(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4095246号
(P4095246)
(45)発行日　平成20年6月4日(2008.6.4)　(24)登録日　平成20年3月14日(2008.3.14)

(51)Int.Cl.　F I
H01L 21/3065 (2006.01)　H01L 21/302 105A

請求項の数 9　(全 39 頁)

(21)出願番号	特願2000-393060(P2000-393060)
(22)出願日	平成12年12月25日(2000.12.25)
(62)分割の表示	特願平10-202938の分割
原出願日	平成10年7月17日(1998.7.17)
(65)公開番号	特開2001-217226(P2001-217226A)
(43)公開日	平成13年8月10日(2001.8.10)
審査請求日	平成17年3月9日(2005.3.9)
(31)優先権主張番号	特願平9-195418
(32)優先日	平成9年7月22日(1997.7.22)
(33)優先権主張国	日本国(JP)
(31)優先権主張番号	特願平9-320505
(32)優先日	平成9年11月5日(1997.11.5)
(33)優先権主張国	日本国(JP)

(73)特許権者　000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真１００６番地
(74)代理人　100077931
弁理士　前田　弘
(74)代理人　100094134
弁理士　小山　廣毅
(74)代理人　100110939
弁理士　竹内　宏
(74)代理人　100110940
弁理士　嶋田　高久
(74)代理人　100113262
弁理士　竹内　祐二
(74)代理人　100115059
弁理士　今江　克実

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体装置の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
エッチングを行なうための反応室と、上記反応室内にエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスをプラズマにするためのプラズマ発生手段とを備えた装置を用い、ウエハの上に配線用の金属膜および絶縁膜が順に設けられており上記配線用の金属膜に到達するホールを上記絶縁膜に形成するためのエッチングを行なう半導体装置の製造方法であって、
フロロカーボンプラズマ又はフロンプラズマによる上記反応室内のクリーニングを行なって、上記金属膜の金属イオンが上記ホールのエッチングにおいてエッチストップが発生したときの上記反応室内での濃度からエッチストップが発生しないときの上記反応室内での濃度まで回復するまでに必要なクリーニングの所定時間を予め求めておき、
半導体装置が形成される上記ウエハを上記反応室内に設置した状態で、上記反応室内に上記エッチング用ガスを導入する第１のステップと、
上記プラズマ発生手段により上記反応室内にプラズマを発生させて、上記ウエハの上に形成された上記絶縁膜に上記ホールを形成するためのエッチングを行う第２のステップと、
上記ホールの形成後に、さらに上記フロロカーボンプラズマ又はフロンプラズマによる上記反応室内のクリーニングを上記所定時間の間行なう第３のステップとを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。
【請求項２】

ウエハ上の膜にエッチングを行なうための反応室と、上記反応室内にエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスを高密度プラズマにするためのプラズマ発生手段とを備えた装置を用いて行なう半導体装置の製造方法であって、
フロロカーボンプラズマ又はフロンプラズマによる上記反応室内のクリーニングを行なって、金属イオンがエッチストップが発生したときの濃度からエッチストップが発生しないときの濃度まで回復するまでに必要なクリーニングの所定時間を予め求めておき、
半導体装置が形成される上記ウエハを上記反応室内に設置した状態で、上記反応室内にエッチング用ガスを導入する第１のステップと、
上記プラズマ発生手段により上記反応室内にプラズマを発生させて、上記ウエハの一部にホールを形成するためのエッチングを行う第２のステップと、
上記ホールの形成後に、さらに上記フロロカーボンプラズマ又はフロンプラズマによる上記反応室内のクリーニングを上記所定時間の間行なう第３のステップとを備え、
上記第２のステップは、上記ウエハの一部に上記ホールを形成するためのエッチングを標準条件よりも遅い条件で上記反応室内に存在する上記金属イオンを除去するように行われ、前回のウエハに対する上記第３のステップを兼ねていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項３】
エッチングを行なうための反応室と、上記反応室内にエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスをプラズマにするためのプラズマ発生手段とを備え、さらに、上記反応室内において表面が露出するように上記反応室の壁部に設けられた酸素含有部材を備えた装置を用いて、半導体装置を製造する方法であって、
上面に膜が形成されたウエハを上記反応室内に配置し、少なくとも炭素とフッ素とを含む上記エッチング用ガスを上記ガス供給手段から上記反応室内へ導入するステップと、
上記プラズマ発生手段により上記反応室内に上記エッチング用ガスのプラズマを発生させて上記ウエハ上に形成された上記膜のエッチングを開始するステップと、
上記プラズマ内におけるＯの濃度が、上記膜に対するエッチングがほぼ一定速度で進行している状態から非連続的に上記膜に対するエッチングが停止するエッチストップが発生しないための予め設定されている適正範囲内であるように、上記酸素含有部材の温度を調整して上記酸素含有部材からの酸素の放出量を制御するステップと
を備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項４】
エッチングを行なうための反応室と、上記反応室内にエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスをプラズマにするためのプラズマ発生手段と、上記反応室内に表面が露出するように配設され、上記プラズマ内のＦの濃度を変更する機能を有する濃度変更手段とを備え、さらに、上記反応室内において表面が露出するように上記反応室の壁部に設けられた酸素含有部材を備えた装置を用いて、半導体装置を製造する方法であって、
上面に膜が形成されたウエハを上記反応室内に配置し、少なくとも炭素とフッ素とを含む上記エッチング用ガスを上記ガス供給手段から上記反応室内へ導入するステップと、
上記プラズマ発生手段により上記反応室内に上記エッチング用ガスのプラズマを発生させて上記ウエハ上に形成された上記膜のエッチングを開始するステップと、
上記プラズマ内におけるＯとＦの濃度比が、上記膜に対するエッチングがほぼ一定速度で進行している状態から非連続的に上記膜に対するエッチングが停止するエッチストップが発生しないための予め設定されている適正範囲内であるように、上記酸素含有部材の温度を調整し、上記酸素含有部材からの酸素の放出量を制御するとともに上記濃度変更手段の温度を調節するステップと
を備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項５】
エッチングを行なうための反応室と、上記反応室内にエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスをプラズマにするためのプラズマ発生手段と、

上記反応室内に表面が露出するように配設され、上記プラズマ内のＣの濃度を変更する機能を有する濃度変更手段とを備え、さらに、上記反応室内において表面が露出するように上記反応室の壁部に設けられた酸素含有部材を備えた装置を用いて、半導体装置を製造する方法であって、

上面に膜が形成されたウエハを上記反応室内に配置し、少なくとも炭素とフッ素とを含む上記エッチング用ガスを上記ガス供給手段から上記反応室内へ導入するステップと、

上記プラズマ発生手段により上記反応室内に上記エッチング用ガスのプラズマを発生させて上記ウエハ上に形成された上記膜のエッチングを開始するステップと、

上記プラズマにおけるＯとＣの濃度比が、上記膜に対するエッチングがほぼ一定速度で進行している状態から非連続的に上記膜に対するエッチングが停止するエッチストップが発生しないための予め設定されている適正範囲内であるように、上記酸素含有部材の温度を調整し、上記酸素含有部材からの酸素の放出量を制御するとともに上記濃度変更手段の温度を調節するステップと

を備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項６】

上記膜は、酸化物の膜であり、

上記エッチングは、上記膜にホールを形成するためのエッチングであることを特徴とする請求項３から５の何れか１つに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項７】

上記酸素含有部材は、石英からなることを特徴とする請求項３に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項８】

上記酸素含有部材は石英からなり、上記濃度変更手段はシリコンからなることを特徴とする請求項４に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項９】

上記酸素含有部材は石英からなり、上記濃度変更手段は炭素を含有する部材からなることを特徴とする請求項５に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマを用いた半導体装置の製造装置及び半導体装置の製造方法に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

現在の半導体デバイスの製造において、反応室内にプラズマを生成させて、ドライエッチングやＣＶＤを行うプラズマ加工は、高集積化された半導体デバイス内の要素を加工するために欠かせない技術である。例えば、酸化膜からなる層間絶縁膜に、配線とトランジスタのソース・ドレイン領域などの活性領域とを接続するためのコンタクトホールや、配線間を接続するためのバイヤホールを形成する際には、反応室内にプラズマを生成して、ホールの側面方向へのエッチングの進行は側壁保護膜によって抑制しながら、ホール底面にはプラズマイオンの衝突によってエッチングを進行させるようにしている。このような異方性エッチングによって、微細な径を有しながら層間絶縁膜をほぼストレートに貫通するコンタクトホールやバイヤホールを形成することができる。

【０００３】

ところで、半導体デバイスサイズの縮小に伴い、配線幅やコンタクトホールやバイヤホールの径はますます小さくなっている。しかるに、これらのホールの形成工程を例にとれば、ホール径は小さくなっているにかかわらず、層間絶縁膜の厚さはほとんど薄くなっていない。したがって、ホール径に対する層間絶縁膜の厚さの比（アスペクト比）はますます大きくなってきている。そして、アスペクト比の増大に伴い、ホールを形成する工程において、正常なホールが形成されないケースが生じやすくなる。特に、高アスペクト比のホ

ールを形成する際には、ホール径によってエッチレートが変わるマイクロローディング現象と呼ばれる現象が生じやすかった。特に微細な径のホールを形成している際にこのマイクロローディング効果が発生すると、エッチングの進行が次第に遅くなり、ときには貫通ホールが形成されないうちにエッチングが停止するおそれがあった。

【０００４】

一方、ドライエッチング技術の最近の進歩に伴い、側壁保護膜の発生をできるだけ抑制すべく側壁保護膜の形成とエッチングとを交互に行なうＴＭエッチング（Time Modelation Etching ）と呼ばれる技術や、側壁でのラジカル反応が凍結するまでウエハ温度を下げて、側壁保護膜を形成することなく異方性エッチングを実現する低温エッチング技術と呼ばれる技術がある。これらの技術によると、側壁保護膜をなくすか低減しながら、異方性を確保することができる。上述のマイクロローディング現象の発生も抑制される。

【０００５】

また、最近では、高アスペクト比のホールのエッチングに適したプラズマ源として、アンテナを絶縁物の反応室壁に設置した低ガス圧力、高密度プラズマの誘導結合型プラズマやヘリコン波プラズマを用いることにより、側壁保護膜を形成しなくても高異方性，高エッチ速度，高選択性を実現できるようになっている。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この高密度プラズマを用いる技術において、エッチングの進行が途中で停止して、貫通ホールが形成されないという現象がある。このようなエッチストップは、それまで貫通ホールが正常に形成されていた状態で、突如エッチングが途中で停止する現象である。また、このエッチストップの発生時期は、エッチング開始直後のときもあり、エッチングが進行してから後のときもあるというようにばらつきがあり、一定の傾向を示していない。ウエハを何枚か処理しているうちに、あるウエハのエッチングの進行中に突然エッチストップが発生するのであって、何らかの要因が蓄積されて生じることを暗示している。

【０００７】

このようなばらつきが生じる原因については、まだ詳細に解明されていないのが現状であるが、上記マイクロローディングとは明らかに区別できる現象である。そこで、本発明者達は、このようなエッチングが停止する現象を「エッチストップ」と呼ぶことにする。

【０００８】

図３７は、正常なエッチング，マイクロローディング及びここで問題にしているエッチストップの３つの場合におけるエッチングの進行状態を示す図である。同図において、横軸はエッチング時間を表し、縦軸はエッチング量を示している。そして、エッチング線Ｅtnは正常なエッチングの場合を、エッチング線Ｅmlはマイクロローディングが生じる場合を、エッチング線Ｅstはエッチストップが生じる場合をそれぞれ示す。マイクロローディングの場合には、図３７のエッチング線Ｅmlに示すように、ある程度の深さに達するとエッチングの進行が遅くなるのが特徴である。一方、エッチストップの場合、図３７のエッチング線Ｅstに示すように、正常なエッチングの進行状態から突然エッチングの進行が止まるのであって、既に述べたように、発生時期もまちまちである。すなわち、マイクロローディング効果がエッチングレートの連続的な低下により引き起こされる現象であるのに対し、ここでいう「エッチストップ」とは、ある一定のエッチングレートで正常なエッチングを行なっている状態から非連続的にエッチングレートが０になることにより引き起こされる現象といえる。しかも、マイクロローディング効果が生じない条件下でも、エッチストップは生じる。

【０００９】

ここで、一般的に、プラズマエッチングにおけるエッチングレートＲは、下記式（１）で表される。

【００１０】

$$R=(1/\rho)\cdot\theta\cdot\Gamma i\cdot Ei-\theta\cdot\Gamma d \qquad (1)$$

ここで、ρは被エッチング物の密度、θはラジカルの表面被覆率、Γｉはイオンのフラックス量を表す関数、Ｅｉはイオンエネルギー、Γｄはラジカルのフラックス量を表す関数をそれぞれ示す。そして、式（１）の第１項はエッチングに寄与するファクタであり、第２項はデポジションに寄与するファクタである。

【００１１】

エッチングが停止するということは、上記式（１）のエッチングレートＲが０以下になるということである。そして、このようなＲ≦０になるためには、以下のような条件が必要である。

（ａ）　Γｉ　０の場合

この場合には、コンタクト孔内に入射するイオンフラックス量が減少する。この状態は、コンタクト孔のアスペクト比の増大や、表面チャージングなどにより発生する。

（ｂ）　Ｅｉ　０の場合

この場合には、コンタクト孔内に入射するイオンのエネルギーが減少する。この状態は、特に絶縁膜に形成されるコンタクト孔内にイオンの下方への運動を阻害するチャージが存在することにより発生する。例えば、コンタクト孔の底面に正の電荷がありコンタクト孔の側壁上部に負の電荷がある場合である。

（ｃ）　（１／ρ）・θ・Γｉ・Ｅｉ≦θ・Γｄの場合

これは、デポジションに寄与するラジカルの量がエッチングに寄与するイオンの量を上回る場合である。これは、プラズマ中のC_2／Ｆ比又はＣ／Ｆ比が増大することにより発生する。

【００１２】

そして、一般的に、マイクロローディング効果とは、上記条件（ｃ）によって引き起こされる現象ということがいえる。これらの現象の機構はまだ解明されていないが、マイクロローディング効果は、ホール内に供給されるデポラジカルが連続的に多くなって徐々にエッチングレートが小さくなる現象であって関数Γｉ，Γｄが連続関数として表されるのに対し、エッチストップはエッチングレートが突然０になる現象であって関数Γｉ，Γｄが不連続関数として表されるものと推定される。

【００１３】

本発明は、このエッチストップ現象の原因の究明のための多くの実験を積み重ねた結果なされたものであり、エッチストップが発生する条件とエッチストップが発生しない条件とを把握することにより、エッチストップを確実に解消しうる半導体装置の製造装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【００１４】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明が講じた手段は、反応室の壁面からの酸素の放出作用あるいは酸素を含むガスの供給によりエッチング等のプラズマ処理の進行を妨げるデポ物を除去することにある。

【００１５】

本発明の半導体装置の製造方法は、ウエハ上の膜にエッチングを行なうための反応室と、上記反応室内にエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスを高密度プラズマにするためのプラズマ発生手段と、上記反応室内に配置され少なくとも表面の一部が露出する金属性の部材とを備えた装置を用いて行なう半導体装置の製造方法であって、半導体装置が形成されるウエハを上記反応室内に設置した状態で、上記反応室内にエッチング用ガスを導入する第１のステップと、上記プラズマ発生手段により反応室内にプラズマを発生させて、上記ウエハの一部にホールを形成するためのエッチングを行う第２のステップと、上記ホール形成後に、上記プラズマを発生させた状態で上記エッチングを標準条件よりも遅い条件で上記反応室内に存在する金属イオンを除去するようにさらに所定時間行う第３のステップとを備えている。

【００１６】

この方法により、金属イオンの蓄積に起因するエッチストップの発生を未然に防止するこ

とができる。

【００１７】

上記第２のステップは、上記ウエハの一部にホールを形成するためのエッチングを標準条件よりも遅い条件で上記反応室内に存在する金属イオンを除去するように行なわれ、前回のウエハに対する上記第３のステップを兼ねていることにより、工程数の低減が可能になる。

【００１８】

本発明の半導体装置の製造装置は、酸素含有部材を壁部に有しウエハ上の膜にエッチングを行なうための反応室と、上記反応室内に少なくとも炭素とフッ素とを含むエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスを高密度プラズマにするためのプラズマ発生手段と、上記反応室内に少なくとも表面の一部が露出するように配設され、上記プラズマ内のＯ及びＣのうち少なくともいずれか１つの濃度を変更する機能を有する濃度変更手段と、上記ＯとＣの濃度比が、エッチングがほぼ一定速度で進行している状態から非連続的にエッチングが停止するエッチストップが発生しないための予め設定されている適正範囲内であるように、上記濃度変更手段を調節するための調節手段とを備え、上記濃度変更手段の少なくとも１つは酸素含有部材であり、上記調節手段の少なくとも１つは上記酸素含有部材からの酸素の放出量を制御する手段を有する。

【００１９】

本発明の半導体装置の製造装置は、酸素含有部材を壁部に有しウエハ上の膜にエッチングを行なうための反応室と、上記反応室内に少なくとも炭素とフッ素とを含むエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスを高密度プラズマにするためのプラズマ発生手段と、上記反応室内に少なくとも表面の一部が露出するように配設され、上記プラズマ内のＯ及びＦのうち少なくともいずれか１つの濃度を変更する機能を有する濃度変更手段と、上記ＯとＦの濃度比が、エッチングがほぼ一定速度で進行している状態から非連続的にエッチングが停止するエッチストップが発生しないための予め設定されている適正範囲内であるように、上記濃度変更手段を調節するための調節手段とを備え、上記濃度変更手段の少なくとも１つは酸素含有部材であり、上記調節手段の少なくとも１つは上記酸素含有部材からの酸素の放出量を制御する手段を有する。

【００２０】

本発明の半導体装置の製造装置は、素含有部材を壁部に有しウエハ上の膜にエッチングを行なうための反応室と、上記反応室内に少なくとも炭素とフッ素とを含むエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスを高密度プラズマにするためのプラズマ発生手段と、上記反応室内に少なくとも表面の一部が露出するように配設され、上記プラズマ内のＯ，Ｆ及びＣのうち少なくともいずれか１つの濃度を変更する機能を有する濃度変更手段と、上記Ｏ，Ｆ及びＣの濃度比が、エッチングがほぼ一定速度で進行している状態から非連続的にエッチングが停止するエッチストップが発生しないための予め設定されている適正範囲内であるように、上記濃度変更手段を調節するための調節手段とを備え、上記濃度変更手段の少なくとも１つは酸素含有部材であり、上記調節手段の少なくとも１つは上記酸素含有部材からの酸素の放出量を制御する手段を有する。

【００２１】

これれらの各発明により、以下の作用が得られる。すなわち、Ｃに対するＯの濃度が低すぎるとホールの底部に堆積する炭素含有生成物を除去することができずエッチストップが発生するおそれがあるが、Ｃに対するＯの濃度が高すぎるとウエハの下地も除去されるなどエッチング特性が悪化する。その際、Ｆの濃度もエッチング特性に影響する。したがって、調節手段により、Ｏ又はＣの濃度比、又はＯとＦの濃度比、あるいはＯ，Ｆ及びＣの濃度比を調節することで、エッチストップの発生を回避しながら、ホールを貫通させることができる。

【００２２】

上記濃度変更手段を酸素含有部材とし、上記調節手段を上記酸素含有部材に近接して設けられたアンテナコイルとし、上記プラズマ発生手段を上記アンテナコイルに高周波電力を

供給して上記反応室内に高密度のプラズマを発生させるものとすることにより、酸素含有部材の表面上のデポ物が揮発しやすい状態になるので、酸素含有部材の表面から酸素が放出され、Ｏの濃度の低下によるエッチストップの発生が回避される。

【００２３】

上記エッチングガスは、CF_4，C_2F_6，C_3F_8，C_4F_8，C_5F_8 及び C_6F_6 のうち少なくともいずれか１つを含むことが好ましい。

【００２４】

上記プラズマ中のＯの発光強度を検出するためのＯ発光強度検出手段をさらに備えている場合には、上記調節手段により、上記Ｏ発光強度検出手段で検出されるＯの発光強度が予め設定されている適正範囲内であるように上記濃度変更手段を調節することができる。

【００２５】

上記プラズマ中のＯの発光強度を検出するためのＯ発光強度検出手段と、上記プラズマ中のＦの発光強度を検出するためのＦ発光強度検出手段とをさらに備えている場合には、上記調節手段は、上記各発光強度検出手段により検出されたＯの発光強度とＦの発光強度との比が予め設定されている適正範囲内であるように上記濃度変更手段を調節することができる。

【００２６】

これにより、エッチレートの低下を低下を招くことなく、エッチストップの発生を防止する機能を有する半導体装置の製造装置が得られる。

【００２７】

本発明の半導体装置の製造装置は、ウエハ上の膜にエッチングを行なうための反応室と、上記反応室内に少なくとも炭素とフッ素とを含むエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスを高密度プラズマにするためのプラズマ発生手段と、上記反応室内に少なくとも表面の一部が露出するように配設され、上記プラズマ内のＯ及びＣのうち少なくともいずれか１つの濃度を変更する機能を有する濃度変更手段と、上記濃度変更手段を調節するための調節手段と、上記プラズマ中のＯの発光強度を検出するためのＯ発光強度検出手段と、上記プラズマ中の C_2 の発光強度を検出するための C_2 発光強度検出手段とを備え、上記調整手段は、上記各発光強度検出手段により検出されたＯの発光強度と C_2 の発光強度との比が予め設定されている適正範囲内であるように上記濃度変更手段を調節するものである。

【００２８】

これにより、下地に対する膜のエッチング選択比を高く維持しながら、エッチストップの発生を防止する機能を有する半導体装置の製造装置が得られる。

【００２９】

本発明の半導体装置の製造装置は、ウエハ上の膜にエッチングを行なうための反応室と、上記反応室内に少なくとも炭素とフッ素とを含むエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスを高密度プラズマにするためのプラズマ発生手段と、上記反応室内に少なくとも表面の一部が露出するように配設され、上記プラズマ内のＯ及びＣのうち少なくともいずれか１つの濃度を変更する機能を有する濃度変更手段と、上記濃度変更手段を調節するための調節手段と、上記プラズマ中のＯの発光強度を検出するためのＯ発光強度検出手段と、上記プラズマ中のＦの発光強度を検出するためのＦ発光強度検出手段と、上記プラズマ中の C_2 の発光強度を検出するための C_2 発光強度検出手段とを備え、上記調節手段は、上記各発光強度検出手段の出力を受け、Ｏの発光強度とＦの発光強度との比が予め設定されている適正範囲内であり、かつＯの発光強度と C_2 の発光強度との比が予め設定されている適正範囲内であるように上記濃度変更手段を調節するものである。

【００３０】

上記濃度変更手段を酸素含有部材とし、上記調節手段を上記酸素含有部材を加熱するためのヒータとすることにより、酸素含有部材の表面上のデポ物の揮発が促進されるので、酸素含有部材の表面から酸素が放出され、Ｏの濃度の低下によるエッチストップの発生が回

避される。
【００３１】
上記濃度変更手段を、上記反応室内に少なくとも表面の一部が露出するように配設されたシリコン含有部材とし、上記調節手段を上記シリコン含有部材を加熱するためのヒータとすることにより、シリコン含有部材中にフッ素が吸収されることを利用して、プラズマ中のＦの濃度が調節される。したがって、エッチング機能が調節されるとともに、相対的にＯの濃度も調節される。
【００３２】
上記濃度変更手段及び上記調節手段を、上記反応室内に少なくとも表面の一部が露出するように配設されたカーボンヒータとすることにより、カーボンヒータから放出されるカーボンを利用してプラズマ中のＣの濃度が調節される。したがって、エッチングの選択性が調節されるとともに、相対的にＯの濃度も調節される。
【００３３】
上記濃度変更手段を石英により構成し、上記エッチング用ガスをフロロカーボン系ガスとし、上記調節手段により、上記濃度変更手段の温度を１８０～３００℃の範囲に加熱することにより、反応室内への酸素の放出量を適正範囲に維持することができる。
【００３４】
本発明の半導体装置の製造装置は、ウエハ上の膜にエッチングを行なうための反応室と、上記反応室内にエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスを高密度プラズマにするためのプラズマ発生手段とを備えており、上記反応室内にはプラズマと接する領域にエッチング種と結合する金属製の部材が配設されていない。
【００３５】
これにより、反応室内において金属イオンとの反応によってプラズマ中のエッチング種が低減されることがなく、エッチストップの発生を抑制することができる。
【００３６】
本発明の半導体装置の製造装置は、ウエハ上の膜にエッチングを行なうための反応室と、上記反応室内にエッチング用ガスを導入するためのガス供給手段と、上記エッチング用ガスを高密度プラズマにするためのプラズマ発生手段とを備えるとともに、上記反応室内に、金属を含まない部材からなるＯリングを配設している。
【００３７】
上記金属を、Ａｌ，Ｔｉ，Ｃｕ，Ｗ及びＣｏのうち少なくともいずれか１つとすることができる。
【００３８】
【発明の実施の形態】
まず、本実施形態に係るプラズマ中の炭素，フッ素及び酸素の濃度比とエッチストップとの関連性について多数の実験データについて、図面を参照しながら説明する。
【００３９】
図１は実験に使用した半導体装置の製造装置の構成を説明する図である。図１において、１ａは反応室を囲むチャンバーの下枠、１ｂはチャンバーの上枠、２Ａはチャンバーの中央部を構成する石英ドーム（酸素含有部材）、３は石英ドーム２Ａの外周に巻かれたアンテナコイル、４はアンテナコイル３に供給される高周波電力用の第１整合器、５は第１高周波電源、７はポリシリコンからなる上部電極、６は上部電極７を加熱するためのトップヒーター、８はガス導入口、９は被加工物である基板、１０は下部電極、１２は下部電極１０に供給される高周波電力用の第２整合器、１３は第２高周波電源、１４はターボ分子ポンプ、１５はドライポンプ、１７はプラズマ、１８はプラズマ１７からの光を通過させるための光ファイバ、１９は発光分光装置、２１はアンテナコイル３を保護するアルミナ筒、２２はクーリングリング、２３は石英製のウエハクランプ、２４はアルミナ筒２１の下端部に配設され石英ドーム２Ａを加熱するためのドームヒーター、２５は反応室の下部を囲む石英ライナーをそれぞれ示す。上記ガス導入口８には、図示しないガス供給系からエッチングに必要な各種ガスが供給されるように構成されており、その各種ガスの流量は

流量計と制御弁とによって所望の値に調節可能に構成されている。

【００４０】

図１に示すように、チャンバーの下枠１ａ、石英ドーム２Ａ及びチャンバーの上枠１ｂによって反応室が形成され、ターボ分子ポンプ１４及びドライポンプ１５により反応室内が真空引きされるように構成されている。この反応室内には、下部電極１０が設置されており、下部電極１０の上に被加工物である基板９が設置されている。上部電極７はトップヒーター６によって温度が調整できるように構成されており、石英ドーム２Ａはドームヒーター２４によって温度が調整できるように構成されている。

【００４１】

基板９を加工する際には、ガス導入口８より反応室内部にフロロカーボン系ガス例えばC_2F_6を含むガスを流量４０ｓｃｃｍで導入し、O_2ガスは添加しない。反応室内の圧力を５mTorr（０．６７Ｐａ）にした状態で、第１高周波電源５によりアンテナコイル３にソースパワーとして約２７００Ｗの高周波電力を印加し、第１整合器４によって高周波電力の反射電力を抑えることによって、反応室内部にプラズマ１７を生成する。そして、第２高周波電源１３により下部電極１０にバイアスパワーとして約１３００Ｗの高周波電力を印加し、第２整合器１２によって高周波電力の反射電力を抑えることによって、基板９上にプラズマ１７に対するバイアス電圧を印加する。そして、このバイアス電圧によって加速されるイオンによって、基板９上の被加工領域例えば層間絶縁膜をエッチングして、ホールを形成する。例えばC_2F_6がプラズマ中で分解して発生するCx Fy ラジカル（ｘ＝０，１，２，…、ｘ＝０，１，２，…）と層間絶縁膜を構成する酸化シリコンとが反応し、下地のシリコン基板とのエッチング選択比を高く維持しながらエッチングが進行する。特に、この装置は、１０mTorrオーダーの高真空中で、高密度のプラズマを発生させるように構成されており、ホール形成中にも側壁保護膜を形成することなく異方性エッチングを実現できるように構成されている。

【００４２】

図２（ａ），（ｂ）及び図３（ａ），（ｂ）は、本発明に関連して行ったプラズマの発光分析の結果得られた発光スペクトルを示す図であり、いずれも縦軸は発光強度を示し、横軸は波長（波数）を示す。図２（ａ），（ｂ）はいずれもエッチング途中におけるエッチストップを生じないで円滑に加工ができた場合の発光スペクトルを示し、図２（ａ）はO，Ｆがピークとなる波長（それぞれ７７４ｎｍ，７７７ｎｍ）の近辺における発光スペクトルを、図２（ｂ）はC_2がピークとなる波長の近辺における発光スペクトルをそれぞれ示す。また、図３（ａ），（ｂ）はいずれもエッチング途中におけるエッチストップを生じて貫通ホールが形成されない場合の発光スペクトルを示し、図３（ａ）はO，Ｆがピークとなる波長の近辺における発光スペクトルを、図３（ｂ）はC_2がピークとなる波長の近辺における発光スペクトルをそれぞれ示す。なお、図２及び図３には示されていないが、ＳｉＦのピークも観察されている。それ以外の物質のピークは観察されていない。

【００４３】

ここで、以下の記載において、発光強度はピークの値によって比較するものとし、ピーク部の幅は無視するものとする。

【００４４】

図２（ａ）と図３（ａ）とを比較すると、エッチストップを生じる場合、Ｏの発光強度が弱いことが示されている。また、Ｏ／Ｆの発光強度比が大きいほどエッチストップが生じていないことも示されている。図２（ｂ）と図３（ｂ）とを比較すると、エッチストップを生じる場合、C_2の発光強度が大きいことが示されている。ただし、図２（ａ），（ｂ）及び図３（ａ），（ｂ）の示す傾向が意味のあるものかどうかについては、さらにこの後説明する他のデータをも参考にして定める必要がある。

【００４５】

なお、一般的には、シリコン酸化膜をエッチングすると、SiO_2の分解によって生じたＯとエッチングガスであるフルオロカーボンガスの分解によって生じたＣとが反応してＣＯ，CO_2，ＣＦ等が生じるといわれている。そして、エッチングの終点検出のためには

プラズマ中のＣＯ量の変化を観察するのであるが、図１に示す装置によるエッチングの場合、プラズマ中にＣＯ，CO_2 はほとんど存在していなかった。これは、この装置において形成されるプラズマ中においては極めて高い解離効率が実現されているために、フルオロカーボンが効率よくＣ，Ｆに分離しているものと考えられる。

【００４６】

図４（ａ），（ｂ）は、ホールを形成するためのエッチング時にホールの底面上に堆積するデポ物の結合状態を調べるために行った基板の中心位置と端部位置とにおけるＥＳＣＡの分析結果を示す柱状グラフである。同図において、ハッチング模様が異なる柱はそれぞれ異なる原子間結合の存在比を示している。また、同図（ａ）は、サンプルＮｏ．１～３のＥＳＣＡ分析結果を、同図（ｂ）はサンプルＮｏ．４～６のＥＳＣＡ分析結果をそれぞれ示す。サンプルＮｏ．１は一般的な条件（上部電極温度２６０℃，石英ドームの壁温２２０℃，ソースパワー２７００Ｗ，O_2 流量０ｓｃｃｍ）でエッチングされたものであり、エッチストップは生じなかった。サンプルＮｏ．２は上記一般的な条件から石英ドーム２Ａの壁温のみを１８０℃に変えてエッチングされたものであり、エッチストップが生じた。サンプルＮｏ．３はソースパワーを２５００Ｗにして上部電極７の温度を２４０℃に制御しながらエッチングされたものであり、エッチストップは生じなかった。サンプルＮｏ．４はソースパワーが２５００ＷでO_2 の流量が４ｓｃｃｍの条件でエッチングされたサンプルでありエッチストップは生じなかった。サンプルＮｏ．５はソースパワーが２５００ＷでO_2 の流量が２ｓｃｃｍの条件でエッチングされたサンプルであり、エッチストップが生じなかった。サンプルＮｏ．６は上記一般的な条件からソースパワーのみを２５００Ｗに変えてエッチングされたものであり、エッチストップが生じた。

【００４７】

上記実験結果を整理すると下記表１が得られる。

【００４８】

【表１】

No.	上部電極	石英ﾄﾞｰﾑ	ｿｰｽﾊﾟﾜｰ	O2流量	ｴｯﾁﾝｸﾞ
1	260℃	220℃	2700W	0sccm	可
2	260℃	180℃	2700W	0sccm	不可（停止）
3	240℃	220℃	2500W	0sccm	可
4	260℃	220℃	2500W	4sccm	可
5	260℃	220℃	2500W	2sccm	可
6	260℃	220℃	2500W	0sccm	不可（停止）

【００４９】

図５（ａ），（ｂ）は、上記図４（ａ），（ｂ）に示すサンプルＮｏ．１～６と同じサンプルについて、ホールの底面上に堆積するデポ物の成分を分析した結果を示す図である。

【００５０】

上記図４（ａ），（ｂ）及び図５（ａ），（ｂ）を比較してわかるように、ホールの底面上に堆積するデポ物は、Ｃ，Ｏ，Ｆ，Ｓｉをそれぞれ相当量含んでいるにもかかわらず、これらの成分の結合状態は、Ｃ－Ｃ結合がほとんどであり、ＦやＳｉは遊離状態で存在していると思われる。

【００５１】

図６はＯ，Ｆ及びC_2 の発光強度のソースパワー依存性を示す図、図７はＯ／Ｆの発光強

度比及びC_2／Ｆの発光強度比のソースパワー依存性を示す図である。図６からわかるように、ソースパワーが大きいほどＯの発光強度が大きくなる。その原因は、石英ドーム２Ａがエッチングされやすくなる結果、石英ドーム２Ａから酸素が放出されやすくなることによると思われる。また、ソースパワーが大きいほどＦの発光強度がわずかに大きくなっている。これは、プラズマ中におけるC_2F_6の解離度が大きくなるため当然のことと思われる。なお、C_2の発光強度はソースパワーの変化があってもほとんど変化が見られない。その結果、図７に示すように、ソースパワーが大きいほどＯ／Ｆの発光強度比が大きくなる。また、ソースパワーが大きいほどC_2／Ｆの発光強度比が小さくなっているが、これはそれほど顕著な傾向とはいえない。

【００５２】

図８はＯ，Ｆ及びC_2の発光強度の石英ドーム２Ａの壁温依存性を示す図、図９はＯ／Ｆの発光強度比及びC_2／Ｆの発光強度比のドームの壁温依存性を示す図である。図８からわかるように、ドームの壁温が高くなるほどＯの発光強度が大きくなる。その原因は、石英ドーム２Ａに付着したデポ物が暖められて揮発しやすくなる結果、石英ドーム２Ａから酸素が放出されやすくなることによると思われる。また、ドームの壁温が高いほどC_2，Ｆの発光強度がわずかに小さくなっている。その結果、図９に示すように、ソースパワーが大きいほどＯ／Ｆの発光強度比が大きくなるが、C_2／Ｆの発光強度比は有意性のある変化を示していない。そして、この条件下における実験では、ドームの壁温が２００℃以下ではエッチストップが生じたが、ドームの壁温が２００℃を越えるとエッチストップが生じていない。

【００５３】

図１０（ａ）～（ｃ）は、シリコン基板上の層間絶縁膜にコンタクトホールを形成するドライエッチングを行ったときの正常な貫通ホールが形成された状態，エッチストップが生じて貫通ホールが形成されていない状態、貫通ホールが形成された後オーバーエッチングを行ったときの状態を示すＳＥＭ写真である。ただし、同図（ａ），（ｂ）はフォトレジストマスクが除去された状態を示し、同図（ｃ）フォトレジストマスクが残っている状態を示している。

【００５４】

ここで、上述の図２～図１０のデータに基づき、エッチング途中におけるエッチストップが生じる原因について考察する。

【００５５】

まず、ここで問題にしているエッチストップは、エッチレートが連続的に低下することによって生じるいわゆるマイクロローディング効果（ＲＩＥラグ）とは異なる。また、図１０（ｂ）に示すエッチストップを生じたときの底部におけるホール径が、図１０（ａ）に示す正常な貫通ホールが形成される途中の径とほぼ同じである。

【００５６】

次に、フルオロカーボンガスをエッチングガスとして用いたときのシリコン酸化膜へのホールの形成は、以下の作用によって行われるといわれている。

【００５７】

シリコン酸化膜にホールを開口している間、ホールの底には上述のようにＣに富んだＣＦ系化合物が堆積している。一方、イオンの照射によって堆積物下方のシリコン酸化膜中にダメージ層が形成されると、SiO_2が分解してＳｉとＯとが発生する。そして、このＳｉ，Ｏと堆積物中のＣ，Ｆとの反応によって堆積物除去され、かつシリコン酸化膜のエッチングが進行する。つまり、堆積物がホールの底に堆積しようとする作用よりも、堆積物を除去しかつシリコン酸化膜を除去しようとする作用が強いことで、下方にエッチングが進行する。

【００５８】

しかるに、例えば、ホールのアスペクト比が４以上になり、ホールの径が１μｍ程度になるなど、半導体装置の高集積化が進むと以下の問題が生じる。このようにホールが深くなるとホールの底面に対するイオンの入射角が狭くなるので、イオンの入射量が低減し、エ

ッチング作用が弱くなる。このために、エッチング作用よりも堆積物の堆積作用が強くなり、エッチングが停止するものと推定される（上述の条件（ａ）による）。また、ここで行った条件下では、ホール底の堆積物は、ＣＦ化合物ではなく－Ｃ－Ｃ－ポリマーがほとんどであると思われる。そして、このようなカーボン系化合物が－Ｃ－Ｃ－ポリマーとなってホールの底に堆積すると、イオンの衝突によっても分解されない下方のシリコン酸化膜中にダメージ層が形成されにくくなり、エッチストップが生じるものと思われる（上述の条件（ｃ）による）。すなわち、このような硬い－Ｃ－Ｃ－ポリマーが形成されると、Ｏの存在によって－Ｃ－Ｃ－ポリマーの主鎖を分解してしまうことが必要である。

【００５９】

ところが、シリコン基板上のシリコン酸化膜にホールを形成するためのエッチングを行う際には、フルオロカーボンガスにO_2 ガスを添加しないことが多い。これは、上述のようにSiO_2 の分解によってＯが発生するので、O_2 ガスを添加しなくても、ホール底に堆積しようとするカーボン系滞留物を容易に分解して、その堆積を防止することができるからである。また、O_2 ガスを添加しない方が下地のシリコン基板のオーバーエッチングを確実に防止できる（言い換えると高選択比が得られる）ことにもよる。したがって、実際に図１の装置を使用して層間絶縁膜（シリコン酸化膜）にコンタクトホールを形成していると、O_2 ガスを添加していないにも拘わらず、図２，図３に示すように、プラズマ中にＯが存在している。

【００６０】

ここで、図２，図３に示すように、エッチングの途中においてエッチストップを生じないときには、エッチストップを生じるときに比べ、プラズマ中のＯの濃度が高いことがわかった。したがって、この過剰なＯを供給する供給源があるはずである。さらに実験を行った結果、図６に示すように、石英ドームの温度が高いとき（２００℃）にはエッチストップが生じないことがわかった。すなわち、従来エッチストップを生じたり、生じなかったりするという現象のばらつきが、石英ドームの温度に依存していることが判明したのである。これは、高周波電力の印加によって石英ドームを構成するSiO_2 が一部反応し、ＳｉＦとO_2 とが発生することによるものと思われる。一方、石英ドームにはプラズマ加工の際に生じたデポ物が堆積するが、石英ドームの温度が高いとこのデポ物が揮発しやすくなり、その結果、表面のデポ膜の厚みが薄くなるので、石英ドームからO_2 が反応室内に抜け出しやすくなるものと推定される。この推定がほぼ事実に近いであろうことは、図１５に示す試料Ｎｏ．２の石英ドームの壁温や、図８に示すデータによって裏付けられている。

【００６１】

また、図４に示す試料Ｎｏ．６のソースパワーや図６に示すデータからわかるように、ソースパワーが大きいほどエッチストップは生じにくい。これは、ソースパワーが大きいと石英ドームがエッチングされるため、石英ドームから発生するO_2 の量も増大するためと推定される。

【００６２】

以上を総合すると、何らかの手段によって反応室内のO_2 の量を適正量に維持することにより、エッチストップを防止することができると考えられた。ただし、O_2 ガスの量が多すぎると、上述のように貫通ホールが形成された後にシリコン基板がエッチングされるので、選択比が悪化する。

【００６３】

次に、Ｏ以外の元素の存在もエッチング作用に重要な影響を及ぼしていると思われた。まず、プラズマ中のＯに対するＦの存在比も重要である。その理由は、Ｆが少ないとエッチング作用が弱くなり、Ｆが多すぎると下地のシリコン基板のエッチング作用が強くなり、シリコン酸化膜のエッチング選択比が低下するからである。

【００６４】

また、プラズマ中のＯに対するＣの存在比が多すぎるとエッチストップが生じやすくなり、少なすぎるとシリコン酸化膜とシリコン基板とエッチング選択比が悪化する。

【００６５】
したがって、シリコン酸化膜にホールを形成する際におけるエッチストップだけでなく、下地のシリコン基板のエッチングを防止するためには、O_2 ガスの量だけでなく、Ｏ，Ｆ及びＣの存在比が重要となる。
【００６６】
図３１は、石英ドームを使用してその温度を一定（２４０℃）に保持しながら、酸素ガスを供給したときのＯの発光強度をコイル電力をパラメータとして示すデータである。エッチングガスには、C_2F_6 を用いている。同図の横軸は酸素ガスの流量を表し、縦軸はＯの発光強度を表している。そして、コイル電力が一定の測定点を結んだ直線が発光強度０の線（横軸）と交わる点における酸素流量の値（負の値）が、酸素の流量に相当する石英ドームからの酸素の放出量を示している。例えば、コイル電力２７００Ｗの測定点を結んだ直線と横軸との交点の値（ｘ＝－１９．８）は、酸素流量１９．８ｓｃｃｍに相当する酸素を放出しているものと思われる。
【００６７】
同図に示されるように、酸素ガス流量の増大に応じてＯの発光強度が増大している。これは、既に述べたように、石英ドームの内面に付着しているデポ物が加熱されて揮発しやすくなり、その結果、石英ドーム中の酸素が放出されやすくなるからである。このデータから、Ｏの発光強度がエッチストップを生じない所定値（例えば図２に示す任意単位で３００）よりも大きくなるように酸素ガスの流量を制御すればよいことがわかる。
【００６８】
また、コイル電力の増大につれてＯの発光強度も増大していることがわかる。これは、既に述べたように、石英ドームの内面に付着しているデポ物が分解して揮発しやすくなり、その結果、石英ドーム中の酸素が放出されやすくなるからである。したがって、酸素の流量を一定に、あるいは酸素ガスを供給せずにＯの発光強度がエッチストップを生じない所定値よりも大きくなるようにコイル電力を制御してもよいこともわかる。
【００６９】
また、コイル電力と酸素流量とを適宜調整することによって、エッチストップをより効果的に防止できるであろうことが予想される。
【００７０】
図３２は、コイル電力を変更したときのコイル電力に対するＯ／Ｆの発光強度比及びC_2／Ｆの発光強度比の変化を示すデータである。石英ドーム２Ａの温度は２４０℃と一定にし、酸素ガスは供給していない。エッチングガスとしてはC_2F_6 を用いている。同図に示されるように、コイル電力が増大するほどＯ／Ｆの発光強度比は大きくなっている。一方、コイル電力が増大するほどC_2／Ｆの発光強度比は小さくなっている。このことは、いずれもコイル電力が大きいほどエッチストップが生じにくいことを意味する。
【００７１】
本発明は、上述の実験データに裏付けられた考察に基づいてなされたものであり、以下のような実施形態がある。
【００７２】
（第１の実施形態）
本実施形態では、図１に示す半導体装置の製造装置を使用して、反応室内の酸素濃度を調整する第１の方法について説明する。
【００７３】
基板９を加工する際には、ガス導入口８より反応室内部にC_2F_6 ガス，C_4F_8 ガス等のフロロカーボン系ガスを導入し、第１高周波電源５によりアンテナコイル３に高周波電力を印加し、第１整合器４によって高周波電力の反射電力を抑えることによって、反応室内部にプラズマ１７を生成する。そして、第２高周波電源１３によりブロッキングコンデンサ１１を介して下部電極１０に高周波電力を印加し、第２整合器１２によって高周波電力の反射電力を抑えることによって、プラズマ１７を基板９に付勢するためのバイアス電圧が基板９に印加される。そして、このバイアス電圧によって加速されるイオンによって

、基板９をエッチングする。

【００７４】

ここで、本実施形態の製造方法の特徴は、発光分光装置１９によりプラズマ１７から出射される光のうちＯの発光強度を観察しながら石英ドーム２Ａ内の温度を約１８０℃に制御している点である。

【００７５】

図１１は、本実施形態に関連して行ったプラズマの発光分析結果を示す図である。図１１において、縦軸はＯの発光強度ここでは例として波長７７７ｎｍのＯの発光強度（任意単位）を示し、横軸は石英ドームの温度を示している。エッチングガスとしては、C_2F_6を使用している。また、酸素ガスは供給していない。同図に示されるように、石英ドームの壁温が１６０℃以下の範囲では温度の上昇に対してＯの発光強度が緩やかに増加するのに対して、１６０℃以上では石英ドームの壁温の上昇につれて急激にＯの発光強度が増大する。また、１８０℃以上では石英ドームの壁温が上昇してもＯの発光強度はほとんど変わらなくなる。

【００７６】

ここで、既に説明したように、この発光強度を上昇させる酸素は、主として石英ドーム２Ａを構成する石英（酸化珪素）中の酸素であり、石英ドーム２Ａの外周部に巻かれたアンテナコイル３の電界によって石英ドーム２Ａがエッチングされるときに発生し、プラズマ１７中に放出されるものと思われる。その場合、石英ドームの壁温が１６０℃以下のときには、反応生成物が石英ドーム２Ａの内壁面に堆積するために、酸素はプラズマ１７中に放出されず発光強度は小さいが、石英ドームの壁温が１６０℃以上になると、反応生成物が石英ドーム２Ａの内壁面に堆積しにくくなるので、酸素がプラズマ１７中に放出され、発光強度が大きくなると考えられる。

【００７７】

そして、上述のような石英ドームの壁温の範囲によって石英ドーム２Ａの内壁面から酸素が放出されたり放出されなかったりすることで、以下のような図１２（ａ），（ｂ）に示すエッチング形態の相違が生じていた。

【００７８】

図１２（ａ）は、石英ドームの壁温を１４０℃に制御してエッチングを行ったときの基板９の断面図である。図１２（ａ）において、１０１はレジスト膜、１０２は酸化膜、１０３はシリコン基板、１０４はコンタクトホール、１０５はデポ物をそれぞれ示す。図１２（ａ）に示す条件では、コンタクトホール１０４が酸化膜１０２の中間程度に達するまでエッチングは進むが、コンタクトホール１０４が深くなると、エッチングガスがプラズマ中で重合されてなる炭素を含んだ重合膜やレジスト膜１０１中に含まれる炭素を含んだデポ物が開口中のコンタクトホール１０４の底面に堆積し始める。そして、このデポ物がエッチングのイオンを遮るので、エッチングが途中停止し、コンタクトホール１０４が貫通されない。

【００７９】

一方、図１２（ｂ）は、本実施形態による石英ドームの壁温を１８０℃に制御してコンタクトホール１０４を形成する時の形状を示す。上述のように、この条件下では石英ドーム２Ａの内壁面から酸素が放出されるので、コンタクトホール１０４の底面に炭素を含んだデポ物が堆積しようとしても、炭素と酸素との反応によってデポ物が除去される。したがって、コンタクトホール１０４が深くなっても、底面にエッチングの途中停止を招くようなデポ物が堆積することはない。したがって、図１２（ｂ）に示すように、酸化膜１０２を貫通してシリコン基板１０３に到達するコンタクトホール１０４を形成することができる。

【００８０】

以上のように、本実施形態によれば、石英ドームの壁温を１８０℃以上に温度制御することで、石英ドーム２Ａの内壁面に反応生成物が付着するのが抑制される。そして、エッチングを行っている間、この反応生成物の付着抑制作用によって石英ドーム２Ａの内壁面か

ら安定して酸素が供給されるので、エッチングが途中停止することなく、アスペクト比の高いコンタクトホールをも確実に形成することができる。

【００８１】

なお、本実施形態では、石英ドームの壁温をプラズマ１７中のＯの発光強度から検出するようにしているが、温度の検出は他の方法によってもよい。たとえば、経験的にヒーターへの供給電力と石英ドームの壁温との関係を予め求めておいて供給電力を制御する方法や、直接石英ドームにサーモメータを取り付ける方法などがあり、どのような方法を用いても、エッチング等の加工を円滑に行うことができる。

【００８２】

また、プラズマ中のＯ発光強度を検出することにより、図１１に示す特性を利用して、石英ドームから酸素が確実に放出されるように、プラズマ中の酸素濃度をより直接的に調整しうる。図３３は、Ｏの発光強度が適正範囲内に入るように石英ドームの壁温を制御することにより、エッチストップを防止するための手順を示すフローチャートである。

【００８３】

ステップＳＴ１１で、ウエハを反応室内に搬入して、ステップＳＴ１２で反応室内へのガスの供給を開始するとともに、ステップＳＴ１３でアンテナコイル３及び下部電極１０に高周波電力を印加して、ウエハ上の酸化膜のエッチングを開始する。その後、ステップＳＴ１４で、ドームヒーター２４による石英ドーム２Ａの加熱制御を行ない、ステップＳＴ１５でＯの発光強度を検出する。次に、ステップＳＴ１６で、Ｏの発光強度が所定値３００（図２に示す任意単位の値）以上か否かを判別して、３００以上であればステップＳＴ１７に進んでエッチングを続行する。一方、ステップＳＴ１６における判別でＯの発光強度が３００未満であればステップＳＴ１８に移行し、石英ドーム２Ａの加熱量を変更してから、ステップＳＴ１４に戻る。

【００８４】

以上の制御により、反応室内の酸素濃度をエッチストップが生じない範囲に制御することができる。

【００８５】

（第２の実施形態）

本実施形態においては、図１に示す半導体装置の製造装置を用いて、反応室内の酸素雰囲気を調整する第２の方法について説明する。

【００８６】

本実施形態においては、石英ドーム２Ａ及び上部電極７をヒーター６，２４によって加熱することにより、石英ドーム２Ａを１４０℃に温度制御しながら、加工を行う。そして、ガス導入口８より反応室内部にC_2F_6ガス，C_4F_8ガス等のフロロカーボン系ガスとこのフロロカーボン系ガスの流量の５％以下の流量の酸素ガスとの混合ガスを導入する。そして、上述の第１の実施形態と同様に、第１高周波電源５からの電力の供給によってプラズマ１７を生成するとともに、第２高周波電源１３からの高周波電力の供給によって、基板９上にバイアス電圧を印加し、基板９をエッチングする。

【００８７】

図１３は、本実施形態に関連して行ったプラズマの発光分析結果を示す図である。図１３において、縦軸はＯの発光強度ここでは例として波長７７７ｎｍのＯの発光強度（任意単位）を示し、横軸は石英ドームの温度を示している。同図に示されるように、本実施形態では、第１の実施形態とは異なり反応室内に酸素ガスを導入しているので、その分だけＯの発光強度が高くなる。すなわち、石英ドームの壁温１４０℃においてもＯの発光強度が３００程度になっており、このＯの発光強度の値は、図１１に示す第１の実施形態における酸素ガスを導入しないときの石英ドームの壁温１８０℃におけるＯの発光強度と同じ値である。このことから、石英ドームを高温に加熱して石英ドームから酸素を多く放出させなくても、酸素ガスを添加することで同様の効果が得られると予想される。

【００８８】

本実施形態では、酸素ガスを導入して石英ドームの壁温を１４０℃に制御しながら、第１

の実施形態と同様に基板９中のコンタクトホール１０４の形成のためのエッチングを行うと、図１２（ｂ）に示すように、コンタクトホール１０４の底部にエッチングを途中停止させるようなデポ物を堆積させることなくエッチングを行うことができ、酸化膜１０２を貫通してシリコン基板１０３に到達するコンタクトホール１０４を形成することができた。

【００８９】

なお、本実施形態では、反応室内部にC_2F_6ガス，C_4F_8ガス等のフロロカーボン系ガスと、フロロカーボン系ガスの流量の５％以下の酸素ガスとの混合ガスを導入するとしたが、C_2F_6ガス，C_4F_8ガス等のフロロカーボン系ガス及びＡｒ，Ｈｅ，Ｘｅ，Ｋｒ等の希ガス（不活性ガス）の混合ガスと、混合ガスの流量の５％以下の流量の酸素ガスとの混合ガスでもよい。また、添加ガスとして酸素ガスを用いたが、一部に酸素を含む分子からなるガス，たとえばＣＯガス，CO_2ガスでもよい。

【００９０】

（第３の実施形態）

本実施形態では、酸素ガスの流量によって反応室内の酸素濃度を調整する方法について説明する。

【００９１】

図１４は第３の実施形態に係る半導体装置の製造装置の構成を示す図である。同図に示すように、本実施形態に係る半導体装置の製造装置は、石英ドーム２Ａの代わりに窒化珪素ドーム２Ｂを備えている点とを除き、上記図１に示す半導体装置の製造装置と同じ構造を有している。ただし、図１４にはＯリング１６が記載されているが、図１においても、図示は省略されているものの、図１４におけるとほぼ同じ位置にＯリングが設けられている。

【００９２】

そして、本実施形態においては、窒化珪素ドーム２Ｂ及び上部電極７はヒーター６によって加熱され、窒化珪素ドーム２Ｂの温度が１８０℃以上に保たれるようにヒーター６の加熱量が制御されている。そして、ガス導入口８より反応室内部にC_2F_6ガス，C_4F_8ガス等のフロロカーボン系ガスとフロロカーボンガスの流量の５％以下の酸素ガスとの混合ガスを導入する。そして、上述の第１の実施形態と同様に、第１高周波電源５からの電力の供給によってプラズマ１７を生成するとともに、第２高周波電源１３からの高周波電力の供給によって、基板９上にバイアス電圧を印加し、基板９をエッチングする。

【００９３】

次に、図１５は、本実施形態に関連して行った酸素を含まない窒化珪素ドームを用いた場合と酸素を含む石英ドームを用いた場合の酸素のプラズマ発光強度の相違を示す図である。なお、ドームの壁温は共に１８０℃の高温である。第１の実施形態で説明したように、石英ドーム２Ａは、アンテナコイル３の電界によりSiO_2がエッチングされるのでその内壁面から酸素が放出されるが、窒化珪素ドーム２Ｂは、同じ条件ではエッチングされることはなく、内壁面からは何も放出されない。これは、窒化珪素ドーム２Ｂの構成元素Ｓｉ－Ｎ間の結合エネルギーは石英の構成元素Ｓｉ－Ｏ間の結合エネルギーより大きいことによる。

【００９４】

このように、酸素を含まない窒化珪素ドームがエッチングされても反応室の側壁から酸素が放出しないので、基板９中のコンタクトホール１０４の形成のためのエッチングを行うとエッチング途中でコンタクトホール１０４の底部に炭素系のデポ物が堆積し、エッチングが途中で停止する（図１２（ｂ）参照）。

【００９５】

この時、図１５に示す石英ドーム２ＡのＯの発光強度以上のＯの発光強度を示すように酸素ガスを添加すると炭素系のデポ物は除去され、エッチングが途中で停止することなく進行し、酸化膜１０２を貫通してシリコン基板１０３に到達するコンタクトホール１０４が形成された。図３４は、Ｏの発光強度が適正範囲内に入るように酸素ガスの流量を制御す

ることにより、エッチストップを防止するための手順を示すフローチャートである。

【００９６】

ステップＳＴ２１で、ウエハを反応室内に搬入して、ステップＳＴ２２で反応室内へのガスの供給を開始するとともに、ステップＳＴ２３でアンテナコイル３及び下部電極１０に高周波電力を印加して、ウエハ上の酸化膜のエッチングを開始する。その後、ステップＳＴ２４で、ガス供給系の制御弁の開度を調節して酸素ガスの流量制御を行ない、ステップＳＴ２５でＯの発光強度を検出する。次に、ステップＳＴ２６で、Ｏの発光強度が所定値３００（図２に示す任意単位の値）以上か否かを判別して、３００以上であればステップＳＴ２７に進んでエッチングを続行する。一方、ステップＳＴ２６における判別でＯの発光強度が３００未満であればステップＳＴ２８に移行し、酸素ガスの流量を変更してから、ステップＳＴ２４に戻る。

【００９７】

以上の制御により、プラズマ中のＯの濃度をエッチストップが生じない範囲に制御することができる。

【００９８】

また、石英ドーム２Ａの代わりに窒化珪素ドーム２Ｂを設けることにより、ドームの内壁面から酸素が放出されないので、エッチング特性が反応室の内壁を構成する材料の影響を受けない。したがって、プラズマ中のＯの濃度を酸素ガスの流量のみで制御できるので、制御は容易であるといえる。

【００９９】

なお、本実施形態では、反応室の内壁を構成する材料として窒化珪素を使用したが、窒化珪素の代わりに、窒化アルミニウム、炭化珪素、ＡｌＦ等、他のいかなる酸素を有しない絶縁物を用いてもよい。

【０１００】

なお、本実施形態では、反応室内部にC_2F_6ガス，C_4F_8ガス等のフロロカーボン系ガスとフロロカーボン系ガスの流量の５％以下の酸素ガスとの混合ガスを導入するとしたが、C_2F_6ガス，C_4F_8ガス等のフロロカーボン系ガス及びＡｒ，Ｈｅ，Ｘｅ，Ｋｒ等の希ガス（不活性ガス）の混合ガスと、混合ガスの流量の５％以下の流量の酸素ガスとの混合ガスでもよい。また、添加ガスとして酸素ガスを用いたが、一部に酸素を含む分子からなるガス，たとえばＣＯガス，CO_2ガスでもよい。あるいは、C_2F_6ガス，C_4F_8ガス等のフロロカーボン系ガスと、Ａｒ，Ｈｅ，Ｘｅ，Ｋｒ等の希ガス（不活性ガス）と、ＣＯガス，CO_2ガス等との混合ガスと、この混合ガスの流量の５％以下の酸素ガスとの混合ガスでもよい。

【０１０１】

（第４の実施形態）

本実施形態では、図１に示す半導体装置の製造装置中の石英ドームの使用の可否を判断する方法について説明する。

【０１０２】

第１の実施形態においても説明したように、反応室の内壁を酸素を含む材料により構成したとき、この反応室からの放出酸素量がエッチング特性に大きな影響を与える。第１の実施形態で使用した図１に示す半導体装置の製造装置においては、石英ドーム２Ａに巻いているアンテナコイル３の電界によって石英ドーム２Ａがエッチングされて、石英ドーム２Ａの内壁面から酸素がプラズマ１７中に放出される。

【０１０３】

したがって、例えば部品寿命で石英ドームを交換したとき、石英ドームの酸素含有量の相違、あるいは石英ドームの内壁面の処理による凹凸の程度の相違など、石英ドームの状態のばらつきによって内壁面から放出される酸素量が異なり、エッチング特性に大きな影響を与える。従来の方法では、実際に製品を処理してエッチングが途中停止するという製品不良が発生してから、石英ドームに問題があることが判明した。

【０１０４】

図１６は、図１に示す半導体装置の製造装置において石英ドーム２Ａの温度を１８０℃にしたときのＯの発光強度の石英ドームのロット依存性を示している。石英ドームＳ１、Ｓ２、Ｓ３は全く同様に作製された物であるが、同図に示されるようにＯの発光強度が異なる。Ｏの発光強度が規格値よりも小さい値の石英ドームＳ２を用いたとき、その内壁面から十分に酸素が供給されず、コンタクトホール形成のためのエッチングを行うとエッチング途中でコンタクトホールの底部に炭素系のデポ物が堆積し、エッチングが途中で停止する。Ｏの発光強度が規格値よりも大きい値の石英ドームＳ１、Ｓ３を用いれば、その内壁面から十分に酸素が供給されるので、コンタクトホール底部の炭素系のデポ物は除去され、エッチングが途中で停止することなくコンタクトホールを貫通させることができる。

【０１０５】

本実施形態によれば、半導体装置の製造装置において石英ドーム等の部品を交換する際、製品を製造する前にあらかじめ部品から放出される酸素量を測定するようにしたので、製造されるデバイス製品の不良を事前に防ぐことが可能となる。

【０１０６】

（第５の実施形態）

本実施形態では、図１に示す半導体装置の製造装置中の石英ドームを交換する際に、石英ドームの使用前の状態に応じて半導体装置の製造工程中における反応室の雰囲気を制御する方法について説明する。

【０１０７】

第１の実施形態において説明したように、反応室の内壁を酸素を含む材料により構成したとき、この反応室からの放出酸素量がエッチング特性に大きな影響を与える。第１の実施形態で使用した図１に示す半導体装置の製造装置においては、石英ドーム２Ａに巻いているアンテナコイル３の電界によって石英ドーム２Ａがエッチングされて、石英ドーム２Ａの内壁面から酸素がプラズマ１７中に放出される。

【０１０８】

したがって、例えば部品寿命で石英ドームを交換したとき、石英ドームの加工精度の相違、あるいは取り付けの際の調整の相違などにより、石英ドームとアンテナコイルとの密着度が異なる。このことにより、石英ドームの内壁面からの放出酸素量が異なり、エッチング特性に大きな影響を与える。従来の方法では、実際に製品を処理してエッチングが途中停止するという製品不良が発生してから、石英ドームに問題があることが判明した。

【０１０９】

図１７は、第４の実施形態における図１６に示すようなＯの発光強度の石英ロット依存性がある場合に、Ｏの発光強度が規格値よりも大きい値の石英ドーム（例えば図１６の石英ドームＳ３）を図１に示す半導体装置の製造装置に数回取り付け，取り外しを行ったときのＯの発光強度のばらつきを示している。同図に示されるように、同じ石英ドームを用いているが、取り付け回数が変わるとＯの発光強度も異なり、Ｏの発光強度が規格値よりも小さくなる場合も発生している。

【０１１０】

上述のようなＯの発光強度のばらつきの原因は、石英ドームの取り付け具合によってアンテナコイルとの密着度が異なっていることにあると考えられる。この状態でコンタクトホール形成のためのエッチングを実施すると、エッチング途中でコンタクトホールの底部に炭素系のデポ物が堆積し、エッチングが途中で停止する。

【０１１１】

ここで、本実施形態では、石英ドームの交換時にＯの発光強度を検出し、Ｏの発光強度が規格値よりも大きくなるように、酸素ガスを添加する。このための制御は、図３４に示すフローチャートに示すとおりでよい。これにより、コンタクトホール底部の炭素系のデポ物は除去され、エッチングが途中で停止することなく、酸化膜を貫通してシリコン基板に到達するコンタクトホールを形成できる。

【０１１２】

このように、半導体装置の製造装置において石英部品を交換する際、製品を製造する前に

あらかじめ部品から放出される酸素量を測定し、放出酸素量が規格値を満足しない場合、酸素ガスを導入し、その導入酸素ガス量を制御することで、製品不良を事前に防ぐことが可能となる。

【０１１３】

なお、酸素ガスに限らず、酸素を含む他のガスを使用してもよい。酸素を含むガスとしてはO_2ガスに限定されるものではなく、構成元素として酸素を含むＣＯガス，CO_2ガス等を使用してもよい。

【０１１４】

本具体例を適用できるエッチングガスは、CF_4，C_2F_6，C_3F_8，C_4F_8及びC_6F_6のうち少なくともいずれか１つを含むガスであることが好ましい。また、$C_xF_yO_z$で表されるガス（例えば$C_2F_2O_2$，$C_4F_6O_3$，$C_6F_4O_2$など）を使用すれば、酸素の濃度比も同時に調整可能となる。したがって、ガスの流量の調節に必要なマスフローコントローラの数を低減することができ、設備費の低減と制御の簡素化を図ることができる。

【０１１５】

（第６の実施形態）

本実施形態では、図１に示す半導体装置の製造装置を用い、ＯとＦの発光強度比を制御しながら半導体装置の製造を行なう方法について説明する。

【０１１６】

本実施形態においては、石英ドーム２Ａ及び上部電極７をヒーター６，２４によって加熱することにより、石英ドーム２Ａを１８０℃に温度制御しながら、加工を行う。そして、ガス導入口８より反応室内部にC_2F_6ガス，C_4F_8ガス等のフロロカーボン系ガスとこのフロロカーボン系ガスの流量の５％以下の流量の酸素ガスとの混合ガスを導入する。そして、上述の第１の実施形態と同様に、第１高周波電源５からの電力の供給によってプラズマ１７を生成するとともに、第２高周波電源１３からの高周波電力の供給によって、基板９上にバイアス電圧を印加し、基板９をエッチングする。

【０１１７】

ここで、本実施形態の特徴は、光ファイバ１８を通して発光分光装置１９によりプラズマ１７中のＯとＦの発光強度を検出している点である。

【０１１８】

図１８は、プラズマ１７中のＯの発光強度とＦの発光強度と石英ドームの壁温との関係を示す図である。同図の縦軸はフッ素（波長６８５ｎｍ）の発光強度に対する酸素（波長７７７ｎｍ）の発光強度の比（以下、単に発光強度比という）を表している。同図に示されるように、石英ドームの壁温が高くなるほど発光強度比が大きくなっている。これは、エッチングガスであるフロロカーボン系ガスから生成されるフッ素量は石英ドームの壁温の如何に拘わらず一定であるのに対し、石英ドームの内壁面からの酸素放出量は石英ドームの壁温が高くなるほど多くなることによる。そして、コンタクトホール形成のためのエッチングを行うと、石英ドームの壁温が１６０℃のときの発光強度比２０では、酸素量が少ないためにコンタクトホール底部に炭素系のデポ物が堆積され、エッチングが途中で停止してコンタクトホールが形成されない。一方、石英ドームの壁温が１８０℃以上になって発光強度比が４０～５０になると、コンタクトホール底部にデポ物が堆積することなくエッチングが進行し、コンタクトホールを貫通させることができる。特に、図１８に示す石英ドームの壁温と発光強度比との間の相関関係を利用する方法によれば、図１４に示す石英ドームの壁温と発光強度との相関関係を利用する場合に比べて、実際に測定する発光強度比の変化から石英ドームの壁温が１８０℃に達した状態を確実に把握できる利点がある。なお、このＯ／Ｆの発光強度比の適正範囲が上述の図４～図９のデータと異なっているのは、図２～図９のＯ／Ｆの発光強度比は、制御の容易さを考慮して、図２及び図３に示すＯのピーク波長７７７ｎｍに近い波長７７４ｎｍにおけるＦのピーク値を利用して算出しているためである。

【０１１９】

そこで、本実施形態における半導体装置の製造方法では、ＯとＦの発光強度比が４０以上の条件でエッチングを行う。

【０１２０】

図１９は、本実施形態に係る半導体装置の製造装置の制御系の構成を概略的に示すブロック図である。同図において、２１は図１に示すような機器類を含む反応室、２２は発光分光装置、２３はアナログ信号をデジタル信号に変換するためのＡ／Ｄ変換器、２４は各部材の動作を制御するための装置ＣＰＵ、２５は製品を反応室の内外に搬送するための搬送系、２６は異常を告知するための警報器をそれぞれ示す。

【０１２１】

また、図２０は、エッチングを行う際に図１９に示す装置ＣＰＵ２４によって行われる制御の手順を示すフローチャートである。以下、図１９を参照しながら、図２０のフローチャートに沿って、エッチング工程について説明する。

【０１２２】

まず、ステップＳＴ１で、搬送系２５により製品を反応室２１外へ搬送し、エッチング処理待ちの次の製品を反応室２１内へ搬送する。そして、ステップＳＴ２で、製品のエッチング例えばコンタクトホール形成のためのエッチングを開始する。

【０１２３】

次に、ステップＳＴ３，ＳＴ４で、エッチング中におけるプラズマ中の発光強度を発光分光装置２２で検知する。ここでは、ＯとＦの発光強度を検出する。この検出したアナログ信号はＡ／Ｄ変換器２３でデジタル信号に変換された後、装置ＣＰＵ２４に取り込まれる。そして、ステップＳＴ６で、装置ＣＰＵ２４により酸素とフッ素との発光強度比が演算される。

【０１２４】

次に、ステップＳＴ６で、発光強度比が４０以上か否かを判別し、発光強度比が４０以上であれば、ステップＳＴ７に進んでエッチングを続行し、エッチングが終了すると上記ステップＳＴ１の制御に戻る。

【０１２５】

一方、ステップＳＴ６の判別で発光強度比が４０に満たない場合は、現在進行中のエッチングは続行し、ステップＳＴ９でエッチングが終了すると、エッチング終了後の製品は搬送系２５により反応室（石英ドーム）外へ搬送させるが、エッチング処理待ちの次の製品は、ステップＳＴ９の制御により反応室内へ搬送させない。そして、ステップＳＴ１０で、警報器２６から異常であることを知らせる警報を発生させる。

【０１２６】

このような半導体装置の製造装置及び半導体装置の製造方法を用いることで、製品不良を未然に防ぐことが可能となる。なお、ステップＳＴ８におけるエッチングの終了時には、貫通したコンタクトホールが形成される（図１２（ｂ）の状態）こともあれば、貫通されないで途中でエッチングの進行が停止している（図１２（ａ）の状態）こともあり得る。

【０１２７】

なお、本実施形態では、ＯとＦの発光強度を測定し、その比を用いたが、Ｏのみの発光強度を用いても良い。

【０１２８】

また、本実施形態の応用として、Ｏの発光強度とＦの発光強度との比が４０以上になる条件でエッチングを行うように、酸素ガスを導入しながらエッチングを行うようにしてもよい。

【０１２９】

（第７の実施形態）

本実施形態では、図１に示す半導体装置の製造装置を用い、反応室内の酸素，フッ素及び炭素の濃度比を調整しながら半導体装置の製造を行なう方法について説明する。

【０１３０】

図２１は、図１に示す装置を用いてフルオロカーボンガス（ここではC_2F_6ガス）を使

用しながらＲＦパワーを２７００Ｗとし、これに添加するO_2ガスの流量と、石英ドーム２Ａの温度とを変えたときの発光スペクトル中のＯピーク値とＦピーク値との比であるＯ／Ｆの発光強度比を示す図である。そして、図２１に示す各条件のうちO_2ガスの流量が０で石英ドーム２Ａの温度が２２０℃，２３０℃のときのみエッチストップが生じた。すなわち、Ｏ／Ｆの発光強度比が１．０以下のときにはエッチストップが生じていることがわかる。このときのプラズマ中のＯ／Ｆの濃度比はこの発光強度比とは一致しないが、予めエッチストップが生じないＯ／Ｆの発光強度比がわかっているので、このＯ／Ｆの発光強度比がエッチストップを生じない適正範囲に入るようにO_2ガスとフルオロカーボンガスとの流量比を制御することにより、エッチストップを確実に回避しながらコンタクトホールを形成することができる。

【０１３１】

一方、図２２は、図１に示す装置を用いてフルオロカーボンガス（ここではC_2F_6ガス）を使用しながらＲＦパワーを２３００Ｗとし、これに添加するO_2ガスの流量と、石英ドーム２Ａの温度とを変えたときの発光スペクトル中のＯピーク値とC_2ピーク値との比であるO/C_2の発光強度比を示す図である。図２２に示す各条件のうちO_2ガスの流量が０で石英ドーム２Ａの温度が１６０℃，１８０℃のとき、O_2ガスの流量が１ｓｃｃｍで石英ドーム２Ａの温度が１６０℃，１８０℃のとき、O_2ガスの流量が２ｓｃｃｍで石英ドーム２Ａの温度が１６０℃のときにエッチストップが生じた。すなわち、O/C_2の発光強度比が１９以下のときにエッチストップが生じていることがわかる。このときのプラズマ中のＯ／Ｃの濃度比はO/C_2の発光強度比とは一致しないが、予めエッチストップが生じないO/C_2の発光強度比がわかっているので、このO/C_2の発光強度比がエッチストップを生じない適正範囲に入るようにO_2ガスとフルオロカーボンガスとの流量比を制御することにより、エッチストップを確実に回避しながらコンタクトホールを形成することができる。なお、図２２に示すデータでは、エッチストップを生じる温度が図２１に示す温度よりも低いが、これは、ＲＦパワーが２３００Ｗと少し弱いためと思われる。

【０１３２】

また、図２１及び図２２のデータを総合すると、プラズマ中のＣ，Ｆ及びＯの発光強度比が適正範囲内にあるように、プラズマ中の３者の濃度比を制御することは可能であることはわかる。ただし、フルオロカーボンガスなどのエッチングガスの種類が定まると、反応室内に存在する炭素とフッ素の濃度比はほぼ一定となる。したがって、一般的には、Ｏ／Ｆの発光強度比またはO/C_2の発光強度比を測定しながらO_2ガスの流量を制御すればよいことがわかる。その場合、O/C_2の発光強度比を制御パラメータとする方がホールの底部に炭素含有生成物が堆積しようとする作用とそれを除去しようとする作用とのバランスが適正に図れるように直接的に制御することができる。しかし、図２（ａ），（ｂ）に示すように、発光スペクトル中のＯとC_2のピーク値を与える波長は大きく異なっているので、両者の発光ピーク強度比を正確に求めるには手間を要する。その点、発光スペクトル中のＯとＦのピーク値を与える波長は極めて近いので、両者の発光ピーク強度比は迅速かつ正確に測定することができる。また、図２１に示すように、フルオロカーボンガスの種類によって炭素とフッ素の濃度比はほぼ一定と見なせるので、ＯとＦとの発光強度比をＯとC_2との発光強度比の代わりに制御パラメータとして利用することができる。その場合、図２１に示すエッチストップが生じたときのＯ／Ｆの発光強度比は、実際はエッチストップが生じるO/C_2の発光強度比つまりプラズマ中のＯとＣの濃度比を表しているとも考えることができる。ただし、Ｆの濃度自体も別の機能面でエッチング作用に影響を及ぼすので、エッチング作用を害しない範囲でエッチストップを防止するためにＯ／Ｆの発光強度比を制御パラメータとして利用することもできる。

【０１３３】

上記各データに示されるエッチストップの発生の有無とＣ，Ｆ，Ｏの発光強度比との関係から、エッチング途中におけるエッチストップを生じないためには、プラズマ中のＣ，Ｆ，Ｏの濃度比が以下の範囲であることが好ましいと思われる。

【０１３４】
まず、エッチストップが生じないためには、Ｏ／Ｆの濃度比が４以上であることが好ましいと思われる。一方、Ｏ／Ｆの濃度比が大きすぎるとシリコン酸化膜とシリコン基板とのエッチング選択比が悪化するとともにエッチングレートが低下するので、１０以下であることが好ましいと思われる。すなわち、Ｏ／Ｆの濃度比は４～１０であることが好ましいと思われる。
【０１３５】
また、プラズマ中のＯ／Ｃの濃度比が小さすぎるとエッチング途中におけるエッチストップが生じることから、Ｏ／Ｃの濃度比が２以上であることが好ましいと思われる。一方、プラズマ中のＯ／Ｃの濃度比が大きすぎるとシリコン酸化膜とシリコン基板とのエッチング選択比が高くできないので、５以下であることが好ましいと思われる。すなわち、プラズマ中のＯ／Ｃの濃度比は２～５であることが好ましいと思われる。
【０１３６】
ここで、単に一定流量のO_2ガスを流すだけでは、多くのウエハを処理していくうちに反応室のプラズマ中のＣ，Ｆ，Ｏの濃度比が次第に適正範囲からずれて、突然エッチストップが発生する事態を確実に回避することができない。これは、プラズマ中のＣ，Ｆ，Ｏの濃度比が最適範囲から少しでもずれていると、そのずれが蓄積されて行くことによるものと思われる。したがって、プラズマ中のＣ，Ｆ，Ｏの濃度比が適正範囲になるように制御することにより、常にプラズマ中のＣ，Ｆ，Ｏの濃度比が適正範囲に保たれて、より確実にエッチストップを防止できる利点がある。
【０１３７】
ここで、上述のような適正なＣ，Ｆ，Ｏの濃度比を実現するための方法としては、以下の方法がある。
【０１３８】
第１の方法は、既に説明したように、O_2ガスを添加することなく石英ドーム２Ａの温度を制御する方法である。この方法によって、Ｏの濃度が調整される結果、Ｏに対するＣ及びＦの濃度比をそれぞれ適正範囲に維持することが可能である。この方法については、既に説明したとおりである。
【０１３９】
ただし、石英部材の加熱制御だけでは、適正範囲を実現するための条件が狭くなる。そこで、以下の方法が可能である。
【０１４０】
まず、トップヒータ６によってポリシリコンからなる上部電極７を暖めると、Ｆが直接ポリシリコンと反応する、つまり、ポリシリコンがＦを吸収するという作用が大きくなる。例えば、O_2ガスを供給せずに、石英ドーム２Ａを２２０℃に加熱し、かつ上部電極７を加熱し、ソースパワーを２５００W印加した場合、２４０℃ではエッチストップが生じなかったが、２６０℃に加熱するとエッチストップが生じるという結果が得られている。これは、Ｆの濃度比が低くなったためと思われる。したがって、トップヒータ６によってポリシリコンからなる上部電極７（以下、ポリシリコン電極と呼ぶ）を加熱制御することによって、Ｆの濃度比を調整することができる。
【０１４１】
図３５は、Ｏ／Ｆの発光強度比が適正範囲内に入るように石英ドームの加熱量やポリシリコン電極の加熱量を制御することにより、エッチストップを防止するための手順を示すフローチャートである。
【０１４２】
ステップＳＴ３１で、ウエハを反応室内に搬入して、ステップＳＴ３２で反応室内へのガスの供給を開始するとともに、ステップＳＴ３３でアンテナコイル３及び下部電極１０に高周波電力を印加して、ウエハ上の酸化膜のエッチングを開始する。その後、ステップＳＴ３４で、ドームヒーター２４による石英ドーム２Ａの加熱制御を行ない、ステップＳＴ３５で、トップヒーター６によるポリシリコン電極の加熱制御を行ない、ステップＳＴ３

６で、Ｏ，Ｆの発光強度を検出する。次に、ステップＳＴ３７で、Ｏ／Ｆの発光強度比が適正範囲内か否かを判別して、適正範囲内であればステップＳＴ３８に進んでエッチングを続行する。一方、ステップＳＴ３７における判別でＯ／Ｆの発光強度が適正範囲内になければステップＳＴ３９に移行し、石英ドームの加熱量又はポリシリコン電極の加熱量（あるいは両者の加熱量）を変更してから、ステップＳＴ３４に戻る。

【０１４３】

以上の制御により、プラズマ中のＯ／Ｆの濃度比をエッチストップが生じない範囲に制御することができる。

【０１４４】

また、炭素を含有する部材を反応室内に設置してこれを加熱制御するようにしてもよい。例えばトップヒータ７をカーボンで構成し（以下、カーボンヒーターと呼ぶ）、加熱することによって反応室内へのＣの放出量を制御し、プラズマ中のＣの濃度比を調整することができる。

【０１４５】

図３６は、Ｏ／Ｆの発光強度比及びＯ／C_2 の発光強度比が適正範囲内に入るように石英ドームの加熱量やカーボンヒーターの加熱量を制御することにより、エッチストップを防止するための手順を示すフローチャートである。

【０１４６】

ステップＳＴ４１で、ウエハを反応室内に搬入して、ステップＳＴ４２で反応室内へのガスの供給を開始するとともに、ステップＳＴ４３でアンテナコイル３及び下部電極１０に高周波電力を印加して、ウエハ上の酸化膜のエッチングを開始する。その後、ステップＳＴ４４で、ドームヒーター２４による石英ドーム２Ａの加熱制御を行ない、ステップＳＴ４５で、カーボンヒーターの加熱制御を行ない、ステップＳＴ４６で、Ｏ，Ｆ，C_2 の発光強度を検出する。次に、ステップＳＴ４７で、Ｏ／Ｆの発光強度比が適正範囲内か否かを判別した後、さらにステップＳＴ４８で、Ｏ／C_2 の発光強度比が適正範囲内か否かを判別して、両者がいずれも適正範囲内であればステップＳＴ４９に進んでエッチングを続行する。一方、Ｏ／Ｆの発光強度比又はＯ／C_2 の発光強度比が適正範囲内になければステップＳＴ５０に移行し、石英ドームの加熱量又はカーボンヒーターの加熱量（あるいは両者の加熱量）を変更してから、ステップＳＴ４４に戻る。

【０１４７】

以上の制御により、プラズマ中のＯ／Ｆの濃度比及びＯ／C_2 の濃度比をエッチストップが生じない範囲に制御することができる。

【０１４８】

また、Ｃ，Ｆ，Ｏの濃度比を調整するためには、これらの元素のうち少なくともいずれか１つを含むガスを反応ガス，あるいは添加ガスとして使用することができる。

【０１４９】

例えば、反応ガスとして、CF_4，C_2F_6，C_3F_8，C_4F_8，C_5F_8 及びC_6F_6 のうち少なくともいずれか１つを含むガスを使用することができる。また、C_4F_8 にＣＯガスまたはO_2 ガスを添加してもよい。さらに、C_6F_6 にC_4F_8 を加えたガスを反応ガスとして用いることで、Ｃ，Ｆの濃度比をより微細に調整することもできる。

【０１５０】

また、$C_xF_yO_z$ で表されるガス（例えば$C_2F_2O_2$，$C_4F_6O_3$，$C_6F_4O_2$ など）を使用すれば、ＣＯガスのごとく毒性のあるガスを使用しなくても、単一の反応ガスによってＣ，Ｆ，Ｏの濃度比を適正範囲に維持することが可能となる。また、これらのガスに、CF_4 等のフルオロカーボンガスを加えてもよい。

【０１５１】

特に、以上の反応ガス，添加ガスを使用する場合、反応室内に露出する表面部分が石英やカーボンで構成される部材を反応室内には配置せずに、ガスの流量の制御のみで、プラズマ中のＣ，Ｆ，Ｏの濃度比を適正に調整するようにしてもよい。

【０１５２】

（第８の実施形態）
本実施形態では、反応室内におけるアルミニウムイオンの存在に起因して生じるエッチストップに関して説明する。
【０１５３】
一般に、金属膜（特に配線用のＡｌ膜，Ｔｉ膜，Ｃｕ膜，W膜，Ｃｏ膜など）をエッチングする際や、金属膜上の他の部材（例えばシリコン酸化膜）をエッチングし終わって金属膜が露出したときに、反応室内のプラズマに金属が飛散する現象が見られる。図２３（ａ），（ｂ）は、Ａｌ膜をエッチングするときとＳｉ基板をエッチングするときのプラズマの発光分析の結果を示す発光スペクトル図である。図２３（ａ）に示すデータにおいては、図２３（ｂ）には現れていないＡｌイオンが検出されており、プラズマ中にＡｌイオンが飛散していることが裏付けられている。
【０１５４】
そして、飛散した金属はチャンバー内の部材に付着してエッチング種（Ｆ，０）と結合するものと思われる。図２４は、チャンバー内のシリコン天板と石英ドームの表面をＸＰＳにより分析した結果を示す図である。同図において、横軸は結合力（ｅＶ）を表し、縦軸は分析強度を示す。同図に示されるように、両部材共にＡｌ－Ｆ結合を有する物質の存在が確認されている。
【０１５５】
図２５は、反応室内へのＡｌの飛散に起因するエッチストップのモデルを示す断面図である。また、図２６は、エッチストップが発生する過程を示すフローチャートである。以下、図２５及び図２６を参照しながら、エッチストップが発生する過程について説明する。
【０１５６】
ここでは、チャンバーの壁部を石英ドームとシリコン天板とにより構成し、２つのＲＦ電源により、誘導コイルと下部電極に高周波電力を印加するように構成された誘導結合型プラズマ装置を用いる場合を例に採っている。ウエハ上にシリコン酸化膜からなる層間絶縁膜が形成されており、この層間絶縁膜にＡｌ配線に到達するホール（バイヤホール）を形成するためのプラズマエッチングを行なっているとする。プラズマ内には、フロロカーボンの分解によって生じたＦイオン，ＦラジカルやC$_2$ イオンが存在している。このとき、大面積のホール（例えばボンディングパッド上のホール）があると、そのホールが貫通されると、大面積のＡｌ配線の表面が露出する。そして、プラズマ中にＡｌイオンが飛散すると、プラズマ内のＦイオンとＡｌイオンとが結合して化合物ＡｌF$_x$ が形成され、これがシリコン天板や石英ドーム上に堆積する。このＡｌF$_x$ の形成によって、プラズマ中のエッチング種（Ｆ）が減少し、C$_2$ ／Ｆ比が上昇する。その結果、実施形態の前に述べた作用により、エッチストップが生じる。このような形態のエッチストップは、上記条件（ｃ）が満たされたことによって生じると考えられる。
【０１５７】
ただし、このような金属汚染に起因するエッチストップは、高アスペクト比のホールのエッチングによっては生じにくい。図２７は、１０００個のイオンがホールにある場合に、どの位置に存在するかをモンテカルロシミュレーションにより求めた結果を示す図である。同図の横軸は１０００個のイオンの番号を表し、縦軸は断面が一定のホールの底面からの高さをアスペクト比として表したものである。つまり、あるアスペクト比のホールにイオンが閉じこめられる確率は、図２７中でそのアスペクト比の位置よりも下方にあるイオンの数をイオンの総数で割った値になる。
【０１５８】
図２８は、図２７のシミュレーション結果に基づいてイオンがホール内にトラップされる確率と、イオンがホールの外に飛散する確率とがアスペクト比によってどのように変化するかを計算した結果を示す図である。図２７及び図２８に示されるように、ホールのアスペクト比が高くなるほどＡｌイオンはホールの外に飛散しにくくなることがわかる。
【０１５９】
この理由は、図２９に示すように、高アスペクト比のホールを形成する際には、Ａｌ配線

から飛散したＡｌイオンの大部分が、ホールの側面上にデポ物として堆積し、ホール内にトラップされるからと考えられる。

【０１６０】

したがって、ボンディングパッド上のホールのようなアスペクト比の低いホールを含むプラズマエッチングを行なう場合、このような形態のエッチストップが生じる確率が高い。すなわち、ボンディングパッド上のホールが開口されるごとに金属イオンが飛散し、これが次第に反応室内に蓄積されると、反応室内のエッチング種が低減していくので、何枚目かのウエハにおいて、エッチストップが発生することになる。

【０１６１】

次に、このような金属汚染に起因するエッチストップを回避するためには、以下のような手段が有効である。

【０１６２】

第１の方法は、チャンバー内に金属製部材の表面を露出させない方法である。金属製部材の表面がチャンバー内に露出していると、金属製部材の表面でエッチング種と金属との結合が生じることにより、エッチング種（Ｆなど）が不足して、金属配線の表面が露出したのと同様の作用が生じるからである。例えばチャンバーの気密性保持のために使用されるＯリングに金属を混入したものがあるが、このような状態で使用される金属も問題となる。例えば図１４に示す装置におけるＯリング１６は、従来、アルミニウム等の金属をシリコンゴム中に混入させたものを使用しているが、本実施形態では、このＯリング１６を金属を含まないシリコンゴムなどにより構成する。これによって、金属汚染に起因するエッチストップを確実に防止できることが確認された。また、金属酸化物を用いたセラミックを含むＯリング等の部材をチャンバー内には配設しないことが好ましい。

【０１６３】

第２の方法は、反応室内のフロロカーボンプラズマ又はフロンプラズマによって反応室内において金属イオンのクリーニングを行なう方法である。図３０は、エッチストップを生じた条件下において、フロロカーボンプラズマによるクリーニングを行なったときの回復程度を調べた実験の結果を示す図である。同図の横軸はクリーニング時間を、同図の縦軸は再エッチングを行なったときのエッチストップを生じるまでに進行したホールの深さをそれぞれ表しており、厚み１μｍの酸化膜にホールを形成するようにしている。これは、エッチストップを生じた時点では、反応室内に金属イオンが多く残存しており、これをフロロカーボンプラズマで徐々にクリーニングしていることを意味する。図３０に示されように、クリーニング時間を経るごとにエッチング深さが深くなっており、８時間で金属イオンの濃度がわずかである元の状態に回復していることが示されている。このことは、アスペクト比２．８程度のホールをエッチングしたときに放出される金属イオンによる汚染は、ウエハ１枚当たりに換算すると５０秒程度のクリーニングによって除去され、エッチストップに至らないことが計算及び実験で確認されている。

【０１６４】

この第２の方法の変形として、クリーニングを行なう代わりに、次のウエハ処理時のフロロカーボンプラズマによるメインエッチの時間をわざと長めにして、その前の処理で反応室内に放出された金属イオンを除去する方法である。具体的には、基板上に印加するバイアスパワーを通常の条件よりも落とすことにより、エッチングレートを小さくしてエッチングする方法などがある。

【０１６５】

本実施形態における金属の代表的なものとしてはＡｌ，Ｔｉ，Ｃｕ，Ｗ，Ｃｏがある。ただし、これらに限定されるものではなく、エッチング種（Ｆなど）と反応性のあるものが該当する。

【０１６６】

（その他の実施形態）

本発明を適用できる被加工領域は、特に酸素を含む膜例えばシリコン酸化膜，アルミナ膜等の酸化物により構成される膜であるときに大きな効果を発揮することができる。このよ

うな酸化物により構成される膜は、エッチングされたときに酸素を放出するので、これを利用してシリコン基板やポリシリコン膜とのエッチング選択比を高く維持しようとすると上述のようなエッチストップを招くおそれがあるからである。

【０１６７】

上記各実施形態では、チャンバーの側壁を石英ドーム又は窒化珪素ドームで構成したが、本発明はかかる実施形態に限定されるものではなく、石英ドーム等がチャンバー内に設置されているものでもよい。その場合、反応室は、石英ドーム等で囲まれる部分であり、石英ドーム等の外壁面から酸素が発生するような場合も含まれる。

【０１６８】

上記各実施形態では、酸素含有部材として石英ドームしか例示していないが、他の酸化物系の無機材料でドームを構成してもよい。

【０１６９】

上記各実施形態では、プラズマ処理としてエッチングについてしか説明していないが、本発明はかかる実施形態に限定されるものではない。例えばアンモニアガスや窒素ガス雰囲気中でプラズマ処理を行ってコンタクトホール底の半導体基板や金属配線中に窒素を導入するような場合にも、本発明のプラズマ処理を適用することができる。

【０１７０】

【発明の効果】

本発明の半導体装置の製造方法によれば、反応室内でプラズマエッチングを行なった後、反応室内の金属イオンを除去するためにエッチング用ガスを所定時間の間流すようにしたので、金属イオンの蓄積に起因するエッチストップの発生を未然に防止することができる。

【０１７１】

本発明の半導体装置の製造装置によれば、１×１０^{11}／$ｃｍ^{3}$ 以上の高密度プラズマを用いてプラズマエッチングを行なうための反応室内に酸素含有部材を設け、エッチストップが生じないようにこの酸素含有部材を加熱制御しているので、酸素含有部材の内壁面からの酸素の放出量を確保することにより、エッチストップを確実に防止することができる。

【０１７２】

本発明の半導体装置の製造装置によれば、プラズマエッチングを行なうための反応室内に表面が露出した金属製部材を設置しないようにしているので、金属製部材から飛散する金属イオンの蓄積に起因するエッチストップを確実に防止することができる。

【０１７３】

本発明の半導体装置の製造方法によれば、プラズマエッチングによりホールを形成する際には、エッチストップが生じないように反応室内のプラズマ中のＯの濃度を調節するようにしたので、ホールの底に堆積する－Ｃ－Ｃ－ポリマーを確実に除去することにより、エッチストップを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明で使用される半導体装置の製造装置の構成の例を部分的に断面図で示すブロック図である。

【図２】エッチストップを生じないで円滑に加工ができた場合の発光スペクトルを示す図である。

【図３】エッチストップを生じて貫通ホールが形成されない場合の発光スペクトルを示す図である。

【図４】ホールの底面上に堆積するデポ物の結合状態を調べるために行ったサンプル１～６の基板の中心位置と端部位置とにおけるＥＳＣＡの分析結果をそれぞれ示す図である。

【図５】図４に示すサンプル１～６について、ホールの底面上に堆積するデポ物の成分を分析した結果をそれぞれ示す図である。

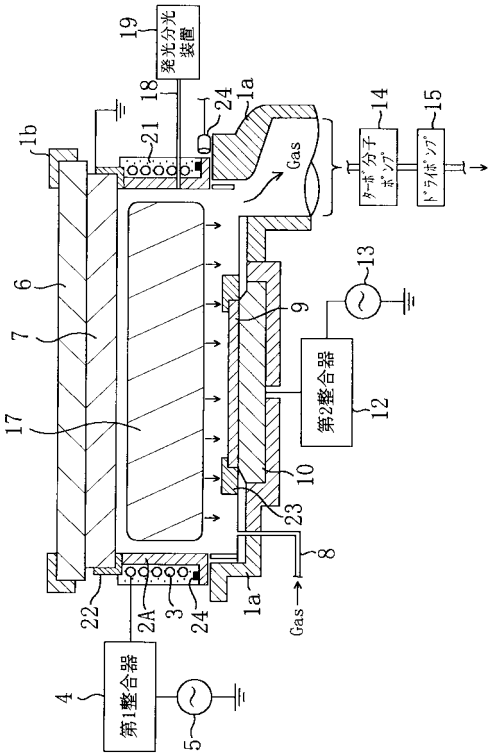
【図６】Ｏ，Ｆ及び$Ｃ_{2}$ の発光強度のソースパワー依存性に関するデータを示す図である。

【図７】Ｏ／Ｆの発光強度比及び$Ｃ_{2}$ ／Ｆの発光強度比のソースパワー依存性を示す図で

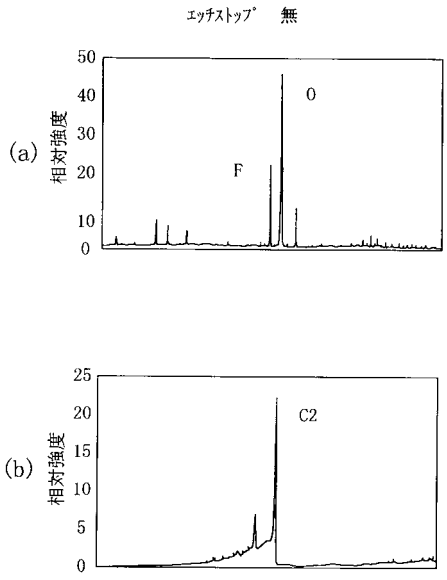
ある。
【図８】Ｏ，Ｆ及びC_2の発光強度のドームの壁温依存性を示す図である。
【図９】Ｏ／Ｆの発光強度比及びC_2／Ｆの発光強度比のドームの壁温依存性を示す図である。
【図１０】ドライエッチングにおける正常な貫通ホールが形成された状態，エッチストップが生じた状態、貫通ホールが形成された後オーバーエッチングを行ったときの状態をそれぞれ示すＳＥＭ写真を複写した図である。
【図１１】第１の実施形態に係る酸素発光分析により得られたＯの発光強度の石英ドームの壁温依存性を示す図である。
【図１２】第１の実施形態によるコンタクトホール形成のためのエッチングにおいてエッチストップが生じた状態と貫通ホールが形成された状態とをそれぞれ示す断面図である。
【図１３】第２の実施形態に係る酸素発光分析により得られたＯの発光強度の石英ドームの壁温依存性を示す特性図である。
【図１４】第３の実施形態に係る半導体装置の製造装置の構成を部分的に断面図で示すブロック図である。
【図１５】第３の実施形態に関して行った実験で得られた窒化珪素ドームと石英ドームとを使用した場合におけるＯの発光強度の相違を示す図である。
【図１６】第４の実施形態に係る石英ドームの温度を１８０℃にしたときのＯの発光強度の石英ドームのロット依存性を示す図である。
【図１７】第５の実施形態に係るＯの発光強度が規格値よりも大きい値の石英ドームを半導体装置の製造装置に数回取り付け，取り外しを行ったときのＯの発光強度のばらつきを示す図である。
【図１８】第６の実施形態に係るＯの発光強度とＦの発光強度との比の石英ドームの壁温依存性を示す特性図である。。
【図１９】第６の実施形態に係る半導体装置の製造装置の制御系統図である。
【図２０】第６の実施形態に係る半導体装置のエッチング工程の手順を示すフローチャート図である。
【図２１】第７の実施形態の第２の具体例におけるC_2F_6ガスに添加するO_2ガスの流量と石英ドームの温度とを変えたときのＯ／Ｆの発光強度比を示す図である。
【図２２】第７の実施形態の第２の具体例におけるC_2F_6ガスに添加するO_2ガスの流量と石英ドームの温度とを変えたときのＯ／C_2の発光強度比を示す図である。
【図２３】第８の実施形態におけるＡｌ膜をエッチングするときとＳｉ基板をエッチングするときのプラズマの発光分析の結果を示す発光スペクトル図である。
【図２４】第８の実施形態におけるチャンバー内のシリコン天板と石英ドームの表面をＸＰＳにより分析した結果を示す図である。
【図２５】第８の実施形態における反応室内へのＡｌの飛散に起因するエッチストップのモデルを示す断面図である。
【図２６】第８の実施形態におけるエッチストップが発生する過程を示すフローチャート図である。
【図２７】第８の実施形態において、１０００個のイオンがホールにある場合に、どの位置に存在するかをモンテカルロシミュレーションにより求めた結果を示す図である。
【図２８】図２７のシミュレーション結果に基づいてイオンがホール内にトラップされる確率と、イオンがホールの外に飛散する確率とがアスペクト比によってどのように変化するかを計算した結果を示す図である。
【図２９】第８の実施形態におけるＡｌ配線から飛散したＡｌイオンがホールの側面上にデポ物として堆積している状態を示す断面図である。
【図３０】第８の実施形態において、エッチストップを生じた条件下において、フロロカーボンプラズマによるクリーニングを行なったときの回復程度を調べた実験の結果を示す図である。
【図３１】石英ドームを使用してその温度を一定に保持しながら、酸素ガスを供給したと

きのＯの発光強度をコイル電力をパラメータとして示す図である。
【図３２】コイル電力を変更したときのコイル電力に対するＯ／Ｆの発光強度比及びC_2／Ｆの発光強度比の変化を示す図である。
【図３３】第１の実施形態において、Ｏの発光強度が適正範囲内に入るように石英ドームの壁温を制御するための手順を示すフローチャート図である。
【図３４】第３の実施形態において、Ｏの発光強度が適正範囲内に入るように酸素ガスの流量を制御する手順を示すフローチャート図である。
【図３５】第７の実施形態において、Ｏ／Ｆの発光強度比が適正範囲内に入るように石英ドームの加熱量やポリシリコン電極の加熱量を制御する手順を示すフローチャート図である。
【図３６】第７の実施形態において、Ｏ／Ｆの発光強度比及びC_2／Ｏの発光強度比が適正範囲内に入るように石英ドームの加熱量やカーボンヒーターの加熱量を制御する手順を示すフローチャート図である。
【図３７】正常なエッチング，マイクロローディング及びエッチストップの３つの場合におけるエッチングの進行状態を示す図である。
【符号の説明】
１ａ　チャンバーの下枠
１ｂ　チャンバーの上枠
２　石英ドーム（酸素含有部材）
３　アンテナコイル
４　第１整合器
５　第２高周波電源
６　ヒーター
７　上部電極
８　ガス導入口
９　基板
１０　下部電極
１１　ブロッキングコンデンサ
１２　第２整合器
１３　第２高周波電源
１４　ターボ分子ポンプ
１５　ドライポンプ
１６　Ｏリング
１７　プラズマ
１８　光ファイバー
１９　発光分光装置
２１　アルミナ筒
２２　クーリングリング
２３　ウエハクランプ
２４　ドームヒーター
２５　石英ライナー１０１　レジスト膜
１０２　酸化膜
１０３　シリコン基板
１０４　コンタクトホール
１０５　デポ物

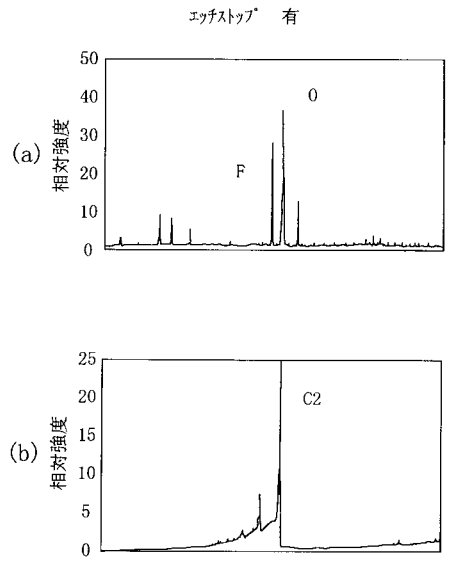
【図１】


発光分光装置
19
18
24
1a
1b
21
Gas
14
15
ﾀｰﾎﾞ分子ﾎﾟﾝﾌﾟ
ﾄﾞﾗｲﾎﾟﾝﾌﾟ
13
6
7
9
第2整合器
12
17
10
23
8
22
2A
3
24
1a
Gas→
4
第1整合器
5

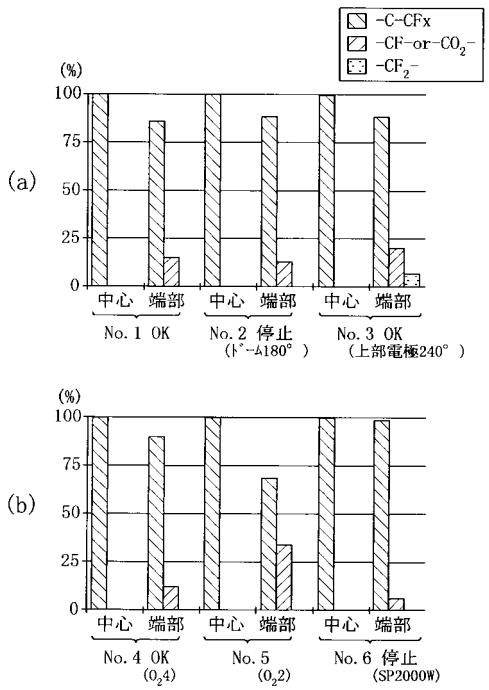
【図２】


ｴｯﾁｽﾄｯﾌﾟ 無
(a)
相対強度
50
40
30
20
10
0
O
F
(b)
相対強度
25
20
15
10
5
0
C2

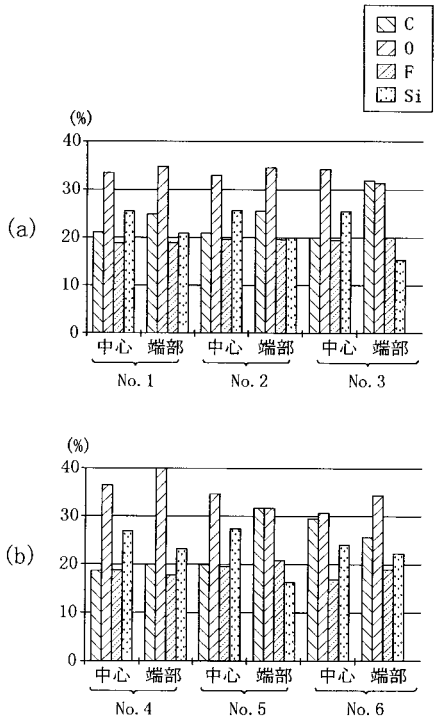
【図３】


ｴｯﾁｽﾄｯﾌﾟ 有
(a)
相対強度
50
40
30
20
10
0
O
F
(b)
相対強度
25
20
15
10
5
0
C2

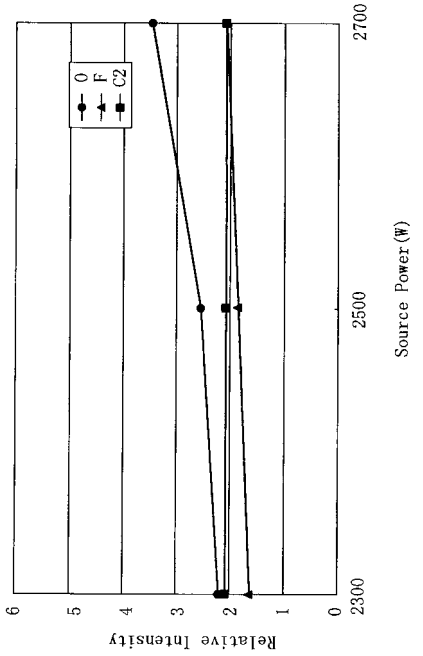
【図４】


-C-CFx
-CF-or-CO2-
-CF2-
(%)
100
75
50
25
0
(a)
中心 端部 中心 端部 中心 端部
No. 1 OK
No. 2 停止
(ﾄﾞｰﾑ180°)
No. 3 OK
(上部電極240°)
(b)
No. 4 OK
(O2 4)
No. 5
(O2 2)
No. 6 停止
(SP2000W)

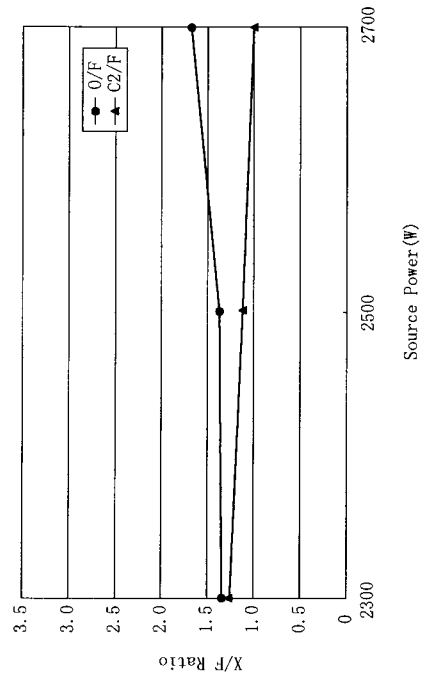
【図５】


C
O
F
Si
(%)
40
30
20
10
0
(a)
中心 端部 中心 端部 中心 端部
No. 1 No. 2 No. 3
(%)
40
30
20
10
0
(b)
中心 端部 中心 端部 中心 端部
No. 4 No. 5 No. 6

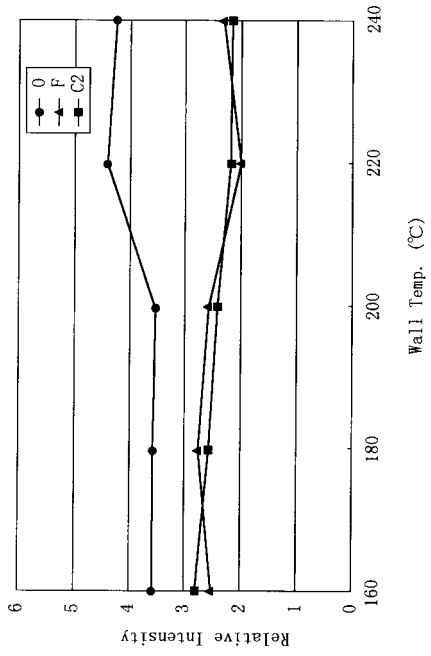
【図６】


O
F
C2
Relative Intensity
Source Power(W)
2700
2500
2300
6
5
4
3
2
1
0

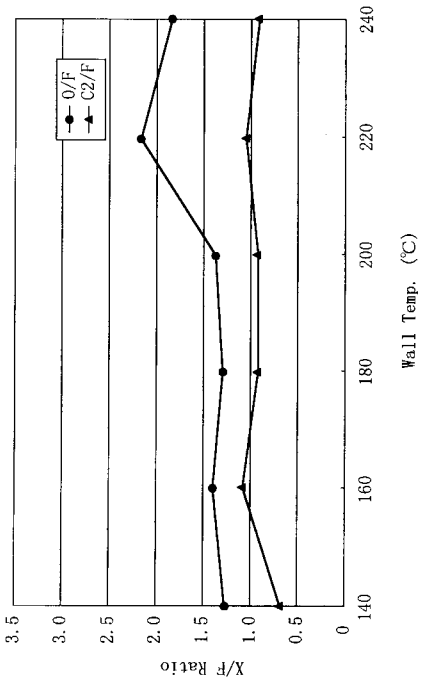
【図７】


O/F
C2/F
X/F Ratio
Source Power(W)
2700
2500
2300
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0

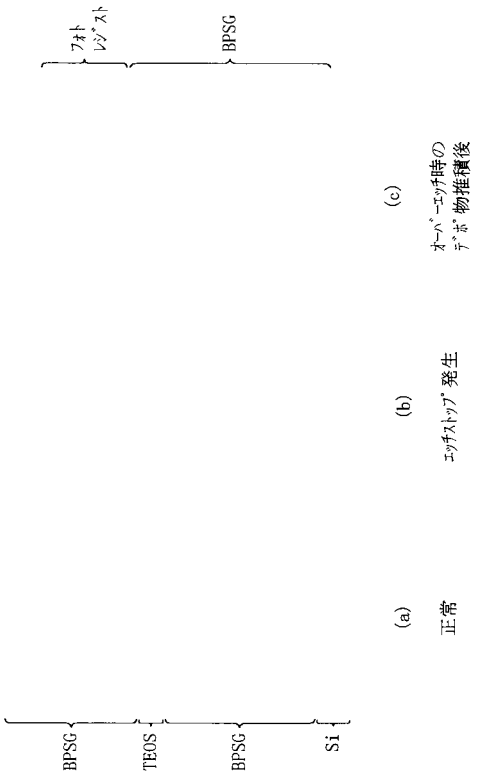
【図８】


O
F
C2
Relative Intensity
Wall Temp. (℃)
240
220
200
180
160
6
5
4
3
2
1
0

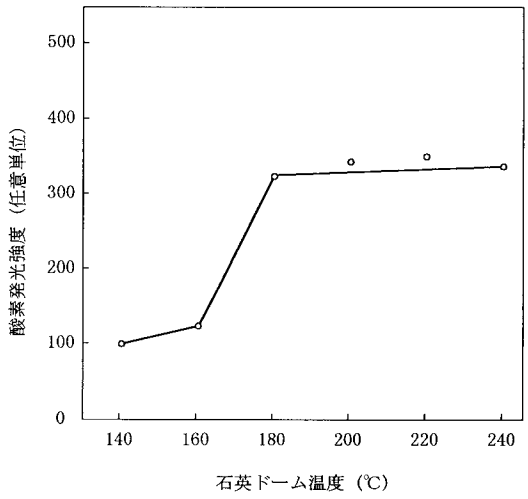
【図９】



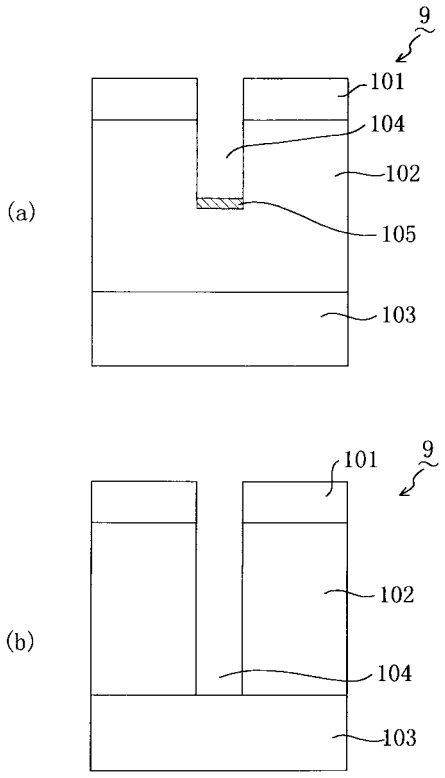
【図１０】



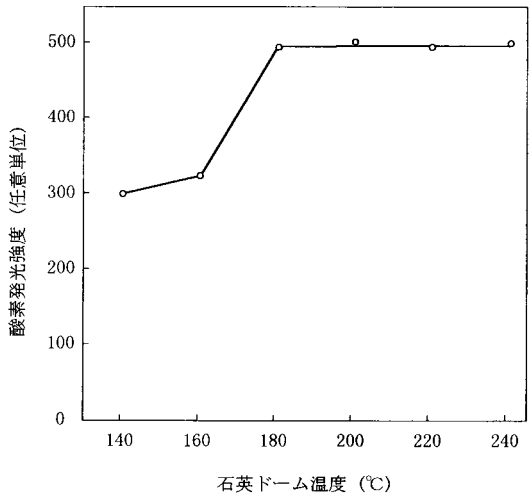
【図１１】



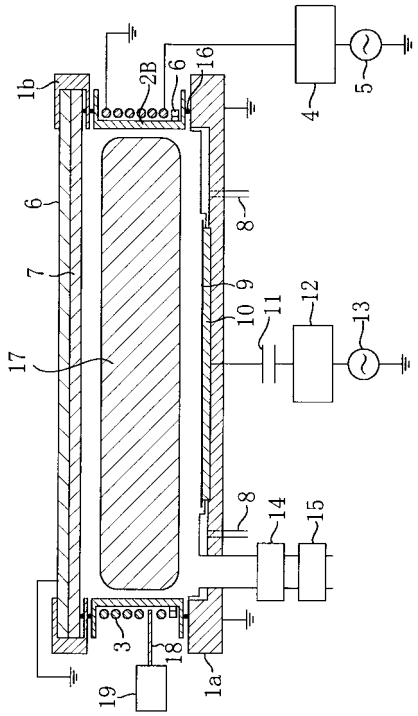
【図１２】



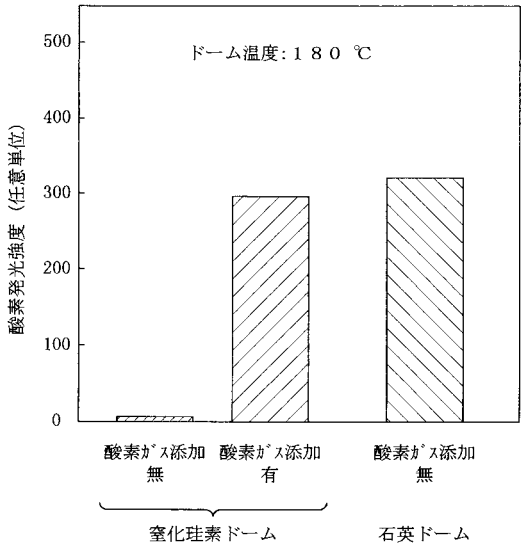
【図１３】



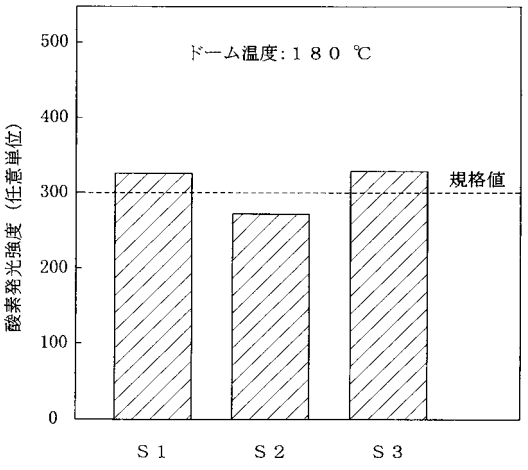
【図１４】



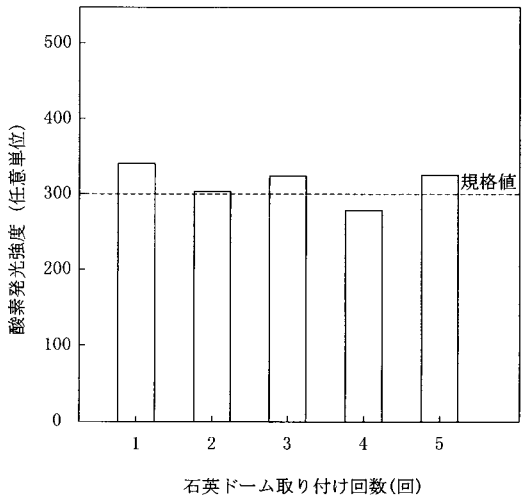
【図１５】



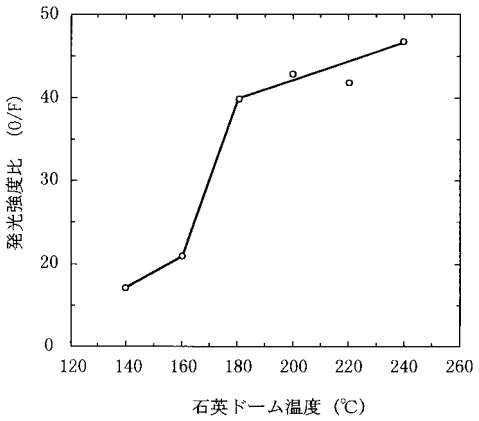
【図１６】



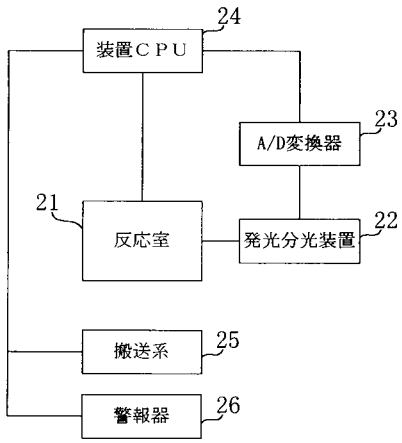
【図１７】



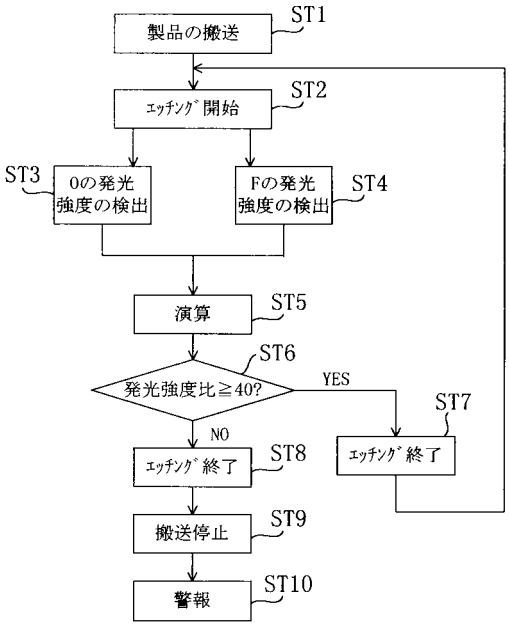
【図１８】



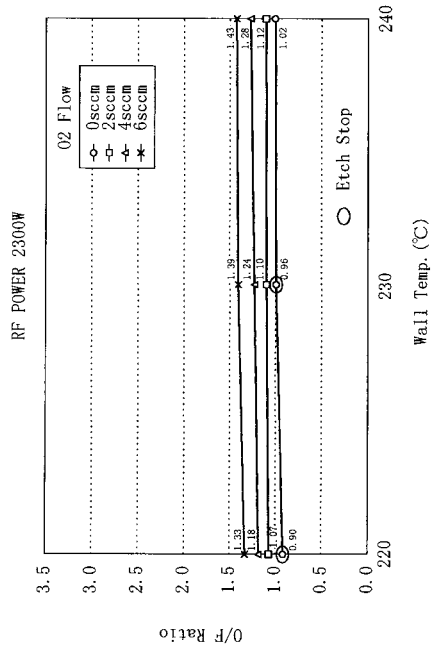
【図１９】



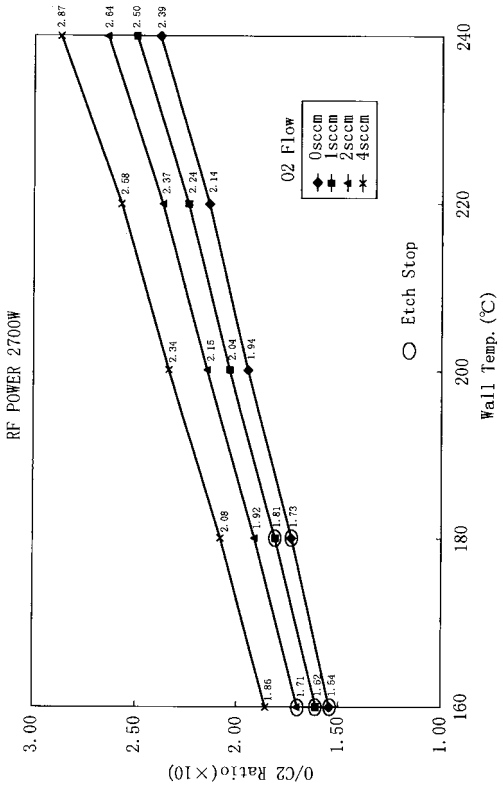
【図２０】



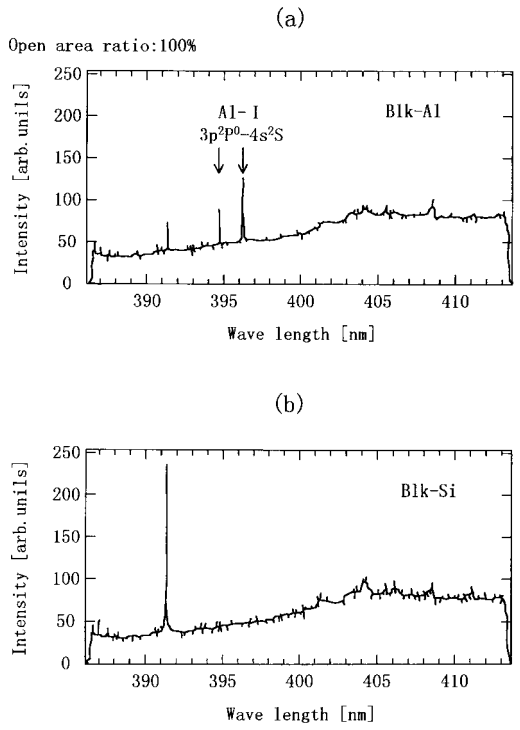
【図２１】



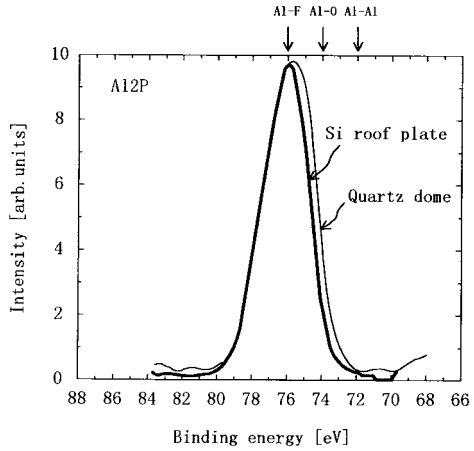
【図２２】



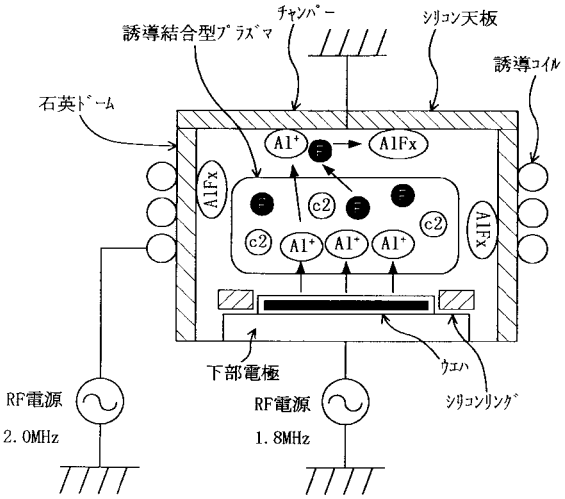
【図２３】



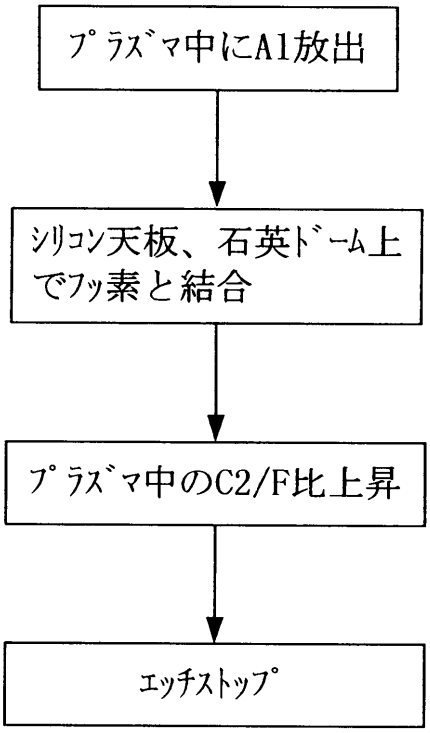
【図２４】



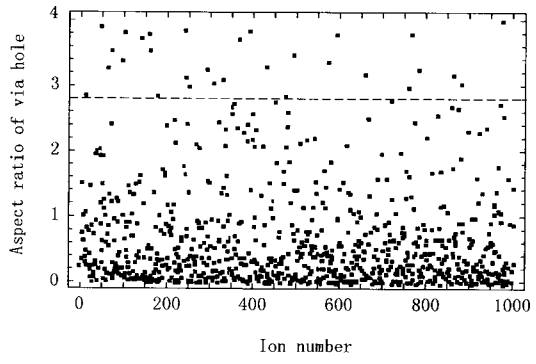
【図２５】



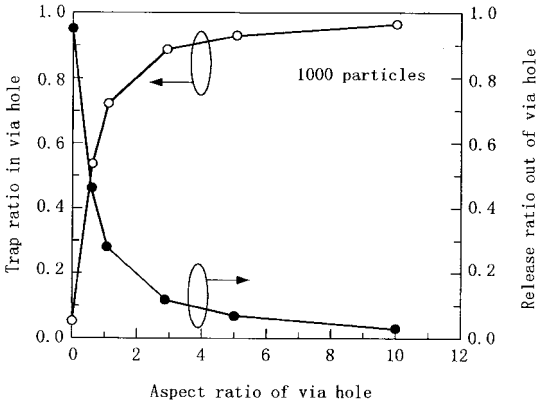
【図２６】



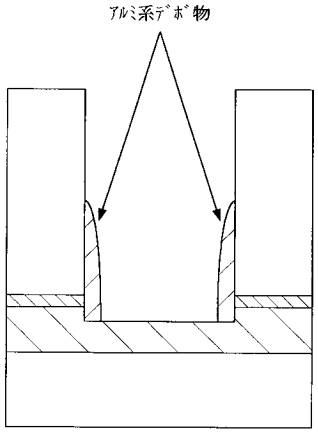
【図２７】



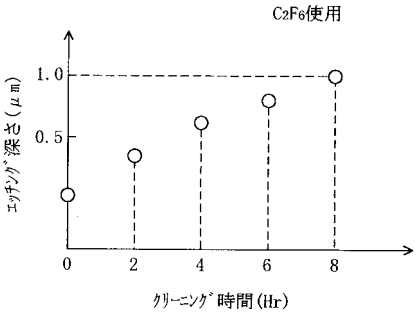
【図２８】



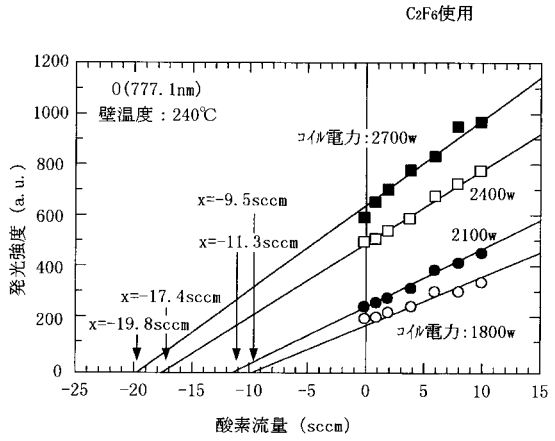
【図２９】



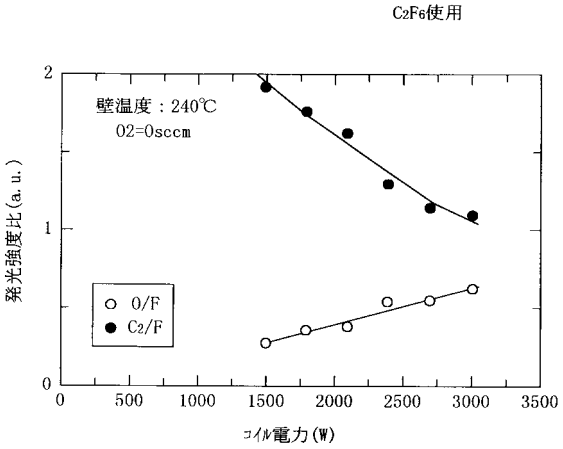
【図３０】



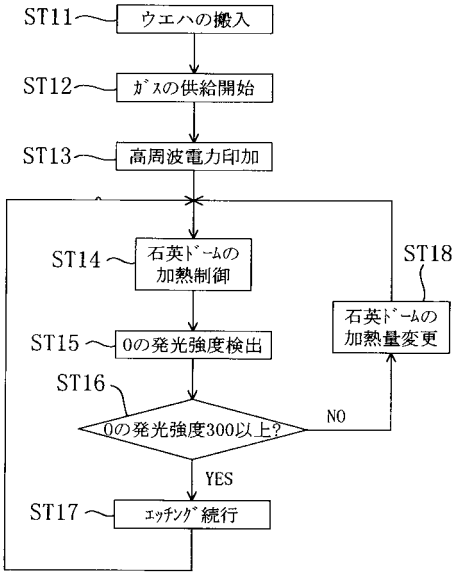
【図３１】



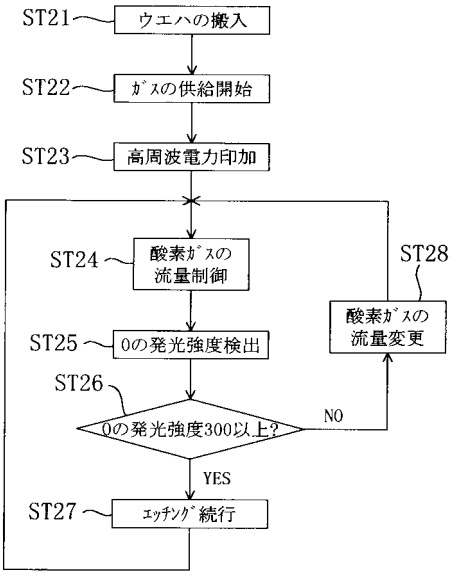
【図３２】



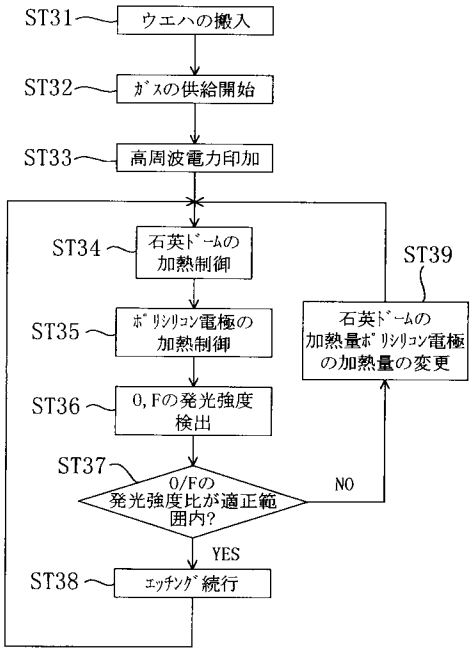
【図３３】



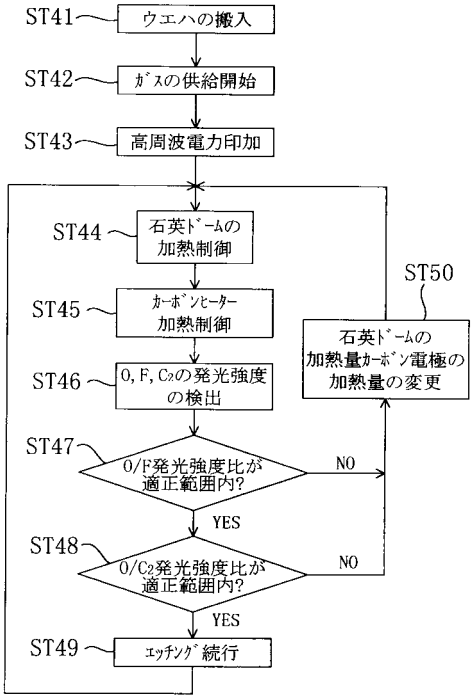
【図３４】



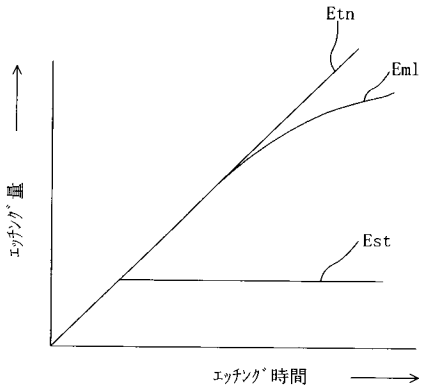
【図３５】



【図３６】



【図３７】



フロントページの続き

(74)代理人 100115510
弁理士 手島 勝
(74)代理人 100115691
弁理士 藤田 篤史
(72)発明者 今井 伸一
大阪府高槻市幸町１番１号 松下電子工業株式会社内
(72)発明者 地割 信浩
大阪府高槻市幸町１番１号 松下電子工業株式会社内
(72)発明者 二河 秀夫
大阪府高槻市幸町１番１号 松下電子工業株式会社内
(72)発明者 中川 聡
大阪府高槻市幸町１番１号 松下電子工業株式会社内
(72)発明者 松元 省二
大阪府高槻市幸町１番１号 松下電子工業株式会社内
(72)発明者 尾藤 陽二
大阪府高槻市幸町１番１号 松下電子工業株式会社内

審査官 今井 淳一

(56)参考文献 特開平０８－０１７８０４（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２６３４０９（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－１４８４７２（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１８１０４４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01L 21/3065