

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4865951号  
(P4865951)

(45) 発行日 平成24年2月1日(2012.2.1)

(24) 登録日 平成23年11月18日(2011.11.18)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 21/3065 (2006.01) HO 1 L 21/302 I O 1 B  
 HO 5 H 1/46 (2006.01) HO 5 H 1/46 M

請求項の数 2 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2001-49194 (P2001-49194)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社
(22) 出願日	平成13年2月23日 (2001.2.23)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(65) 公開番号	特開2002-252213 (P2002-252213A)	(74) 代理人	100084618 弁理士 村松 貞男
(43) 公開日	平成14年9月6日 (2002.9.6)	(74) 代理人	100092196 弁理士 橋本 良郎
審査請求日	平成20年1月24日 (2008.1.24)	(74) 代理人	100091351 弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683 弁理士 中村 誠
		(72) 発明者	瀬川 澄江 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマエッチング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

処理室と、上部電極と、この上部電極に対向して設けられ、上に被エッチング体が支持される下部電極と、この支持された被エッチング体の周りに配置されたフォーカスリングとを具備し、前記上部電極は、電極板と、この電極板を処理室に支持させる支持体と、プラズマを閉じ込めるためのシールドリングとを有し、前記下部電極は、下部電極上に被エッチング体を吸着により固定する静電チャックを有し、

前記シールドリングと電極板とは、シリコンにより形成されている、プラズマエッチング装置を使用して、

処理室内でエッチングガスと希釈ガスとのプラズマを前記上部電極と下部電極とにより発生させて、このプラズマでのイオンと中性粒子との電荷交換反応により中性粒子をイオン化して、前記被エッチング体に入射させて、フォーカスリングにより囲まれ、静電チャックにより固定された被エッチング体をエッチングするのに際して、前記希釈ガスとしてヘリウムガスとアルゴンガスとをその混合比を選定して、前記フォーカスリング近くの被エッチング体の周辺部のエッチングレートを上げる場合にはヘリウムの比率をより大きい設定で使用することを特徴とするプラズマエッチング方法。

【請求項2】

処理室と、上部電極と、この上部電極に対向して設けられ、上に被エッチング体が支持される下部電極と、この支持された被エッチング体の周りに配置されたフォーカスリングとを具備し、前記上部電極は、電極板と、この電極板を処理室に支持させる支持体と、前

記電極板の周りに設けられ、プラズマを閉じ込めるためのシールドリングとを有し、前記下部電極は、下部電極上に被エッチング体を吸着により固定する静電チャックを有し、

前記シールドリングと電極板とは、シリコンにより形成されている、プラズマエッチング装置を使用して、

処理室内でエッチングガスと希釈ガスとのプラズマを前記シールドリングとフォーカスリングとにより閉じ込められた状態で、上部電極と下部電極との間に発生させて、このプラズマでのイオンと中性粒子との電荷交換反応により中性粒子をイオン化して被エッチング体に入射させて被エッチング体をエッチングするのに際して、プラズマの均一性を高めるために前記シールドリングの使用状態に応じて、前記希釈ガスとして使用するヘリウムガスとアルゴンガスとの混合比を変えて使用することを特徴とするプラズマエッチング方法。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、反応ガスのプラズマを使用して、二酸化シリコン膜等の被エッチング体をエッチングする方法に関する

【0002】

【従来の技術】

半導体製造技術において、シリコンウエハ等の半導体基板上に配線を形成する場合には、一般には、基板上に形成された二酸化シリコン膜にコンタクトホールやスルーホール等の配線孔を形成する必要がある。このように配線孔の形成のために、精度の良い孔が能率的に形成できるプラズマエッチング技術が最近ではほとんど使用されている。この技術は、処理室内に配置され電極を兼ねたサセプタの上に基板を配置し、エッチングガスを反応ガスとして処理室内に供給すると共に、前記サセプタに高周波電圧を印加することにより、反応ガスのプラズマを処理室内に発生させて、このプラズマにより生成されたラジカル、イオン等によりエッチングを果たす技術である。このときに使用される反応ガスとしては、被エッチング材に応じて種々のもので選定されている。例えば、二酸化シリコン膜をエッチングする場合には、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 等のハロゲン化合物のガスが使用されている。そして、一般的には、これらガスが単独で使用されることはほとんどなく、希釈ガスとしてアルゴン(Ar)ガス等の不活性ガスに反応性ガスを添加した状態として使用されている。また、このようなアルゴンガスを使用したプラズマエッチング技術において、プロセス制御は、一般に、下方の電極であるサセプタと上方の電極との間の距離や下方の電極に印加させる高周波バイアス電圧を調節することにより行っている。

20

30

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、アルゴンガスを希釈ガスとして使用した場合には、被エッチング膜の中心部が周辺部に比較してエッチングレートが高くなること、即ち、エッチングレートの面内均一性が悪いことが知られている。このように、面内均一性は、基板が小さいときには、さして問題にはならなかったが、最近のようにウエハが大型かつ微細化するのに伴って、製造歩留りの点等で重要な問題になっている。また、上記のようにプロセス制御を電極間距離や高周波バイアス電圧で行うのは面倒である欠点もある。

40

【0004】

本発明は、上記状況を鑑みてなされたものであり、第1の目的は、プロセス制御が容易で、エッチングレートの面内均一性の優れたプラズマエッチング方法を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の第1の態様に係わるプラズマエッチング方法は、処理室と、上部電極と、この上部電極に対向して設けられ、上に被エッチング体が支持される下部電極と、この支持された被エッチング体の周りに配置されたフォーカスリングと

50

を具備し、前記上部電極は、電極板と、この電極板を処理室に支持させる支持体と、プラズマを閉じ込めるためのシールドリングとを有し、前記下部電極は、下部電極上に被エッチング体を吸着により固定する静電チャックを有し、

前記シールドリングと電極板とは、シリコンにより形成されている、プラズマエッチング装置を使用して、

処理室内でエッチングガスと希釈ガスとのプラズマを前記上部電極と下部電極とにより発生させて、このプラズマでのイオンと中性粒子との電荷交換反応により中性粒子をイオン化して、前記被エッチング体に入射させて、フォーカスリングにより囲まれ、静電チャックにより固定された被エッチング体をエッチングするのに際して、前記希釈ガスとしてヘリウムガスとアルゴンガスとをその混合比を選定して、前記フォーカスリング近くの被エッチング体の周辺部のエッチングレートを上げる場合にはヘリウムの比率をより大きい設定で使用することを特徴とする。

10

#### 【0006】

本発明者達は、プラズマエッチングで、アルゴンガスのような希釈ガスを使用した場合のエッチングメカニズムを研究した結果、このメカニズムは、プラズマにより発生されるイオンと中性粒子との間の相互作用によることが大きく影響していることを見出した。この現象は次の通りである。プラズマによりエッチングガス（反応ガス）から多数のイオンと中性粒子と電子とが生成される。そして、この生成されたイオンと中性粒子とは、プラズマ中で激しく衝突して、イオンは中性粒子に電荷を渡し、電荷を失ったイオンは高速中性粒子となり、また、電荷をもらった中性粒子は、イオン化する。この結果、イオン化した中性粒子は、被エッチング体の表面に形成されているシース電界により加速されて被エッチング体へと輸送される。このような反応（電荷交換反応）により、高速中性粒子によるイオンアシスト効果を失わずに、エッチャントを高速で被エッチング体に供給して、エッチングする。このときの、電荷交換衝突の確率は、アルゴンガスでは約50%であるが、ヘリウムは約90%であり、はるかに、ヘリウムガスの方が大きい。この結果、ヘリウムガスを希釈ガスとして使用することにより、エッチングレートが高くなると共に、外部の環境（例えば、シールドリング）に左右され易い被エッチング体周辺部のエッチングレートの低下を少なくすることができる。このために、本発明では、エッチングレートを全体的に高くできると共に、被エッチング体周辺部のエッチングレートの低下を抑えて、エッチングレートの面内均一性を高めることができる。即ち、ヘリウムのアルゴンに対する混合比率を高くすることにより、被エッチング体周辺部のエッチングレートを高めることができる。これは、ヘリウムの質量が4であるのに対してアルゴンの質量は40であり、ヘリウムの質量はアルゴンの1/10の質量であり、拡散係数は、質量（質量数）に比例するために、拡散し易いヘリウムでは、特に、被エッチング体周辺部の拡散に影響を与えるためである。

20

30

#### 【0007】

また、希釈ガスとして、ヘリウムガスとアルゴンガスとの混合ガスを使用し、これらガスの混合比（流量比）を選択することにより、電極間距離や高周波バイアス電圧に頼らずにプロセス制御をすることができるので、この制御が容易となる。

#### 【0008】

40

#### 【発明の実施の形態】

以下に本発明の一実施の形態に係わるプラズマエッチング方法を、添付図面を参照して説明する。

まず、本方法に使用され得るプラズマエッチング装置の概略を図1を参照して説明する。プラズマ装置1の接地された処理室2内の底部には、絶縁支持板3が敷かれており、この支持板3上には、支持台4を介してサセプタ5が設けられている。このサセプタ5は、下部電極を構成し、上には、被処理基板（被エッチング体）、例えば8インチウエハWを吸着保持するための静電チャック11が設けられている。また、このサセプタ5は、接地されたハイパスフィルター（HPF）6に接続されると共に、整合器51を介して高周波（例えば、2MHz）のバイアス電圧印加用の第1の高周波電源50が接続されている。前

50

記静電チャック 11 は、薄膜電極 12 を絶縁膜によって挟持した構成を有し、例えば、1.5 kV の直流電源 13 に接続されている。

【0009】

前記支持台 4 の内部には、熱交換室 7 が設けられ、熱交換媒体が導入管 8 および排出管 9 を介して循環し、サセプタ 5 を介して半導体ウエハ W を所定温度に維持可能になっている。この温度制御は、半導体ウエハ W の裏面に He ガス等の電熱媒体を供給するガス通路 14 を設けることにより、精度の向上が図られている。

【0010】

前記サセプタ 5 の上面には、前記静電チャック 11 を囲むようにして、ほぼ環状のフォーカスリング 16 が設けられている。このフォーカスリング 16 は、例えば、導電性のシリコンにより形成され、プラズマ中のイオンを効果的に半導体ウエハ W に入射させる機能を有している。

【0011】

前記処理室 2 内の上部には、絶縁部材 25 およびシールドリング 55 を介して、上部電極 21 が、支持されている。この上部電極 21 は、表面がアルマイト処理されたアルミニウムにより形成され、ガス室が内部に規定された電極支持体 22 と、ウエハ W と所定間隔（この好ましい実施の形態では電極 5, 21 間距離は 17 mm に設定されている）を有して平行に対面し、多数の吐出孔 24 を有した電極板 23 とにより構成されている。前記シールドリング 55 は、プラズマを閉じ込めて、均一化を図ることにより、処理の微細化、処理速度の向上、処理の均一性の要求に対応するようにしたものである。このシールドリング 55 と前記電極板 23 とは、シリコンにより形成されている。このようなシールドリング 55 は、プラズマの均一化には効果があるが、プラズマにより表面が浸食され易く、使用している間に徐々に薄くなって、エッチングレートの面内均一性に悪影響を及ぼすことが、本発明者達に確認されている。シールドリングの好ましい例は、特願 2000-279453 に記載されており、本発明のエッチング方法においても、この先願に記載されたようなシールドリングを使用することが可能である。

【0012】

前記電極支持体 22 には、前記ガス室に連通したガス導入口 26 が形成され、ガス供給管 27 の一端側に接続されている。このガス供給管 27 には、バルブ 28 並びにマスフローコントローラ 29 が設けられ、これの他端側が処理ガス供給源 30 に接続されている。この処理ガス供給源 30 は、フロロカーボンガス（ $C_xF_y$ 、例えば  $C_4F_8$  ガス）やハイドロフロロカーボンガス（ $C_pH_qFr$ ）等のエッチングガス（反応ガス）を供給する反応ガス供給源と、希釈ガスを供給するヘリウムガス供給源並びにアルゴンガス供給源と、他の必要なガス源、例えば酸素ガス源とを有し、これらガス源からのガスの供給流量が調節可能となっている。

【0013】

前記処理室 2 の下部には、排気装置 35 に通じる排気管 31 が接続されている。この排気装置 35 は、ターボ分子ポンプ等の真空ポンプを備えており、処理室 2 内は、例えば、10 mTorr ないし 1000 mTorr の任意の圧力に減圧可能となっている。また、この処理室 2 の側壁には、ゲートバルブ 32 が設けられ、処理室に対しての半導体ウエハの出し入れが可能となっている。

【0014】

前記上部電極 21 は、給電棒 33 並びに整合器 41 を介して第 2 の高周波電源 40 に接続されると共に、ローパスフィルター（LPF）42 に接続されている。

【0015】

次に、上記構成のエッチング装置を使用して、半導体ウエハ、より正確には、半導体ウエハの上面に形成された二酸化シリコン膜のプラズマエッチング方法と、この方法を実際に行って得られた、エッチングレートの膜内均一性に関する測定データとを説明する。

【0016】

処理室 2 内の静電チャック 11 に半導体ウエハ W を吸着させた状態で、処理室 2 内が 20

10

20

30

40

50

m Torrとなるように、処理ガス供給源30から供給されるガスの流量と、排気装置35の排気速度と調節した。そして、第1の高周波電源50により下部電極5に第1の高周波パワーを印加した。この実施の形態では、この第1の高周波パワーは、2MHzの周波数で、処理中はVpp電圧が1.5kVで一定となるように電力を調整した。第2の高周波電源40により上部電極21に第2の高周波パワーを印加した。この第2の高周波パワーは、60MHzで、2500Wである。このように高周波電力を各電極に印加することにより、電極間に、供給ガスによるプラズマを発生させて、このプラズマにより生成された中性粒子とイオンとにもとづいて二酸化シリコン膜のエッチングを行わせた。

【0017】

このようなエッチングを、アルゴンガスとヘリウムガスとの流量を夫々異ならせて行い、エッチングレートの面内均一性を測定した結果を図2に示す。この図において、縦軸は、半導体ウエハ（二酸化シリコン膜）の中心を1として規格化したエッチングレートを示し、横軸は、上記中心からの位置（距離）を示し、また、線a（実線）は、処理室にアルゴンガスのみを300sccmの流量で供給した場合を、線b（破線）は、アルゴンガスが200sccm、ヘリウムガスが100sccmの場合を、線c（点線）は、アルゴンガスとヘリウムガスとが夫々150sccmの場合を、線d（一点破線）は、アルゴンガスが100sccm、ヘリウムガスが200sccmの場合を、そして、線e（二点破線）は、ヘリウムガスのみが300sccmの場合を、夫々示す。

10

【0018】

この図2により判るように、アルゴンガスのみを使用した従来技術に対応する例（実線）では、エッチングレートが全体的に低く、中心部が周辺部に比較してかなり高くなっている。即ち、面内均一性が悪くなっている。一方、ヘリウムガスを使用した例（二点破線）では、全体的にエッチングレートが高くなっているばかりではなく、中心から50mmの範囲では面内均一性が優れている。そして、アルゴンガスとヘリウムガスとを併用した例では、ヘリウムガスの流量を多くするのに従って周辺部のエッチングレートが高くなっている。このために、ヘリウムガスとアルゴンガスとの流量比を適宜選択することにより、所望の面内均一性を有するエッチングを、電極間距離や高周波バイアス電圧を制御しないで行わせることができる。

20

【0019】

図3は、他の条件でエッチングを行った場合の図2と同様の参考の結果を示す。ただし、この例では、希釈ガスの流量比は変化させず、厚さ7mmのシールドリング55が新規な場合（線f）と、100時間経過後でシールドリングの厚さが5mmになった場合（線g）との測定結果である。ここで、処理室内圧力は、40mTorr、下部電極に印加の高周波パワーは、800kHz、1500W、上部電極に印加の高周波パワーは、27MHz、2200W、電極間距離は、27mmで、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスが20sccm、CO<sub>2</sub>ガスが40sccm、Arガスが500sccm、O<sub>2</sub>ガスが10sccmであった。この測定結果から、希釈ガスとしてアルゴンガスを使用した場合には、時間がたつのに従って、即ち、シールドリングが薄くなるのに従って、ウエハの周辺部のエッチングレートが低くなることが判る。このように、シールドリングの厚さにより部分的にエッチングレートが変わる場合には、シールドリングの厚さ、即、使用期間に応じて、アルゴンガスにヘリウムガスを加え、両者の混合比を変えることにより、面内均一性を制御することができる。

30

40

【0020】

以上説明したように、本発明のプラズマエッチング方法においては、反応ガスと希釈ガスとのプラズマを発生させて電荷交換反応を生じさせる希釈ガスとしてヘリウムガス単独か、所定の混合比のヘリウムガスとアルゴンガスとを使用することにより、プロセス制御が容易に、エッチングレートを高め、かつ面内均一性を向上させることができる。また、シールドリングの使用期間に応じて変化するエッチングレートの面内均一性の低下は、使用期間に応じてヘリウムガスとアルゴンガスとの混合比を変えることにより補うことができる。

【0021】

50

尚、上記実施の形態では、本発明のプラズマエッチング方法を実施するために、図1に示したように平行平板型のプラズマエッチング装置を使用した。この分野で良く知られている他の形式の装置でも良い。即、本発明は、プラズマエッチング装置の形式には、規定されない。また、被エッチング体として二酸化シリコン膜が形成されたシリコンウエハをエッチングする場合について説明したけれども、他の被膜並びに他の半導体もしくは基板のエッチングにも適用され得る。さらに、被エッチング体の材質に応じて反応ガスも適宜選定され得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明のプラズマエッチング方法に使用され得るエッチング装置を概略的に示す図である。

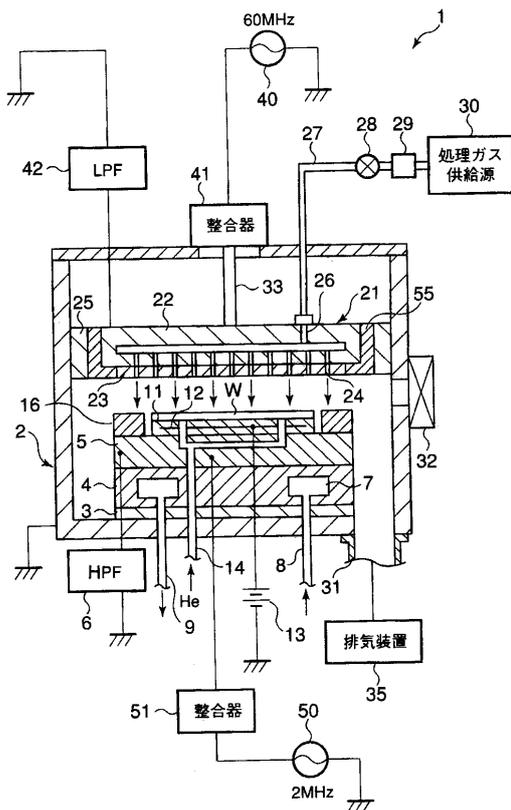
【図2】図2は、本発明のプラズマエッチング方法と従来の方法とで夫々エッチングした場合のエッチングレートの面内均一性の測定結果を示す図である。

【図3】エッチングレートの面内均一性とシールドリングとの関係を測定した図である。

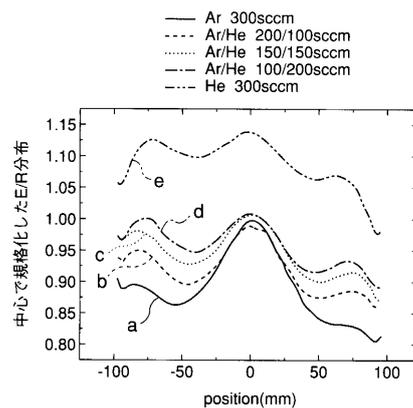
【符号の説明】

1 ... プラズマ装置、2 ... 処理室、5 ... サセプタ（下部電極）、21 ... 上部分極、30 ... 処理ガス供給源、40 ... 第2の高周波電源、50 ... 第1の高周波電源、55 ... シールドリング。

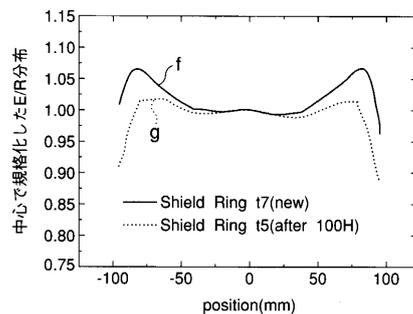
【図1】



【図2】



【図3】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 伝宝 一樹  
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
- (72)発明者 石原 博之  
東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

審査官 祢屋 健太郎

- (56)参考文献 特開平09-008004(JP,A)  
特開平11-340208(JP,A)  
特開2001-019549(JP,A)  
特開平11-219935(JP,A)  
特開2000-159572(JP,A)  
特開平09-312268(JP,A)  
特開平07-335611(JP,A)  
特開平02-106925(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/302,21/3065  
H05H 1/46  
B01J 19/08