ガスを含みフルオロカーボンガスを含まない。制御部は、第１の制御及び第２の制御を含む制御サイクルの繰り返しを実行する。制御部が実行する第１の制御は、チャンバ内において第１の処理ガスから第１のプラズマを生成して基板支持器によって支持された基板の窒化チタン膜をエッチングするように、ガス供給部

及びプラズマ生成部を制御することを含む。制御部が実行する第２の制御は、チャンバ内において第２の処理ガスから第２のプラズマを生成して窒化チタン膜をエッチングするように、ガス供給部及びプラズマ生成部を制御することを含む。制御サイクルの繰り返しは、窒化チタン膜がその上面と下面との間で底面を提供するように該窒化チタン膜がその膜厚方向において部分的にエッチングされた状態で停止される。

【００１８】

以下、図面を参照して種々の例示的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こととする。

【００１９】

図１は、一つの例示的実施形態に係るエッチング方法の流れ図である。図１に示すエッチング方法（以下、「方法ＭＴ」という）は、基板の窒化チタン膜をエッチングするために、実行される。

【００２０】

図２は、一例の基板の部分拡大断面図である。方法ＭＴは、図２に示す基板Ｗに適用され得る。基板Ｗは、窒化チタン膜ＴＮＦを有する。基板Ｗは、層ＰＣＬを更に有していてもよい。層ＰＣＬは、相変化材料層である。窒化チタン膜ＴＮＦは、層ＰＣＬ上に設けられている。層ＰＣＬを含む基板Ｗは、例えば相変化メモリの製造において用いられる。層ＰＣＬは、カルコゲナイド合金から形成されている。層ＰＣＬは、ゲルマニウム（Ｇｅ）、アンチモン（Ｓｂ）、及びテルル（Ｔｅ）を含み得る。層ＰＣＬの組成は、例えば$Ge_2Sb_2Te_5$である。

【００２１】

基板Ｗは、マスクＭＫを更に有していてもよい。マスクＭＫは、窒化チタン膜ＴＮＦ上に設けられている。マスクＭＫは、窒化チタン膜ＴＮＦに転写されるパターンを有している。即ち、マスクＭＫは、パターンとスペースを提供するようにパターニングされている。マスクＭＫは、比較的広いスペースを提供する領域、即ちその中でパターンが比較的低い密度で設けられた領域（以下、「粗領域」という）を有する。また、マスクＭＫは、比較的狭いスペースを提供する領域、即ちその中でパターンが比較的高い密度で設けられた領域（以下、「密領域」という）を有する。

【００２２】

マスクＭＫは、後述する工程ＳＴ１及び工程ＳＴ２における窒化チタン膜ＴＮＦのエッチングレートよりも、工程ＳＴ１及び工程ＳＴ２において低いエッチングレートを有する材料から形成される。マスクＭＫは、例えば窒化シリコンから形成される。

【００２３】

基板Ｗは、下地領域ＵＲを更に有していてもよい。層ＰＣＬは、下地領域ＵＲ上に設けられる。下地領域ＵＲは、例えば窒化シリコンから形成される。

【００２４】

以下、図１及び図２と共に、図３の（ａ）～図３の（ｃ）を参照する。図３の（ａ）～図３の（ｃ）の各々は、図１に示すエッチング方法の対応の工程において作成される基板の部分拡大断面図である。

【００２５】

図１に示すように、方法ＭＴは、工程ＳＴ１及び工程ＳＴ２を含む。工程ＳＴ１及び工程ＳＴ２は、図２に示す基板Ｗがプラズマ処理装置のチャンバ内に配置された状態で、実行される。工程ＳＴ１では、チャンバ内で生成された第１のプラズマを用いて窒化チタン膜ＴＮＦがエッチングされる。続く工程ＳＴ２では、プラズマ処理装置のチャンバ内で生成された第２のプラズマを用いて窒化チタン膜ＴＮＦがエッチングされる。工程ＳＴ１及び工程ＳＴ２では、窒化チタン膜ＴＮＦは、マスクＭＫから露出された部分においてエッチングされる。

【００２６】

工程ＳＴ１において第１のプラズマは第１の処理ガスから生成され、工程ＳＴ２において、第２のプラズマは第２の処理ガスから生成される。第１の処理ガス及び第２の処理ガ

スのうち一方は、塩素含有ガス及びフルオロカーボンガスを含む。第１の処理ガス及び第２の処理ガスのうち他方は、塩素含有ガスを含みフルオロカーボンガスを含まない。塩素含有ガスは、例えば、Cl_2、ＨＣｌ、CH_3Cl、及びＣｌＦのうち一つ以上を含む。フルオロカーボンガスは、例えばCF_4ガスである。

【００２７】

方法ＭＴでは、工程ＳＴ１及び工程ＳＴ２を含むサイクルＣＹの繰り返しが実行される。サイクルＣＹの繰り返しは、図３の（ａ）に示すように、窒化チタン膜ＴＮＦがその膜厚方向において部分的にエッチングされた状態で停止される。サイクルＣＹの繰り返しの結果、窒化チタン膜ＴＮＦは、底面ＢＳを提供する。底面ＢＳは、窒化チタン膜ＴＮＦの上面ＵＳと下面ＬＳとの間に提供される。

【００２８】

方法ＭＴは、工程ＳＴＪを含んでいてもよい。工程ＳＴＪでは、停止条件が満たされるか否かが判定される。工程ＳＴＪにおいて、停止条件は、例えば、サイクルＣＹの繰り返し回数が所定回数に達している場合に満たされていると判定される。サイクルＣＹの繰り返し回数が所定回数に達すると、窒化チタン膜ＴＮＦのエッチングは、窒化チタン膜ＴＮＦが、図３の（ａ）に示すように、その膜厚方向において部分的にエッチングされた状態で、停止する。工程ＳＴＪにおいて、停止条件が満たされていないと判定されると、サイクルＣＹが再び実行される。工程ＳＴＪにおいて、停止条件が満たされていると判定されると、サイクルＣＹの繰り返しが終了する。

【００２９】

塩素含有ガスを含みフルオロカーボンガスを含まない処理ガスから生成されたプラズマによるエッチングでは、パターンの密度による窒化チタン膜のエッチングレートの差は、小さい。しかしながら、塩素含有ガスを含みフルオロカーボンガスを含まない処理ガスから生成されたプラズマによるエッチングでは、窒化チタン膜の部分的なエッチングにより得られる底面の荒れが、大きくなる。

【００３０】

一方、塩素含有ガス及びフルオロカーボンガスを含む処理ガスから生成されたプラズマによるエッチングでは、窒化チタン膜の部分的なエッチングにより得られる底面の荒れは、抑制される。しかしながら、塩素含有ガス及びフルオロカーボンガスを含む処理ガスから生成されたプラズマによるエッチングでは、パターンの密度による窒化チタン膜のエッチングレートの差は、大きくなる。具体的には、塩素含有ガス及びフルオロカーボンガスを含む処理ガスから生成されたプラズマによるエッチングでは、粗領域における窒化チタン膜のエッチングレートは低く、密領域における窒化チタン膜のエッチングレートは高い。

【００３１】

方法ＭＴでは、第１の処理ガスから生成された第１のプラズマによる窒化チタン膜ＴＮＦのプラズマエッチングと第２の処理ガスから生成された第２のプラズマによる窒化チタン膜ＴＮＦのプラズマエッチングが交互に行われる。したがって、方法ＭＴによれば、窒化チタン膜ＴＮＦの部分的なエッチングにより得られる底面ＢＳの荒れが抑制され、パターンの密度による窒化チタン膜ＴＮＦのエッチングレートの差が低減される。

【００３２】

一実施形態において、サイクルＣＹにおける工程ＳＴ１の時間長と工程ＳＴ２の時間長の各々は、１秒以上、３秒以下であってもよい。この実施形態によれば、窒化チタン膜ＴＮＦの部分的なエッチングにより得られる底面ＢＳの荒れがより効果的に抑制され、パターンの密度による窒化チタン膜ＴＮＦのエッチングレートの差がより効果的に低減される。

【００３３】

一実施形態において、方法ＭＴは、工程ＳＴ３を更に含んでいてもよい。工程ＳＴ３は、サイクルＣＹの繰り返しの後に実行される。工程ＳＴ３は、図３の（ａ）に示す基板Ｗがプラズマ処理装置のチャンバ内に配置された状態で実行される。工程ＳＴ３の実行には、サイクルＣＹの繰り返しにおいて用いられたプラズマ処理装置が用いられてもよい。即ち、サイクルＣＹ及び工程ＳＴ３は、単一のプラズマ処理装置を用いて実行されてもよい

。或いは、工程ＳＴ３は、サイクルＣＹの繰り返しにおいて用いられたプラズマ処理装置とは別のプラズマ処理装置を用いて実行されてもよい。工程ＳＴ３がサイクルＣＹの繰り返しにおいて用いられたプラズマ処理装置とは別のプラズマ処理装置を用いて実行される場合には、基板Ｗはこれらのプラズマ処理装置間では減圧された環境の中を介して搬送され得る。即ち、基板Ｗは、これらのプラズマ処理装置間で真空を破らずに搬送され得る。

【００３４】

工程ＳＴ３では、窒化チタン膜ＴＮＦにおける底面ＢＳと下面ＬＳとの間の部分及び層ＰＣＬの厚さ方向における一部が、プラズマ処理装置のチャンバ内で生成された第３のプラズマを用いて、エッチングされる。工程ＳＴ３の実行後の基板Ｗの状態の例は、図３の（ｂ）に示されている。

【００３５】

工程ＳＴ３において、第３のプラズマは、第３の処理ガスから生成される。第３の処理ガスは、第３のプラズマによる層ＰＣＬの損傷が、サイクルＣＹの繰り返しにより層ＰＣＬのエッチングを行うのであれば生じるであろう層ＰＣＬの損傷よりも少なくなるように、選択され得る。第３の処理ガスは、ハロゲンガスを含んでいてもよい。第３の処理ガスは、ハロゲンガスを希釈する他のガス（例えば、希ガスのような不活性ガス）を含んでいてもよい。或いは、第３の処理ガスは、ハロゲンガスと$C_xH_yX_z$ガスを含む混合ガスであってもよい。ここで、「Ｘ」はハロゲン元素であり、ｘ，ｙ，ｚの各々は０以上の整数である。ハロゲンガスは、例えばCl_2ガスである。$C_xH_yX_z$ガスは、例えば臭化水素ガス（ＨＢｒガス）、CH_3Fガス、CHF_3ガス，又はCF_4ガスである。工程ＳＴ３によれば、層ＰＣＬの損傷を抑制しつつ、層ＰＣＬをエッチングすることが可能となる。

【００３６】

一実施形態において、方法ＭＴは、工程ＳＴ４を更に含んでいてもよい。工程ＳＴ４は、工程ＳＴ３の後に実行される。工程ＳＴ４は、図３の（ｂ）に示す基板Ｗがプラズマ処理装置のチャンバ内に配置された状態で実行される。工程ＳＴ４の実行には、サイクルＣＹの繰り返しにおいて用いられたプラズマ処理装置又は工程ＳＴ３において用いられたプラズマ処理装置が用いられてもよい。サイクルＣＹ、工程ＳＴ３、及び工程ＳＴ４は、単一のプラズマ処理装置を用いて実行されてもよい。或いは、工程ＳＴ４は、サイクルＣＹの繰り返しにおいて用いられたプラズマ処理装置及び工程ＳＴ３において用いられたプラズマ処理装置とは別のプラズマ処理装置を用いて実行されてもよい。工程ＳＴ４が工程ＳＴ３において用いられたプラズマ処理装置とは別のプラズマ処理装置を用いて実行される場合には、基板Ｗはこれらのプラズマ処理装置間では減圧された環境の中を介して搬送され得る。即ち、基板Ｗは、これらのプラズマ処理装置間で真空を破らずに搬送され得る。

【００３７】

工程ＳＴ４では、層ＰＣＬが、プラズマ処理装置のチャンバ内で生成された第４のプラズマを用いて、更にエッチングされる。図３の（ｃ）に示すように、層ＰＣＬは、工程ＳＴ４において、下地領域ＵＲが露出するようにエッチングされてもよい。

【００３８】

工程ＳＴ４において、第４のプラズマは、第４の処理ガスから生成される。第４の処理ガスは、水素ガス（H_2ガス）、水素ガスと炭化水素ガス（例えばメタンガス）の混合ガス、ハロゲン化水素ガス（例えばＨＢｒガス）、又は一つ以上の有機ハロゲン化物ガスを含んでいてもよい。第４の処理ガスは、水素ガス、炭化水素ガス、ハロゲン化水素ガス、及び一つ以上の有機ハロゲン化物ガスのうち一つ以上を含む混合ガスであってもよい。一つ以上の有機ハロゲン化物ガスは、CH_3Fガス、CHF_3ガス、及びCF_4ガスのうち一つ以上を含み得る。

【００３９】

以下、方法ＭＴの実行において用いられ得るプラズマ処理装置について説明する。図４は、一つの例示的実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

【００４０】

図４に示すプラズマ処理装置１は、誘導結合型のプラズマ処理装置である。プラズマ処

理装置１は、チャンバ１０を備える。チャンバ１０は、その中に空間Ｓｐを提供している。基板Ｗに対するプラズマ処理は、空間Ｓｐの中で行われる。一実施形態において、チャンバ１０は、チャンバ本体１２を含んでいてもよい。チャンバ本体１２は、略筒形状（例えば略円筒形状）を有している。チャンバ本体１２は、アルミニウムのような金属から形成されている。空間Ｓｐは、チャンバ本体１２の内側に提供されている。

【００４１】

プラズマ処理装置１は、基板支持器１６を更に備える。基板支持器１６は、チャンバ１０の中で基板Ｗを支持するように構成されている。基板支持器１６は、支持部１４によって支持されていてもよい。支持部１４は、チャンバ１０の底部上に設けられる。支持部１４は、略円筒形状を有していてもよい。支持部１４は、絶縁材料から形成され得る。支持部１４の絶縁材料は、石英であってもよい。支持部１４は、チャンバ１０内において、チャンバ１０の底部から上方に延在する。

【００４２】

一実施形態において、基板支持器１６は、下部電極１８及び静電チャック２０を含んでいてもよい。基板支持器１６は、電極プレート１９を更に含んでいてもよい。電極プレート１９は、アルミニウムのような金属から形成されている。電極プレート１９は、略円盤形状を有する。

【００４３】

下部電極１８は、電極プレート１９上に設けられている。下部電極１８は、アルミニウムのような金属から形成されている。下部電極１８は、略円盤形状を有する。下部電極１８は、電極プレート１９に電気的に接続されている。下部電極１８は、その中に流路２４を提供していてもよい。流路２４は、温調機構を構成する。流路２４は、チャンバ１０の外部に設けられたチラーユニットに配管２６ａ及び配管２６ｂを介して接続されている。チラーユニットは、配管２６ａを介して冷媒を流路２４に供給する。流路２４に供給された冷媒は、配管２６ｂを介してチラーユニットに戻される。基板支持器１６によって支持された基板Ｗの温度は、流路２４に供給される冷媒の温度を制御することによって、制御される。

【００４４】

静電チャック２０は、下部電極１８上に設けられている。基板Ｗは、静電チャック２０上に載置される。静電チャック２０は、本体及び電極を含む。静電チャック２０の本体は、酸化アルミニウム又は窒化アルミニウムのような誘電体から形成されている。静電チャック２０の電極は、導電性を有する膜であり、静電チャック２０の本体の中に設けられている。静電チャック２０の電極には、直流電源２２が接続されている。直流電源２２からの直流電圧が静電チャック２０の電極に印加されると、静電チャック２０上に載置された基板Ｗと静電チャック２０との間で静電引力が発生する。発生した静電引力により、基板Ｗは静電チャック２０によって保持される。

【００４５】

基板支持器１６は、その上に搭載されるエッジリングＥＲを更に支持してもよい。エッジリングＥＲは、略環形状を有する。エッジリングＥＲは、例えばシリコン、炭化ケイ素、又は石英から形成される。基板Ｗは、静電チャック２０上、且つ、エッジリングＥＲによって囲まれた領域内に配置される。

【００４６】

一実施形態において、プラズマ処理装置１は、ガス供給ライン２８を更に備えていてもよい。ガス供給ライン２８は、伝熱ガス供給機構からの伝熱ガス（例えば、Ｈｅガス）を、静電チャック２０の上面と基板Ｗの裏面との間の間隙に供給する。

【００４７】

一実施形態において、プラズマ処理装置１は、ヒータＨＴを更に備えていてもよい。ヒータＨＴは、基板Ｗの温度を調整するために基板支持器１６の中に設けられ得る。ヒータＨＴは、静電チャック２０の中に設けられていてもよい。ヒータＨＴには、ヒータ電源ＨＰが接続されている。ヒータ電源ＨＰからヒータＨＴに電力が供給されると、ヒータＨＴ

が発熱して、基板Ｗの温度が調整される。

【００４８】

一実施形態において、プラズマ処理装置１は、誘電体１９４を更に備えていてもよい。誘電体１９４は、板状をなしていてもよい。誘電体１９４は、基板支持器１６の上方に設けられている。誘電体１９４は、空間Ｓｐを画成する天井部を構成している。

【００４９】

一実施形態において、プラズマ処理装置１は、シールド４６を更に備えていてもよい。シールド４６は、チャンバ１０の内壁に沿って着脱自在に設けられ得る。シールド４６は、支持部１４の外周にも設けられ得る。シールド４６は、チャンバ１０にエッチング副生物が付着することを防止する。シールド４６は、例えばアルミニウムから形成された部材の表面をY_2O_3等のセラミックスで被覆することにより形成され得る。

【００５０】

一実施形態において、プラズマ処理装置１は、バッフル部材４８を更に備えていてもよい。バッフル部材４８は、支持部１４とチャンバ１０の側壁との間に設けられている。バッフル部材４８は、例えばアルミニウムから形成された板状の部材の表面をY_2O_3等のセラミックスで被覆することにより形成され得る。バッフル部材４８には、複数の貫通孔が形成されている。

【００５１】

一実施形態において、チャンバ１０は、その底部において排気口１２ｅを提供していてもよい。プラズマ処理装置１は、排気装置５０を更に備えていてもよい。排気装置５０は、排気管５２を介して排気口１２ｅに接続されている。排気装置５０は、ターボ分子ポンプ等の真空ポンプ及び圧力制御器（例えば、自動圧力制御弁）を含み得る。排気装置５０は、空間Ｓｐの圧力を指定された圧力に減圧することができる。

【００５２】

一実施形態において、プラズマ処理装置１は、高周波電源６４を更に備えていてもよい。高周波電源６４は、基板Ｗにイオンを引き込むための高周波電力、即ち高周波バイアス電力を発生する電源である。高周波バイアス電力の周波数は、例えば４００ｋＨｚ以上、４０．６８ＭＨｚ以下である。高周波電源６４は、整合器６８を介して下部電極１８に電気的に接続されている。整合器６８は、高周波電源６４の負荷側（下部電極１８側）のインピーダンスを、高周波電源６４の出力インピーダンスに整合させるための回路を有している。

【００５３】

プラズマ処理装置１は、ガス供給部１２０を更に備えていてもよい。ガス供給部１２０は、上述した第１の処理ガス及び第２の処理ガスを空間Ｓｐに供給するように構成されている。ガス供給部１２０は、第１の処理ガス及び第２の処理ガスに加えて、上述した第３の処理ガス及び／又は第４の処理ガスを空間Ｓｐに供給するように構成されていてもよい。チャンバ１０は、その側壁においてガス導入口１２１を提供していてもよい。ガス供給部１２０は、配管１２３を介してガス導入口１２１に接続されていてもよい。

【００５４】

ガス供給部１２０は、ガス供給源１２２、流量制御器１２４、及び開閉バルブ１２６を含んでいてもよい。ガス供給源１２２は、第１の処理ガスのソース及び第２の処理ガスのソースを含む。ガス供給源１２２は、第３の処理ガスのソース及び／又は第４の処理ガスのソースを更に含んでいてもよい。ガス供給源１２２は、流量制御器１２４及び開閉バルブ１２６を介して空間Ｓｐに接続されている。ガス供給源１２２は、流量制御器１２４及び開閉バルブ１２６を介して配管１２３に接続されていてもよい。流量制御器１２４は、例えばマスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器である。ガス供給源１２２からのガスは、その流量が流量制御器１２４によって調整された状態で、空間Ｓｐに供給される。

【００５５】

なお、ガス供給部１２０の構成は、図４に示す構成に限定されない。別の実施形態にお

いて、ガス供給部１２０は、チャンバ１０の天井部から空間Ｓｐにガスを供給するように構成されていてもよい。ガス供給部１２０は、誘電体１９４の例えば中央部に形成されたガス導入口から空間Ｓｐにガスを供給してもよい。

【００５６】

プラズマ処理装置１は、プラズマ生成部を更に備える。プラズマ生成部は、チャンバ１０内のガスからプラズマを生成するように構成されている。プラズマ生成部は、チャンバ１０内のガスを励起させるエネルギーをチャンバ１０内に導入する。一実施形態において、プラズマ生成部は、アンテナ１４０を含んでいてもよい。アンテナ１４０は、平面状の高周波アンテナであり、誘電体１９４の上方に設けられている。アンテナ１４０は、シールド部材１６０によって覆われていてもよい。

【００５７】

一実施形態において、アンテナ１４０は、内側アンテナ素子１４２Ａ及び外側アンテナ素子１４２Ｂを含んでいてもよい。内側アンテナ素子１４２Ａは、誘電体１９４の中央部の上方に配置されている。外側アンテナ素子１４２Ｂは、内側アンテナ素子１４２Ａの外周を囲むように配置されている。内側アンテナ素子１４２Ａ及び外側アンテナ素子１４２Ｂの各々は、例えば銅、アルミニウム、ステンレス等の導体から形成される。内側アンテナ素子１４２Ａ及び外側アンテナ素子１４２Ｂの各々は、渦巻き状に形成されていてもよい。

【００５８】

内側アンテナ素子１４２Ａ及び外側アンテナ素子１４２Ｂは、複数の挟持体１４４によって一体的に固定されていてもよい。複数の挟持体１４４の各々の形状は、例えば棒状である。複数の挟持体１４４は、内側アンテナ素子１４２Ａの中心付近から外側アンテナ素子１４２Ｂの外側に張り出すように放射状に配置されている。

【００５９】

シールド部材１６０は、内側シールド壁１６２Ａ及び外側シールド壁１６２Ｂを含んでいてもよい。内側シールド壁１６２Ａは、内側アンテナ素子１４２Ａを囲むように、内側アンテナ素子１４２Ａと外側アンテナ素子１４２Ｂとの間に設けられている。外側シールド壁１６２Ｂは、外側アンテナ素子１４２Ｂを囲むように設けられている。外側シールド壁１６２Ｂは、筒状の形状を有し得る。この例においては、誘電体１９４の上方の空間は、内側シールド壁１６２Ａの内側の中央ゾーンと、内側シールド壁１６２Ａと外側シールド壁１６２Ｂとの間の周縁ゾーンとに分けられる。

【００６０】

シールド部材１６０は、内側シールド板１６４Ａ及び外側シールド板１６４Ｂを更に含んでいてもよい。内側シールド板１６４Ａは、円板形状を有し得る。内側シールド板１６４Ａは、内側シールド壁１６２Ａの開口を塞ぐように内側アンテナ素子１４２Ａの上方に設けられる。外側シールド板１６４Ｂは、略環状板形状を有し得る。外側シールド板１６４Ｂは、内側シールド壁１６２Ａと外側シールド壁１６２Ｂとの間の開口を塞ぐように外側アンテナ素子１４２Ｂの上方に設けられる。

【００６１】

内側アンテナ素子１４２Ａ、外側アンテナ素子１４２Ｂには、高周波電源１５０Ａ、高周波電源１５０Ｂがそれぞれ接続されている。高周波電源１５０Ａ及び高周波電源１５０Ｂは、同じ周波数または異なる周波数の高周波電力を、内側アンテナ素子１４２Ａ、外側アンテナ素子１４２Ｂにそれぞれ供給する。高周波電源１５０Ａ及び高周波電源１５０Ｂの各々が供給する高周波電力の周波数は、例えば２７ＭＨｚである。高周波電源１５０Ａからの高周波電力が内側アンテナ素子１４２Ａに供給されると、内側アンテナ素子１４２Ａはチャンバ１０内で誘導磁界を生成する。生成された誘導磁界は、チャンバ１０内のガスを励起させ、基板Ｗの中央部の上方にドーナツ型のプラズマを生成する。高周波電源１５０Ｂからの高周波電力が外側アンテナ素子１４２Ｂに供給されると、外側アンテナ素子１４２Ｂはチャンバ１０内で誘導磁界を生成する。生成された誘導磁界は、チャンバ１０内でガスを励起させ、基板Ｗの周縁部の上方でドーナツ型のプラズマを生成する。

【００６２】
なお、一実施形態において、プラズマ処理装置１は、アクチュエータ１６８Ａ及びアクチュエータ１６８Ｂを更に備えていてもよい。アクチュエータ１６８Ａ，１６８Ｂは、高周波電源１５０Ａ，１５０Ｂから出力される高周波電力に応じて、内側アンテナ素子１４２Ａの電気的長さ、外側アンテナ素子１４２Ｂの電気的長さをそれぞれ調節するために、用いられる。アクチュエータ１６８Ａ，１６８Ｂはそれぞれ、内側シールド板１６４Ａの高さ方向の位置、外側シールド板１６４Ｂの高さ方向の位置を調整することにより、内側アンテナ素子１４２Ａの電気的長さ、外側アンテナ素子１４２Ｂの電気的長さを調節する。
【００６３】
プラズマ処理装置１は、制御部８０を更に備えていてもよい。制御部８０は、プラズマ処理装置１の各部を制御するように構成されている。制御部８０は、プロセッサ、記憶装置、入力装置、表示装置等を備えるコンピュータであり得る。制御部８０は、記憶装置に記憶されている制御プログラムを実行し、当該記憶装置に記憶されているレシピデータに基づいてプラズマ処理装置１の各部を制御する。方法ＭＴは、制御部８０によるプラズマ処理装置１の各部の制御により、プラズマ処理装置１において実行され得る。
【００６４】
制御部８０は、第１の制御及び第２の制御を含む制御サイクルの繰り返しを実行する。制御部８０が実行する第１の制御は、チャンバ１０内において第１の処理ガスから第１のプラズマを生成して、基板支持器１６によって支持された基板Ｗの窒化チタン膜ＴＮＦをエッチングするように、ガス供給部１２０及びプラズマ生成部を制御することを含む。一実施形態では、第１の制御は、第１の処理ガスをチャンバ１０内に供給するよう、ガス供給部１２０を制御することを含む。第１の制御は、チャンバ１０内の圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置５０を制御することを更に含んでいてもよい。第１の制御は、チャンバ１０内の第１の処理ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御することを更に含む。第１の制御において、制御部８０は、内側アンテナ素子１４２Ａ、外側アンテナ素子１４２Ｂに高周波電力を供給するよう、高周波電源１５０Ａ、高周波電源１５０Ｂをそれぞれ制御する。第１の制御は、下部電極１８に高周波バイアス電力を供給するよう、高周波電源６４を制御することを更に含んでいてもよい。制御部８０による第１の制御により、工程ＳＴ１が実行される。
【００６５】
制御部８０が実行する第２の制御は、チャンバ１０内において第２の処理ガスから第２のプラズマを生成して、基板支持器１６によって支持された基板Ｗの窒化チタン膜ＴＮＦをエッチングするように、ガス供給部１２０及びプラズマ生成部を制御することを含む。一実施形態では、第２の制御は、第２の処理ガスをチャンバ１０内に供給するよう、ガス供給部１２０を制御することを含む。第２の制御は、チャンバ１０内の圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置５０を制御することを更に含んでいてもよい。第２の制御は、チャンバ１０内の第２の処理ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御することを更に含む。第２の制御において、制御部８０は、内側アンテナ素子１４２Ａ、外側アンテナ素子１４２Ｂに高周波電力を供給するよう、高周波電源１５０Ａ、高周波電源１５０Ｂをそれぞれ制御する。第２の制御は、下部電極１８に高周波バイアス電力を供給するよう、高周波電源６４を制御することを更に含んでいてもよい。制御部８０による第２の制御により、工程ＳＴ２が実行される。
【００６６】
制御部８０は、窒化チタン膜ＴＮＦがその膜厚方向において部分的にエッチングされた状態で窒化チタン膜ＴＮＦのエッチングを停止するように、制御サイクルの繰り返しを停止する。制御サイクルの終了時には、窒化チタン膜ＴＮＦは、その上面ＵＳと下面ＬＳとの間で底面ＢＳを提供する。
【００６７】
一実施形態において、制御部８０は、第３の制御を更に実行してもよい。第３の制御は、上述の制御サイクルの繰り返しの後に実行される。第３の制御は、チャンバ１０内にお

いて第３の処理ガスから第３のプラズマを生成して、基板支持器１６によって支持された基板Ｗの窒化チタン膜ＴＮＦ及び層ＰＣＬの一部をエッチングするように、ガス供給部１２０及びプラズマ生成部を制御することを含む。一実施形態では、第３の制御は、第３の処理ガスをチャンバ１０内に供給するよう、ガス供給部１２０を制御することを含む。第３の制御は、チャンバ１０内の圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置５０を制御することを更に含んでいてもよい。第３の制御は、チャンバ１０内の第３の処理ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御することを更に含む。第３の制御において、制御部８０は、内側アンテナ素子１４２Ａ、外側アンテナ素子１４２Ｂに高周波電力を供給するよう、高周波電源１５０Ａ、高周波電源１５０Ｂをそれぞれ制御する。第３の制御は、下部電極１８に高周波バイアス電力を供給するよう、高周波電源６４を制御することを更に含んでいてもよい。制御部８０による第３の制御により、工程ＳＴ３が実行される。

【００６８】

一実施形態において、制御部８０は、第４の制御を更に実行してもよい。第４の制御は、第３の制御の後に実行される。第４の制御は、チャンバ１０内において第４の処理ガスから第４のプラズマを生成して、基板支持器１６によって支持された基板Ｗの層ＰＣＬを更にエッチングするように、ガス供給部１２０及びプラズマ生成部を制御することを含む。一実施形態では、第４の制御は、第４の処理ガスをチャンバ１０内に供給するよう、ガス供給部１２０を制御することを含む。第４の制御は、チャンバ１０内の圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置５０を制御することを更に含んでいてもよい。第４の制御は、チャンバ１０内の第４の処理ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御することを更に含む。第４の制御において、制御部８０は、内側アンテナ素子１４２Ａ、外側アンテナ素子１４２Ｂに高周波電力を供給するよう、高周波電源１５０Ａ、高周波電源１５０Ｂをそれぞれ制御する。第４の制御は、下部電極１８に高周波バイアス電力を供給するよう、高周波電源６４を制御することを更に含んでいてもよい。制御部８０による第４の制御により、工程ＳＴ４が実行される。

【００６９】

以上、種々の例示的実施形態について説明してきたが、上述した例示的実施形態に限定されることなく、様々な追加、省略、置換、及び変更がなされてもよい。また、異なる実施形態における要素を組み合わせて他の実施形態を形成することが可能である。

【００７０】

例えば、別の実施形態においては、プラズマ処理装置は、誘導結合型のプラズマ処理装置以外のプラズマ処理装置であってもよい。そのようなプラズマ処理装置は、容量結合型のプラズマ処理装置、電子サイクロトロン共鳴（ＥＣＲ）プラズマ処理装置、又はマイクロ波といった表面波を用いてプラズマを生成するプラズマ処理装置であってもよい。

【００７１】

以上の説明から、本開示の種々の実施形態は、説明の目的で本明細書で説明されており、本開示の範囲及び主旨から逸脱することなく種々の変更をなし得ることが、理解されるであろう。したがって、本明細書に開示した種々の実施形態は限定することを意図しておらず、真の範囲と主旨は、添付の特許請求の範囲によって示される。

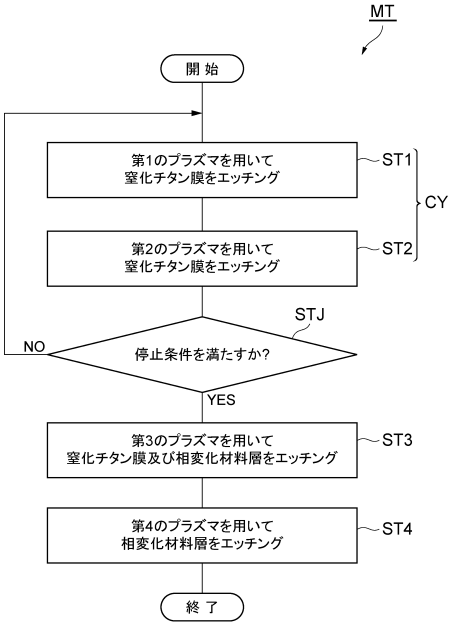
【符号の説明】

【００７２】

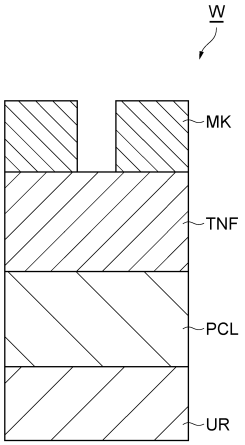
１…プラズマ処理装置、１０…チャンバ、１６…基板支持器、１２０…ガス供給部、８０…制御部、Ｗ…基板、ＴＮＦ…窒化チタン膜。

【図面】

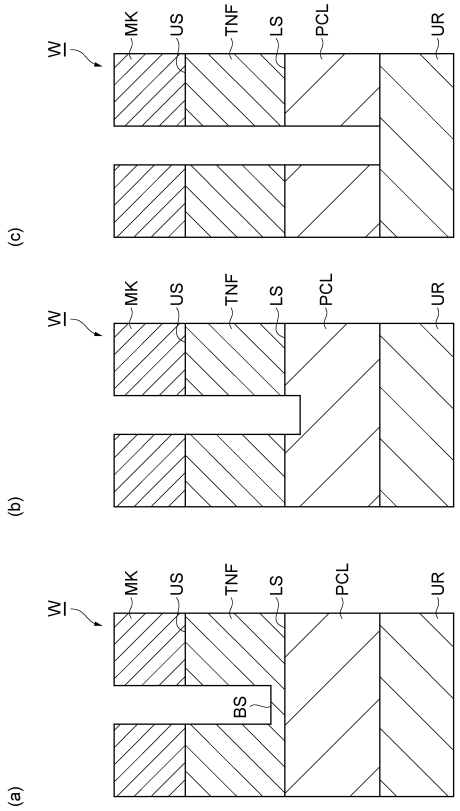
【図１】


MT
開 始
第1のプラズマを用いて
窒化チタン膜をエッチング
ST1
CY
第2のプラズマを用いて
窒化チタン膜をエッチング
ST2
STJ
停止条件を満たすか?
NO
YES
第3のプラズマを用いて
窒化チタン膜及び相変化材料層をエッチング
ST3
第4のプラズマを用いて
相変化材料層をエッチング
ST4
終 了

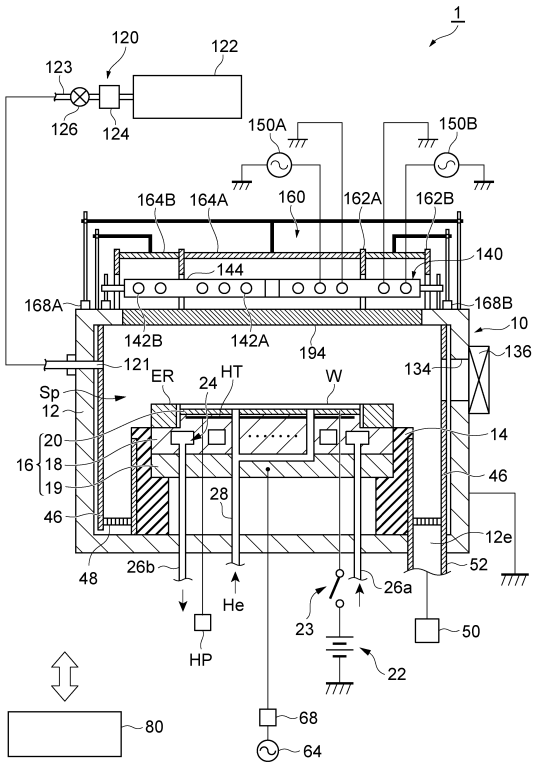
【図２】


W
MK
TNF
PCL
UR

【図３】


(c)
(b)
(a)
W
MK
US
TNF
LS
PCL
UR
BS

【図４】


1
120
122
123
126
124
150A
150B
164B
164A
160
162A
162B
140
144
168A
168B
10
142B
142A
194
136
121
ER
24
HT
W
134
Sp
12
20
16
18
19
14
46
28
12e
52
48
26b
26a
He
HP
23
50
22
80
68
64

フロントページの続き

(56)参考文献 特表２００４－５１９８３８（ＪＰ，Ａ）
特表２００９－５４３３５１（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－２８７９０２（ＪＰ，Ａ）

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