

明 細 書

発明の名称： エッチング方法及び半導体素子の製造方法

技術分野

[0001] 本発明はエッチング方法及び半導体素子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体の製造工程においては、酸化ケイ素、窒化ケイ素等のケイ素化合物のパターニングや除去にエッチングが用いられる。例えば、特許文献1には、プラズマの非存在下で、フッ素ガス（ F_2 ）を含有するエッチングガスを用いて酸化ケイ素をエッチングする方法が開示されている。また、特許文献2には、プラズマの非存在下で、フッ素ガスを用いて窒化ケイ素を除去するクリーニング方法が開示されている。以下、プラズマを用いないエッチング方法を「プラズマレスエッチング」と記すこともある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特許公表公報 2009年第533853号

特許文献2：日本国特許公報 第5571770号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1、2に開示の方法は、酸化ケイ素、窒化ケイ素等のケイ素化合物のエッチングに350℃以上の高温を必要とするため、エッチングに大きなエネルギーを要し、結果としてエッチング対象物だけでなく非エッチング対象物もエッチングされてしまうという問題を有していた。

本発明は、プラズマを用いることなく、窒素原子及び酸素原子の少なくとも一方とケイ素原子とを有するケイ素化合物を含有するエッチング対象物を、特定の非エッチング対象物に対して選択的にエッチングすることができるエッチング方法及び半導体素子の製造方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0005] 前記課題を解決するため、本発明の一態様は以下の〔１〕～〔１０〕の通りである。

〔１〕 フッ素ガスを含有するエッチングガスを、前記エッチングガスによるエッチングの対象であるエッチング対象物と前記エッチングガスによるエッチングの対象ではない非エッチング対象物とを有する被エッチング部材に、プラズマの非存在下で接触させ、前記非エッチング対象物に対して前記エッチング対象物を選択的にエッチングするエッチング工程を備え、

前記エッチング対象物は、窒素原子及び酸素原子の少なくとも一方とケイ素原子とを有するケイ素化合物を含有し、

前記非エッチング対象物は、タンタル、コバルト、銅、窒化チタン、ニッケル、及びアモルファスカーボンから選ばれる少なくとも一種を有し、

前記エッチング工程を４０℃以上３５０℃未満の温度条件で行うエッチング方法。

[0006] 〔２〕 前記ケイ素化合物が酸化ケイ素及び窒化ケイ素の少なくとも一方である〔１〕に記載のエッチング方法。

〔３〕 前記エッチング工程を１Ｐａ以上１００ｋＰａ以下の圧力条件で行う〔１〕又は〔２〕に記載のエッチング方法。

[0007] 〔４〕 前記エッチング工程を７０℃以上３３０℃以下の温度条件で行う〔１〕～〔３〕のいずれか一項に記載のエッチング方法。

〔５〕 前記エッチングガスが、フッ素ガスのみからなるガス、又は、フッ素ガスと不活性ガスを含有する混合ガスである〔１〕～〔４〕のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0008] 〔６〕 前記不活性ガスが、窒素ガス、ヘリウム、アルゴン、ネオン、クリプトン、及びキセノンから選ばれる少なくとも一種である〔５〕に記載のエッチング方法。

〔７〕 前記エッチングガス中に含有されるフッ素ガスの含有量が０．５体積％以上７０体積％以下である〔１〕～〔６〕のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0009] [8] 前記非エッチング対象物を、前記エッチングガスによる前記エッチング対象物のエッチングにおけるレジストとして使用する[1]～[7]のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[9] 前記非エッチング対象物のエッチング速度に対する前記エッチング対象物のエッチング速度の比であるエッチング選択比が3以上である[1]～[8]のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0010] [10] [1]～[9]のいずれか一項に記載のエッチング方法を用いて半導体素子を製造する半導体素子の製造方法であって、

前記被エッチング部材が、前記エッチング対象物及び前記非エッチング対象物を有する半導体基板であり、

前記半導体基板から前記エッチング対象物の少なくとも一部を前記エッチングにより除去する処理工程を備える半導体素子の製造方法。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、プラズマを用いることなく、窒素原子及び酸素原子の少なくとも一方とケイ素原子とを有するケイ素化合物を含有するエッチング対象物を、特定の非エッチング対象物に対して選択的にエッチングすることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明に係るエッチング方法の一実施形態を説明するエッチング装置の一例の概略図である。

[図2]実施例1等で用いた被エッチング部材を説明する図である。

[図3]実施例20等で用いた被エッチング部材を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明の一実施形態について以下に説明する。なお、本実施形態は本発明の一例を示したものであって、本発明は本実施形態に限定されるものではない。また、本実施形態には種々の変更又は改良を加えることが可能であり、その様な変更又は改良を加えた形態も本発明に含まれ得る。

[0014] 本実施形態に係るエッチング方法は、フッ素ガス(F₂)を含有するエッチ

ングガスを、エッチングガスによるエッチングの対象であるエッチング対象物とエッチングガスによるエッチングの対象ではない非エッチング対象物とを有する被エッチング部材に、プラズマの非存在下で接触させ、非エッチング対象物に対してエッチング対象物を選択的にエッチングするエッチング工程を備える。

[0015] エッチング対象物は、窒素原子（N）及び酸素原子（O）の少なくとも一方とケイ素原子（Si）とを有するケイ素化合物を含有する。また、非エッチング対象物は、タンタル（Ta）、コバルト（Co）、銅（Cu）、窒化チタン（TiN）、ニッケル（Ni）、及びアモルファスカーボン（C）から選ばれる少なくとも一種を有する。そして、本実施形態に係るエッチング方法においては、エッチング工程を40℃以上350℃未満の温度条件で行う。

[0016] エッチングガスを被エッチング部材に接触させると、エッチングガス中のフッ素ガスとエッチング対象物中の前記ケイ素化合物とが反応するため、エッチング対象物のエッチングが進行する。これに対して、非エッチング対象物はフッ素ガスとほとんど反応しないので、非エッチング対象物のエッチングはほとんど進行しない。よって、本実施形態に係るエッチング方法によれば、プラズマを用いることなく、非エッチング対象物に対してエッチング対象物を選択的にエッチングすることができる。

[0017] プラズマを用いることなくエッチング対象物をエッチングすることができるので、高価なプラズマ発生装置を用いてエッチングを行う必要がない。そのため、被エッチング部材のエッチングを低コストで行うことができる。また、プラズマを用いないことから、エッチング装置を構成する部材（例えばチャンバー）、エッチング装置に接続する配管、後述する半導体素子の製造装置を構成する部材（例えばチャンバー）、後述する半導体素子の製造装置に接続する配管などに腐食が生じにくい。

[0018] なお、本発明におけるエッチングとは、被エッチング部材が有するエッチング対象物の一部又は全部を除去して被エッチング部材を所定の形状（例え

ば三次元形状)に加工すること(例えば、前記ケイ素化合物からなる膜状のエッチング対象物を所定の膜厚に加工すること)を意味するとともに、エッチング対象物からなる残留物、堆積物を被エッチング部材から除去してクリーニングすることなどを意味する。

[0019] 本実施形態に係るエッチング方法は、半導体素子の製造に利用することができる。すなわち、本実施形態に係る半導体素子の製造方法は、本実施形態に係るエッチング方法を用いて半導体素子を製造する半導体素子の製造方法であって、被エッチング部材が、エッチング対象物及び非エッチング対象物を有する半導体基板であり、半導体基板からエッチング対象物の少なくとも一部をエッチングにより除去する処理工程を備える。

[0020] 例えば、本実施形態に係るエッチング方法では、酸化ケイ素(例えば SiO_2)よりも窒化ケイ素(例えば Si_3N_4)の方が速やかにエッチングが進行する。この特性を利用することにより、本実施形態に係るエッチング方法を、3D-NAND型フラッシュメモリ、ロジックデバイス等の半導体素子の製造に対して使用することができる。

[0021] 例えば、酸化ケイ素膜と窒化ケイ素膜が交互に積層されてなる積層物に、積層方向に沿って延び且つ積層物を貫通する貫通孔が形成されたもの(図3を参照)に対して、本実施形態に係るエッチング方法を適用することにより、貫通孔の内面に露出する窒化ケイ素膜が選択的且つ等方的にエッチングされるため、酸化ケイ素膜の端部が貫通孔内に突出した構造を形成することができる。このような構造を有する構造体を形成するプロセスは、該構造体を半導体素子の構造体として利用することができるので、3D-NAND型フラッシュメモリ、ロジックデバイス等の半導体素子の製造に利用される。

[0022] 上記構造をエッチングにより形成するプロセスは、従来はリン酸等を含有する薬液を用いて行われてきたが、薬液を用いるエッチングよりもエッチングガスを用いるエッチングの方が微細加工性に優れている。そのため、本実施形態に係るエッチング方法には、半導体素子の更なる微細化や高集積化に対する貢献が期待できる。

[0023] また、同様に、非エッチング対象物自身を半導体素子の構造体として利用する場合は、非エッチング対象物として、フッ素ガスと実質的に反応しない材料又はフッ素ガスとの反応が極めて遅い材料が用いられる。具体的には、例えば、タンタル、コバルト、銅、窒化チタン、ニッケル、及びアモルファスカーボンから選ばれる少なくとも一種の材料を使用できる。

[0024] さらに、本実施形態に係るエッチング方法は、前述したように、クリーニングにも利用することができる。例えば、前記ケイ素化合物を含有する材料からなる膜を基板上に成膜する工程や、基板上に形成された前記ケイ素化合物を含有する材料の膜をエッチングする工程をチャンバー内で行った後に、チャンバーの内面に付着した前記ケイ素化合物を含有する付着物を、本実施形態に係るエッチング方法によって除去してクリーニングすることができる。なお、このようなクリーニングにおいては、チャンバーが、本発明の構成要件である被エッチング部材に相当し、付着物が、本発明の構成要件であるエッチング対象物に相当する。

[0025] 以下、本実施形態に係るエッチング方法及び半導体素子の製造方法について、さらに詳細に説明する。

〔エッチングガス〕

エッチングガスは、フッ素ガスを含有するガスである。エッチングガスは、フッ素ガスのみからなるガスであってもよいし、フッ素ガスと他種のガスを含有する混合ガスであってもよい。エッチングガスがフッ素ガスと他種のガスを含有する混合ガスである場合には、エッチングガス中に含有されるフッ素ガスの含有量は、0.5体積%以上70体積%以下であることが好ましく、1体積%以上60体積%以下であることがより好ましく、5体積%以上50体積%以下であることがさらに好ましい。

[0026] エッチングガスがフッ素ガスと他種のガスを含有する混合ガスである場合、他種のガスとして不活性ガスをを用いることができる。すなわち、エッチングガスは、フッ素ガスと不活性ガスからなる混合ガスであってもよい。不活性ガスとしては、窒素ガス（N₂）、ヘリウム（He）、ネオン（Ne）、ア

ルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、及びキセノン (Xe) から選ばれる少なくとも一種を用いることができる。エッチングガス中に含有される不活性ガスの含有量は、特に限定されるものではないが、0体積%超過99体積%以下とすることができる。

[0027] [エッチング工程の圧力条件]

本実施形態に係るエッチング方法におけるエッチング工程の圧力条件は特に限定されるものではないが、1Pa以上100kPa以下とすることが好ましく、100Pa以上80kPa以下とすることがより好ましく、1kPa以上60kPa以下とすることがさらに好ましい。

[0028] 例えば、チャンバー内に被エッチング部材を配し、チャンバーにエッチングガスを流通させながらエッチングを行うことができるが、エッチングガスの流通時のチャンバー内の圧力は1Pa以上100kPa以下とすることができる。エッチングガスの流量は、チャンバーの大きさやチャンバー内を減圧する排気設備の能力に応じて、チャンバー内の圧力が一定に保たれるように適宜設定すればよい。

[0029] [エッチング工程の温度条件]

本実施形態に係るエッチング方法におけるエッチング工程の温度条件は、40℃以上350℃未満とする必要があるが、70℃以上330℃以下とすることが好ましく、130℃以上300℃以下とすることがより好ましい。ここで、温度条件の温度とは、被エッチング部材の温度であるが、エッチング装置のチャンバー内に設置された、被エッチング部材を支持するステージの温度を使用することもできる。

[0030] 温度条件が40℃以上であれば、エッチング対象物である前記ケイ素化合物のエッチング速度がより高くなりやすい。一方、温度条件が350℃未満であれば、過大な時間とエネルギーを要することなくエッチングを行うことができる、エッチング装置や半導体素子の製造装置への負荷が小さい、本来エッチングされるべきではない部分（例えば非エッチング対象物）がエッチングされることを抑制することができる等の利点がある。

[0031] フッ素ガスは、プラズマの非存在下且つ350℃未満の温度条件下では、タンタル、コバルト、銅、窒化チタン、ニッケル、アモルファスカーボン等の非エッチング対象物とはほとんど反応しない。そのため、本実施形態に係るエッチング方法を用いれば、非エッチング対象物をほとんどエッチングすることなくエッチング対象物を選択的にエッチングすることができる。よって、本実施形態に係るエッチング方法は、パターンニングされた非エッチング対象物をレジスト又はマスクとして利用して、エッチング対象物を所定の形状へ加工する方法などに利用可能である。

[0032] さらに、エッチング対象物及び非エッチング対象物の温度が350℃未満であれば、エッチング選択比が高くなりやすい。例えば、非エッチング対象物のエッチング速度に対するエッチング対象物のエッチング速度の比であるエッチング選択比が、3以上となりやすい。エッチング選択比は、3以上であることが好ましく、5以上であることがより好ましく、10以上であることがさらに好ましい。

[0033] [被エッチング部材]

本実施形態に係るエッチング方法によりエッチングする被エッチング部材は、エッチング対象物と非エッチング対象物を有するが、エッチング対象物で形成されている部分と非エッチング対象物で形成されている部分とを有する部材でもよいし、エッチング対象物と非エッチング対象物の混合物で形成されている部材でもよい。また、被エッチング部材は、エッチング対象物、非エッチング対象物以外のものを有していてもよい。

また、被エッチング部材の形状は特に限定されるものではなく、例えば、板状、箔状、膜状、粉末状、塊状であってもよい。被エッチング部材の例としては、前述した半導体基板が挙げられる。

[0034] [エッチング対象物]

エッチング対象物は、窒素原子及び酸素原子の少なくとも一方とケイ素原子とを有するケイ素化合物を含有するが、前記ケイ素化合物からなるものであってもよいし、前記ケイ素化合物を含有する混合物からなるものであってもよい。

もよい。また、このケイ素化合物は、酸化ケイ素及び窒化ケイ素の少なくとも一方であってもよい。

[0035] 窒化ケイ素とは、ケイ素及び窒素を任意の割合で有する化合物を指し、例としては Si_3N_4 を挙げることができる。窒化ケイ素の純度は特に限定されないが、好ましくは30質量%以上、より好ましくは60質量%以上、さらに好ましくは90質量%以上である。

酸化ケイ素とは、ケイ素及び酸素を任意の割合で有する化合物を指し、例としては SiO_2 を挙げることができる。酸化ケイ素の純度は特に限定されないが、好ましくは30質量%以上、より好ましくは60質量%以上、さらに好ましくは90質量%以上である。

また、エッチング対象物の形状は、特に限定されるものではなく、例えば、板状、箔状、膜状、粉末状、塊状であってもよい。

[0036] 〔非エッチング対象物〕

非エッチング対象物は、タンタル、コバルト、銅、窒化チタン、ニッケル、及びアモルファスカーボンから選ばれる少なくとも一種を有するが、これらはフッ素ガスと実質的に反応しないか、又は、フッ素ガスとの反応が極めて遅いため、本実施形態に係るエッチング方法によりエッチングを行っても、エッチングはほとんど進行しない。

[0037] また、非エッチング対象物は、エッチングガスによるエッチング対象物のエッチングを抑制するためのレジストとして使用することができる。よって、本実施形態に係るエッチング方法は、パターンニングされた非エッチング対象物をレジスト又はマスクとして利用して、エッチング対象物を所定の形状に加工する（例えば、被エッチング部材が有する膜状のエッチング対象物を所定の膜厚に加工する）などの方法に利用することができるので、半導体素子の製造に対して好適に使用可能である。また、非エッチング対象物がほとんどエッチングされないので、半導体素子のうち本来エッチングされるべきでない部分がエッチングされることを抑制することができ、エッチングにより半導体素子の特性が失われることを防止することができる。

- [0038] なお、パターニング後に残った非エッチング対象物は、半導体素子製造工程で一般的に用いられる除去方法により除去可能である。例えば、酸素プラズマやオゾンなどの酸化性ガスによるアッシングや、A P M（アンモニア水と過酸化水素水の混合液）、S P M（硫酸と過酸化水素水の混合液）や有機溶剤などの薬液を用いる溶解除去が挙げられる。
- [0039] 次に、図 1 を参照しながら、本実施形態に係るエッチング方法を実施可能なエッチング装置の構成の一例と、該エッチング装置を用いたエッチング方法の一例を説明する。図 1 のエッチング装置は、プラズマを用いないプラズマレスエッチング装置である。まず、図 1 のエッチング装置について説明する。
- [0040] 図 1 のエッチング装置は、内部でエッチングが行われるチャンバー 10 と、エッチングする被エッチング部材 12 をチャンバー 10 の内部に支持するステージ 11 と、被エッチング部材 12 の温度を測定する温度計 14 と、チャンバー 10 の内部のガスを排出するための排気用配管 13 と、排気用配管 13 に設けられチャンバー 10 の内部を減圧する真空ポンプ 15 と、チャンバー 10 の内部の圧力を測定する圧力計 16 と、を備えている。
- [0041] また、図 1 のエッチング装置は、チャンバー 10 の内部にエッチングガスを供給するエッチングガス供給部を備えている。このエッチングガス供給部は、フッ素ガスを供給するフッ素ガス供給部 1 と、不活性ガスを供給する不活性ガス供給部 2 と、フッ素ガス供給部 1 とチャンバー 10 を接続するフッ素ガス供給用配管 5 と、フッ素ガス供給用配管 5 の中間部に不活性ガス供給部 2 を接続する不活性ガス供給用配管 6 と、を有している。
- [0042] さらに、フッ素ガス供給用配管 5 には、フッ素ガスの圧力を制御するフッ素ガス圧力制御装置 7 と、フッ素ガスの流量を制御するフッ素ガス流量制御装置 3 と、が設けられている。さらに、不活性ガス供給用配管 6 には、不活性ガスの圧力を制御する不活性ガス圧力制御装置 8 と、不活性ガスの流量を制御する不活性ガス流量制御装置 4 と、が設けられている。
- [0043] そして、エッチングガスとしてフッ素ガスをチャンバー 10 に供給する場

合には、フッ素ガス供給部 1 からフッ素ガス供給用配管 5 にフッ素ガスを送り出すことにより、フッ素ガス供給用配管 5 を介してフッ素ガスがチャンバー 10 に供給されるようになっている。

また、エッチングガスとしてフッ素ガスと不活性ガスの混合ガスを供給する場合には、フッ素ガス供給部 1 からフッ素ガス供給用配管 5 にフッ素ガスを送り出すとともに、不活性ガス供給部 2 からフッ素ガス供給用配管 5 に不活性ガス供給用配管 6 を介して不活性ガスを送り出す。これにより、フッ素ガス供給用配管 5 の中間部においてフッ素ガスと不活性ガスが混合されて混合ガスとなり、この混合ガスがフッ素ガス供給用配管 5 を介してチャンバー 10 に供給されるようになっている。

[0044] なお、フッ素ガス供給部 1 及び不活性ガス供給部 2 の構成は特に限定されるものではなく、例えば、ボンベやシリンダーなどであってもよい。また、フッ素ガス流量制御装置 3 及び不活性ガス流量制御装置 4 としては、例えば、マスフローコントローラーやフローメーターなどが利用できる。

[0045] エッチングガスをチャンバー 10 へ供給する際には、エッチングガスの供給圧力（すなわち、図 1 におけるフッ素ガス圧力制御装置 7 の値）を所定値に保持しつつ供給することが好ましい。すなわち、エッチングガスの供給圧力は、1 kPa 以上 1.0 MPa 以下とすることが好ましく、5 kPa 以上 0.7 MPa 以下とすることがより好ましく、10 kPa 以上 0.5 MPa 以下とすることがさらに好ましい。エッチングガスの供給圧力が上記範囲内であれば、チャンバー 10 へのエッチングガスの供給が円滑に行われるとともに、図 1 のエッチング装置が有する部品（例えば、前記各種装置や前記配管）に対する負荷が小さい。

[0046] また、チャンバー 10 内に供給されたエッチングガスの圧力は、被エッチング部材 12 の表面を均一にエッチングするという観点から、1 Pa 以上 100 kPa 以下であることが好ましく、100 Pa 以上 80 kPa 以下であることがより好ましく、1 kPa 以上 60 kPa 以下であることがさらに好ましい。チャンバー 10 内のエッチングガスの圧力が上記範囲内であれば、

十分なエッチング速度が得られるとともに、エッチング選択比が高くなりやすい。

[0047] エッチングガスを供給する以前のチャンバー10内の圧力は、エッチングガスの供給圧力以下、又は、エッチングガスの供給圧力よりも低圧であれば特に限定されるものではないが、例えば、 10^{-5} Pa以上10kPa未満であることが好ましく、1Pa以上2kPa以下であることがより好ましい。

[0048] エッチングガスの供給圧力と、エッチングガスを供給する以前のチャンバー10内の圧力との差圧は、1.0MPa以下であることが好ましく、0.5MPa以下であることがより好ましく、0.3MPa以下であることがさらに好ましい。差圧が上記範囲内であれば、チャンバー10へのエッチングガスの供給が円滑に行われやすい。

エッチングガスをチャンバー10へ供給する際には、エッチングガスの温度を所定値に保持しつつ供給することが好ましい。すなわち、エッチングガスの供給温度は、0℃以上150℃以下であることが好ましい。

[0049] エッチングを行う際の被エッチング部材12の温度は、40℃以上350℃未満とする必要があり、70℃以上330℃以下とすることが好ましく、130℃以上300℃以下とすることがより好ましい。この温度範囲内であれば、被エッチング部材12が有するエッチング対象物（特に窒化ケイ素）のエッチングが円滑に進行するとともに、エッチング装置に対する負荷が小さく、エッチング装置の寿命が長くなりやすい。

[0050] エッチングの処理時間（以下、「エッチング時間」と記すこともある）は、被エッチング部材12が有するエッチング対象物をどの程度エッチングしたいかによって任意に設定できるが、半導体素子製造プロセスの生産効率を考慮すると、60分以内であることが好ましく、40分以内であることがより好ましく、30分以内であることがさらに好ましい。なお、エッチングの処理時間とは、チャンバー10の内部にエッチングガスを導入してから、エッチングを終えるためにチャンバー10の内部のエッチングガスを排気するまでの時間を指す。

[0051] 本実施形態に係るエッチング方法は、図1のエッチング装置のような、半導体素子製造工程に使用される一般的なプラズマレスエッチング装置を用いて行うことができ、使用可能なエッチング装置の構成は特に限定されない。

例えば、フッ素ガス供給用配管5と被エッチング部材12との位置関係は、エッチングガスを被エッチング部材12に接触させることができるならば、特に限定されない。また、チャンバー10の温度調節機構の構成についても、被エッチング部材12の温度を任意の温度に調節できればよいので、ステージ11上に温度調節機構を直接備える構成でもよいし、外付けの温度調節器でチャンバー10の外側からチャンバー10に加温又は冷却を行ってもよい。

[0052] また、図1のエッチング装置の材質は、フッ素ガスに対する耐腐食性を有し、且つ、所定の圧力に減圧できるものであれば特に限定されない。例えば、エッチングガスに接触する部分には、ニッケル、ニッケル基合金、アルミニウム、ステンレス鋼、白金、銅、コバルト等の金属や、アルミナ等のセラミックや、フッ素樹脂等を使用することができる。

[0053] ニッケル基合金の具体例としては、インコネル（登録商標）、ハステロイ（登録商標）、モネル（登録商標）等が挙げられる。また、フッ素樹脂としては、例えば、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリクロロトリフルオロエチレン（PCTFE）、四フッ化エチレン・パーフルオロアルコキシエチレン共重合体（PFA）、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）、テフロン（登録商標）、バイトン（登録商標）、カルレッツ（登録商標）等が挙げられる。

実施例

[0054] 以下に実施例、比較例、及び参考例を示して、本発明をより詳細に説明する。

（実施例1）

図1のエッチング装置と略同様の構成を有するエッチング装置を用いて、被エッチング部材のエッチングを行った。実施例1において用いた被エッチ

ング部材について、図2を参照しながら説明する。

[0055] 一辺2インチの正形状のシリコン基板21上に膜厚3 μ mの窒化ケイ素膜22を成膜したもの（ケイ・エス・ティ・ワールド株式会社製）を用意し、その窒化ケイ素膜22上に、寸法1インチ×2インチの長形状のニッケル基板23を、グリース（ダイキン工業株式会社製のデムナムグリースレー200）を用いて接着し、このようにして作製した積層物を被エッチング部材とした。ニッケル基板23は、図2に示すように、窒化ケイ素膜22の略半分の部分を覆うように接着した。なお、窒化ケイ素膜22がエッチング対象物であり、非エッチング対象物であるニッケル基板23をレジストとして使用している。

[0056] また、上記被エッチング部材において、エッチング対象物である窒化ケイ素膜22を、非エッチング対象物であるタンタル単体、コバルト単体、銅単体、窒化チタン、ニッケル単体、及びアモルファスカーボンのいずれかの膜に置き換えた対比用積層物を、それぞれ作製した。

上記被エッチング部材と、これら6つの対比用積層物とを、エッチング装置のチャンバーの内部のステージ上に並べて載置し、ステージの温度を150℃に昇温した。

[0057] 次に、流量50mL/minのフッ素ガスと流量450mL/minのアルゴンとを混合して混合ガスとし、この混合ガスをエッチングガスとした。そして、このエッチングガスをチャンバーの内部に流量500mL/minで供給し、3分間流通させてエッチングを行った。これにより、上記被エッチング部材の窒化ケイ素膜22のうちニッケル基板23に覆われていない露出部分がエッチングされた。エッチングガスの流通時のチャンバーの内部の圧力は10kPa、フッ素ガスの分圧は1kPaとした。エッチングガスの流通が終了したらステージの加熱を終え、チャンバーの内部をアルゴンで置換した。

[0058] エッチングが終了したらチャンバーを開放して被エッチング部材を取り出し、取り出した被エッチング部材からニッケル基板23を取り外して、接着

面をエタノールで洗浄してグリースを除去した。そして、株式会社キーエンス製の原子間力顕微鏡VN-8010を用いて、ニッケル基板23に覆われていてエッチングされていない窒化ケイ素膜22のカバー面22aと、ニッケル基板23に覆われておらずエッチングされた窒化ケイ素膜22のエッチング面22bとの段差の大きさを測定した。測定された段差の大きさ(nm)をエッチング時間(min)で除することにより、窒化ケイ素のエッチング速度(nm/min)を算出した。結果を表1に示す。

[0059] また、6つの対比用積層物についても被エッチング部材と同様の操作を行って、段差の大きさ(nm)をエッチング時間(min)で除することにより、タンタル単体、コバルト単体、銅単体、窒化チタン、ニッケル単体、及びアモルファスカーボンのエッチング速度(nm/min)をそれぞれ算出した。結果を表1に示す。

[0060] なお、原子間力顕微鏡による段差の大ききの測定条件は、以下のとおりである。

測定圧力：大気圧(101.3kPa)

測定温度：28℃

測定雰囲気：大気中

走査範囲：幅80.0μm、高さ20.0μm、角度0°

[0061]

[表1]

	エッチングガス		ステージの温度 (°C)	チャンバー内の 圧力(kPa)	エッチング時間 (min)	エッチング速度(nm/min)				エッチング 選択比
	組成	体積比 ⁹⁾				エッチング対象物		非エッチング対象物		
実施例1	F ₂ /Ar	10/90	150	10	3	窒化ケイ素	60	タンタル単体	0.1未満	600超過
								コバルト単体	0.1未満	600超過
								銅単体	0.1未満	600超過
								窒化チタン	0.1未満	600超過
								ニッケル単体	0.1未満	600超過
								アモルファスカーボン	1	60
実施例2	F ₂ /Ar	10/90	150	10	3	酸化ケイ素	5	タンタル単体	0.1未満	50超過
								コバルト単体	0.1未満	50超過
								銅単体	0.1未満	50超過
								窒化チタン	0.1未満	50超過
								ニッケル単体	0.1未満	50超過
								アモルファスカーボン	1	5
実施例3	F ₂ /Ar	10/90	80	10	3	窒化ケイ素	20	タンタル単体	0.1未満	200超過
								コバルト単体	0.1未満	200超過
								銅単体	0.1未満	200超過
								窒化チタン	0.1未満	200超過
								ニッケル単体	0.1未満	200超過
								アモルファスカーボン	0.1未満	200超過
実施例4	F ₂ /Ar	10/90	80	10	3	酸化ケイ素	1	タンタル単体	0.1未満	10超過
								コバルト単体	0.1未満	10超過
								銅単体	0.1未満	10超過
								窒化チタン	0.1未満	10超過
								ニッケル単体	0.1未満	10超過
								アモルファスカーボン	0.1未満	10超過
実施例5	F ₂ /Ar	10/90	290	10	3	窒化ケイ素	172	タンタル単体	0.1未満	1720超過
								コバルト単体	0.1未満	1720超過
								銅単体	0.1未満	1720超過
								窒化チタン	0.1未満	1720超過
								ニッケル単体	0.1未満	1720超過
								アモルファスカーボン	4	43
実施例6	F ₂ /Ar	10/90	290	10	3	酸化ケイ素	45	タンタル単体	0.1未満	450超過
								コバルト単体	0.1未満	450超過
								銅単体	0.1未満	450超過
								窒化チタン	0.1未満	450超過
								ニッケル単体	0.1未満	450超過
								アモルファスカーボン	4	11
実施例7	F ₂ /Ar	1/99	150	10	3	窒化ケイ素	5	タンタル単体	0.1未満	50超過
								コバルト単体	0.1未満	50超過
								銅単体	0.1未満	50超過
								窒化チタン	0.1未満	50超過
								ニッケル単体	0.1未満	50超過
								アモルファスカーボン	0.1未満	50超過
実施例8	F ₂ /Ar	1/99	150	10	3	酸化ケイ素	1	タンタル単体	0.1未満	10超過
								コバルト単体	0.1未満	10超過
								銅単体	0.1未満	10超過
								窒化チタン	0.1未満	10超過
								ニッケル単体	0.1未満	10超過
								アモルファスカーボン	0.1未満	10超過

^{a)} フッ素ガスと不活性ガスの体積比であり、例えばフッ素ガス：不活性ガス＝10：90である場合は10/90と記す

[0062] (実施例2～18)

エッチング対象物を表1～3に示すとおり酸化ケイ素膜又は窒化ケイ素膜とするとともに、エッチングの条件（エッチングガスの組成、ステージの温度、チャンバー内の圧力、エッチング時間）を表1～3に示すとおりにして、実施例1と同様にエッチングを行って、エッチング対象物、タンタル単体、コバルト単体、銅単体、窒化チタン、ニッケル単体、及びアモルファスカーボンのエッチング速度をそれぞれ算出した。結果を表1～3に示す。

[0063]

[表2]

	エッチングガス		ステージの温度 (℃)	チャンバー内の 圧力 (kPa)	エッチング時間 (min)	エッチング速度 (nm/min)				エッチング 選択比
	組成	体積比 ^{*)}				エッチング対象物		非エッチング対象物		
実施例9	F ₂ /Ar	50/50	150	10	3	窒化ケイ素	989	タンタル単体	0.1未満	9890超過
								コバルト単体	0.1未満	9890超過
								銅単体	0.1未満	9890超過
								窒化チタン	0.1未満	9890超過
								ニッケル単体	0.1未満	9890超過
								アモルファスカーボン	18	55
実施例10	F ₂ /Ar	50/50	150	10	3	酸化ケイ素	218	タンタル単体	0.1未満	2180超過
								コバルト単体	0.1未満	2180超過
								銅単体	0.1未満	2180超過
								窒化チタン	0.1未満	2180超過
								ニッケル単体	0.1未満	2180超過
								アモルファスカーボン	18	12
実施例11	F ₂ /Ar	10/90	150	1	3	窒化ケイ素	21	タンタル単体	0.1未満	210超過
								コバルト単体	0.1未満	210超過
								銅単体	0.1未満	210超過
								窒化チタン	0.1未満	210超過
								ニッケル単体	0.1未満	210超過
								アモルファスカーボン	0.1未満	210超過
実施例12	F ₂ /Ar	10/90	150	1	3	酸化ケイ素	2	タンタル単体	0.1未満	20超過
								コバルト単体	0.1未満	20超過
								銅単体	0.1未満	20超過
								窒化チタン	0.1未満	20超過
								ニッケル単体	0.1未満	20超過
								アモルファスカーボン	0.1未満	20超過
実施例13	F ₂ /Ar	10/90	150	60	3	窒化ケイ素	915	タンタル単体	0.1未満	9150超過
								コバルト単体	0.1未満	9150超過
								銅単体	0.1未満	9150超過
								窒化チタン	0.1未満	9150超過
								ニッケル単体	0.1未満	9150超過
								アモルファスカーボン	23	40
実施例14	F ₂ /Ar	10/90	150	60	3	酸化ケイ素	290	タンタル単体	0.1未満	2900超過
								コバルト単体	0.1未満	2900超過
								銅単体	0.1未満	2900超過
								窒化チタン	0.1未満	2900超過
								ニッケル単体	0.1未満	2900超過
								アモルファスカーボン	23	13
実施例15	F ₂ /N ₂	10/90	150	10	3	窒化ケイ素	62	タンタル単体	0.1未満	620超過
								コバルト単体	0.1未満	620超過
								銅単体	0.1未満	620超過
								窒化チタン	0.1未満	620超過
								ニッケル単体	0.1未満	620超過
								アモルファスカーボン	1	62
実施例16	F ₂ /N ₂	10/90	150	10	3	酸化ケイ素	5	タンタル単体	0.1未満	50超過
								コバルト単体	0.1未満	50超過
								銅単体	0.1未満	50超過
								窒化チタン	0.1未満	50超過
								ニッケル単体	0.1未満	50超過
								アモルファスカーボン	1	5

*) フッ素ガスと不活性ガスの体積比であり、例えばフッ素ガス：不活性ガス＝10：90である場合は10/90と記す

[0064]

[表3]

	エッチングガス		ステージの温度 (℃)	チャンバー内の 圧力(kPa)	エッチング時間 (min)	エッチング速度 (nm/min)		エッチング 選択比 ⁽²⁾		
	組成	体積比 ⁽¹⁾				エッチング対象物	非エッチング対象物			
実施例17	F ₂ /He	10/90	150	10	3	窒化ケイ素	66	タンタル単体	0.1未満	860超過
								コバルト単体	0.1未満	860超過
								銅単体	0.1未満	860超過
								窒化チタン	0.1未満	860超過
								ニッケル単体	0.1未満	660超過
								アモルファスカーボン	1	66
実施例18	F ₂ /He	10/90	150	10	3	酸化ケイ素	5	タンタル単体	0.1未満	50超過
								コバルト単体	0.1未満	50超過
								銅単体	0.1未満	50超過
								窒化チタン	0.1未満	50超過
								ニッケル単体	0.1未満	50超過
								アモルファスカーボン	1	5
実施例19	F ₂ /Ar	10/90	150	10	3	窒化ケイ素	60	タンタル単体	0.1未満	600超過/50超過
								コバルト単体	0.1未満	600超過/50超過
								銅単体	0.1未満	600超過/50超過
						酸化ケイ素	5	窒化チタン	0.1未満	600超過/50超過
								ニッケル単体	0.1未満	600超過/50超過
								アモルファスカーボン	1	60/5
比較例1	F ₂ /Ar	10/90	30	10	3	窒化ケイ素	0.1未満	タンタル単体	0.1未満	約1
								コバルト単体	0.1未満	約1
								銅単体	0.1未満	約1
								窒化チタン	0.1未満	約1
								ニッケル単体	0.1未満	約1
								アモルファスカーボン	0.1未満	約1
比較例2	F ₂ /Ar	10/90	30	10	3	酸化ケイ素	0.1未満	タンタル単体	0.1未満	約1
								コバルト単体	0.1未満	約1
								銅単体	0.1未満	約1
								窒化チタン	0.1未満	約1
								ニッケル単体	0.1未満	約1
								アモルファスカーボン	0.1未満	約1
比較例3	F ₂ /Ar	10/90	400	10	1	窒化ケイ素	1870	窒化チタン	720	2.6/2.5
						酸化ケイ素	1830			
比較例4	IF ₇ /Ar	10/90	150	10	3	窒化ケイ素	0.1未満	タンタル単体	0.1未満	約1/約1
								コバルト単体	0.1未満	約1/約1
								銅単体	0.1未満	約1/約1
						酸化ケイ素	0.1未満	窒化チタン	0.1未満	約1/約1
								ニッケル単体	0.1未満	約1/約1
								アモルファスカーボン	0.1未満	約1/約1
参考例	F ₂ /Ar	10/90	150	10	30	—	—	タンタル単体	0.1未満	—
								コバルト単体	0.1未満	—
								銅単体	0.1未満	—
								窒化チタン	0.1未満	—
								ニッケル単体	0.1未満	—
								アモルファスカーボン	1	—

* 1) フッ素ガスと不活性ガスの体積比であり、例えばフッ素ガス・不活性ガス=10:90である場合は10/90と記す

* 2) 実施例19及び比較例3、4については、エッチング対象物が窒化ケイ素である場合のエッチング選択比を「/」の左側に記し、エッチング対象物が酸化ケイ素である場合のエッチング選択比を「/」の右側に記してある

[0065] (実施例19)

エッチング対象物として酸化ケイ素膜を有する被エッチング部材と、エッチング対象物として窒化ケイ素膜を有する被エッチング部材と、上記6つの対比用積層物とを、エッチング装置のチャンバーの内部のステージ上に並べて載置して、実施例1と同様にエッチングを行い、それぞれのエッチング速度を算出した。結果を表3に示す。

[0066] (比較例1、2)

ステージの温度を30℃とした点以外は、実施例1、2と同様にしてエッチングを行った。結果を表3に示す。

(比較例3)

ステージの温度を400℃とした点と、エッチング時間を1分とした点と、対比用積層物の非エッチング対象物を窒化チタンのみとした点以外は、実施例19と同様にしてエッチングを行った。結果を表3に示す。

(比較例 4)

エッチングガスが含有するフッ素ガスを七フッ化ヨウ素 (IF_7) ガスに置き換えた点以外は、実施例 1 と同様にしてエッチングを行った。結果を表 3 に示す。

[0067] (参考例)

一辺 2 インチの正形状のシリコン基板上に膜厚 100 nm の非エッチング対象物 (タンタル、コバルト、銅、窒化チタン、ニッケル、又はアモルファスカーボン) の膜を成膜したもの (ケイ・エス・ティ・ワールド株式会社製) をそれぞれ用意し、その非エッチング対象物の膜上に、寸法 1 インチ × 2 インチの長形状のニッケル基板を、グリース (ダイキン工業株式会社製のデムナムグリース L-200) を用いて接着した。このようにして作製した 6 種の積層物を参考例用積層物とした。ニッケル基板は、非エッチング対象物の膜の略半分の部分を覆うように接着した。

エッチング時間を 30 分とした点以外は、実施例 1 と同様にして 6 種の参考例用積層物のエッチングを行い、非エッチング対象物の膜のエッチング速度をそれぞれ算出した。結果を表 3 に示す。

[0068] (実施例 20)

実施例 20 において用いた被エッチング部材について、図 3 を参照しながら説明する。図 3 の被エッチング部材は、シリコン基板 31 上に膜厚 35 nm の窒化ケイ素膜 32 と膜厚 35 nm の酸化ケイ素膜 33 が交互に 30 層ずつ積層した構造を有している (図 3 においては、便宜上、交互に 5 層ずつ積層した構造を示してある。)。また、図 3 の被エッチング部材は、最上層の酸化ケイ素膜 33 の上に、膜厚 1 μm のアモルファスカーボン膜 35 がさらに積層された構造を有している。ここで、窒化ケイ素膜 32 と酸化ケイ素膜 33 がエッチング対象物であり、アモルファスカーボン膜 35 が非エッチング対象物である。さらに、図 3 の被エッチング部材は、30 層の窒化ケイ素膜 32 と 30 層の酸化ケイ素膜 33 と 1 層のアモルファスカーボン膜 35 を積層方向に貫通する直径 100 nm の貫通孔 34 を有している。

- [0069] この被エッチング部材を、図1のエッチング装置と略同様の構成を有するエッチング装置のステージ上に載置し、ステージの温度を150℃に昇温した。次に、流量10mL/minのフッ素ガスと流量90mL/minのアルゴンとを混合して混合ガスとし、この混合ガスをエッチングガスとした。そして、このエッチングガスをチャンバーの内部に供給し、1分間流通させてエッチングを行った。エッチングガスの流通時のチャンバーの内部の圧力は10kPaとした。エッチングガスの流通が終了したらステージの加熱を終え、チャンバーの内部をアルゴンで置換した。
- [0070] チャンバーを開放して被エッチング部材を取り出した。エッチングされた被エッチング部材は、窒化ケイ素膜32のうち貫通孔34の内面に露出する部分がエッチングされ、特に酸化ケイ素膜33に比べて窒化ケイ素膜32が優先的にエッチングされるので、貫通孔34の内面の一部が径方向外方に広がっていた。
- [0071] 酸化ケイ素膜33のうち貫通孔34の内面に露出する部分は、窒化ケイ素膜32に比べてエッチングされにくく、またアモルファスカーボン膜35はほとんどエッチングされないため、酸化ケイ素膜33及びアモルファスカーボン膜35の端部が貫通孔34内に突出した構造が形成されていた。
- [0072] 取り出した被エッチング部材を切断し、30層の窒化ケイ素膜32の断面及び30層の酸化ケイ素膜33の断面を走査型電子顕微鏡によりそれぞれ分析した。詳述すると、30層の窒化ケイ素膜32それぞれについて、窒化ケイ素膜32のうち貫通孔34の内面に露出する部分と、アモルファスカーボン膜35のうち貫通孔34の内面に露出する部分との間の径方向距離を測定した。また、30層の酸化ケイ素膜33それぞれについて、酸化ケイ素膜33のうち貫通孔34の内面に露出する部分と、アモルファスカーボン膜35のうち貫通孔34の内面に露出する部分との間の径方向距離を測定した。
- [0073] すなわち、エッチングにより貫通孔34の内面が径方向外方に広がって貫通孔34の半径が大きくなるが、その半径の差分を測定した。そして、それをエッチング時間で除することにより、アモルファスカーボンに対する窒化

ケイ素及び酸化ケイ素の相対的なエッチング速度を算出した。なお、アモルファスカーボンのエッチング速度は、エッチング前後の貫通孔 3 4 の直径を比較することにより算出したが、直径の変化はほとんど見られなかった。

[0074] そして、30層の窒化ケイ素膜 3 2 及び酸化ケイ素膜 3 3 のエッチング速度の平均値及び標準偏差を算出して、面内方向（膜の表面に平行な方向）の相対的なエッチング速度が膜の積層方向位置によって変化するか否か、相対的なエッチング速度の均一性を評価した。結果を表 4 に示す。

[0075]

[表4]

	エッチングガス		ステージの温度 (°C)	チャンバー内の 圧力(kPa)	エッチング時間 (min)		エッチング速度 の平均値 (nm/min)	エッチング速度 の標準偏差 (nm/min)
	組成	体積比*)						
実施例20	F ₂ /Ar	10/90	150	10	1	窒化ケイ素 酸化ケイ素 アモルファスカーボン	51	2.2 0.5未満 0
実施例21	F ₂ /N ₂	10/90	150	10	1	窒化ケイ素 酸化ケイ素 アモルファスカーボン	51	1.4 0.5未満 0
実施例22	F ₂ /Ar	10/90	80	10	1	窒化ケイ素 酸化ケイ素 アモルファスカーボン	19	1.1 0.5未満 0
実施例23	F ₂ /Ar	1/99	150	10	1	窒化ケイ素 酸化ケイ素 アモルファスカーボン	6	1.2 0.5未満 0
実施例24	F ₂ /Ar	10/90	150	1	1	窒化ケイ素 酸化ケイ素 アモルファスカーボン	23	1.6 0.5未満 0
実施例25	F ₂ /Ar	30/70	150	1	1	窒化ケイ素 酸化ケイ素 アモルファスカーボン	72	4.9 0.5未満 0
実施例26	F ₂ /Ar	1/99	150	10	5	窒化ケイ素 酸化ケイ素 アモルファスカーボン	6	0.5 0.5未満 0
実施例27	F ₂ /Ar	10/90	200	10	1	窒化ケイ素 酸化ケイ素 アモルファスカーボン	78	6.2 0.5未満 0

*)フッ素ガスと不活性ガスの体積比であり、例えばフッ素ガス:不活性ガス=10:90である場合は10/90と記す

[0076] (実施例21～27)

エッチングの条件（エッチングガスの組成、ステージの温度、チャンバー内の圧力、エッチング時間）を表4に示すとおりにして、実施例20と同様にエッチングを行って、アモルファスカーボンに対する窒化ケイ素及び酸化ケイ素の相対的なエッチング速度を算出した。結果を表4に示す。

[0077] 実施例1～6の結果から、ステージの温度が高くなるにしたがって、窒化ケイ素及び酸化ケイ素のエッチング速度が速くなることが分かる。

実施例7～10の結果から、エッチングガス中の不活性ガスの割合が小さいほど、窒化ケイ素及び酸化ケイ素のエッチング速度が速いことが分かる。

実施例15～18の結果から、不活性ガスとしてアルゴンの代わりに窒素ガスやヘリウムを使用しても、同様な結果が得られることがわかる。

[0078] 実施例11～14の結果から、チャンバー内の圧力が高くなるほど、窒化ケイ素及び酸化ケイ素のエッチング速度が速いことが分かる。この理由は、チャンバーの内部のフッ素ガスの分圧が高まることにより、窒化ケイ素及び酸化ケイ素の表面とフッ素ガスとの接触頻度が増加し、エッチングが速やかに進行したためであると考えられる。

[0079] 実施例19の結果から、窒化ケイ素と酸化ケイ素が同一チャンバー内に存在する条件でも、それぞれのエッチングは問題なく進行することが分かる。一方で、実施例1～19及び参考例の結果から、タンタル、コバルト、窒化チタン、銅、ニッケル、及びアモルファスカーボンのエッチングはほとんど進行しないことが分かる。以上の結果から、本実施形態に係るエッチング方法を用いることにより、窒化ケイ素と酸化ケイ素を非エッチング対象物に対して選択的にエッチングできることが分かる。

[0080] 比較例1、2の結果から、ステージ温度が30℃と低い場合には、エッチング対象物のエッチングがほとんど進行しないことが分かる。一方、比較例3の結果から、ステージ温度が400℃と高すぎる場合には、非エッチング対象物のエッチングが進行するため、非エッチング対象物に対してエッチング対象物を選択的にエッチングすることができないことが分かる。

比較例4の結果から、セフ化ヨウ素をエッチングガスとして用いて、本

実施形態に係るエッチング方法と同様の条件でエッチングを行っても、エッチング対象物のエッチングがほとんど進行しないことが分かる。

[0081] 実施例20～27の結果から、ステージの温度を高くすること、フッ素ガスの流量／不活性ガスの流量の比率を上げること、又は、チャンバー内の圧力を高くすることのいずれかにより、窒化ケイ素及び酸化ケイ素のエッチング速度が高くなることが分かる。一方で、不活性ガスの種類を変更しても、エッチング速度には殆ど影響が見られなかった。

[0082] また、窒化ケイ素のエッチング速度の平均値に対するエッチング速度の標準偏差の比は、およそ4～8%であるため、窒化ケイ素膜32の積層方向位置に関係なく、30層の窒化ケイ素膜32のエッチングがほぼ均一に進行していることが分かった。これに対して、酸化ケイ素のエッチング速度はいずれの条件においても窒化ケイ素のエッチング速度よりも小さく、酸化ケイ素のエッチング速度の標準偏差はいずれの条件においても0.5未満であった。

符号の説明

- [0083]
- 1・・・フッ素ガス供給部
 - 2・・・不活性ガス供給部
 - 3・・・フッ素ガス流量制御装置
 - 4・・・不活性ガス流量制御装置
 - 5・・・フッ素ガス供給用配管
 - 6・・・不活性ガス供給用配管
 - 7・・・フッ素ガス圧力制御装置
 - 8・・・不活性ガス圧力制御装置
 - 10・・・チャンバー
 - 11・・・ステージ
 - 12・・・被エッチング部材
 - 13・・・排気用配管
 - 14・・・温度計

- 1 5 . . . 真空ポンプ
- 1 6 . . . 圧力計
- 2 1 . . . シリコン基板
- 2 2 . . . 窒化ケイ素膜
- 2 3 . . . ニッケル基板
- 3 1 . . . シリコン基板
- 3 2 . . . 窒化ケイ素膜
- 3 3 . . . 酸化ケイ素膜
- 3 4 . . . 貫通孔
- 3 5 . . . アモルファスカーボン膜

請求の範囲

- [請求項1] フッ素ガスを含むエッチングガスを、前記エッチングガスによるエッチングの対象であるエッチング対象物と前記エッチングガスによるエッチングの対象ではない非エッチング対象物とを有する被エッチング部材に、プラズマの非存在下で接触させ、前記非エッチング対象物に対して前記エッチング対象物を選択的にエッチングするエッチング工程を備え、
- 前記エッチング対象物は、窒素原子及び酸素原子の少なくとも一方とケイ素原子とを有するケイ素化合物を含有し、
- 前記非エッチング対象物は、タンタル、コバルト、銅、窒化チタン、ニッケル、及びアモルファスカーボンから選ばれる少なくとも一種を有し、
- 前記エッチング工程を40℃以上350℃未満の温度条件で行うエッチング方法。
- [請求項2] 前記ケイ素化合物が酸化ケイ素及び窒化ケイ素の少なくとも一方である請求項1に記載のエッチング方法。
- [請求項3] 前記エッチング工程を1Pa以上100kPa以下の圧力条件で行う請求項1又は請求項2に記載のエッチング方法。
- [請求項4] 前記エッチング工程を70℃以上330℃以下の温度条件で行う請求項1～3のいずれか一項に記載のエッチング方法。
- [請求項5] 前記エッチングガスが、フッ素ガスのみからなるガス、又は、フッ素ガスと不活性ガスを含有する混合ガスである請求項1～4のいずれか一項に記載のエッチング方法。
- [請求項6] 前記不活性ガスが、窒素ガス、ヘリウム、アルゴン、ネオン、クリプトン、及びキセノンから選ばれる少なくとも一種である請求項5に記載のエッチング方法。
- [請求項7] 前記エッチングガス中に含有されるフッ素ガスの含有量が0.5体積%以上70体積%以下である請求項1～6のいずれか一項に記載の

エッチング方法。

[請求項8] 前記非エッチング対象物を、前記エッチングガスによる前記エッチング対象物のエッチングにおけるレジストとして使用する請求項1～7のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[請求項9] 前記非エッチング対象物のエッチング速度に対する前記エッチング対象物のエッチング速度の比であるエッチング選択比が3以上である請求項1～8のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[請求項10] 請求項1～9のいずれか一項に記載のエッチング方法を用いて半導体素子を製造する半導体素子の製造方法であって、

前記被エッチング部材が、前記エッチング対象物及び前記非エッチング対象物を有する半導体基板であり、

前記半導体基板から前記エッチング対象物の少なくとも一部を前記エッチングにより除去する処理工程を備える半導体素子の製造方法。