

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3798491号
(P3798491)

(45) 発行日 平成18年7月19日(2006.7.19)

(24) 登録日 平成18年4月28日(2006.4.28)

(51) Int. Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

F I

H01L 21/302 I05A

H01L 21/302 I04Z

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願平9-13402	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番6号
(22) 出願日	平成9年1月8日(1997.1.8)	(74) 代理人	100095957 弁理士 亀谷 美明
(65) 公開番号	特開平10-199869	(74) 代理人	100096389 弁理士 金本 哲男
(43) 公開日	平成10年7月31日(1998.7.31)	(74) 代理人	100101557 弁理士 萩原 康司
審査請求日	平成16年1月5日(2004.1.5)	(72) 発明者	奥石 公 山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の 1 東京エレクトロン山梨株式会社内
		(72) 発明者	本多 電二 山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の 1 東京エレクトロン山梨株式会社内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ドライエッチング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

減圧自在な処理室内に所定の処理ガスを導入し、所定の減圧雰囲気の下で前記処理室内にプラズマを発生させて、前記処理室内の被処理体の被処理面に形成された酸化シリコン系材料層にエッチング処理を施す処理装置におけるドライエッチング方法であって、

前記処理装置は、平行平板型エッチング装置であり、

前記処理ガスは、 C_3F_6 、 O_2 およびArから成る混合ガスであり、前記混合ガスは、前記 C_3F_6 および前記 O_2 の流量比が $0.1 \leq O_2 / C_3F_6 \leq 1.0$ に設定され、前記 C_3F_6 の分圧が $0.5 \text{ mTorr} \sim 2.0 \text{ mTorr}$ に設定され、前記被処理体に形成されたレジスト層に対して酸化シリコン系材料層の選択比が5以上であるようにエッチングする

10

【請求項2】

減圧自在な処理室内に所定の処理ガスを導入し、所定の減圧雰囲気の下で前記処理室内にプラズマを発生させて、前記処理室内の被処理体の被処理面に形成された酸化シリコン系材料層にエッチング処理を施す処理装置におけるドライエッチング方法であって、

前記処理装置は、平行平板型エッチング装置であり、

前記処理ガスは、 C_3F_6 、 O_2 、ArおよびHeから成る混合ガスであり、前記混合ガスは、前記 C_3F_6 および前記 O_2 の流量比が $0.1 \leq O_2 / C_3F_6 \leq 1.0$ に設定され、前記 C_3F_6 の分圧が $0.5 \text{ mTorr} \sim 2.0 \text{ mTorr}$ に設定され、前記被処理体に形成されたレジスト層に対して前記酸化シリコン系材料層の選択比が5以上であるようにエ

20

チングすることを特徴とする，ドライエッチング方法。

【請求項 3】

前記ドライエッチング方法は，コンタクトホールをエッチングすることを特徴とする，請求項 1 ~ 2 項のうちいずれか 1 項に記載のドライエッチング方法。

【請求項 4】

減圧自在な処理室内に所定の処理ガスを導入し，所定の減圧雰囲気の下で前記処理室内にプラズマを発生させて，前記処理室内の被処理体の被処理面に形成された酸化シリコン系材料層にエッチング処理を施す処理装置におけるドライエッチング方法であって，

前記処理装置は，平行平板型エッチング装置であり，

前記処理ガスは， C_3F_6 ， O_2 およびArから成る混合ガスであり，前記被処理体に形成されたレジスト層に対して酸化シリコン系材料層の選択比が5以上であるようにエッチングする条件として，前記 C_3F_6 および前記 O_2 の流量比が $0.1 \leq O_2 / C_3F_6 \leq 1.0$ に設定され，前記 C_3F_6 の分圧が $0.5 \text{ Torr} \sim 2.0 \text{ Torr}$ に設定される前記混合ガスを用いることを特徴とする，ドライエッチング方法。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は，ドライエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

20

従来より，被処理体を気密な処理室内に載置し，所定の処理ガスの導入及び真空引きにより処理室内を所定の減圧雰囲気にした後，例えば処理室内に形成された電極に対して所定の高周波電力を印加することによりプラズマを励起し，このプラズマ中のエッチャントイオンによって，被処理体に対してエッチング処理を施す，ドライエッチング方法が提案されている。

【0003】

かかるエッチング方法において，被処理体，例えば半導体ウェハ（以下，「ウェハ」と称する。）の被処理面に形成された酸化シリコン系材料層，例えばシリコン酸化膜（以下，「 SiO_2 膜」とする。）に対してエッチング処理を施す場合に使用される処理ガスとしては，例えば CF_4 ， C_2F_6 ， C_3F_8 ， $c-C_4F_8$ ， CHF_3 等が用いられている。これら

30

【0004】

さらに，最近の半導体デバイスの超微細化に対応すべく，これら CF_4 ， C_2F_6 ， C_3F_8 ， $c-C_4F_8$ ， CHF_3 等のガス類の中でも，特に選択性や微細加工性に優れる $c-C_4F_8$ が注目されている。例えば，“ULSIドライエッチング技術フォーラム'96，1996年5月21日開催”においては，高密度プラズマ源では，高C/F比のガスである $c-C_4F_8$ が，異方性・選択性を両立する処理ガスとして有効であると報告している。

【0005】

ところで，処理室内に導入された処理ガスが，処理に寄与しなかった場合には，処理ガスはそのまま大気中に放出されている。そして， CF_4 ， C_2F_6 ， C_3F_8 ， $c-C_4F_8$ ， CHF_3 等は，赤外線吸収力があると共に，“Climate Change 1995，IPCC，Cambridge Univ. Press”によれば，上記ガス類は，大気中に放出された場合，非常に安定で分解され難く，大気寿命が2，600～50，000年と非常に長いこと，温室効果が非常に長く持続する地球温暖化の原因ガスであると指摘されている。

40

【0006】

また， CF_4 ， C_2F_6 ， C_3F_8 ， $c-C_4F_8$ ， CHF_3 等の大気寿命が長い理由としては，“Science，Vol. 259，8 January 1993”によれば，通常の化合物が大気中で受けるような，例えば加水分解や酸化分解や光分解等の反応が一

50

切起こらないうえ、大気中に局所的に存在する、例えばOHラジカル、Hラジカル、Oラジカル等とも、非常に反応性が低いことが挙げられている。さらに、“1996年7月1日付けの日経産業新聞”によれば、 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 $c-C_4F_8$ 、 CHF_3 等による地球温暖化問題に対策を講じる必要性があるが、現時点では対策が講じられていないことが報じられている。

【0007】

また、従来の低解離度プラズマ源における SiO_2 膜の処理ガスとしては、 CHF_3 が有効であった。しかし、最近の半導体デバイスの超微細化に対応すべく、エッチング処理に用いられるプラズマは、低圧力化及び高密度化が図られている。その結果、低解離度プラズマ源での放電解離ではF原子の生成が少なかった CHF_3 を、高密度プラズマ源で使用すると、高いガス分解効率により多量のF原子を生じてしまう。さらに、高密度プラズマ源で CHF_3 を使用した場合には、対Si選択比や対レジスト選択比が下がってしまうため、超微細加工が要求される半導体デバイス、すなわち SiO_2 膜のエッチング処理には適さないと、“ULSIドライエッチング技術フォーラム'96、1996年5月21日開催”で指摘されている。

10

【0008】

そこで、地球の温暖化防止及び半導体デバイスの更なる微細加工の観点から、 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 $c-C_4F_8$ 、 CHF_3 等の代替ガスとして、例えば同じCF系のパーフルオロオレフィン類が考えられる。しかしながら、パーフルオロオレフィン類は、取り扱いが困難なものが多く、特に C_2F_4 （パーフルオロエチレン）、 $c-C_4F_6$ （パーフルオロシクロブテン）、 C_4F_8 （パーフルオロブテン）等は、取り扱いが非常に困難である。例えば C_2F_4 は、“12394の化学商品、化学工業日報社”によれば、引火性のガスであり、水分や温度や鉄に非常に敏感で、爆発性の反応を生じる旨が記載されている。また、 $c-C_4F_6$ は、“フッ素の化合物、講談社サイエンティフィック”によれば、毒ガスとして知られているホスゲンの急性毒性（1時間暴露の LC_{50} が20ppm。）に匹敵する急性毒性があると記載されている。さらに、同著によれば、 C_4F_8 に至っては、ホスゲンの10倍の急性毒性があると記載されている。

20

【0009】

しかしながら、“Material Safety Data Sheets, Occupational Health Services Inc.”によれば、取り扱いが困難なものが多いパーフルオロオレフィン類の中でも、 C_3F_6 （パーフルオロプロペン）に限っては、不燃性、低反応性であり、また“フッ素の化合物、講談社サイエンティフィック”によれば、4時間の暴露の LC_{50} が3,000ppmと、 $c-C_4F_6$ や C_4F_8 等と比較しても、はるかに急性毒性は低い旨が記載されている。さらに、 C_3F_6 は、許容濃度を200ppm以下で管理しなければならない高圧ガス保安法における毒性ガスの適用も受けないことから、毒性がさほど高くないと考えられる。

30

【0010】

また、“Material Safety Data Sheets, Occupational Health Services Inc.”によれば、 C_3F_6 は大気中で徐々に加水分解すると記載されているため、大気寿命が数千年もあるほどの化合物とは考えにくい。さらに、“Science, Vol. 259, 8 January 1993”によれば、大気中で徐々に加水分解する物質は、大気寿命が数年以下と予測されるため、 C_3F_6 が長寿命の温室効果を引き起こすガスとして問題とはならないと考えられている。

40

【0011】

以上述べたように、 C_3F_6 は、温室効果を引き起こすことがほとんどなく、また取り扱いの面でも優れているが、この C_3F_6 を用いて SiO_2 膜にエッチング処理を施す技術は、あまり報告されていない。また、報告されている技術は、いずれも効果的な処理を施すことができる方法とは言いがたい。例えば、特開平4-170026号公報によれば、被エッチング基板の表面温度を50以下に制御し、 C_3F_6 でエッチング処理を施す技術が開

50

示されている。しかし、処理時に被エッチング基板をプラズマに曝した場合、被エッチング基板の表面温度は、一気に100前後まで上昇するため、被エッチング基板の表面温度を50以下に制御するためには、非常に大きい冷却設備が必要となる。なお、被エッチング基板の表面温度が120より高くなると、レジストが変性してしまうため、120以下に制御することは必要である。

【0012】

また、特開昭61-133630号公報によれば、 C_3F_6 と CHF_3 とから成る混合ガスでエッチングする方法が開示されている。しかし、 CHF_3 は、“Climate Change 1995, IPCC, Cambridge Univ. Press”によれば、温室効果を引き起こすガスとして問題視されており、実用的な処理ガスとは言いがたい。さらに、“J. Vac. Sci. Technol., A12(3), May/June, 1994”や“J. Vac. Sci. Technol., A12(4), July/Aug, 1994”には、 CHF_3 と C_3F_6 のエッチング特性の比較データが記載されている。この記載によると、 C_3F_6 は、 CHF_3 に比べて、コンタクトホール形成などの反応性イオンエッチングにおいて、アスペクト比が大きくなるほどエッチング速度が小さくなる、いわゆるRIEラグが生じやすく、またエッチング特性が劣ることが報告されている。

10

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、従来のドライエッチング方法が有する上記のような問題点に鑑みてなされたものであり、地球の温暖化を引き起こすことがなく、かつ取り扱いが容易な C_3F_6 を用い、被処理体の被処理面に形成された、例えば SiO_2 膜に対して、エッチング特性の高い、例えば $c-C_4F_8$ と同等のエッチング処理を施すことが可能な、新規かつ改良されたドライエッチング方法を提供することを目的としている。

20

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明は、減圧自在な処理室内に所定の処理ガスを導入し、所定の減圧雰囲気の下で処理室内にプラズマを発生させて、処理室内の被処理体の被処理面に形成された酸化シリコン系材料層に対してエッチング処理を施す処理装置におけるドライエッチング方法に関するものである。そして、上記課題を解決するため、請求項1に記載の発明によれば、処理室内に導入される処理ガスは、 C_3F_6 、 O_2 （酸素）およびAr（アルゴン）から成る混合ガスであり、この混合ガスから励起されるプラズマ中のイオンにより、被処理体に形成されたレジスト層に対して、例えばウェハの酸化シリコン系材料層の選択比が5以上であるようにエッチングすることであって、例えば SiO_2 膜に対してエッチング処理を施すことを特徴としている。

30

【0015】

本発明にかかる混合ガスのうち、プラズマ生成用ガスである C_3F_6 は、大気中に放出された場合でも徐々に加水分解するため、地球の温暖化の要因とは成り難く、また不燃性、低反応性及び低毒性であるため、取り扱いが容易である。また、従来からの技術的要求項目として挙げられていた C_3F_6 のエッチング特性の改善の問題については、 C_3F_6 に O_2 及びArを添加した、本発明にかかる混合ガスを用いることにより、例えば $c-C_4F_8$ とほぼ同等のエッチング特性を得ることができる。

40

【0016】

すなわち、 O_2 の添加により、被処理体の被処理面に付着した、例えば反応生成物から成るデポジション（以下、「デポ」と称する。）を、アッシング作用の促進により除去し、エッチングを進行させることができる。さらに、 O_2 により、デポの付着性よりもエッチング性の高い、すなわちF/C比の高いCF系ラジカルが生じるため、エッチング特性を向上させることができる。また、Oラジカルは、原子の大きさが比較的小さく、コンタクトホールの底部まで到達するため、イオンアシスト効果が小さいコンタクトホール底部に付着したデポを除去し、いわゆるエッチングストップを防止することができる。

50

【0017】

また、Arの添加により、このArから生じるArイオンによるイオンアシスト効果によって、エッチング速度の向上を図ることができる。また、Arには、混合ガスの全圧を高く保ちながら、 C_3F_6 の分圧を所定の値に調整する希釈効果があるため、該分圧を維持するための、例えば実行排気速度の大きい真空ポンプが必要とはならない。

【0018】

また、請求項1に記載の発明によれば、混合ガスは、 C_3F_6 および O_2 の流量比が $0.1 O_2 / C_3F_6 = 1.0$ に設定されている。従って、 O_2 は、例えばコンタクトホール底部に付着するデポを除去し、かつ被処理面に形成されているフォトレジスト膜を過剰にアッシングしない程度の流量に調整されている。さらに、混合ガスは、 C_3F_6 の分圧が $0.5 \text{ Torr} \sim 2.0 \text{ Torr}$ に設定されている。このため、エッチングとデポの付着が適度に調節され、コンタクトホールのアスペクト比を確保しつつ、エッチング速度を所望の状態に保つことができる。

10

【0019】

また、請求項2減圧自在な処理室内に所定の処理ガスを導入し、所定の減圧雰囲気の下で処理室内にプラズマを発生させて、処理室内の被処理体の被処理面に形成された酸化シリコン系材料層に対してエッチング処理を施すドライエッチング方法であって、処理ガスは、 C_3F_6 、 O_2 、ArおよびHe（ヘリウム）から成る混合ガスであることを特徴としている。

【0020】

当該発明においては、請求項1に記載の発明にかかる混合ガス、すなわち C_3F_6 、 O_2 、Arから成る混合ガスに、さらにHeを添加した構成となっている。このHeは、Arよりも原子半径が小さいため、混合ガスに添加することにより平均自由行程を長くでき、さらにコンタクトホール内でのイオン種の衝突による拡散を防止することができる。また、Heは、Arと比べて原子量が小さいため、処理室内で拡散しやすく、さらにイオン化ポテンシャルが大きいため、 C_3F_6 の解離を促進させることができる。

20

【0021】

さらに、請求項2に記載の発明によれば、混合ガスは、 C_3F_6 および O_2 の流量比が $0.1 O_2 / C_3F_6 = 1.0$ に設定され、 C_3F_6 の分圧が $0.5 \text{ Torr} \sim 2.0 \text{ Torr}$ に設定されている。かかるHeは、請求項2に記載の発明において説明したように、混合ガス中に添加することにより、優れた効果を得ることができる。しかしながら、Heは、Arよりも原子量が小さいため、イオンアシスト効果が小さく、混合ガス中に添加する量によっては、この問題が一層顕著なものになってしまう。そこで、かかる発明においては、 C_3F_6 の分圧や O_2 の流量比を変更せずに、Arの添加量を減らしHeを導入する構成とした。その結果、Heの効果を引き出し、かつイオンアシスト効果も所望の状態に維持することが可能となり、さらに高選択比かつ高エッチングレートで均一な処理を被処理体に施すことができる。

30

【0022】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照しながら、本発明にかかるドライエッチング方法の実施の一形態について詳細に説明する。図1は、本実施の形態にかかるドライエッチング方法を実施するために用いたエッチング装置100の概略的な断面を示している。このエッチング装置100における処理室102は、気密に閉塞自在な、例えば表面が陽極酸化処理されたアルミニウムなどから成る略円筒形状の処理容器104内に形成され、当該処理容器104自体は、接地線106を介して接地されている。また、処理室102内の底部には、例えばセラミックなどの絶縁支持板108が設けられており、この絶縁支持板108の上部に被処理体、例えば6インチのウェハWを載置するための下部電極を構成する略円柱状のサセプタ110が、上下動自在に収容されている。

40

【0023】

このサセプタ110は、絶縁支持板108及び処理容器104の底部を遊貫する昇降軸1

50

12によって支持されており、この昇降軸112は、処理容器104外部に設置されている駆動モータM114によって上下動自在である。従って、この駆動モータM114の作動により、サセプタ110は、図1中の往復矢印に示したように、上下動自在となっている。なお、処理室102の気密性を確保するため、サセプタ110と絶縁支持板108との間には、昇降軸112の外方を囲むように伸縮自在な気密部材、例えばベローズ116が設けられている。

【0024】

また、サセプタ110は、例えば表面が陽極酸化処理されたアルミニウムから成り、その内部には温度調節手段、例えばセラミックヒータなどの加熱手段(図示せず。)や、外部の冷媒源(図示せず。)との間で冷媒を循環させるための冷媒循環路(図示せず。)が設けられており、サセプタ110上のウェハWを所定温度に維持することが可能なように構成されている。また、サセプタ110の温度は、温度センサ(図示せず。)、温度制御機構(図示せず。)によって自動的に制御される構成となっている。

10

【0025】

サセプタ110上には、ウェハWを吸着保持するための静電チャック118が設けられている。この静電チャック118は、導電性の薄膜をポリイミド系の樹脂によって上下から挟持した構成を有し、処理容器104の外部に設置されている高圧直流電源120からの電圧、例えば1.5kV~2.0kVの電圧が薄膜に印加されると、その際に発生するクーロン力によって、ウェハWは静電チャック118の上面に吸着保持されるようになっている。

20

【0026】

サセプタ110上の周辺には、静電チャック118を囲むようにして、平面が略環状のフォーカスリング122が設けられている。このフォーカスリング122は、絶縁性を有する、例えば石英から成っており、プラズマ中のイオンを効果的にウェハWに入射させる機能を有している。また、このフォーカスリング122は、後述のシールドリング132と共に、サセプタ110と後述の上部電極124との間に発生したプラズマの拡散を抑制する機能を有している。

【0027】

そして、サセプタ110の載置面と対向する位置には、略円盤状の上部電極124が配置されている。この上部電極124は、導電性を有する、例えば単結晶シリコンから成り、複数の貫通孔124aが設けられている。また、上部電極124の上方には、導電性を有する、例えばアルミニウムから成る上部電極124と略同径の上部電極支持部材126が設けられている。さらに、この上部電極支持部材126の上部電極124側には、開口部126aが形成されている。従って、上部電極124が上部電極支持部材126に取り付けられた際には、上部電極124と上部電極支持部材126との間に空間部130が形成される構成となっている。

30

【0028】

また、上部電極124の下面外周部から絶縁リング128の外周面略中央部にかけて、絶縁性を有する、例えば石英から成る、略環状のシールドリング132が配置されている。このシールドリング132は、フォーカスリング122と共に、静電チャック118と上部電極124との間のギャップよりも狭いギャップを形成し、プラズマの拡散を抑制する機能を有している。

40

【0029】

ところで、空間部130の上部略中央には、ガス導入口134が接続されている。さらに、このガス導入口134には、バルブ136を介してガス導入管138が接続されている。そして、このガス導入管138には、バルブ140、142、144及び対応した流量調節のためのマスフローコントローラMFC146、148、150を介して、それぞれに対応するガス供給源152、154、156が各々接続されている。

【0030】

また、ガス供給源152からは、例えばArが供給自在であり、ガス供給源154からは

50

、例えば O_2 が供給自在であり、ガス供給源156からは、例えば C_3F_6 が供給自在な構成となっている。そして、これらガス供給源152、154、156からの各ガスは、ガス導入管138からガス導入口134、空間部130及び貫通孔124aを通じて、処理室102内に導入され、ウェハWの被処理面に対して均一に吐出するように構成されている。

【0031】

一方、処理容器104の下部には、真空ポンプなどの真空引き手段P158に通ずる排気管160が接続されており、例えばパンチング板から成る排気板162を介して、処理室102内は、例えば数mTorr～数100mTorrまでの任意の真空度にまで真空引きして、これを維持することが可能となっている。

10

【0032】

次に、このエッチング装置100の高周波電力の供給系について説明する。まず、サセプタ110に対しては、周波数が数百kHz程度、例えば800kHzの高周波電力を出力する高周波電源164からの電力が、整合器166を介して供給される構成となっている。一方、上部電極124に対しては、周波数が高周波電源164よりも高い1MHz以上の周波数、例えば27.12MHzの高周波電力を出力する高周波電源168からの電力が、整合器170及び上部電極支持部材126を通じて供給される構成となっている。

【0033】

以上のように、エッチング装置100の主要部は構成されている。次に、本実施の形態にかかるドライエッチング方法に基づいて、ウェハWに形成されている、例えば SiO_2 膜に対して、エッチング処理を施す場合の作用等について説明する。まず、ウェハWがサセプタ110上に載置されると、高圧直流電源120から所定の電圧が静電チャック118内の導電性の薄膜に印加され、ウェハWは静電チャック118上に吸着、保持される。なお、サセプタ110は、不図示の温度調節手段により所定の温度に調整されており、サセプタ110上に保持されているウェハWの表面温度は、処理時においても120℃以下に設定されている。

20

【0034】

次いで、処理室102内は、真空引き手段P158によって真空引きされる。また、ガス供給源152、154、156よりエッチング処理に必要なガスが所定の流量で供給されると共に、不図示のゲートバルブの開度が調整され、処理室102の圧力が所定の真空度、例えば40mTorrに設定、維持される。

30

【0035】

この際、本実施の形態においては、ガス供給源152、154、156からそれぞれに対応するAr、 O_2 、 C_3F_6 を、それぞれに対応するマスフローコントローラMFC146、148、150及びバルブ140、142、144によって所定の流量に調整した後混合し、この混合ガスをガス導入管138、ガス導入口134、空間部130及び貫通孔124aからウェハW上に導入する。そして、混合ガスは、 C_3F_6 および O_2 の流量比が0.1 O_2/C_3F_6 1.0となるように、 O_2 の流量が適宜調整されると共に、 C_3F_6 の分圧が0.5mTorr～2.0mTorrとなるように、不図示のゲートバルブの開度を調整することにより、全圧が調整される構成となっている。

40

【0036】

次いで、上部電極124に対して高周波電源168から周波数が27.12MHz、パワーが例えば2kWの高周波電力が供給されると、上部電極124とサセプタ110との間にプラズマが生起される。また同時に、サセプタ110に対しては、高周波電源164から周波数が800kHz、パワーが例えば1kWの高周波電力が供給される。

【0037】

そして、発生したプラズマによって処理室102内の処理ガスが解離し、その際に生ずるエッチャントイオンが、サセプタ110側に供給された相対的に低い周波数の高周波によって、その入射速度がコントロールされつつ、ウェハW表面の SiO_2 膜をエッチングしていく。

50

【0038】

次に、本実施の形態にかかる混合ガスを用いて、エッチング処理を行った場合の作用、効果等について説明する。処理室102内に導入された各ガスは、エッチング処理に寄与しなかった場合、そのまま大気中に放出されている。従って、従来から使用されている処理ガス、例えば CF_4 、 C_2F_6 等は、非常に安定性の高い物質であり、大気中に放出された場合には、温室効果が長期間持続することから、地球の温暖化の原因となってしまう。

【0039】

そこで、発明者らは、従来から使用されている処理ガスの代替ガスとして、 C_3F_6 に注目した。この C_3F_6 は、大気中に放出された場合でも、温室効果を長期間に渡って引き起こすことがないことが報告されている。また、 C_3F_6 は、パーフルオロオレフィン類の中でも、特に不燃性、低反応性、低毒性であることが報告されており、従来から使用されている処理ガスと同じように、容易に取り扱うことができると考えられる。

10

【0040】

そして、従来からの問題であった C_3F_6 のエッチング性は、 C_3F_6 に本実施の形態にかかる流量で O_2 および Ar を添加した混合ガスとすることにより改善でき、 SiO_2 膜のエッチングガスの中で最もエッチング特性が高いとされている $c-C_4F_8$ と、ほぼ同等のエッチング特性を得ることが可能である。

【0041】

ここでまず、 Ar の添加効果について説明する。 Ar の添加は、処理室102内の全圧を所定の値に保ちながら C_3F_6 の分圧を所定の値に抑える希釈効果、および Ar イオンによる RIE (Reactive Ion Etching) 時のイオンアシストを大きくする効果がある。仮に、 Ar を添加しない場合には、 C_3F_6 の分圧を保つために、実行排気速度の非常に大きい真空ポンプを必要となる。また、 C_3F_6 の分圧を所定の値に保てたとしても、例えば Ar イオンによるイオンアシスト効果がないため、 SiO_2 膜のエッチング速度が非常に遅くなってしまふ。なお、 Ar を添加した場合には、 Ar イオンによるフォトレジストのスputteringは、エッチングと比較して速度が非常に遅いため、 Ar イオンによる対フォトレジスト選択比の悪化は無視することができる。

20

【0042】

また、 Ar は、 C_3F_6 の分圧を $0.5\text{ mTorr} \sim 2.0\text{ mTorr}$ の範囲に保つことにより、コンタクトホールのアスペクト比を確保し、エッチング速度を保つ役割を果たしている。エッチング処理においては、コンタクトホールでのアスペクト比を確保できないことは、半導体デバイスを加工できないことを意味し、エッチング速度が低いことは半導体デバイス製造時のスループットの悪化を意味することになる。

30

【0043】

例えば、 C_3F_6 の分圧を 2.0 mTorr 以上に設定した場合には、コンタクトホールにおいて十分なアスペクト比を確保できない上、エッチングが進行しづらくなってしまふ。このメカニズムとしては、以下のようなことが考えられる。まず、プラズマ中で C_3F_6 がある程度中性ラジカルに分解されると、このラジカルがウェハWの表面に吸着する。そして、ラジカルが吸着したウェハWの活性部位では、イオン衝撃のアシストを受けて、ウェハWの基質と反応して揮発性物質が生じエッチングが進行するか、若しくはラジカル同士が反応して非揮発性の化合物、すなわちデポが生成し付着が進行する。

40

【0044】

そして、 C_3F_6 の分圧が高い場合には、プラズマ中で C_3F_6 分子あたりに供給されるエネルギーが小さくなり、解離が十分進行せず、活性部位が分子量の大きい、すなわち $C-C$ 結合に富む状態となる。 $C-C$ 結合に富む活性部位は、エッチングが進行するよりもデポの付着に寄与するため、ウェハWにデポである CF 系の膜が、必要以上に生じてエッチングが進行し難くなる。特に、アスペクト比の高いコンタクトホール底部では、エッチングをアシストするはずのイオンが到達しづらくなるため、上記の様なメカニズムでデポの付着がより一層進行する。そして、最終的には、エッチングがストップしてしまふ。

【0045】

50

逆に、例えば C_3F_6 の分圧を 0.5 mTorr 以下に設定した場合には、エッチング速度が低下してしまう。この理由としては、単にエッチャントが減少することによるとも考えられるが、さらにもう一つのメカニズムとの相乗効果によってエッチング速度が低下すると推定される。 C_3F_6 の分圧が低いと、プラズマ中で C_3F_6 分子あたりに供給されるエネルギーが大きくなり、 C_3F_6 のプラズマ中での解離が過度に進行すると共に、ラジカル同士の再結合は少なくなるため、 F/C 比の小さい C に富むラジカルが必要以上に多く生じてしまう。このラジカルは、デポを生じさせるラジカルとして知られている。従って、 C_3F_6 の分圧が 0.5 mTorr 以下の場合には、ウェハWに CF 系の膜から成るデポが必要以上に生じ、このデポによりエッチングが抑制されてしまう。

【0046】

従って、 C_3F_6 の分圧を $0.5\text{ mTorr} \sim 2.0\text{ mTorr}$ の範囲に保つことにより、エッチングの進行とデポの付着の進行が適度に調節され、コンタクトホールでのアスペクト比を確保しつつ、エッチング速度を保つことができる。

【0047】

次に、 O_2 の添加効果について説明する。 O_2 は、アッシング効果を促進させてデポの付着によって形成された膜をアッシングにより除去し、エッチングを進行させる効果を有している。また、 O_2 は、ラジカル中の C を引き抜き、デポの付着性よりもエッチング性が高い、すなわち F/C 比の高いラジカルを生じさせる効果があることが知られている。さらに、 O ラジカルは、原子の径が小さいため、コンタクトホールの底部まで到達しやすい。従って、 O ラジカル、すなわち O_2 の添加は、イオンアシスト効果が小さく、デポの付着性が大きいコンタクトホール底部でのエッチングストップの防止に効果的である。

【0048】

このように、 O_2 は、優れた効果を有しているが、処理室102内への供給量によっては、十分にその効果を引き出すことができないだけでなく、逆に悪影響を及ぼすことがある。例えば、 C_3F_6 及び O_2 の標準状態流量比を 0.1 より小さく設定した場合には、 O_2 の添加効果を引き出すことはできず、コンタクトホール底部のエッチングでは、エッチング速度よりもデポの付着速度が大きくなってエッチングストップが生じ、コンタクトホールの十分なアスペクト比を確保することができない。逆に、 C_3F_6 及び O_2 の標準状態流量比を 1.0 より大きく設定した場合、フォトレジストの表面には、デポから成る膜が形成されず、 O ラジカルによってフォトレジストがアッシングされ、対フォトレジスト選択比が悪化してしまう。

【0049】

従って、 C_3F_6 及び O_2 の標準状態流量比を $0.1 \sim 1.0$ の範囲に保つことにより、エッチングの進行とデポによる膜の形成が適度に調整され、フォトレジストを必要以上にエッチングすることなく、コンタクトホールでのアスペクト比とエッチング速度を確保することができる。

【0050】

本実施の形態にかかる混合ガスは、以上のように設定されているが、さらにこの混合ガスに He を添加することによって、エッチング性を向上させることができる場合がある。エッチング処理においては、平均自由行程が長いほど、コンタクトホール内でのイオン種の衝突による散乱を防止することが可能となる。そして、 He は、 Ar に比べて原子半径が小さいため、平均自由行程を長くすることができ、同じ圧力で混合ガスに He を添加した場合としない場合とを比較すると、 He を添加した場合には、より低圧の効果を得ることができる。

【0051】

また、 He は、 Ar に比べて原子量が小さいため、真空引き手段P158によって真空引きしづらい反面、処理室102内では均一に拡散しやすく、ウェハWに対して均一な処理を施すことが可能となる。さらに、 He のイオン化ポテンシャルは 24.6 eV であるため、 Ar の 15.8 eV に比べて大きい。そして、プラズマ中の電子温度は、希ガスのイオン化ポテンシャルに依存しているため、混合ガスに He を添加した場合には、より高い

10

20

30

40

50

電子温度を得ることができ、エッチャントガスの解離をさらに促進することができる。

【0052】

ただし、Heは、前述したようにArよりも原子半径が小さいため、イオンアシスト効果が小さい。従って、混合ガス中のArに変えてC₃F₆とO₂とHeとから成る混合ガスによってエッチング処理を行った場合には、エッチング性が低下してしまう。よって、本実施の形態にかかる混合ガス中のArの流量を適度に減少させて、本来処理室102内に導入されるべきArの流量との差の流量でHeを導入する構成とすることが好ましい。これにより、前述したような、ArとHeの優れた効果のみを得ることができる。なお、この場合のHeの流量、すなわちHeとArとの流量の割合は、予め実験的に最適値を求めることにより設定される。

10

【0053】

(第1実施例)

次に、エッチング装置100を用いて、エッチングプロセスに用いるガスにC₃F₆とArとO₂とから成る混合ガスを使用して、C₃F₆の流量を変化させたときの、エッチング特性の結果を図2および図3に示す。なお、被処理体としては、被処理面にSiO₂膜が形成された6インチ径のウェハWを使用した。また、処理室102内のプロセス圧は、40mTorrに維持し、Arの流量を560sccm、O₂の流量を3sccmに固定し、C₃F₆の流量を変化させて、C₃F₆の分圧を制御した。さらに、サセプタ110の温度は、40℃に設定されている。そして、高周波電力については、上部電極124に対しては周波数が27.12MHzで2000Wの高周波電力を印加し、一方下部電極となるサセプタ110に対しては周波数が0.8MHzで900Wの高周波電力を印加した。また、ウェハWの表面温度は、表面温度測定シールで測定したところ、約90℃であった。

20

【0054】

(第2実施例)

また、処理室102内の全圧を変化させたときの、エッチング特性の結果を図4および図5に示す。なお、C₃F₆の流量を13sccm、Arの流量を560sccm、O₂の流量を3sccmに固定し、O₂/C₃F₆の標準状態流量比を0.23に維持し、不図示の排気バルブを制御することにより全圧を変化させて、C₃F₆の分圧を制御した。また、他の条件は、第1実施例と同じである。

【0055】

(第3実施例)

さらに、O₂の流量を変化させたときの、エッチング特性の結果を図6および図7に示す。なお、処理室102内のプロセス圧は、40mTorrに維持し、Arの流量を560sccm、C₃F₆の流量を13sccmに固定した。また、他の条件は、第1実施例と同じである。

30

【0056】

これら第1～第3実施例における図2～図7に示した結果から、C₃F₆とO₂の流量比が0.1～O₂/C₃F₆＝1.0で、かつ分圧が0.5mTorr～2.0mTorrの範囲では、SiO₂膜でのエッチングレートが500nm/分以上で、フォトレジスト層に対するSiO₂膜の選択比が約5以上であると共に、直径0.4μmのコンタクトホールをアスペクト比5で抜くことができる。従って、かかる混合ガスを構成する各ガスの流量比および分圧を上記範囲内に設定することにより、所望のエッチング特性を得ることができる。

40

【0057】

以上、本発明の好適な実施の一形態について、添付図面を参照しながら説明したが、本発明はかかる構成に限定されない。特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0058】

例えば、上記実施の形態において、平行平板型のエッチング装置100によってエッチン

50

グ処理を施す例を挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されない。本発明は、例えば誘導結合型プラズマ処理装置やマイクロ波プラズマ処理装置などにより、エッチング処理を行う場合にも適用することができる。

【0059】

また、上記実施の形態においては、上部電極124及びサセプタ110のそれぞれに、所定の高周波電力を印加する構成を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されず、サセプタのみに高周波電力を印加する構成としても実施可能である。

【0060】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、プラズマ発生用ガスに C_3F_6 を使用するため、この C_3F_6 が例えばエッチング処理に關与せずにそのまま大氣中に放出された場合でも、大氣中で加水分解され、温室効果による地球の温暖化に關与しにくい。また、エッチング処理には、 C_3F_6 のみならず、 O_2 およびArを添加した混合ガスを使用するため、例えば $c-C_4F_8$ とほぼ同等のエッチング特性を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用可能なエッチング装置の実施の一形態を示す概略的な断面図である。

【図2】本実施の形態にかかるドライエッチング方法に基づいて、 C_3F_6 の流量を変化させたときのエッチング特性の結果を示す表である。

【図3】図2に示したエッチング特性を表す図である。

【図4】本実施の形態にかかるドライエッチング方法に基づいて、処理室の全圧を変化させたときのエッチング特性の結果を示す表である。

【図5】図4に示したエッチング特性を表す図である。

【図6】本実施の形態にかかるエッチング方法に基づいて、 O_2 の流量を変化させたときのエッチング特性の結果を示す表である。

【図7】図6に示したエッチング特性を表す図である。

【符号の説明】

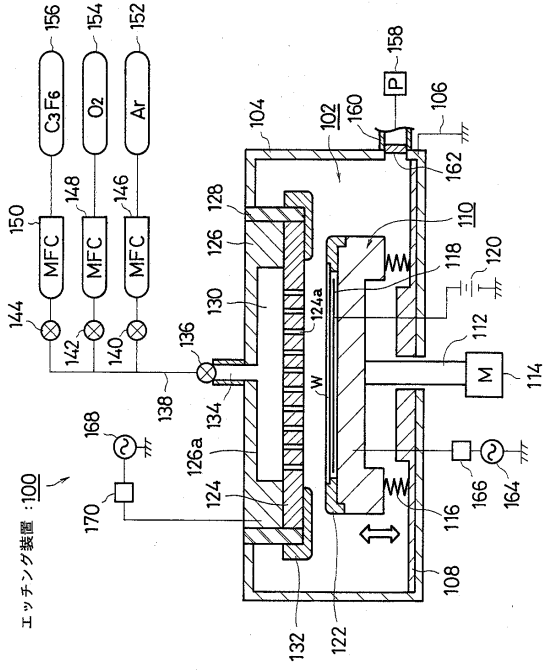
102 処理室
 104 処理容器
 110 サセプタ
 124 上部電極
 152, 154, 156 ガス供給源
 164, 168 高周波電源
 W ウェハ

10

20

30

【 図 1 】

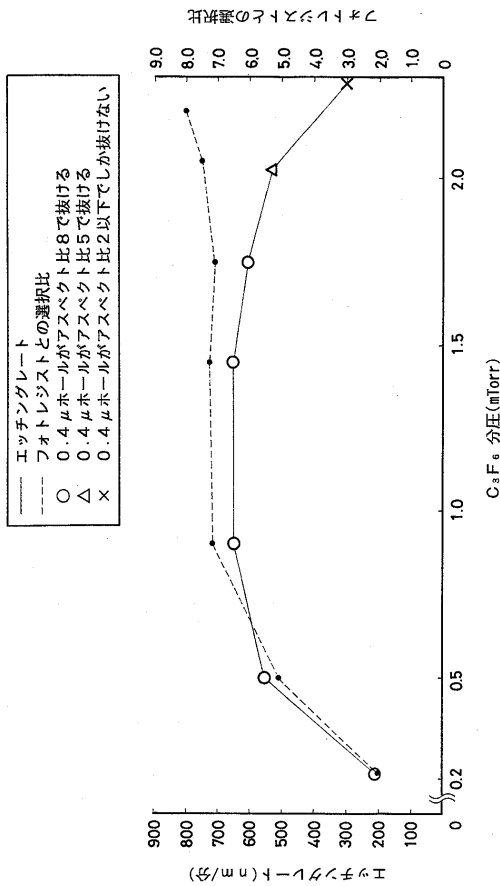


【 図 2 】

C ₃ F ₆ 流量 (sccm)	3	7	13	20	26	30	34
C ₃ F ₆ 分圧 (mTorr)	0.21	0.49	0.90	1.37	1.76	2.02	2.27
O ₂ /C ₃ F ₆ 流量比	1.00	0.43	0.23	0.15	0.12	0.1	0.09
エッチングレート (nm/分)	210	550	650	655	600	530	300
フォトレジストとの選択比	2.1	5.1	7.1	7.2	7.1	7.5	8.0
抜け性*	○	○	○	○	○	△	×

* ○ 0.4 μホールがアスペクト比8で抜ける
 △ 0.4 μホールがアスペクト比5で抜ける
 × 0.4 μホールがアスペクト比2以下でしか抜けない

【 図 3 】

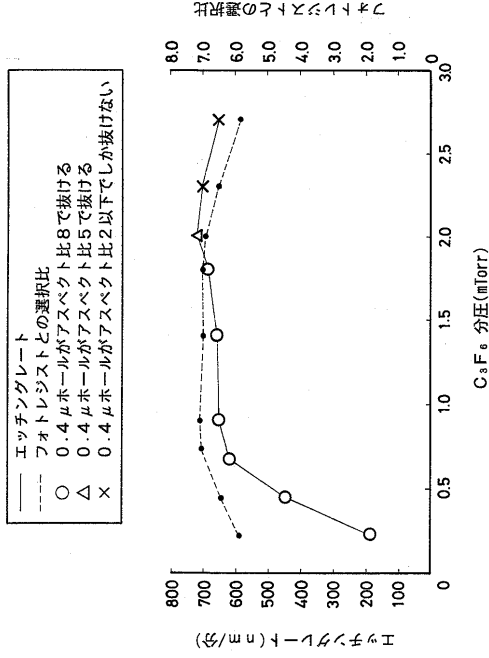


【 図 4 】

全圧 (mTorr)	10	20	30	40	60	80	90	100	120
C ₃ F ₆ 分圧 (mTorr)	0.23	0.45	0.67	0.90	1.4	1.8	2.0	2.3	2.7
エッチングレート (nm/分)	190	450	620	650	670	690	720	700	650
フォトレジストとの選択比	5.9	6.4	7.1	7.1	7.0	7.0	6.9	6.5	5.8
抜け性*	○	○	○	○	○	○	△	×	×

* ○ 0.4 μホールがアスペクト比8で抜ける
 △ 0.4 μホールがアスペクト比5で抜ける
 × 0.4 μホールがアスペクト比2以下でしか抜けない

【 図 5 】

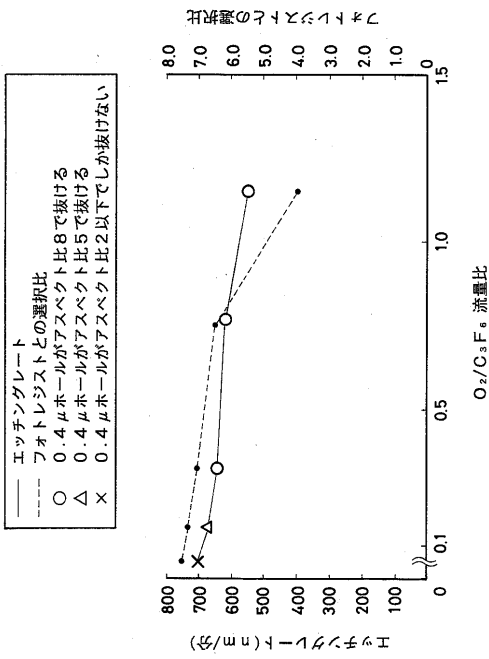


【 図 6 】

O_2 流量 (sccm)	1	2	3	10	15
O_2/C_3F_8 流量比	0.08	0.15	0.23	0.76	1.15
C_3F_8 分圧 (mTorr)	0.91	0.90	0.90	0.88	0.88
エッチングレート (nm/分)	700	670	650	630	550
フォトレジストとの選択比	7.5	7.3	7.1	6.5	3.9
抜け性*	×	△	○	○	○

* ○ 0.4 μmホールがアスベクト比8で抜ける
 △ 0.4 μmホールがアスベクト比5で抜ける
 × 0.4 μmホールがアスベクト比2以下でしか抜けない

【 図 7 】



フロントページの続き

審査官 河本 充雄

(56)参考文献 特開平08 - 330414 (JP, A)

特開平07 - 094482 (JP, A)

特開平08 - 064575 (JP, A)

特開平04 - 170027 (JP, A)

F.H.Bell et al, Investigation of selective SiO₂-to-Si etching in an inductively coupled high-density plasma using fl, J.Vac.Sci.Technol.A, 米国, 1994年, Vol.12, No.6, p.3095-3101

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

JSTPlus(JDream2)