

(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2019-125715

(P2019-125715A)

(43) 公開日 令和1年7月25日(2019.7.25)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 HO 1 L 21/302 (2006.01) HO 1 L 21/302 2 O 1 A 5 F 0 0 4

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2018-5792 (P2018-5792)
 (22) 出願日 平成30年1月17日 (2018.1.17)

(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 100091513
 弁理士 井上 俊夫
 (74) 代理人 100133776
 弁理士 三井田 友昭
 (72) 発明者 浅田 泰生
 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 折居 武彦
 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

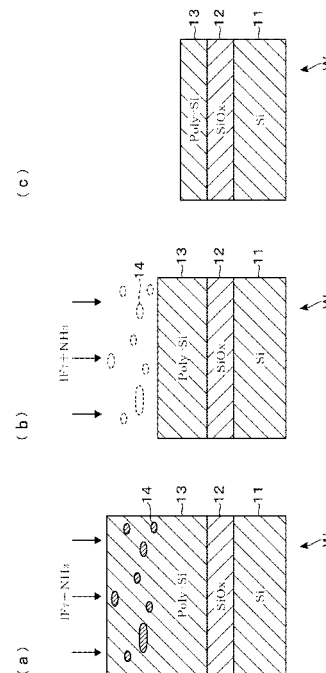
(54) 【発明の名称】 エッチング方法及びエッチング装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 基板の面内均一性が高いシリコン含有膜のエッチング方法を提供する。

【解決手段】 表面にシリコン含有膜13が形成された基板Wに、七フッ化ヨウ素ガスと塩基性ガスを供給して、シリコン含有膜13をエッチングすることにより、基板の面内均一性が高いエッチングを行うことができる。さらに、基板Wにシリコン含有膜13を残すようにエッチングを行う場合には、残るシリコン含有膜の表面の平坦性を高くすることができる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面にシリコン含有膜が形成された基板に、七フッ化ヨウ素ガスと塩基性ガスとを供給して、当該シリコン含有膜をエッチングする工程を含むことを特徴とするエッチング方法。

【請求項 2】

前記基板に七フッ化ヨウ素ガスが供給される期間と、前記基板に前記塩基性ガスが供給される期間とは、互いに重なることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

【請求項 3】

前記基板の温度を 80 以上にした状態で、
当該基板を格納する処理容器内に、前記塩基性ガスの流量 / 前記七フッ化ヨウ素ガスの流量が 1 ~ 1.8 となるように、当該塩基性ガス及び七フッ化ヨウ素ガスを供給する工程を含むことを特徴とする請求項 2 記載のエッチング方法。

10

【請求項 4】

前記基板の温度が 80 より低い状態で
当該基板を格納する処理容器内に、前記塩基性ガスの流量 / 前記七フッ化ヨウ素ガスの流量が 1 以下となるように、当該塩基性ガス及び七フッ化ヨウ素ガスを供給する工程を含むことを特徴とする請求項 2 記載のエッチング方法。

【請求項 5】

前記基板への塩基性ガス、七フッ化ヨウ素ガスの供給が、この順番で行われることを特徴とする請求項 1 記載のエッチング方法。

20

【請求項 6】

前記シリコン含有膜をエッチングする工程は、
前記基板の温度を 30 ~ 120 にした状態で、当該基板に前記七フッ化ヨウ素ガスと前記塩基性ガスとを供給する工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか一つに記載のエッチング方法。

【請求項 7】

前記シリコン含有膜をエッチングする工程は、
前記処理容器内の圧力を 13.3 Pa ~ 133.3 Pa にして前記七フッ化ヨウ素ガスと前記塩基性ガスとを供給する工程を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか一つに記載のエッチング方法。

30

【請求項 8】

前記塩基性ガスは、アンモニアガスであることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか一つに記載のエッチング方法。

【請求項 9】

処理容器と、
前記処理容器内に設けられ、表面にシリコン含有膜が形成された基板を載置する載置部と、

前記処理容器内に七フッ化ヨウ素ガスと塩基性ガスとを供給して、前記シリコン含有膜をエッチングするガス供給部と、
を備えることを特徴とするエッチング装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、七フッ化ヨウ素ガスを用いてシリコン含有膜をエッチングする技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造工程では、半導体ウエハ（以下、ウエハと記載する）の表面に形成されたポリシリコン膜などのシリコン含有膜を除去する処理が行われる場合がある。特許文

50

献 1、2 では、ポリシリコン膜をエッチングするにあたり、当該ポリシリコン膜に対してエッチング選択性が高いガスであるとして IF_7 （七フッ化ヨウ素）ガスを用いることが示されている。また、特許文献 3 には、エッチング性能を調整するために、 IF_7 ガスに酸化性ガスあるいは不活性ガスが添加されたガスをエッチングガスとして用いて、シリコン層をエッチングすることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特再公表 2015 - 115002 号公報

【特許文献 2】特再公表 2015 - 60069 号公報

【特許文献 3】特許第 6032033 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記の IF_7 ガスなどのエッチングガスを用いてシリコン含有膜のドライエッチングを行う場合、ウエハの面内において均一性高くエッチングを行うことが困難である。また、例えばウエハ表面に埋め込まれたシリコン含有膜をエッチングし、パターンである凹部を形成するように処理を行う場合があるが、そのようにエッチングの均一性が低いことにより、上記の凹部の側壁付近の底部のシリコン含有膜が比較的多く残る Footing と呼ばれる現象が発生する場合がある。つまり、縦断側面で見ると凹部の側面と底面との直交性が低く、当該直交性が高い良好な形状の凹部を形成することが困難であった。

【0005】

そこで、例えばプラズマを用いた異方性エッチングによりシリコン含有膜の上部側を除去した後、ウエットエッチングによってシリコン含有膜の下部側を除去する処理が行われる場合がある。しかし、上記のプラズマエッチングはウエハ表面にダメージを与えてしまう懸念があるし、プラズマエッチング及びウエットエッチングという複数の処理を行うことになるので、手間がかかる。そのために、プラズマを用いない上記のドライエッチングでシリコン含有膜の除去を行いたいという要求がある。上記の特許文献 1～3 に記載される技術は、このような問題を解決できるものではない。

【0006】

本発明はこのような事情に基づいてなされたものであり、その目的は、基板の面内均一性高くシリコン含有膜をエッチングすることができる技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のエッチング方法は、表面にシリコン含有膜が形成された基板に、七フッ化ヨウ素ガスと塩基性ガスとを供給して、当該シリコン含有膜をエッチングする工程を含むことを特徴とする。

【0008】

本発明のエッチング装置は、処理容器と、前記処理容器内に設けられ、表面にシリコン含有膜が形成された基板を載置する載置部と、

前記処理容器内に七フッ化ヨウ素ガスと塩基性ガスとを供給して、前記シリコン含有膜をエッチングするガス供給部と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、表面にシリコン含有膜が形成された基板に対して、七フッ化ヨウ素ガスと塩基性ガスとを供給することで、シリコン含有膜を基板の面内で均一性高くエッチングすることができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 比較例におけるエッチング工程を説明する工程図である

【 図 2 】 本発明に係るエッチング工程を説明する工程図である。

【 図 3 】 エッチングを行うための基板処理装置の平面図である。

【 図 4 】 前記基板処理装置に設けられるエッチングモジュールの縦断側面図である。

【 図 5 】 前記基板処理装置によって処理されるウエハの縦断側面図である。

【 図 6 】 前記基板処理装置による処理後のウエハの縦断側面図である。

【 図 7 】 比較試験におけるウエハの縦断側面を示す模式図である。

【 図 8 】 比較試験におけるウエハの縦断側面を示す模式図である。

【 図 9 】 評価試験におけるエッチング量についての結果を示すグラフである。

10

【 図 1 0 】 評価試験におけるラフネスについての結果を示すグラフである。

【 図 1 1 】 評価試験におけるエッチング量についての結果を示すグラフである。

【 図 1 2 】 評価試験におけるラフネスについての結果を示すグラフである。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

本発明の処理について説明する前に、比較例の処理についてウエハ W の表面部の縦断側面図である図 1 を参照しながら説明する。図 1 (a) に示すように、ウエハ W の表面部は、Si (シリコン) 層 1 1、酸化シリコン膜 1 2、ポリシリコン膜 1 3 が下方から上方へ向けてこの順に積層されることで構成されている。この処理例では、ウエハ W に IF_7 ガスを供給し、酸化シリコン膜 1 2 が露出しないようにシリコン含有膜であるポリシリコン膜 1 3 の上部側をエッチングする。ポリシリコン膜 1 3 には、例えば酸化シリコンによって構成される不純物 1 4 が混入している。

20

【 0 0 1 2 】

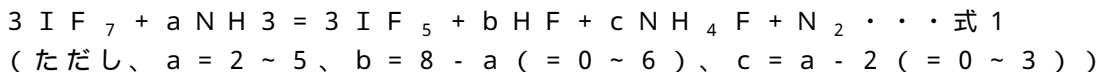
IF_7 ガスのシリコン含有膜に対するエッチング選択性は比較的高いため、エッチングレートが比較的高くなる。従って、ポリシリコン膜 1 3 は下方へ向けて急激にエッチングされる (図 1 (b))。そのエッチングの進行中に上記の不純物 1 4 が露出するが、 IF_7 ガスの不純物 1 4 に対するエッチング選択性は比較的低いため、この不純物 1 4 がマスクとして作用する。そのために、ウエハ W の面内において不純物 1 4 の下方ではエッチングが進行し難く、不純物 1 4 が存在しない箇所では引き続き急激なエッチングが行われる。図 1 (c) はエッチング終了後のウエハ W を示している。上記のように不純物 1 4 が存在することによって、ウエハ W の面内各部のエッチング量について比較的大きなばらつきが生じる。また、この IF_7 ガスによるエッチングを行うと、残留するポリシリコン膜 1 3 の表面の荒れが比較的大きくなってしまふことが確認されている (図 1 (c))。

30

【 0 0 1 3 】

続いて本発明の処理の概要と、その処理中に発生すると推定される反応とを図 2 を参照して説明する。この処理では、塩基性ガスである NH_3 (アンモニア) ガスが添加された IF_7 ガスをエッチングガスとして、例えば既述の表面部を備えるウエハ W に供給する (図 2 (a))。 IF_7 ガスと NH_3 ガスとは、下記の式 1 で示すように互いに反応し、 NH_4F (フッ化アンモニウム) を生成し、この NH_4F がウエハ W の表面に付着する付着物となると考えられる。

40



【 0 0 1 4 】

そして、ウエハ W の表面に付着した NH_4F は不純物 1 4 と反応し、当該不純物 1 4 がエッチングされる。またこの NH_4F がウエハ W に付着した状態で IF_7 ガスが供給されることになるので、ポリシリコン膜 1 3 のエッチングレートが大きくなりすぎることが抑制される。従って、ウエハ W の表面に露出した不純物 1 4 についてはエッチングにより除去される一方で、不純物 1 4 が存在しない領域では急激なポリシリコン膜 1 3 のエッチングが防がれるように、エッチングが進行する (図 2 (b))。なお、ウエハ W に付着した NH_4F については後に詳しく述べるように、このエッチング中のウエハ W の加熱温度によ

50

っては昇華して除去される。図2(c)はエッチング終了後のウエハWを示している。既述のようにエッチングが進行した結果として、この図2(c)に示すように、ウエハWの面内で均一性高くポリシリコン膜13がエッチングされる。また、このようにエッチングを行うことで、ポリシリコン膜13の表面の荒れが抑制されることが確認されている。

【0015】

続いて、上記の IF_7 ガス及び添加ガスである NH_3 ガスを用いてエッチングを行うエッチングモジュール4を含む基板処理装置2について、図2の平面図を参照して説明する。基板処理装置2は、ウエハWを搬入出するための搬入出部21と、搬入出部21に隣接して設けられた2つのロードロック室31と、2つのロードロック室31に各々隣接して設けられた、2つの熱処理モジュール30と、2つの熱処理モジュール30に各々隣接して設けられた2つのエッチングモジュール4と、を備えている。

10

【0016】

搬入出部21は、第1の基板搬送機構22が設けられると共に常圧雰囲気とされる常圧搬送室23と、当該常圧搬送室23の側部に設けられた、ウエハWを収納するキャリア24が載置されるキャリア用載置台25と、を備えている。図中26は常圧搬送室23に隣接するオリエンタ室であり、ウエハWを回転させて偏心量を光学的に求め、第1の基板搬送機構22に対するウエハWの位置合わせを行うために設けられる。第1の基板搬送機構22は、キャリア用載置台25上のキャリア24とオリエンタ室26とロードロック室31との間でウエハWを搬送する。

【0017】

各ロードロック室31内には、例えば多関節アーム構造を有する第2の基板搬送機構32が設けられており、当該第2の基板搬送機構32は、ウエハWをロードロック室31と熱処理モジュール30とエッチングモジュール4との間で搬送する。熱処理モジュール30を構成する処理容器内及びエッチングモジュール4を構成する処理容器内は真空雰囲気として構成されており、ロードロック室31内は、これらの真空雰囲気の処理容器内と常圧搬送室23との間でウエハWの受け渡しを行えるように、常圧雰囲気と真空雰囲気とが切り替えられる。

20

【0018】

図中23は開閉自在なゲートバルブであり、常圧搬送室23とロードロック室31との間、ロードロック室31と熱処理モジュール30との間、熱処理モジュール30とエッチングモジュール4との間に各々設けられている。熱処理モジュール30については、ウエハWを格納すると共に内部が排気されて真空雰囲気とされる処理容器、及び処理容器内に設けられると共に載置されたウエハWを加熱可能な載置台などを含む。そのような構成を備えることで、上記の IF_7 ガス及び NH_3 ガスを用いたエッチングを行った後のウエハWに対して加熱処理を行い、エッチングによりウエハWに付着した残渣を除去することができるように構成されている。

30

【0019】

続いてエッチングモジュール4について、縦断側面図である図4を参照して説明する。エッチングモジュール4は、処理容器41と、処理容器41の内部に配置された載置台42と、処理容器41の上部にて載置台42と対向するように配置されたガスシャワーヘッド5と、処理容器41の内部を排気して当該処理容器41内の圧力を調整する排気ユニット43とを備える。図中40は処理容器41に形成されたウエハWの搬送口であり、上記のゲートバルブ33により開閉される。既述の載置台42の上面には、ウエハWが水平に載置される。図中44は、載置台42に埋設されたヒーターであり、当該載置台42に載置されたウエハWが設定された温度になるように加熱する。載置台42には、既述の第2の基板搬送機構32との間でウエハWの受け渡しを行うために、その上面を突没自在な3本の昇降ピンが設けられるが、図示は省略している。

40

【0020】

ガス供給部であるガスシャワーヘッド5は水平な板状体として構成されている。ガスシャワーヘッド5の上側、下側には扁平な拡散空間51、52が各々設けられており、これら

50

拡散空間 5 1、5 2 は互いに区画されている。ガスシャワーヘッド 5 の下面には、互いに区画されたガス吐出口 5 4、5 5 が各々多数開口しており、ガス吐出口 5 4 は拡散空間 5 1 に、ガス吐出口 5 5 は拡散空間 5 2 に夫々接続されている。

【0021】

拡散空間 5 1 の上部側にはガス流路 5 6 の下流端が接続されている。ガス流路 5 6 の上流側は分岐してガス流路 5 7、5 8 を形成し、ガス流路 5 7、5 8 の上流側は IF_7 ガスの供給源 6 1、Ar (アルゴン) ガス供給源 6 2 に夫々接続されている。拡散空間 5 2 の上部側には、ガス流路 5 6 に対して区画されたガス流路 6 3 の下流端が接続されている。ガス流路 6 3 の上流側は分岐してガス流路 6 4、6 5 を形成し、ガス流路 6 4、6 5 の上流側は NH_3 ガスの供給源 6 6、Ar ガス供給源 6 7 に夫々接続されている。ガス流路 5 7、5 8、6 4、6 5 にはバルブやマスフローコントローラーにより構成された流量調整部 6 8 が各々介設されており、各流路の下流側へのガスの給断、及び各流路の下流側へのガスの流量の調整が行われる。上記の Ar ガスは、処理容器 4 1 内の IF_7 ガス及び NH_3 ガスを希釈するための希釈ガスである。上記のようにエッチングモジュール 4 が構成されることで、ガス供給源 6 1、6 6 から供給された IF_7 ガス及び NH_3 ガスはガスシャワーヘッド 5 から吐出されるまでは、互いに混合されず、ガスシャワーヘッド 5 から吐出後に処理容器 4 1 内で互いに混合される。

10

【0022】

図 3 に示すように、基板処理装置 2 はコンピュータである制御部 2 0 を備えており、この制御部 2 0 は、プログラム、メモリ、CPU を備えている。プログラムには、既述したウエハ W の処理及びウエハ W の搬送が行われるように命令 (各ステップ) が組み込まれており、このプログラムは、コンピュータ記憶媒体、例えばコンパクトディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、DVD 等に格納され、制御部 2 0 にインストールされる。制御部 2 0 は当該プログラムにより基板処理装置 2 の各部に制御信号を出力し、各部の動作を制御する。具体的には、エッチングモジュール 4 の動作、熱処理モジュール 3 0 の動作、第 1 の基板搬送機構 2 2、第 2 の基板搬送機構 3 2 の動作、オリエンタ室 2 6 の動作が制御信号により制御される。上記のエッチングモジュール 4 の動作としては、ヒーター 4 4 の出力の調整、各流量調整部 6 8 による各ガスの流量調整及び各ガスの給断、排気ユニット 4 3 による排気流量の調整などの各動作が含まれる。この制御部 2 0 及びエッチングモジュール 4 により、本発明のエッチング装置が構成されている。

20

30

【0023】

基板処理装置 2 におけるウエハ W の処理を説明する。ここでは、図 5 に示すウエハ W を処理するものとして説明する。このウエハ W の表面には酸化シリコン膜 1 2 が設けられている。当該酸化シリコン膜 1 2 には貫通孔 1 6 が形成されており、当該貫通孔 1 6 内に埋め込まれるようにポリシリコン膜 1 3 が形成されている。この処理例では、当該ポリシリコン膜 1 3 の上部側をエッチングする。

【0024】

図 5 で説明したウエハ W を格納したキャリア 2 4 がキャリア用載置台 2 5 に載置される。そして、このウエハ W は、常圧搬送室 2 3、オリエンタ室 2 6、常圧搬送室 2 3、ロードロック室 3 1 の順に搬送され、熱処理モジュール 3 0 を介してエッチングモジュール 4 の処理容器 4 1 内に搬送される。そして、当該ウエハ W は載置台 4 2 に載置されて、例えば 8 0 に加熱される。その一方で、処理容器 4 1 内の圧力、つまりウエハ W の周囲の圧力が例えば 1 3 . 3 Pa (1 0 0 m T o r r) ~ 6 6 . 6 Pa (5 0 0 m T o r r) とされる。このような比較的小さい圧力とするのは、既述のように IF_7 ガスのシリコン含有膜であるポリシリコン膜 1 3 のエッチングレートが大きくなりすぎることを抑制することを目的としている。

40

【0025】

続いて、ガスシャワーヘッド 5 から IF_7 ガスと NH_3 ガスと Ar ガスとが処理容器 4 1 内に供給される。図 2 で説明したように IF_7 ガスと NH_3 ガスとが互いに反応して $NH_4 F$ を生じ、当該 $NH_4 F$ がウエハ W に付着する。ウエハ W は 8 0 に加熱されており、

50

この温度においてはウエハWに付着した NH_4F ガスは昇華する。このようにウエハWの表面で NH_4F の付着と昇華とが行われた状態で、 IF_7 ガスによるポリシリコン膜13のエッチングが進行し、当該エッチングによりウエハWの表面に凹部18が形成され、その深さが次第に大きくなる。

【0026】

図2で述べたシリコン酸化物からなる不純物14がポリシリコン膜13に含まれていても、当該ポリシリコン膜13はウエハWに付着する NH_4F により除去され、また、当該 NH_4F によりポリシリコン膜13のエッチングレートが過剰に大きくなることが抑制される。結果として、図2で述べたポリシリコン膜13をエッチングする場合と同様に、ウエハWの面内で均一性高くポリシリコン膜13がエッチングされる。なお、 NH_4F については不純物14の他に酸化シリコン膜12についても作用すると考えられるが、行われた実験により、酸化シリコン膜12の外形は殆ど変化しない(膜Lossが無い)ことが確認されている。不純物14に関しては膜中に含まれる量が微量であるために、当該 NH_4F によって十分に除去されるものと考えられる。

10

【0027】

然る後、 IF_7 ガス、 NH_3 ガス及びArガスの供給開始から所定の時間経過後、ガスシャワーヘッド5からこれらの各ガスの供給が停止し、エッチングが終了する。図6は、エッチングが終了した状態のウエハWを示している。上記のようにエッチングが進行したことで凹部18の深さはウエハWの面内で揃っている。また、凹部の底面をなすポリシリコン膜13の荒れが抑制されている。従って、この凹部としては、発明が解決しようとする課題の項目で述べたFootingの発生が抑制されている。エッチングが終了したウエハWは、熱処理モジュール30に搬送されて所定の温度になるように加熱処理を受けて、エッチング残渣が除去された後、ウエハWは、ロードロック室31 常圧搬送室23の順で搬送されて、キャリア24に戻される。

20

【0028】

このエッチングモジュール4を含む基板処理装置2によれば、ウエハWの面内で均一性高くポリシリコン膜13をエッチングし、エッチング後に残るポリシリコン膜13の表面の荒れを抑制することができる。さらに、上記の処理によればプラズマを用いる必要が無いため、ウエハWの表面の各膜が当該プラズマからのダメージを受けることが無いので、ウエハWから形成される半導体装置の信頼性を高くすることができるという利点も有る。ただし、プラズマを用いてエッチングを行う場合も本発明の権利範囲に含まれる。なお、基板処理装置2において図5に示したウエハWを処理するものとして説明したが、図2(a)に示したウエハWを処理するようにしてもよい。従って、基板処理装置2は孔や凹部に埋め込まれたシリコン含有膜をエッチングすることには限られない。

30

【0029】

また、上記の各処理例についてはポリシリコン膜13の上側のみをエッチングする例を示したが、ウエハW表面に形成されたポリシリコン膜13全体をエッチングするように処理を行ってもよい。その場合は、ウエハWの面内各部におけるポリシリコン膜13のエッチングレートの均一性が高いので、エッチングに要する時間を抑えることができるという効果が得られる。より具体的に述べると、ウエハWの面内でのエッチングレートのばらつきが大きい場合には、ウエハWの面内のうちの一の領域ではエッチングが既に終了していても、他の領域ではエッチングレートが低いことによりエッチングが終了していない状態となるため、面内の全ての領域でポリシリコン膜13がエッチングされるように一の領域がエッチングされた後もエッチングが行われるようにエッチング時間を設定することになる。つまり一の領域についてはオーバーエッチングが行われる時間が設定されることになる。しかしエッチングレートの均一性が高いことにより、そのようなオーバーエッチングの時間を短縮したり無くしたりすることができるので、上記のようにエッチングに要する時間を抑えることができることになる。

40

【0030】

ところで、上記のポリシリコン膜13をエッチングする処理例では IF_7 ガス及び NH_3

50

ガスを同時に処理容器 4 1 内に供給している。即ち、 IF_7 ガスを供給する期間と、 NH_3 ガスを供給する期間とが互いに一致するように重なっている。

そのように IF_7 ガス及び NH_3 ガスを供給しなくてもよい。先ず、 IF_7 ガス及び NH_3 ガスのうち、 NH_3 ガスのみを処理容器 4 1 内に供給してウエハ W に吸着させる。その後、 NH_3 ガスの供給を停止し、 IF_7 ガス及び NH_3 ガスのうち IF_7 ガスのみをウエハ W に供給して、ウエハ W に吸着した NH_3 ガスと反応させて NH_4F を発生させて不純物 1 4 を除去すると共に、 IF_7 ガスによるポリシリコン膜 1 3 のエッチングが行われるようにしてもよい。つまり、 NH_3 ガスと IF_7 ガスとをこの順番でウエハ W に供給して処理を行ってもよい。この順番によるガス供給を繰り返し行ってもよい。即ち、 NH_3 ガス、 IF_7 ガスをこの順番に供給した後に、 NH_3 ガス、 IF_7 ガスを再びこの順番で供給してもよい。このように NH_3 ガスは IF_7 ガスに添加されるようにウエハ W に供給されることには限られない。その他にも例えば、 IF_7 ガス及び NH_3 ガスを同時にウエハ W に供給開始した後、 IF_7 ガスの供給が停止されるよりも先に NH_3 ガスの供給の停止が行われるようにしてもよい。つまり、 IF_7 ガスを供給する期間と、 NH_3 ガスを供給する期間とが重なることは、これらの期間が互いに一致することには限られない。

10

20

30

40

50

【0031】

ところでシリコン含有膜はシリコンを主成分として含む膜であり、ポリシリコン膜には限られない。具体的に、例えばアモルファスシリコン膜、単結晶シリコン膜、 $SiGe$ 膜、 SiC 膜などがシリコン含有膜に含まれる。また IF_7 ガスの他にウエハ W に供給される塩基ガスとしては、 IF_7 ガスと反応して NH_4F と同様に窒素及びフッ素を含み、酸化物に対してエッチング作用を有する化合物を生成することができればよいと考えられるので、 NH_3 ガス以外の塩基性ガスを用いるようにしてもよい。具体的に塩基性ガスには、 N_2H_4 (ヒドラジン)、アミンである $(CH_3)_2NH$ (メチルアミン) や、ブチルアミン、ジメチルアミンなどが含まれる。

【0032】

上記のエッチングモジュール 4 において、 IF_7 ガス、 NH_3 ガスが例えばガスシャワーヘッド 5 内の共通の拡散空間に供給されるように構成されていてもよい。詳しく述べると、ガスシャワーヘッド 5 内でこれら IF_7 ガス及び NH_3 ガスの混合が行われ、この混合ガスがウエハ W に吐出されるように、ガスシャワーヘッド 5 が構成されていてもよい。また、上記のエッチングモジュール 4 においては、ガスシャワーヘッド 5 の代わりに、例えば平面視ウエハ W の周に沿うように同心円状に開口したガスの吐出口を備えるガス供給部を設けて、ウエハ W にガスが供給される構成としてもよい。つまり、ガス供給部としては、ガスシャワーヘッドとして構成されることには限られない。なお、本発明としては既述の実施例や後述の評価試験で述べる例には限られず、各例は適宜変更したり、互いに組み合わせることができる。

【0033】

(評価試験)

本発明に関連して行われた評価試験について説明する。

評価試験 1

評価試験 1 として、図 4 で説明したエッチングモジュール 4 と略同様に構成されたエッチング装置を用いて、図 5 で説明した構造を有するウエハ W に IF_7 ガス、 NH_3 ガス及び Ar ガスを同時に供給して、ポリシリコン膜 1 3 をエッチングした。そして、エッチング後に TEM (透過型電子顕微鏡) を用いて、ウエハ W の縦断側面の画像を取得した。 IF_7 ガスの流量は $20 \sim 500 \text{ sccm}$ 、 NH_3 ガスの流量は $10 \sim 500 \text{ sccm}$ 、Ar ガスの流量は $100 \sim 1000 \text{ sccm}$ に設定した。これらのガスの供給時間、即ちエッチング時間は 3 秒、処理容器 4 1 内の圧力は $6.66 \sim 199.9 \text{ Pa}$ ($50 \sim 1500 \text{ mTorr}$)、ウエハ W の温度は $20 \sim 100$ に夫々設定した。

【0034】

また評価試験 1 とは異なる処理条件で、図 5 で説明した構造を有するウエハ W におけるポリシリコン膜 1 3 のエッチングを行い、評価試験 1 と同様にエッチング後のウエハ W の縦

断側面の画像を取得する比較試験 1 - 1、1 - 2を行った。比較試験 1 - 1では、 F_2 (フッ素) ガスを $200 \sim 1000 \text{ sccm}$ 、 NH_3 ガスを $5 \sim 100 \text{ sccm}$ 、 N_2 ガスを $50 \sim 1000 \text{ sccm}$ で夫々同時に処理容器 4 1 内に供給してエッチングを行った。これらの各ガスは処理容器 4 1 に断続的に 7 回供給しており、N 回目 (N は整数) の供給が行われた後、N + 1 回目の供給が行われる前に、パージガスによる処理容器 4 1 内のパージを行った。また 1 回の F_2 ガス、 NH_3 ガス及び N_2 ガスの供給時間は 30 秒に設定した。また、処理容器 4 1 内の圧力は $13.33 \sim 333.3 \text{ Pa}$ ($100 \sim 2500 \text{ mTorr}$)、ウエハ W の温度は $30 \sim 120$ に夫々設定した。比較試験 1 - 2 としては、 ClF_3 (三塩化フッ素) ガスを $50 \sim 500 \text{ sccm}$ 、 N_2 ガスを $100 \sim 1500 \text{ sccm}$ で処理容器 4 1 内に夫々同時に供給してエッチングを行った。これらのガスの処理容器 4 1 への供給回数は、評価試験 1 と同じく 1 回であり、ガスの供給時間は 36.3 秒とした。また、処理容器 4 1 内の圧力は $13.33 \sim 333.3 \text{ Pa}$ ($100 \sim 2500 \text{ mTorr}$)、ウエハ W の温度は $30 \sim 120$ に夫々設定した。

10

20

30

40

50

【0035】

評価試験 1 については、凹部 1 8 の底部をなすエッチング後のポリシリコン膜 1 3 の表面の平坦性は高く、Footingは見られなかった。従って、ウエハ W の面内各所で均一性高くエッチングが行われたことが確認された。そして、凹部 1 8 の深さ = エッチング量は 50 nm であった。なお、既述した図 6 は、この評価試験 1 で取得された TEM 画像を概略図として表したものである。また、図 7 は比較試験 1 - 1 から得られた TEM 画像を、図 8 は比較試験 1 - 2 から得られた TEM 画像を夫々概略図として表したものである。これらの図 7、8 に示すように、比較試験 1 - 1、1 - 2 では評価試験 1 に比べてポリシリコン膜 1 3 の表面の平坦性は低く、Footingが見られた。また、比較試験 1 - 1 ではエッチング量は 30 nm であり、比較試験 1 - 2 ではエッチング量は 36.3 nm であった。従って、エッチングレートについて、比較試験 1 - 1、1 - 2 よりも評価試験 1 の方が大きい。このように、評価試験 1 の結果からは、 IF_7 ガス及び NH_3 ガスを用いることで、ウエハ W の面内で均一性高く、エッチング後のポリシリコン膜 1 3 の荒れが抑制されるように当該ポリシリコン膜 1 3 のエッチングを行うことができ、且つ高いエッチングレートが得られることが示された。

【0036】

また、評価試験 1 では IF_7 ガスに対する NH_3 ガスの流量比 (= NH_3 ガスの流量 / IF_7 ガスの流量) は 0.6 である。ウエハ W の温度は $20 \sim 100$ 、処理容器 4 1 内の圧力は $6.66 \sim 199.9 \text{ Pa}$ ($50 \sim 1500 \text{ mTorr}$) に設定されている。従って、このような流量比、ウエハ W の温度及び処理容器 4 1 内の圧力に設定して処理を行うことで、既述のようにウエハ W の面内で均一性高くエッチングを行うことができ、且つ高いエッチングレートが得られることが確認された。なお、本発明者は処理容器 4 1 内の圧力について 26.6 Pa 以外の値に設定して評価試験 1 と同様の試験を行っており、処理容器 4 1 内の圧力を 13.3 Pa (100 mTorr) \sim 133.3 Pa (1000 mTorr) の範囲内に設定した場合に、評価試験 1 の結果と同様に良好な凹部 1 8 の形状が得られることが確認されている。従って、処理容器 4 1 内の圧力は、この $13.3 \text{ Pa} \sim 133.3 \text{ Pa}$ に設定することが好ましい。

【0037】

評価試験 2

評価試験 2 - 1 として、ウエハ W の表面にアモルファスシリコン膜を膜厚が 200 nm となるように成膜し、図 4 で説明したエッチングモジュール 4 と略同様に構成されたエッチング装置を用いて IF_7 ガス及び NH_3 ガスを共に 8 秒供給して、当該アモルファスシリコン膜のエッチングを行った。評価試験 1 と同じく処理容器 4 1 内の圧力は $50 \sim 1500 \text{ mTorr}$ とした。エッチング後は、ウエハ W に残留しているアモルファスシリコン膜の表面の画像を取得し、当該アモルファスシリコン膜のエッチング量 (200 nm - 残留しているアモルファスシリコン膜の膜厚) と、ウエハ W に残留しているアモルファスシリコン膜の表面のラフネスとを測定した。処理条件のうち、 NH_3 ガスの流量及び載置台 4

2表面の温度(=ウエハWの温度)の組み合わせについては処理毎に変更した。NH₃ガス/IF₇ガスの流量比(=NH₃ガスの流量/IF₇ガスの流量)としては、0.2、0.4、0.6、1.2または1.8に設定し、ウエハWの温度については、35、60、80、100または120に設定した。IF₇ガスの流量は20~500 sccmに設定した。また、エッチングを行う前におけるアモルファスシリコン膜の表面のラフネスは2.53 nmであり、このラフネスの値については小さいほど平坦性が高いことを示す。

【0038】

また、評価試験2-2として、ウエハWの表面にアモルファスシリコン膜の代わりにポリシリコン膜を成膜し、このポリシリコン膜に対してエッチングを行ったことを除いて、評価試験2-1と同様の試験を行った。そして、ポリシリコン膜のエッチング量(200 nm-残留しているポリシリコン膜の膜厚)と当該ポリシリコン膜の表面のラフネスとを測定した。エッチングを行う前のアモルファスシリコン膜のラフネスは7.46 nmである。

10

【0039】

図9、図10の各グラフは評価試験2-1の結果を示しており、図11、図12の各グラフは評価試験2-2の結果を示している。図9~図12の各グラフの縦軸は、ウエハWが載置されるステージの温度=ウエハWの温度を示している。また図9~図12の各グラフの横軸は、NH₃ガス/IF₇ガスの流量比である。図9、図11のグラフは、エッチング量についての結果を示している。詳しく述べると、グラフ内において等高線を付すことでエッチング量が近似する領域を囲むと共にエッチング量が比較的離れた領域を互いに区画して示している。そして、等高線に囲まれた各領域を互いに区別するために、当該各領域に互いに異なる模様を付して示している。

20

【0040】

図10、図12のグラフは、ラフネスについての結果を示している。詳しく述べると、グラフ内において等高線を付すことでラフネスの値が近似する領域を囲むと共にラフネスの値が比較的離れた領域を互いに区画して示している。そして、図9、図11のグラフと同様、等高線に囲まれた各領域を互いに区別するために、当該各領域に互いに異なる模様を付して示している。なお、実際には図9~図12のグラフはコンピュータグラフィクスにより、エッチング量あるいはラフネスについての分布をカラーのグラデーションによって表示したものであるが、図示の便宜上、既述のように示している。

30

【0041】

エッチング量について、評価試験2-1においては概ね4~54 nmの範囲内の値、評価試験2-2においては概ね4~44 nmの範囲内の値であった。ラフネスについて、評価試験2-1においては概ね2.5~5.5 nmの範囲内の値、評価試験2-2においては概ね4.0~8.0 nmの範囲内の値であった。従って、評価試験2-1、2-2においてエッチング後に残留したアモルファスシリコン膜、ポリシリコン膜の表面のラフネスの値は、エッチング前のラフネスの値に比べて大きく上昇していない。従って、ウエハWの温度を35~120にしてIF₇ガス及びNH₃ガスを供給するときにおいて、ウエハWの面内で均一性高くエッチングすることができるという本発明の効果が得られることが、この評価試験2の結果から確認された。また、ウエハWの温度が35の場合ラフネスの値について、評価試験2-1では4.2以下、評価試験2-2では7.2以下と、エッチング前のラフネスの値からの上昇が比較的抑制されている。この35よりウエハWの温度が若干低い値であっても、ラフネスの値は大きく変動しないと考えられることから、ウエハWの温度が例えば30~120であるときには、上記のエッチングの均一性を高くすることができる効果が得られると推定される。

40

【0042】

さらに、図9に示されるように、評価試験2-1についてはウエハWの温度が35、60である場合、NH₃ガス/IF₇ガスの流量比が比較的大きいと、エッチング量が比較的小さい。しかし、ウエハWの温度が80以上である場合にはNH₃ガス/IF₇ガ

50

スの流量比に関わらず、エッチング量が比較的高い値となっており、具体的には30nm以上であった。そして図10に示されるようにラフネスについては、ウエハWの温度及びNH₃ガス/IF₇ガスの流量比に関わらず比較的低く、具体的には5.6nm以下であった。

【0043】

また、図11に示されるように、評価試験2-2についてはウエハWの温度が35、60である場合、NH₃ガス/IF₇ガスの流量比が比較的大きいと、エッチング量が比較的小さい。しかし、ウエハWの温度が80以上である場合にはNH₃ガス/IF₇ガスの流量比に関わらず、エッチング量が比較的高い値となっており、具体的には29nm以上であった。そして、NH₃ガス/IF₇ガスの流量比が0.2、0.6、1.2、1.8である場合に、ウエハWの温度を120とするよりもウエハWの温度を100とした方が、エッチング量大きい。従って、ウエハWの温度については120とするよりも100とした方が、エッチング量について大きくなる傾向があることが分かる。そして図12から明らかのように、ラフネスについては、ウエハWの温度及びNH₃ガス/IF₇ガスの流量比に関わらず比較的低く、具体的には9nm以下であった。このような評価試験2-1、2-2の結果から、アモルファスシリコン膜及びポリシリコン膜について、高いエッチングレートを得ると共にエッチング後のラフネスを抑制するためには、エッチング時のウエハWの温度を80~100とすることが、より好ましいことが分かる。

【0044】

さらに、評価試験2-1、2-2において、ウエハWの温度が80の場合と100の場合とを比較すると、NH₃ガス/IF₇ガスの流量比が同じであるときには、ウエハWの温度が80である場合の方が、エッチング量大きい。また、NH₃ガス/IF₇ガスの流量比が0.2、0.4であるときには、ウエハWの温度が80の場合の方がラフネスの値が小さい。また、評価試験2-2において、ウエハWの温度が80の場合と100の場合とを比較すると、NH₃ガス/IF₇ガスの流量比が同じであるときには、ウエハWの温度が80である場合の方が、エッチング量が大きく且つラフネスの値が小さい。このように評価試験2で設定されたウエハWの温度の中では80が、エッチングレートを高くし、且つエッチング後のラフネスを抑制する観点から最も好ましい値となった。

【0045】

ところでエッチング時の処理容器41内の圧力を上記のように設定しているため、ウエハWの温度が80以上であるときに、NH₄FはウエハWから昇華する。評価試験2-1、2-2でウエハWの温度が80以上である場合にエッチング量が比較的大きいのは、NH₄Fが付着してもそのように昇華が起きるため、IF₇ガスのエッチング作用が当該NH₄Fにより大きく妨げられないためであると考えられる。ただし、NH₃ガス及びNH₄FがウエハWに吸着する確率は、ウエハWの温度が低いほど高くなる。従って、エッチング時にウエハWの温度が高すぎると、当該NH₄Fの作用が弱くなる。そのような理由により、ウエハWの温度が120である場合よりも100である場合の方が好ましく、ウエハWの温度が80である場合の方がより好ましい結果になったと推定される。そして、この80から若干変動した温度であってもエッチングレートが高く且つラフネスが低くなると考えられる。上記のようにウエハWの温度が80以上であるときにNH₄Fを昇華させることができることを考えると、特に好ましいウエハWの温度範囲はその80以上の温度であり100より低い温度、具体的には80~90であると考えられる。

【0046】

ところで評価試験2-1においてウエハWの温度が35または60である場合の結果を見ると、NH₃ガスの流量がIF₇ガスの流量よりも大きいとき、つまりNH₃ガス/IF₇ガスの流量比が1.2、1.8であるときには、エッチング量は比較的小さい。しかし、NH₃ガスの流量がIF₇ガスの流量よりも小さいとき、つまりNH₃ガス/IF

γ ガスの流量比が 0.2 ~ 0.6 であるとき、ウエハ W の温度が 35 且つ NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比が 0.6 である場合の結果を除いてエッチング量が比較的大きい結果となっている。

【0047】

また評価試験 2 - 2 においてウエハ W の温度が 35 または 60 である場合の結果を見ると、 NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比が 1.2、1.8 であるときには、エッチング量が比較的小さい。そして、 NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比が 0.2 ~ 0.6 であるとき、ウエハ W の温度が 35 且つ NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比が 0.6 である場合を除いてエッチング量が比較的大きい結果となっている。

【0048】

このような結果となったのは、上記のように NH_4F がウエハ W から昇華する温度は 80 以上であり、この昇華が起こらない 35、60 の場合は NH_3 ガスの流量が比較的大きいと NH_4F のウエハ W への付着量が過剰となることで、 IF_7 ガスによるエッチング量が低下したためであると考えられる。従って、この評価試験 2 の結果からは、ウエハ W の温度が 80 より低い場合、 NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比を 0.6 以下とすることが好ましいことが確認された。

【0049】

また、評価試験 2 - 1、2 - 2 において、ウエハ W の温度を 80 以上に設定した場合、 NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比によってラフネスの値は大きく変化していないが、エッチング量については、 NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比を 0.6 に設定するよりも、1.2 または 1.8 とした方が大きい。従って、ウエハ W の温度が 80 以上である場合においては、 NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比については 1.2 ~ 1.8 であると、高いエッチングレートを得ると共にエッチング後のラフネスを大きく抑制することができることが確認された。つまり、 NH_3 ガスの流量 / IF_7 ガスの流量については、1.2 ~ 1.8 の範囲内とすることが好ましいことが確認された。

【0050】

ところで、ウエハ W の温度が 80 以上である場合、 NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比が 1.2 よりも若干小さい値であってもエッチング作用は大きく変動しないと考えられ、ウエハ W の温度が 80 より低い場合 NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比が 0.6 より若干大きい値であってもエッチング作用は大きく変動しないと考えられる。具体的にウエハ W の温度が 80 以上である場合、 NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比については例えば 1 以上、ウエハ W の温度が 80 より低い場合、 NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比については例えば 1 以下であれば、エッチング作用の変動は少ないと考えられる。従ってウエハ W の温度が 80 以上である場合、 NH_3 ガス / IF_7 ガスの流量比については、1 ~ 1.8 とすることが好ましく、80 より低い場合、 NH_3 ガスの流量 / IF_7 ガスの流量については、1 以下とすることが好ましいと推定される。

【符号の説明】

【0051】

W	ウエハ
14	ポリシリコン膜
2	基板処理装置
20	制御部
4	エッチングモジュール
42	載置台
5	シャワーヘッド

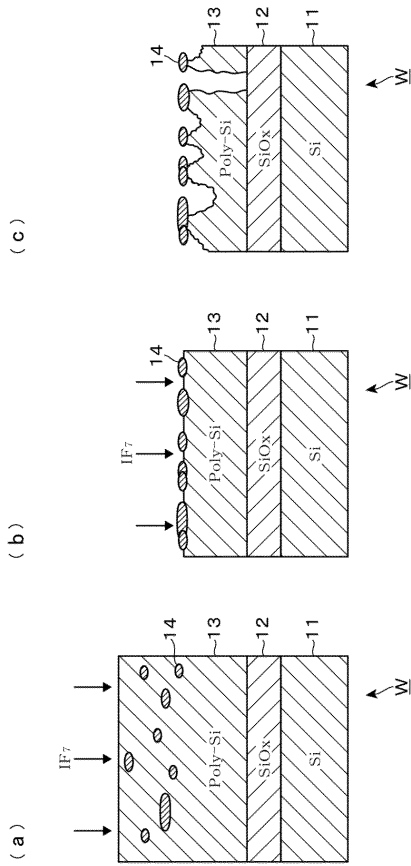
10

20

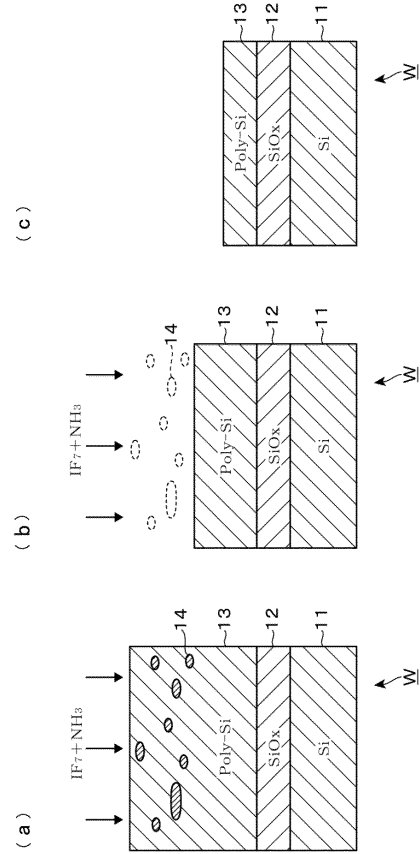
30

40

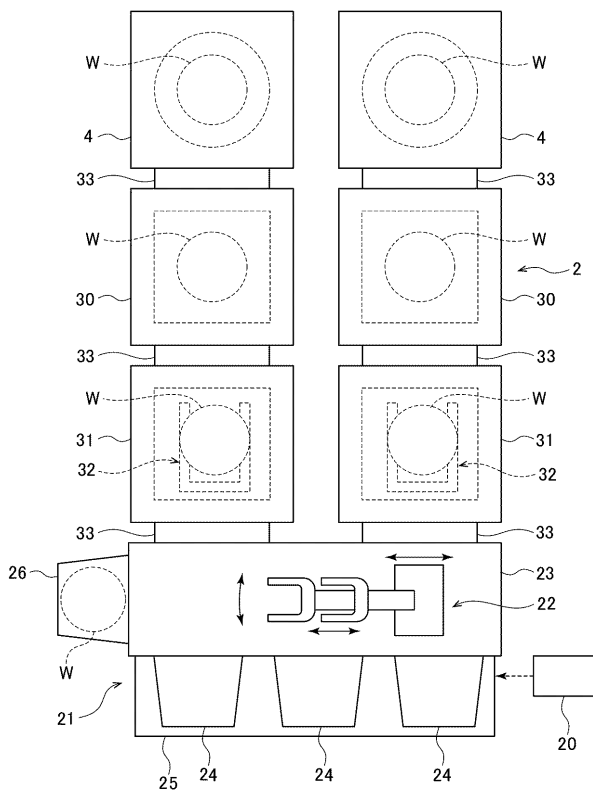
【 図 1 】



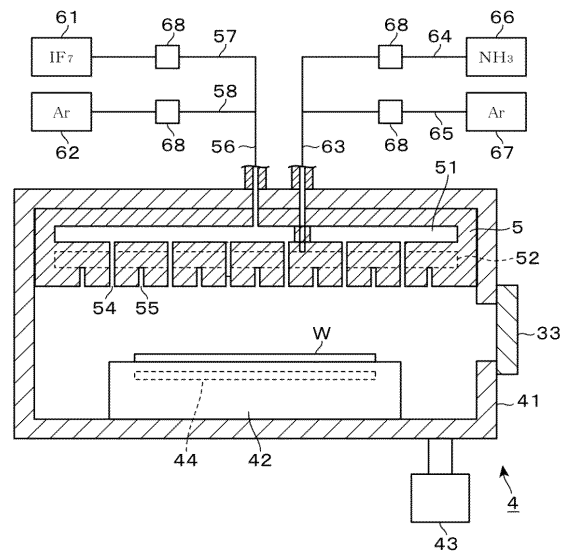
【 図 2 】



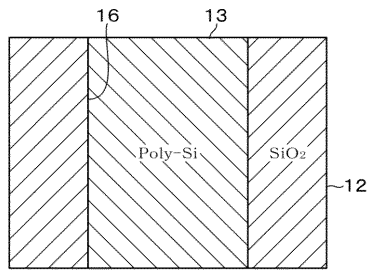
【 図 3 】



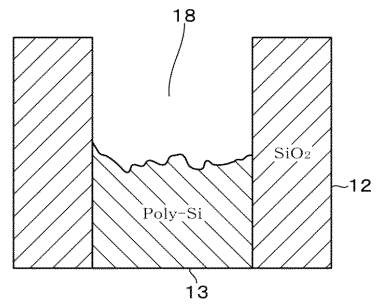
【 図 4 】



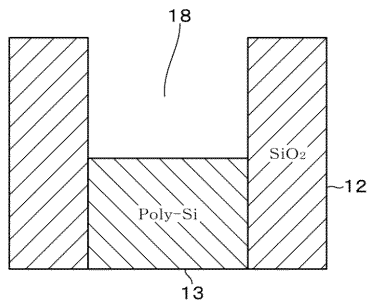
【 図 5 】



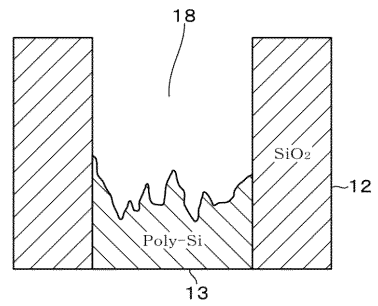
【 図 7 】



【 図 6 】

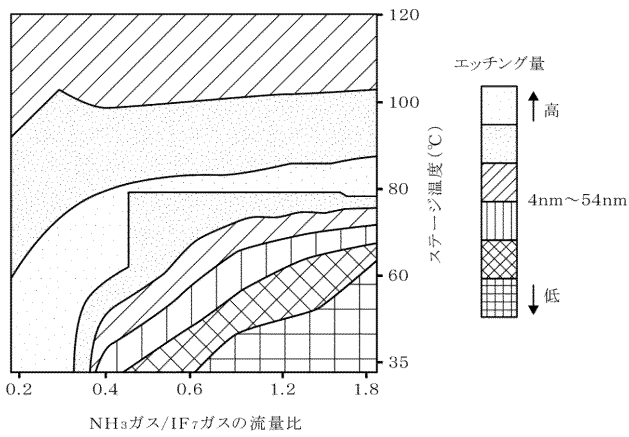


【 図 8 】



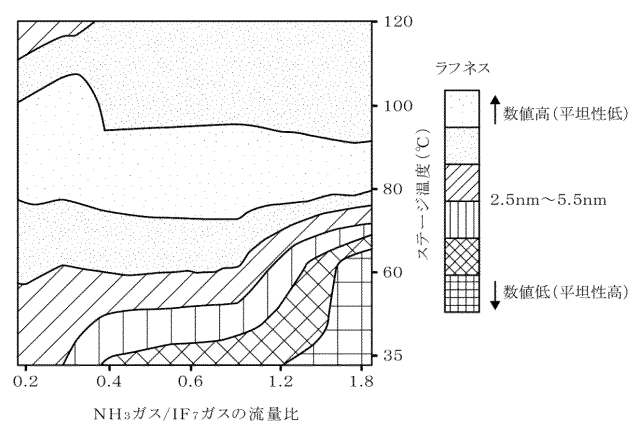
【 図 9 】

評価試験2-1
アモルファスシリコン

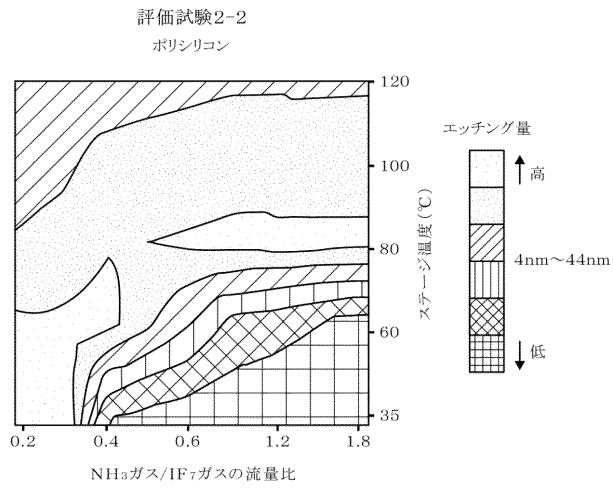


【 図 10 】

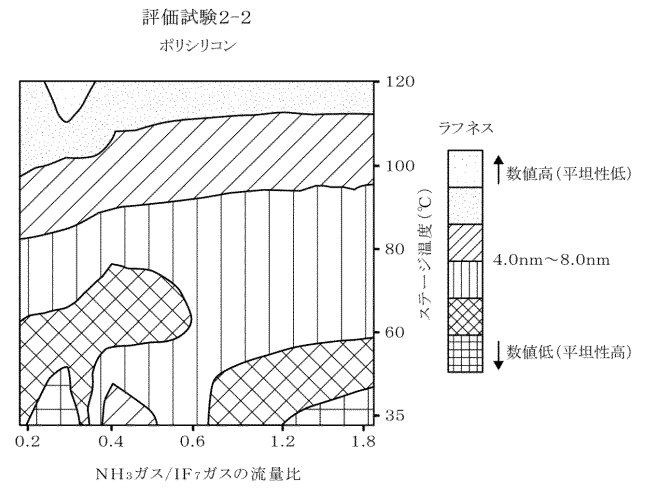
評価試験2-1
アモルファスシリコン



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 健斗

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

Fターム(参考) 5F004 AA01 BA19 BB18 BB26 BD03 CA04 DA00 DA23 DA25 DB01

DB02 DB19