

(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2016-115719

(P2016-115719A)

(43) 公開日 平成28年6月23日 (2016.6.23)

(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 5 A	5 F 0 0 4
HO 5 H 1/46 (2006.01)	HO 5 H 1/46 M	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2014-251071 (P2014-251071)	(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
(22) 出願日	平成26年12月11日 (2014.12.11)	(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	上田 幸生 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
		(72) 発明者	早川 欣延 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 最終頁に続く

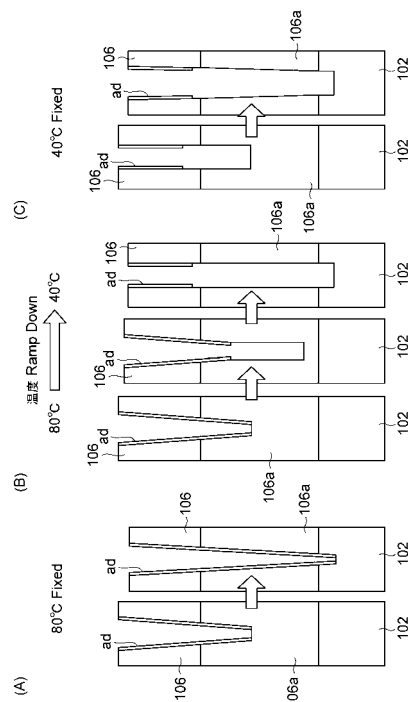
(54) 【発明の名称】 プラズマエッチング方法

(57) 【要約】

【課題】 所望の開口径の孔を、先細りを抑制しながら、シリコン窒化物に形成することが可能なプラズマエッチング方法を提供する。

【解決手段】 このプラズマエッチング方法は、プラズマ処理装置内に酸素及びフルオロカーボンを含む処理ガスを供給する第1工程と、処理ガスをプラズマ化して、被処理体のシリコン窒化物層106aを、第1のマスク106を介してエッチングする第2工程と、を備え、第2工程は、被処理体の温度を、第1の温度T1(80)から、第2の温度T2(40)まで、徐々に低下させることで、第1のマスク106の開口径の内壁上に、処理ガスから生成された有機膜adを付着させた状態で、実行する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリコン窒化物層と、
前記シリコン窒化物層上に形成された第 1 のマスクと、
を備える被処理体を用意し、
前記被処理体を、プラズマ処理装置内に配置してエッチングする方法であって、
前記プラズマ処理装置内に酸素及びフルオロカーボンを含む処理ガスを供給する第 1 工程と、

前記処理ガスをプラズマ化して、前記被処理体の前記シリコン窒化物層を、前記第 1 のマスクを介してエッチングする第 2 工程と、

を備え、

前記第 2 工程は、被処理体の温度を、第 1 の温度 T_1 から、第 2 の温度 T_2 まで、徐々に低下させることで、前記第 1 のマスクの開口の内壁に、前記処理ガスから生成された有機膜を付着させた状態で、実行する、

ことを特徴とするプラズマエッチング方法。

【請求項 2】

前記被処理体は、前記シリコン窒化物層下に、エッチング対象層を更に備え、

前記第 2 工程でエッチングされた前記シリコン窒化物層を第 2 のマスクとして、前記エッチング対象層を更にエッチングする第 3 工程を備える、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 3】

前記第 1 の温度 T_1 は、 80 ± 10 であり、

前記第 2 の温度 T_2 は、 40 ± 10 である、

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 4】

前記第 2 工程において、前記第 1 の温度 T_1 から前記第 2 の温度 T_2 まで低下させるための期間 T_{ime} は、以下の関係式：

期間 $T_{ime} \geq 120$ 秒

を満たすことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか一項に記載のプラズマエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマエッチング方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、シリコン窒化物 (SiN_x (x は自然数)、 $SiCN$ 、 $SiON$ 等) を、プラズマを用いてエッチングする方法が知られている。

【0003】

従来のプラズマエッチング方法は、例えば、特許文献 1 に記載されている。このようなプラズマエッチング方法は、シリコン窒化物層と、シリコン窒化物層上に形成された第 1 のマスクと、を備える被処理体を用意し、被処理体を、プラズマ処理装置内に配置してエッチングする方法であり、プラズマ処理装置内に酸素 (O_2) 及びフルオロカーボン (CH_xF_y) (x 、 y は適当な数字) を含む処理ガスを供給する第 1 工程と、処理ガスをプラズマ化して、被処理体のシリコン窒化物を、前記第 1 のマスクを介してエッチングする第 2 工程とを備えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許 3681533 号

10

20

30

40

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、シリコン窒化物をエッチングすることによって形成する孔の直径は、エッチング時の温度が高い場合には、深部に向かうに従って、小さくなり、先細り形状になってしまう。一方で、エッチング時の温度が低い場合には、孔の直径が、設計時のマスクの開口径よりも大きく拡大してしまう。したがって、温度が高い場合においても、また、温度が低い場合においても、先細りすることなく、直径が大きく拡大することのない孔を、シリコン窒化物に形成することはできなかった。

【0006】

本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、所望の開口径の孔を、先細りを抑制しながら、シリコン窒化物に形成することが可能なプラズマエッチング方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

上述の課題を解決するため、第1のプラズマエッチング方法は、シリコン窒化物層と、前記シリコン窒化物層上に形成された第1のマスクと、を備える被処理体を用意し、前記被処理体を、プラズマ処理装置内に配置してエッチングする方法であって、前記プラズマ処理装置内に酸素及びフルオロカーボンを含む処理ガスを供給する第1工程と、前記処理ガスをプラズマ化して、前記被処理体の前記シリコン窒化物層を、前記第1のマスクを介してエッチングする第2工程と、を備え、前記第2工程は、被処理体の温度を、第1の温度 T_1 から、第2の温度 T_2 まで、徐々に低下させることで、前記第1のマスクの開口の内壁に、前記処理ガスから生成された有機膜を付着させた状態で、実行することを特徴とする。

【0008】

この場合、高温の第1の温度 T_1 付近において、有機膜が、第1のマスクの開口の内壁に付着するため、第1のマスクの開口径の拡大を抑制することができる。また、第2の温度 T_2 の付近になるにしたがって、有機膜の付着が抑制され、先細りの孔形状となるようなエッチングが抑制される。したがって、所望の開口径の孔を、先細りを抑制しながら、シリコン窒化物に形成することができる。

【0009】

第2のプラズマエッチング方法においては、被処理体は、シリコン窒化物層下に、エッチング対象層を更に備え、前記第2工程でエッチングされた前記シリコン窒化物を第2のマスクとして、前記エッチング対象層を更にエッチングする第3工程を備えることを特徴とする。

【0010】

第2のマスクに形成された孔は、上述の如く、所望の開口径であり、先細りが抑制されているため、これをマスクとするエッチングにおいては、プラズマ中のイオンが、第2のマスクの形状に依存して、エッチング対象層をエッチングしていくので、エッチング対象層も、所望の開口径で、且つ、先細りが抑制された状態で、エッチングすることができる。

【0011】

また、第3のプラズマエッチング方法においては、前記第1の温度 T_1 は、 $80 \pm$ 誤差 10 であり、前記第2の温度 T_2 は、 $40 \pm$ 誤差 10 であることを特徴とする。

【0012】

この温度範囲の場合、上述の効果を好適に奏することができる。

【0013】

80 、 40 に温度を設定した理由は、 80 より高い温度を用いるとエッチングの進行が著しく低下し、 40 より低い温度をもちいると孔の拡大の抑制が難しくなることが懸念されるためである。

10

20

30

40

50

【0014】

誤差の範囲を設定した理由は、シリコン窒化物層の膜種、膜厚により適切な温度が異なる可能性があるためである。

【0015】

また、前記第2工程において、前記第1の温度 T_1 から前記第2の温度 T_2 まで低下させるための期間 $Time$ は、単位時間(秒)当たりの温度変化率を T ($^{\circ}C/秒$)、温度変動幅($T_2 - T_1$) = T とすると、 $T = T \times 期間Time$ を満たしており、したがって、期間 $Time$ (秒) = (温度変化率 T) $^{-1}$ (秒/ $^{\circ}C$) \times 温度変動幅 T ($^{\circ}C$)である。 T^{-1} (秒/ $^{\circ}C$)を緩慢係数とすれば、 T^{-1} が負の場合、 T^{-1} の絶対値が大きいほど、温度はゆっくりと低下し、 T^{-1} の絶対値が小さいほど、温度は急速に低下する。ここで、期間 $Time$ は、以下の関係式を満たすことを特徴とする。

10

【0016】

期間 $Time = 緩慢係数 T^{-1}$ (秒/ $^{\circ}C$) \times 温度変動幅 T ($^{\circ}C$) 120秒

【0017】

緩慢係数 T^{-1} (秒/ $^{\circ}C$)の絶対値が小さい場合は、各温度帯でのエッチング特性を生かす効果が小さくなり、温度変動幅 T の絶対値が狭い場合は、温度による特性差の利用効果が小さくなる。したがって、緩慢係数 T^{-1} (秒/ $^{\circ}C$)及び温度変動幅 T の絶対値の絶対値は大きい方が好ましく、期間 $Time$ が120秒以上となる場合には、一定の確実性で、上述の効果を好適に奏することが可能である。

20

【発明の効果】

【0018】

本発明のプラズマエッチング方法によれば、所望の開口径の孔を、先細りを抑制しながら、シリコン窒化物に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】プラズマ処理装置(プラズマエッチング装置)の概要を示す図である。

【図2】被処理体のエッチング時間(Etch Time)と被処理体の温度(ESCTemp.)との関係を示すタイミングチャートである。

【図3】各種条件におけるシリコン窒化物層のエッチングの状態を示す図である。

【図4】シリコン窒化物層を第2のマスクとして、その下のエッチング対象層をエッチングした場合の被処理体の縦断面構成を示す図((A)は実施形態、(B)は比較例を示す)である。

30

【図5】図3に示した各条件の場合において、被処理体に形成される孔の内面に付着する有機膜 a_d について説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、実施の形態に係るプラズマエッチング方法について説明する。同一要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

【0021】

図1は、実施形態に係るプラズマエッチング方法を実行するためのプラズマ処理装置の概要を示す図である。

40

【0022】

図1に示すように、プラズマ処理装置10は、容量結合型プラズマエッチング装置であり、処理容器12を備えている。処理容器12は、略円筒形状を有している。処理容器12は、例えば、アルミニウムから構成されており、その内壁面には陽極酸化処理が施されている。この処理容器12は保安接地されている。

【0023】

処理容器12の底部上には、略円筒状の支持部14が設けられている。支持部14は、例えば、絶縁材料から構成されている。支持部14は、処理容器12内において、処理容器12の底部から鉛直方向に延在している。また、処理容器12内には、載置台PDが設

50

けられている。載置台 P D は、支持部 1 4 によって支持されている。

【 0 0 2 4 】

載置台 P D は、その上面において被処理体であるウエハ W を保持する。載置台 P D は、下部電極 L E 及び静電チャック E S C を有している。下部電極 L E は、第 1 プレート 1 8 a 及び第 2 プレート 1 8 b を含んでいる。第 1 プレート 1 8 a 及び第 2 プレート 1 8 b は、例えばアルミアルミニウムといった金属から構成されており、略円盤形状をなしている。第 2 プレート 1 8 b は、第 1 プレート 1 8 a 上に設けられており、第 1 プレート 1 8 a に電氣的に接続されている。

【 0 0 2 5 】

第 2 プレート 1 8 b 上には、静電チャック E S C が設けられている。静電チャック E S C は、導電膜である電極を一对の絶縁層又は絶縁シート間に配置した構造を有している。静電チャック E S C の電極には、直流電源 2 2 がスイッチ 2 3 を介して電氣的に接続されている。この静電チャック E S C は、直流電源 2 2 からの直流電圧により生じたクーロン力等の静電力によりウエハ W を吸着する。これにより、静電チャック E S C は、ウエハ W を保持することができる。

10

【 0 0 2 6 】

第 2 プレート 1 8 b の周縁部上には、ウエハ W のエッジ及び静電チャック E S C を囲むようにフォーカスリング F R が配置されている。フォーカスリング F R は、エッチングの均一性を向上させるために設けられている。フォーカスリング F R は、エッチング対象の膜の材料によって適宜選択される材料から構成されており、例えば、石英から構成され得る。

20

【 0 0 2 7 】

第 2 プレート 1 8 b の内部には、冷媒流路 2 4 が設けられている。冷媒流路 2 4 は、温調機構を構成している。冷媒流路 2 4 には、処理容器 1 2 の外部に設けられたチラーユニットから配管 2 6 a を介して冷媒が供給される。冷媒流路 2 4 に供給された冷媒は、配管 2 6 b を介してチラーユニットに戻される。このように、冷媒流路 2 4 には、冷媒が循環するよう、供給される。この冷媒の温度を制御することにより、静電チャック E S C によって支持されたウエハ W の温度が制御される。

【 0 0 2 8 】

また、プラズマ処理装置 1 0 には、ガス供給ライン 2 8 が設けられている。ガス供給ライン 2 8 は、伝熱ガス供給機構からの伝熱ガス、例えば H e ガスを、静電チャック E S C の上面とウエハ W の裏面との間に供給する。

30

【 0 0 2 9 】

また、プラズマ処理装置 1 0 には、加熱素子であるヒータ H T が設けられている。ヒータ H T は、例えば、第 2 プレート 1 8 b 内に埋め込まれている。ヒータ H T には、ヒータ電源 H P が接続されている。ヒータ電源 H P からヒータ H T に電力が供給されることにより、載置台 P D の温度が調整され、当該載置台 P D 上に載置されるウエハ W の温度が調整されるようになっている。なお、ヒータ H T は、静電チャック E S C に内蔵されていてもよい。

【 0 0 3 0 】

また、プラズマ処理装置 1 0 は、上部電極 3 0 を備えている。上部電極 3 0 は、載置台 P D の上方において、当該載置台 P D と対向配置されている。下部電極 L E と上部電極 3 0 とは、互いに略平行に設けられている。これら上部電極 3 0 と下部電極 L E との間には、ウエハ W にプラズマ処理を行うための処理空間 S が提供されている。

40

【 0 0 3 1 】

上部電極 3 0 は、絶縁性遮蔽部材 3 2 を介して、処理容器 1 2 の上部に支持されている。一実施形態では、上部電極 3 0 は、載置台 P D の上面、即ち、ウエハ載置面からの鉛直方向における距離が可変であるように構成され得る。上部電極 3 0 は、電極板 3 4 及び電極支持体 3 6 を含み得る。電極板 3 4 は処理空間 S に面しており、当該電極板 3 4 には複数のガス吐出孔 3 4 a が設けられている。この電極板 3 4 は、一実施形態では、シリコン

50

から構成されている。

【0032】

電極支持体36は、電極板34を着脱自在に支持するものであり、例えばアルミニウムといった導電性材料から構成され得る。この電極支持体36は、水冷構造を有し得る。電極支持体36の内部には、ガス拡散室36aが設けられている。このガス拡散室36aからは、ガス吐出孔34aに連通する複数のガス通流孔36bが下方に延びている。また、電極支持体36には、ガス拡散室36aに処理ガスを導くガス導入口36cが形成されており、このガス導入口36cには、ガス供給管38が接続されている。

【0033】

ガス供給管38には、バルブ群42及び流量制御器群44を介して、ガスソース群40が接続されている。ガスソース群40は、複数のガスソースを有している。複数のガスソースは、一以上のフルオロカーボンガスのソース、酸素ガス(O_2 ガス)のソース、及び希ガスのソースを含み得る。フルオロカーボンガスは、 C_4F_6 、 C_4F_8 、及び C_6F_6 のうち少なくとも一種を含むガスであり得る。一実施形態では、複数のガスソースは、 C_4F_6 ガスのソース、及び C_4F_8 ガスのソースを含み得る。また、希ガスは、Arガス、Heガスといった任意の希ガスのソースであることができる。

10

【0034】

バルブ群42は複数のバルブを含んでおり、流量制御器群44はマスフローコントローラといった複数の流量制御器を含んでいる。ガスソース群40の複数のガスソースはそれぞれ、バルブ群42の対応のバルブ及び流量制御器群44の対応の流量制御器を介して、ガス供給管38に接続されている。

20

【0035】

また、プラズマ処理装置10では、処理容器12の内壁に沿ってデポシールド46が着脱自在に設けられている。デポシールド46は、支持部14の外周にも設けられている。デポシールド46は、処理容器12にエッチング副生物(デポ)が付着することを防止するものであり、アルミニウム材に Y_2O_3 等のセラミックスを被覆することにより構成され得る。

【0036】

処理容器12の底部側、且つ、支持部14と処理容器12の側壁との間には排気プレート48が設けられている。排気プレート48は、例えば、アルミニウム材に Y_2O_3 等のセラミックスを被覆することにより構成され得る。この排気プレート48の下方、且つ、処理容器12には、排気口12eが設けられている。排気口12eには、排気管52を介して排気装置50が接続されている。排気装置50は、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、処理容器12内の空間を所望の真空度まで減圧することができる。また、処理容器12の側壁にはウエハWの搬入出口12gが設けられており、この搬入出口12gはゲートバルブ54により開閉可能となっている。

30

【0037】

また、プラズマ処理装置10は、第1の高周波電源62及び第2の高周波電源64を更に備えている。第1の高周波電源62は、プラズマ生成用の第1の高周波電力を発生する電源であり、27~100MHzの周波数、一例においては40MHzの高周波電力を発生する。第1の高周波電源62は、整合器66を介して下部電極LEに接続されている。整合器66は、第1の高周波電源62の出力インピーダンスと負荷側(下部電極LE側)の入力インピーダンスを整合させるための回路である。

40

【0038】

第2の高周波電源64は、ウエハWにイオンを引き込むための第2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り、400kHz~13.56MHzの範囲内の周波数、一例においては3.2MHzの高周波バイアス電力を発生する。第2の高周波電源64は、整合器68を介して下部電極LEに接続されている。整合器68は、第2の高周波電源64の出力インピーダンスと負荷側(下部電極LE側)の入力インピーダンスを整合させるための回路である。

50

【0039】

また、プラズマ処理装置10は、電源70を更に備えている。電源70は、上部電極30に接続されている。電源70は、処理空間S内に存在する正イオンを電極板34に引き込むための電圧を、上部電極30に印加する。一例においては、電源70は、負の直流電圧を発生する直流電源である。別の一例において、電源70は、比較的低周波の交流電圧を発生する交流電源であってもよい。電源70から上部電極に印加される電圧は、-150V以下の電圧であり得る。即ち、電源70によって上部電極30に印加される電圧は、絶対値が150V以上の負の電圧であり得る。このような電圧が電源70から上部電極30に印加されると、処理空間Sに存在する正イオンが、電極板34に衝突する。これにより、電極板34から二次電子及び/又はシリコンが放出される。

10

【0040】

また、一実施形態においては、プラズマ処理装置10は、制御部Cntを更に備え得る。この制御部Cntは、プロセッサ、記憶部、入力装置、表示装置等を備えるコンピュータであり、プラズマ処理装置10の各部を制御する。具体的に、制御部Cntは、バルブ群42、流量制御器群44、排気装置50、第1の高周波電源62、整合器66、第2の高周波電源64、整合器68、電源70、ヒータ電源HP、及びチラーユニットに接続されている。

【0041】

制御部Cntは、入力されたレシピに基づくプログラムに従って動作し、制御信号を送出する。制御部Cntからの制御信号により、ガスソース群から供給されるガスの選択及び流量、排気装置50の排気、第1の高周波電源62及び第2の高周波電源64からの電力供給、電源70からの電圧印加、ヒータ電源HPの電力供給、チラーユニットからの冷媒流量及び冷媒温度を制御することが可能である。

20

【0042】

上述のプラズマ処理装置を用いて、以下のエッチングが実行される。

【0043】

まず、被処理体を用意する。この被処理体は、図4に示すように、支持基板100上に、エッチング対象層102と、シリコン窒化物層106aと、第1のマスク106とを備えたウエハである。エッチング対象層102としては、SiO₂を用い、第1のマスク106は、樹脂からなるフォトリソを用いるが、本発明は、シリコン窒化物層のエッチング精度の向上を目的とするものであるため、これらの材料としては、他の材料を用いることが可能である。シリコン窒化物層106aとしては、SiN_x（xは自然数）、SiCN、SiON等を用いることができる。

30

【0044】

次に、第1工程では、上記プラズマ処理装置内に酸素及びフルオロカーボンを含む処理ガスを供給する。

【0045】

しかる後、第2工程では、処理ガスをプラズマ化して、被処理体のシリコン窒化物層106aを、第1のマスク106を介してエッチングする。

【0046】

プラズマ化においては、第1の高周波電源62及び第2の高周波電源64から、高周波電力を供給する。ここで、第2工程では、被処理体の温度を、第1の温度T1から、第2の温度T2まで、徐々に低下させることで、第1のマスクの開口の内壁に、処理ガスから生成された有機膜ad（図5参照）を付着させた状態で、実行する。

40

【0047】

図2は、被処理体のエッチング時間（Etch Time）と被処理体の温度（ESCTemp.）との関係を示すタイミングチャートである。

【0048】

プラズマ発生時の第1の温度T1（=80）から、第2の温度T2（40）になるまで、温度を段階的に低下させ、しかる後、ベースラインとなる第2の温度T2において

50

、一定値を保持する。

【0049】

また、第2工程において、第1の温度 T_1 から前記第2の温度 T_2 まで低下させるための期間 $Time$ は、単位時間(秒)当たりの温度変化率を T ($^{\circ}C/秒$)、温度変動幅($T_2 - T_1$) $=T$ とすると、 $T = T \times 期間Time$ を満たしており、したがって、期間 $Time$ (秒) $= (温度変化率 T)^{-1}$ ($秒/^{\circ}C$) \times 温度変動幅 T ($^{\circ}C$)である。 T^{-1} ($秒/^{\circ}C$)を緩慢係数とすれば、 T^{-1} が負の場合、 T^{-1} の絶対値が大きいほど、温度はゆっくりと低下し、 T^{-1} の絶対値が小さいほど、温度は急速に低下する。ここで、期間 $Time$ は、以下の関係式を満たすことを特徴とする。

【0050】

期間 $Time = 緩慢係数 T^{-1}$ ($秒/^{\circ}C$) \times 温度変動幅 T ($^{\circ}C$) 120 秒

【0051】

緩慢係数 T^{-1} ($秒/^{\circ}C$)の絶対値が小さい場合は、各温度帯でのエッチング特性を生かす効果が小さくなり、温度変動幅 T の絶対値が狭い場合は、温度による特性差の利用効果が小さくなる。したがって、緩慢係数 T^{-1} ($秒/^{\circ}C$)及び温度変動幅 T の絶対値の絶対値は大きい方が好ましく、期間 $Time$ が120秒以上となる場合には、一定の確実性で、上述の効果を好適に奏することが可能である。

【0052】

なお、緩慢係数 T^{-1} ($秒/^{\circ}C$)及び温度変動幅 T は、上述の理由から、それぞれの絶対値は、以下の範囲を満たすことが好ましい。

【0053】

3 ($秒/^{\circ}C$) $|$ 緩慢係数 T^{-1} ($秒/^{\circ}C$) 15 ($秒/^{\circ}C$)

【0054】

20 ($^{\circ}C$) $|$ 温度変動幅 T ($^{\circ}C$) $|$ 40 ($^{\circ}C$)

【0055】

期間 $Time$ は、シリコン窒化物層をエッチングするための期間であり、段階的に温度が低下するステップ($Nlt1$ Step)からなる。この手法をDDPC($Depth$ $Dependent$ $Process$ $Control$)と呼ぶこととする。

【0056】

この場合、高温の第1の温度 T_1 付近において、有機膜 ad が、第1のマスク106の開口の内壁に付着するため(図5(B)の左図参照)、第1のマスク106の開口径の拡大を抑制することができる。

【0057】

また、第2の温度 T_2 の付近になるにしたがって、有機膜 ad の付着が抑制され、先細りの孔形状となるようなエッチングが抑制される(図5(B)の右図参照)。したがって、所望の開口径の孔を、先細りを抑制しながら、シリコン窒化物に形成することができる。

【0058】

なお、図4に示すように、被処理体は、シリコン窒化物層106a下に、エッチング対象層102を備えており、第2工程でエッチングされたシリコン窒化物層106aを第2のマスクとして、エッチング対象層102を更にエッチングする第3工程を備えている。

【0059】

第2のマスクに形成された孔は、上述の如く、所望の開口径であり、先細りが抑制されているため、これをマスクとするエッチングにおいては、プラズマ中のイオンが、第2のマスクの形状に依存して、エッチング対象層102をエッチングしていくので、エッチング対象層も、所望の開口径で、且つ、先細りが抑制された状態で、エッチングすることができる(図4(A))参照)。

【0060】

一方、被処理体のエッチング時の温度を 40 に固定した場合には、孔の開口径は広がってしまう(図4(B))。

10

20

30

40

50

【0061】

図4において、孔の底部の直径(幅) w_2 は、 21.4 nm であるが、実施形態に係る図4(A)においては、エッチング対象層102の開口端の直径(幅) w_1 は 28.3 nm であり、比較例における図4(B)においては、エッチング対象層102の開口端の直径(幅) w_1 は 32.0 nm である。

【0062】

図3は、各種条件におけるシリコン窒化物層のエッチングの状態を示す図であり、図5は、図3に示した各条件の場合において、被処理体に形成される孔の内面に付着する有機膜adについて説明するための図である。なお、図3における太矢印は、先端にいくほど、時間が経過していることを示し、黒色の度合いは温度が低い状態を示している。

10

【0063】

上述のように、本発明では、エッチング時の温度を段階的に低下させるDDPC手法を採用している(図3の中央及び図5(B))。この場合、側壁の有機膜adが有効に機能して、孔の径(CD)の広がりを抑制しつつ(Shrink状態)、深さ方向の先細り(Taper)を抑制して、垂直に延びた孔(Vertical)を形成することができる。

【0064】

すなわち、固定温度 80°C において、エッチングを実行した場合(図3の左図及び図5(A))、有機膜adが付着し続け、イオン(ion)が屈曲し、孔は先細りの形状となる。

20

【0065】

一方、固定温度 40°C において、エッチングを実行した場合(図3の右図及び図5(C))、有機膜adがあまり付着せず、孔の径が広がっていく。

【0066】

一方、実施例のエッチングによれば(図3の中央及び図5(B))、有機膜adが第1の温度 T_1 の近傍で付着し、第2の温度 T_2 の近傍では付着しないため、上述のように、所望の開口径で、垂直な孔を形成することができる。

【0067】

この場合、第1の温度 T_1 は、 $80 \pm 10^\circ\text{C}$ であり、前記第2の温度 T_2 は、 $40 \pm 10^\circ\text{C}$ であることを特徴とする。

30

【0068】

この温度範囲の場合、上述の効果を好適に奏することができる。

【0069】

80°C 、 40°C に温度を設定した理由は、 80°C より高い温度を用いるとエッチングの進行が著しく低下し、 40°C より低い温度を用いると孔の拡大の抑制が難しくなることが懸念されるためである。

【0070】

誤差の範囲を設定した理由は、シリコン窒化物層の膜種、膜厚により適切な温度が異なる可能性があるためである。

【0071】

なお、フルオロカーボンガスとしては、 C_4F_6 ガス、 C_4F_8 ガス、 CH_3F ガス、 CH_2F_2 ガス、 CHF_3 ガス、 O_2 ガス、及びArガスを含み得るが、上記実施例では、 C_4F_8 、 CH_2F_2 、 O_2 ガスを用いた。また、第1の高周波電源62及び第2の高周波電源64からは、それぞれ、周波数 40 MHz と 3.2 MHz の電力を供給した。また、実施例及び比較例において、各層の厚みは、以下の通りであり、エッチング時間は 150 秒であった。

40

第1のマスク： 700 nm (ポリシリコン:poly-Si)

シリコン窒化物層： 200 nm

エッチング対象層；シリコン酸化膜

【0072】

50

以上、種々の実施形態について説明してきたが、上述した実施形態に限定されることなく種々の変形態様を構成可能である。例えば、第1の高周波電源62は、整合器66を介して上部電極30に接続されていてもよい。

【0073】

なお、容量結合プラズマ(CCP)は、電極に現れる電位により、電子・イオンを加速してプラズマを生成されるプラズマであり、平行平板の反応性イオンエッチング(RIE)装置や、スパッタリング装置など幅広く用いられている。誘導結合プラズマ(ICP)は、誘電体を通してプラズマ中に高周波を導入し、電磁誘導に生成されるプラズマである。電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマは、磁場存在下でマイクロ波をプラズマに導入し、ECRで電子を加速することで生成されるプラズマである。上述の実施形態では、CCPを用いたが、上述のその他のプラズマを用いた場合のエッチングにも、本発明は適用することが可能である。

10

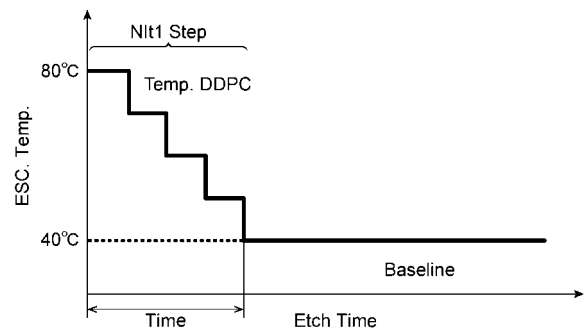
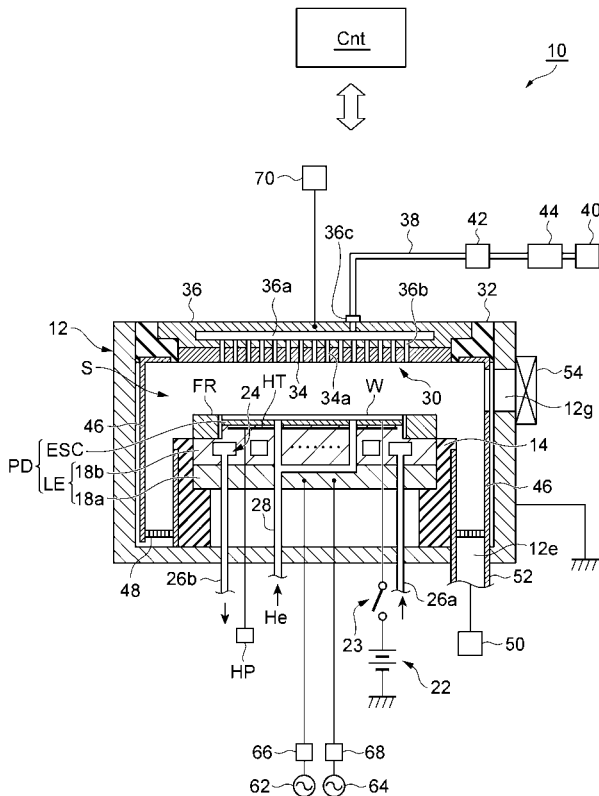
【符号の説明】

【0074】

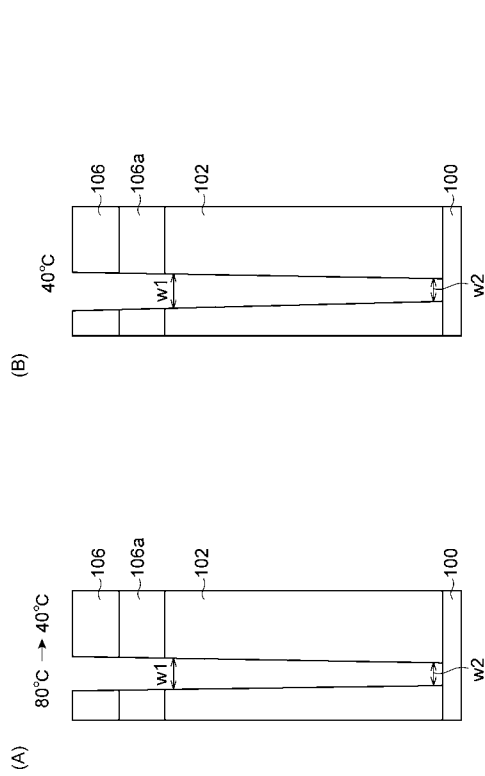
106...第1のマスク、106a...シリコン窒化物層、102...エッチング対象層。

【図1】

【図2】



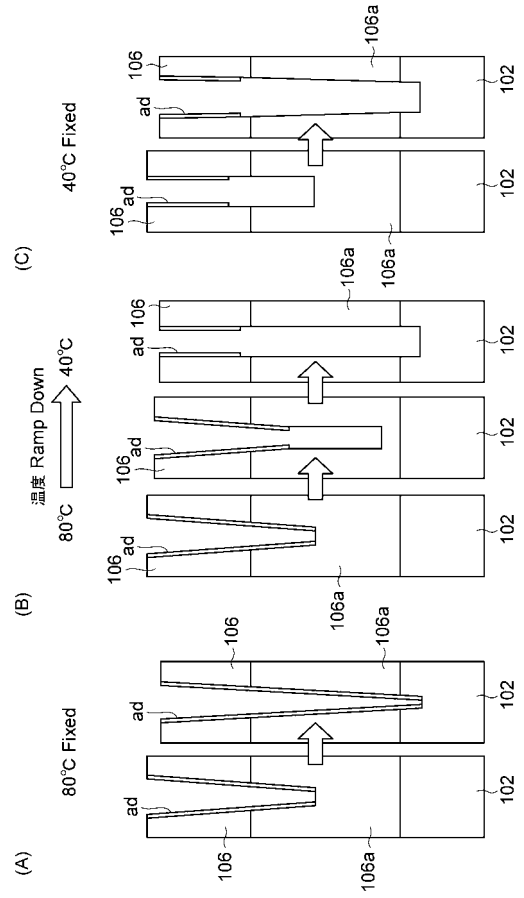
【 図 4 】



【 図 3 】

model	Fixed Temp 80°C	DDPC 80°C → 40°C	Fixed Temp 40°C
Profile			
CD	Shrink Taper	Shrink Vertical	Large Vertical

【 図 5 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F004 AA16 BB13 BB22 BB26 CA04 DA00 DA15 DA16 DA23 DA26
DB03 DB07 EA07