

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3987637号

(P3987637)

(45) 発行日 平成19年10月10日(2007.10.10)

(24) 登録日 平成19年7月20日(2007.7.20)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 I O 5 A

H O 1 L 21/28 (2006.01)

H O 1 L 21/28 L

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願平10-158436	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成10年5月22日(1998.5.22)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開平11-340207		東京都港区赤坂五丁目3番6号
(43) 公開日	平成11年12月10日(1999.12.10)	(74) 代理人	100095957
審査請求日	平成17年4月21日(2005.4.21)		弁理士 亀谷 美明
		(74) 代理人	100096389
			弁理士 金本 哲男
		(74) 代理人	100101557
			弁理士 萩原 康司
		(72) 発明者	伊藤 洋文
			東京都府中市住吉町2丁目30番地の7
			東京エレクトロン山梨株式会社内
		(72) 発明者	山田 暢浩
			東京都府中市住吉町2丁目30番地の7
			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】 エッチング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

気密な処理室内に処理ガスを導入し、前記処理室内に配置された被処理体に形成された SiN_x 膜層を覆う SiO_2 膜層に対して、プラズマエッチング処理を施すエッチング方法において：前記処理ガスとして少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスを使用して、前記 SiO_2 膜層にエッチング処理を施す第1の工程と；前記 SiN_x 膜層が露出する前後に、前記処理ガスとして少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスに切り替えて、前記 SiO_2 膜層にエッチング処理を施す第2の工程と；を含むことを特徴とする、エッチング方法。

【請求項2】

気密な処理室内に処理ガスを導入し、前記処理室内に配置された被処理体に形成された SiN_x 膜層を覆う SiO_2 膜層に対して、プラズマエッチング処理を施すエッチング方法において：前記処理ガスとして少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスを使用して、前記 SiO_2 膜層にエッチング処理を施す第1の工程と；前記 SiN_x 膜層の肩部が露出する前後に、前記処理ガスとして少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスに切り替えて、前記 SiO_2 膜層にエッチング処理を施す第2の工程と；前記 SiN_x 膜層の肩部の露出から所定時間経過後に、前記処理ガスとして少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスに切り替えて、前記 SiO_2 膜層にエッチング処理を施す第3の工程と；を含むことを特徴とする、エッチング方法。

【請求項3】

10

20

前記少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスの前記 C_4F_8 と前記 CH_2F_2 の流量比 (CH_2F_2 / C_4F_8) は、実質的に $0.4 \sim 1.0$ に設定されることを特徴とする、請求項 1 又は 2 のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項 4】

前記少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスの全圧に対する前記 C_4F_8 の分圧は、実質的に 0.4 (mTorr) \sim 0.8 (mTorr) に設定されることを特徴とする、請求項 1, 2 又は 3 のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項 5】

前記処理室内に励起されるプラズマの密度は、実質的に 1.5×10^{10} (イオン数 / cm^3) \sim 1.2×10^{11} (イオン数 / cm^3) に設定されることを特徴とする、請求項 1, 2, 3 又は 4 のいずれかに記載のエッチング方法。

10

【請求項 6】

前記被処理体は、前記処理室内に配置されたサセプタの載置面上に載置され、前記サセプタの載置面の温度は、実質的に $20 \sim$ 前記 SiO_2 膜層のマスクパターンを構成するフォトリソ層の耐熱温度に設定されることを特徴とする、請求項 1, 2, 3, 4 又は 5 のいずれかに記載のエッチング方法。

【請求項 7】

前記少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスには、さらに不活性ガスが添加されることを特徴とする、請求項 1, 2, 3, 4, 5 又は 6 のいずれかに記載のエッチング方法。

20

【請求項 8】

前記少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスには、さらに不活性ガスが添加されることを特徴とする、請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6 又は 7 のいずれかに記載のエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、エッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

30

最近、半導体装置の集積度が飛躍的に向上し、それに伴って半導体基板上に形成される各種素子の更なる微細化も技術的要求項目の一つとして挙げられている。かかる要求を達成するためには、半導体基板上に形成される各ゲート（電極）間の間隔を狭めることも必要となり、そのゲート間にコンタクトホールを形成する場合には、コンタクトホールも狭小化する必要がある。しかしながら、ゲート間の間隔が狭まるにつれ、ステップのアライメント性能の限界などに起因して、狭小なコンタクトホールを正確な位置に形成することが困難となっている。そこで、最近、各ゲートの表面に SiN_x 膜層などの保護膜層（下地）を形成し、コンタクトホール形成時にゲートがエッチングされることを防止して、各ゲート間の狭小空間に自己整合的にコンタクトホールを形成するセルフアラインコンタクト技術が提案されている。なお、本明細書中において、上記 SiN_x とは、 SiN や Si_3N_4 のみならず、それらの混合物質も表すものとする。

40

【0003】

上記セルフアラインコンタクト技術を用いて、半導体基板上に形成されたゲートを覆う SiO_2 膜（絶縁膜）層にコンタクトホールを形成する場合には、 SiN_x 膜層に対する SiO_2 膜層の選択比を向上させるために、処理ガスとして、例えば C_4F_8 と CO を含む混合ガスが広く使用されている。すなわち、当該処理ガスを採用すれば、該処理ガスを構成する C_4F_8 が従来の CF_4 や C_2F_6 などよりも相対的に多くの炭素原子を含んでいるため、コンタクトホールの内壁面に保護膜となるカーボン膜を容易に形成することができる。さらに、上記処理ガスには、 CO が添加されているため、上記カーボン膜を一層容易に形成することができる。その結果、上記カーボン膜によって被覆された SiN_x 膜層に、エッ

50

チンゲイオンであるフッ素ラジカルが接触し難くなるため、 SiN_x 膜層に対する SiO_2 膜層の選択比を向上させることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記 C_4F_8 と CO を含む混合ガスを用いてコンタクトホールを形成すると、上述の如くコンタクトホールの内壁面に形成されたカーボン膜により、 SiN_x 膜層に対する SiO_2 膜層の選択比を向上させることができる反面、そのカーボンがコンタクトホールの底部にも堆積する。その結果、コンタクトホールの底部に堆積したカーボンによってフッ素ラジカルが該底部に到達し難くなるため、コンタクトホールが所定の深さ以上に削れ難くなり、いわゆる抜け性の低下や、エッチングストップが生じる。

10

【0005】

さらに、最近、ゲート間の狭小空間に高アスペクト比のコンタクトホールを形成することが技術的要求項目の1つとして挙げられているが、その様な孔深さの深いコンタクトホールは、その構成上、コンタクトホールの底部にフッ素ラジカルが到達し難い。その結果、上述した C_4F_8 と CO を含む混合ガスで、該コンタクトホールを形成すると、コンタクトホールの底部へのカーボンの堆積と、フッ素ラジカルの侵入量の低下により、抜け性の低下やエッチングストップの発生が一層顕著となる。

【0006】

また、上記従来のエッチング方法のように、コンタクトホールの底部にカーボンが堆積しやすいプロセスで処理を行う場合には、そのコンタクトホールの底部に堆積するカーボンを勘案して、半導体基板に過剰なエッチング処理を施す必要がある。しかしながら、その様な過剰なエッチング処理を半導体基板に施すと、本来ならばゲートを覆う絶縁膜層やゲートを保護する SiN_x 膜層もエッチングされてしまい、それら絶縁膜層やゲート自体がコンタクトホール内に露出する。

20

【0007】

その結果、絶縁不良が生じたり、ゲートと他の配線や電極がショートするなどの問題を引き起こし、歩留りが低下する。特に、 SiN_x 膜層の肩部(角部)は、コンタクトホール内に張り出すことが多いため、非常にエッチングされ易く、上述の如く過剰なエッチング処理を半導体基板に施すと、その角部が最も損傷する。従って、上記従来のエッチング方法では、その SiN_x 膜層の肩部が損傷しない程度までしかエッチング処理を行えないため、高アスペクト比のコンタクトホールの形成は、非常に困難である。

30

【0008】

本発明は、上記従来技術が有する上記のような問題点を鑑みて成されたものであり、本発明の第1の目的は、コンタクトホール内に露出する SiN_x 膜層の肩部にカーボン膜(保護膜)を形成して SiN_x 膜層に対する SiO_2 膜層の選択比の向上を図ると共に、コンタクトホール底部へのカーボンの堆積を抑制して、高アスペクト比のコンタクトホールを形成することが可能な、新規かつ改良されたエッチング方法を提供することである。

【0009】

また、本発明の第2の目的は、 SiN_x 膜の肩部が損傷する原因の1つとなる過剰なエッチングを不要とし、ゲートの絶縁不良や絶縁破壊の発生を防止して歩留りを向上させることが可能な、新規かつ改良されたエッチング方法を提供することである。

40

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明の第1の観点によれば、請求項1に記載の発明のように、気密な処理室内に処理ガスを導入し、処理室内に配置された被処理体に形成された SiN_x 膜層を覆う SiO_2 膜層に対して、プラズマエッチング処理を施すエッチング方法において、処理ガスは、少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスであることを特徴とするエッチング方法が提供される。

【0011】

かかる構成によれば、 CO に代えて CH_2F_2 を処理ガスの構成ガスとして採用したため、

50

処理時には、 C_4F_8 から生じるフッ素ラジカルのみならず、 CH_2F_2 からもフッ素ラジカルを生じさせることができるため、フッ素ラジカルの生成量を増加させることができる。その結果、高アスペクト比のコンタクトホールを形成する場合でも、フッ素ラジカルをコンタクトホールの底部に確実に到達させることができるため、コンタクトホールの底部に堆積するカーボンを除去しながら該底部をエッチングすることができ、所定深さのコンタクトホールを容易に形成することができる。

【0012】

また、コンタクトホールの底部を確実にエッチングすることができるため、被処理体に過剰なエッチング処理を施す必要がなく、コンタクトホール内に露出する SiN_x 膜層、特にその肩部の損傷を防止することができる。その結果、 SiN_x 膜層で保護されているゲートを覆う絶縁膜層やゲート自体がコンタクトホール内に露出することがなく、ゲートの絶縁不良や絶縁破壊の発生を防止することができるため、歩留りを向上させることができる。さらに、所定のエッチングレートを維持したままコンタクトホールの底部をエッチングすることができるため、エッチング処理時間を短縮させることができ、スループットも向上させることができる。

10

【0013】

また、処理ガスを構成する CH_2F_2 は、炭素原子を含んでいるため、 CO と同様に、コンタクトホールの内壁面に保護膜となるカーボン膜を確実に形成することができる。その結果、コンタクトホールの内壁面がエッチングされ難くなるため、いわゆるポーイング形状のコンタクトホールが形成されることを防止することができる。さらに、コンタクトホール内に露出する SiN_x 膜層、特に SiN_x 膜層の肩部もカーボン膜で被覆することができるため、該肩部がエッチングされ、損傷することを防止できる。また、この様に、いわゆるカーボンリッチな雰囲気の下で被処理体に処理を施しても、上述の如くフッ素ラジカルをコンタクトホールの底部にまで確実に到達させることができるため、コンタクトホールの底部にカーボンが堆積することがない。

20

【0014】

また、本発明の第2の観点によれば、請求項2に記載の発明のように、気密な処理室内に処理ガスを導入し、処理室内に配置された被処理体に形成された SiN_x 膜層を覆う SiO_2 膜層に対して、プラズマエッチング処理を施すエッチング方法において、処理ガスとして少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスを使用して、 SiO_2 膜層にエッチング処理を施す第1の工程と、 SiN_x 膜層が露出する前後に、処理ガスとして少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスに切り替えて、 SiO_2 膜層にエッチング処理を施す第2の工程とを含むことを特徴とするエッチング方法が提供される。

30

【0015】

かかる構成によれば、少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスを使用してエッチング処理を行うため、上記従来のエッチング方法と同様に、カーボンリッチな雰囲気下で被処理体に処理を施すことができる。その結果、コンタクトホールの内壁面に容易にカーボン膜を形成することができるため、コンタクトホールのエッチング形状がポーイング状になることがない。

【0016】

また、 SiN_x 膜層が露出する前後に、処理ガスを少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスに切り替えてエッチング処理を行うので、上記請求項1に記載の発明と同様に、カーボンリッチ及びラジカルリッチな雰囲気下で被処理体に処理を施すことができる。その結果、コンタクトホールの底部に堆積したカーボンを除去することができるため、該底部を確実にエッチングすることができ、エッチングストップの発生を防止して、抜け性を向上させることができる。さらに、当該処理ガスを用いれば、 SiN_x 膜層の肩部にカーボン膜を付着させながら、コンタクトホールの底部へのカーボンの堆積を抑制することができるため、所定形状のコンタクトホールを形成することができる。

40

【0017】

さらに、本発明の第3の観点によれば、請求項3に記載の発明のように、気密な処理室内

50

に処理ガスを導入し、処理室内に配置された被処理体に形成された SiN_x 膜層を覆う SiO_2 膜層に対して、プラズマエッチング処理を施すエッチング方法において、処理ガスとして少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスを使用して、 SiO_2 膜層にエッチング処理を施す第1の工程と、 SiN_x 膜層の肩部が露出する前後に、処理ガスとして少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスに切り替えて、 SiO_2 膜層にエッチング処理を施す第2の工程と、 SiN_x 膜層の肩部の露出から所定時間経過後に、処理ガスとして少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスに切り替えて、 SiO_2 膜層にエッチング処理を施す第3の工程とを含むことを特徴とするエッチング方法が提供される。

【0018】

かかる構成によれば、上記請求項2に記載の発明と同様に、少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスを使用するので、カーボン膜をコンタクトホールの内壁面に容易に形成することができ、ボーイング形状のコンタクトホールが形成されることがない。また、 SiN_x 膜層の肩部が露出する前後に、処理ガスを少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスに切り替えれば、上述した請求項1及び請求項2に記載の発明と同様に、コンタクトホールの底部に堆積したカーボンを除去できるため、コンタクトホールの底部を確実にエッチングできると共に、コンタクトホール内に露出した SiN_x 膜層をカーボン膜で保護することができる。

10

【0019】

さらに、 SiN_x 膜層の肩部の露出から所定時間経過後に、処理ガスを少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスに再び切り替えれば、コンタクトホールの内壁面に容易にカーボン膜を付着させることができるため、コンタクトホールがボーイング形状となることを防止することができる。また、この工程で、少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスを使用しても、上述の如くコンタクトホールの底部に堆積したカーボンがすでに除去されているため、抜け性の低下やエッチングストップが生じることがない。

20

【0020】

また、少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスの C_4F_8 と CH_2F_2 の流量比($\text{CH}_2\text{F}_2/\text{C}_4\text{F}_8$)を、例えば請求項4に記載の発明のように、実質的に0.4以上で1.0以下に設定したり、また少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスの全圧に対する C_4F_8 の分圧と、例えば請求項5に記載の発明のように、実質的に0.4(mTorr)以上で0.8(mTorr)以下に設定すれば、 SiN_x 膜層に対する SiO_2 膜層の選択比

30

【0021】

さらに、処理室内に励起されるプラズマの密度を、例えば請求項6に記載の発明のように、実質的に 1.5×10^{10} (イオン数/cm³)以上で 1.2×10^{11} (イオン数/cm³)以下に設定したり、また被処理体を、例えば請求項7に記載の発明のように、処理室内に配置されたサセプタの載置面上に載置し、サセプタの載置面の温度を実質的に20以上で、 SiO_2 膜層のマスクパターンを構成するフォトレジスト層の耐熱温度以下に設定すれば、上記請求項4や請求項5に記載の発明と同様に、 SiN_x 膜層に対する SiO_2 膜層の選択比をさらに向上させることができる。

40

【0022】

また、少なくとも C_4F_8 と CH_2F_2 を含む混合ガスに、例えば請求項8に記載の発明のように、さらに不活性ガスを添加したり、または少なくとも C_4F_8 と CO を含む混合ガスに、例えば請求項9に記載の発明のように、さらに不活性ガスを添加すれば、エッチングレートなどの各種処理条件を容易に調整することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下に、添付図面を参照しながら、本発明にかかるエッチング方法の実施の形態について、詳細に説明する。

【0024】

(1) エッチング装置の構成

50

まず、図1を参照しながら、本実施の形態のエッチング方法が適用されるエッチング装置100について説明する。

同図に示すエッチング装置100の処理容器102内には、処理室104が形成されており、この処理室104内には、上下動自在なサセプタを構成する下部電極106が配置されている。下部電極106の上部には、高圧直流電源108に接続された静電チャック110が設けられており、この静電チャック110の上面に被処理体、例えば半導体ウェハ（以下、「ウェハ」と称する。）Wが載置される。さらに、下部電極106上に載置されたウェハWの周囲には、絶縁性のフォーカスリング112が配置されている。また、下部電極106の周囲には、絶縁体107を介して多数の貫通孔114aを備えた導電性のバッフル板114が設けられている。さらに、バッフル板114は、例えばステンレス製のベローズ109を介して、接地された処理容器102と電気的に導通している。また、下部電極106には、整合器118を介してプラズマ生成用高周波電力を出力する高周波電源120が接続されている。

10

【0025】

また、下部電極106の載置面と対向する処理室104の天井部には、多数のガス吐出孔122aを備えた上部電極122が配置されており、図示の例では、上部電極122は、処理容器102の一部を成している。また、ガス吐出孔122aには、ガス供給管124が接続され、さらにそのガス供給管124には、図示の例では第1～第3分岐管126、128、130が接続されている。第1分岐管126には、開閉バルブ132と流量調整バルブ134を介して、 C_4F_8 を供給するガス供給源136が接続されている。また、第2分岐管128には、開閉バルブ138を流量調整バルブ140を介して、本実施の形態にかかる CH_2F_2 を供給するガス供給源142が接続されている。さらに、第3分岐管130には、開閉バルブ144と流量調整バルブ146を介して、Arを供給するガス供給源148が接続されている。なお、これら各種処理ガスの供給構成については、後述する。また、処理ガスに添加される不活性ガスは、上記Arに限定されず、処理室104内に励起されるプラズマを調整することができるガスであればいかなる不活性ガス、例えばKrなどを採用することができる。さらに、上記処理ガスには、例えば O_2 や、 N_2 や、COや、 CO_2 などの各種ガスを添加することもできる。

20

【0026】

また、処理容器102の下方には、不図示の真空引き機構と連通する排気管150が接続されており、その真空引き機構の作動により、処理室104内を所定の減圧雰囲気に維持することができる。また、処理室104の外部には、処理容器102の外部側壁を囲うように磁石152が配置されており、この磁石152によって上部電極122と下部電極106との間のプラズマ領域に回転磁界が形成される。

30

【0027】

(2) ウェハの構成

次に、図2を参照しながら、上記エッチング装置100で処理を施すウェハWの構成について説明する。

ウェハWを構成するSi（シリコン）基板200上には、ゲート202が形成されており、このゲート202を覆うようにして絶縁膜層204が形成されている。また、この絶縁膜層204の表面を被覆するように、 SiN_x 膜層206が形成されている。この SiN_x 膜層206は、後述するコンタクトホール210形成時に、ゲート202がエッチングされることを防止し、ゲート202間に自己整合的にコンタクトホール210を形成する役割を果たしている。また、 SiN_x 膜層206上には、絶縁膜層を構成するシリコン系酸化膜、例えば SiO_2 膜208が形成されている。なお、上記絶縁膜層204及び SiO_2 膜208は、BPSG（ボロンとリンのシリケートガラス）や、PSG（リンのシリケートガラス）や、TEOS（テトラエトキシオルトシラン）や、Th-OX（サーマルオキサイド）や、SOG（スピオングラス）などから構成してもよい。また、 SiO_2 膜層208上には、コンタクトホール210のマスクパターンを構成するフォトレジスト層212が形成されている。

40

50

【 0 0 2 8 】

(3) コンタクトホール形成工程

次に、図 1 及び図 2 を参照しながら、上述したウェハ W のゲート 2 0 2 間にコンタクトホール 2 1 0 を形成する工程について説明する。

まず、下部電極 1 0 6 の載置面の温度を、予め、実質的に 2 0 () 以上で、フォトレジスト層 2 1 2 の耐熱温度、すなわちフォトレジスト層 2 1 2 が融ける温度以下、好ましくは 2 0 () ~ 6 0 ()、例えば 4 0 () に調整した後、その載置面上に上述したウェハ W を載置する。

【 0 0 2 9 】

次いで、処理室 1 0 4 内に本実施の形態にかかる処理ガス、すなわち C_4F_8 と CH_2F_2 と Ar の混合ガスを導入する。この際、それら C_4F_8 と CH_2F_2 と Ar の流量は、それぞれに対応する流量調整バルブ 1 3 4、1 4 0、1 4 6 で調整する。また、本実施の形態では、 C_4F_8 の流量は、実質的に 5 (s c c m) ~ 1 5 (s c c m) に設定し、好ましくは 6 (s c c m) ~ 8 (s c c m) に設定する。さらに、 CH_2F_2 の流量は、実質的に 2 (s c c m) ~ 1 0 (s c c m) 設定し、好ましくは 3 (s c c m) ~ 5 (s c c m) に設定する。さらにまた、Ar の流量は、実質的に 4 0 0 (s c c m) ~ 6 0 0 (s c c m) に設定し、好ましくは 5 0 0 (s c c m) に設定する。ただし、上記各処理ガスの流量は、 C_4F_8 と CH_2F_2 の流量比 (CH_2F_2 / C_4F_8) が、実質的に 0 . 4 ~ 1 . 0、好ましくは 0 . 5 ~ 1 . 0、さらに好ましくは 0 . 5 5 ~ 0 . 7 になるように適宜調整する。

【 0 0 3 0 】

また、処理室 1 0 4 内への処理ガスの導入と同時に、処理室 1 0 4 内の真空引きを行う。この際、処理室 1 0 4 内の圧力雰囲気は、実質的に 3 0 (m T o r r) ~ 7 0 (m T o r r) に設定し、好ましくは 3 5 (m T o r r) ~ 5 5 (m T o r r) に設定する。ただし、処理室 1 0 4 内の圧力雰囲気は、 C_4F_8 と CH_2F_2 と Ar の全圧に対する C_4F_8 の分圧が、0 . 4 (m T o r r) ~ 0 . 8 (m T o r r) になるように適宜調整する。

【 0 0 3 1 】

次いで、磁石 1 5 2 を回転させて処理室 1 0 4 内のプラズマ領域に回転磁界を形成させる。その後、下部電極 1 0 6 に対して所定の高周波電力を印加し、処理室 1 0 4 内にプラズマを励起する。この際、上記高周波電力は、処理室 1 0 4 内に励起されるプラズマの密度が、実質的に $1 . 5 \times 1 0^{10}$ (イオン数 / cm^3) ~ $1 . 2 \times 1 0^{11}$ (イオン数 / cm^3) になるように調整する。すなわち、本実施の形態では、下部電極 1 0 6 に対して、例えば周波数が 1 3 . 5 6 (M H z) で、電力が 1 4 0 0 (W) ~ 2 0 0 0 (W)、好ましくは 1 5 0 0 (W) の高周波電力を印加する。これにより、上部電極 1 2 2 と下部電極 1 0 6 との間にグロー放電が生じ、処理室 1 0 4 内に導入された本実施の形態にかかる処理ガスが解離して、高密度のプラズマが生成される。そして、このプラズマにより、ウェハ W に所定のエッチング処理が施される。

【 0 0 3 2 】

この際、本実施の形態では、処理ガスとして C_4F_8 と CH_2F_2 と Ar から成る混合ガスを使用しているため、上述した従来のエッチング方法のように処理ガスに CO を添加しなくても、 C_4F_8 と CH_2F_2 によりカーボンリッチな雰囲気を作り出すことができるため、コンタクトホール 2 1 0 の内部側壁面を構成する SiN_x 膜層 2 0 6 や、 SiO_2 膜層 2 0 8 や、フォトレジスト層 2 1 2 の露出面にカーボン膜を容易に形成することができる。その結果、コンタクトホール 2 1 0 の内部側壁面がエッチングされ難くなるため、ボーイング形状のコンタクトホールが形成されることがない。

【 0 0 3 3 】

また、 SiN_x 膜層 2 0 6 の表面、特に SiN_x 膜層 2 0 6 の肩部 2 0 7 もカーボン層で被覆することができるため、エッチングされやすい該肩部 2 0 7 に C_4F_8 や CH_2F_2 から生成されたフッ素ラジカルが到達し難くなり、その SiN_x 膜層 2 0 6 の肩部 2 0 7 の損傷を防止することができる。その結果、 SiN_x 膜層 2 0 6 と SiO_2 膜層 2 0 8 との選択比が向上し、 SiN_x 膜層 2 0 6 で保護されている絶縁膜層 2 0 4 やゲート 2 0 2 が損傷し

10

20

30

40

50

ないので、ゲート202の絶縁不良や絶縁破壊の発生を防止することができ、歩留りを向上させることができる。

【0034】

また、本実施の形態の如く、COに代えて、 CH_2F_2 を処理ガスの構成ガスとして採用すれば、 C_4F_8 だけではなく、 CH_2F_2 からもエッチャント種であるフッ素ラジカルを生成することができるため、プラズマ中に含まれるフッ素ラジカルを増加させることができる。その結果、狭小なゲート202間に形成される高アスペクト比のコンタクトホール210であっても、そのコンタクトホール210の底部にフッ素ラジカルを確実に到達させることができるため、該底部に堆積するカーボンを取り除くことができ、抜け性の低下やエッチングストップが生じることなく、均一なエッチングレートで上記底部をエッチングすることができる。また、上記処理ガスには、Arが添加されているため、処理室104内で生成されるプラズマの密度等を適宜調整することができる。

10

【0035】

本実施の形態は、以上のように構成されており、 C_4F_8 と CH_2F_2 とArから成る混合ガスを処理ガスに採用したため、処理ガスにCOを添加した場合と同様に、カーボンリッチな雰囲気を作り出すことができると共に、上記COを添加した場合と異なり、フッ素ラジカルを豊富に生成することができる。その結果、コンタクトホール210の内部側壁面のみにカーボン膜を形成し、かつコンタクトホール210の底部へのカーボンの堆積を防止できるため、狭小なゲート202間に高アスペクト比のコンタクトホール210を形成する場合でも、ゲート202の絶縁不良や絶縁破壊の発生を防止し、かつコンタクトホール210の抜け性を向上させることができる。

20

【0036】

【実施例】

次に、本発明にかかるエッチング方法の実施例について説明する。なお、以下の実施例は、上記実施の形態にかかるエッチング装置100で、 C_4F_8 と CH_2F_2 とArの混合ガスを用いて、以下で説明する処理ガスの流量や、処理室104の圧力雰囲気や、下部電極106に印加する高周波電力や、下部電極106の載置面の温度などの各条件のみを変更し、上記ウェハWに形成されたゲート202間にコンタクトホール210を形成したものであるため、上述したエッチング装置100及びウェハWと略同一機能及び構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより、重複説明を省略する。

30

【0037】

(A) CH_2F_2 の流量変化

まず、 CH_2F_2 の流量を変化させた場合の各実施例を次の表に示す。なお、各実施例の処理条件は、処理室104内の圧力雰囲気が50 (mTorr)、上部電極122と処理室104の内壁面の温度が60 ()、下部電極110の温度が40 ()である。また、下部電極106には、周波数が13.56 (MHz)で、電力が1500 (W)の高周波電力を印加した。さらに、ウェハWは、直径200 (mm)のものを使用した。また、38 (リットル)の容積の処理室102を有するエッチング装置100で処理を行った。

【0038】

また、各実施例について、ウェハWの被処理面内の均一性(以下、「面内均一性」という。)と、 SiN_x 膜層206に対する SiO_2 膜層208の選択比を求め、さらにその際のウェハWの断面形状(エッチング形状)を図に示した。なお、面内均一性は、ウェハWの中央部と端部のエッチングレートから平均(表中、「平均エッチングレート」という。)を算出し、それら中央部と端部の各々のエッチングレートがその平均したエッチングレートと何パーセント離れているかを表しており、その数値(絶対値)が大きい程不均一であり、小さい程均一である。また、 SiN_x 膜層206に対する SiO_2 膜層208の選択比(表中、「 $\text{SiO}_2/\text{SiN}_x$ 選択比」という。)は、図2に示すように、 SiO_2 膜層208に対するエッチングが進行し、 SiN_x 膜層206が露出した状態でのウェハWの中央部と端部の(SiO_2 膜層のエッチングレート)/(SiN_x 膜層のエッチングレート)の値の平均である。

40

50

【0039】

【表1】

実施例	処理ガス流量 (sccm)			ウェハの 面内均一性 (±%)	SiO ₂ 膜層の平均 エッチングレート (Å/分)	SiO ₂ /SiN _x 選択比	コンタクト ホール の断面形状
	C ₄ F ₈	CH ₂ F ₂	Ar				
1	7	0	500	1.2	4250	15.6	図3
2	7	3	500	1.2	4050	18.6	図4
3	7	4	500	1.2	4050	34.4	図5, 図6
4	7	5	500	5.0	4000	24.8	図7
5	7	7	500	5.1	3900	25.5	図8

【0040】

上記表に示すように、実施例1～実施例5の条件に基づいて、C₄F₈とArの混合ガスに添加するCH₂F₂の流量を0(sccm)～7(sccm)の範囲内で変化させると、ウェハWのSiO₂膜層208のエッチングレートは、CH₂F₂の流量が増加するにつれて低下し、3900(オングストローム/分)～4250(オングストローム/分)の範囲内で変化した。また、面内均一性は、CH₂F₂の流量を4(sccm)以下に設定したときが良く、流量を増加させるにつれて不均一となった。SiN_x膜層206に対するSiO₂膜層208の選択比は、CH₂F₂の流量を4(sccm)に設定したときが最もよく

10

20

30

40

50

、その CH_2F_2 の流量を上記流量から増加又は低下させるにつれて低下した。従って、 CH_2F_2 の流量を4 (sccm) 前後の範囲内で変化させればコンタクトホール210内に露出する SiN_x 膜層206の肩部207がエッチングされることなく、所定形状のコンタクトホール210を形成することができる。

【0041】

さらにまた、図5及び図6に示すように、 CH_2F_2 の流量を4 (sccm) に設定したとき、ウェハWの中央部と端部の両方で、所定形状のコンタクトホール210を形成することができた。すなわち、ウェハWの中央部と端部の両方とも、 SiN_x 膜層206の肩部207がエッチングされることなく、かつコンタクトホール210の底部にカーボンが堆積しなかった。また、 CH_2F_2 の流量を3 (sccm) 又は5 (sccm) に設定したときにも、図4及び図7に示すように、上記流量と同様に、所定形状のコンタクトホールを形成することができた。これに対して、 CH_2F_2 の流量を0 (sccm) 又は7 (sccm) に設定したときは、図3及び図8に示すように、 SiN_x 膜層206の肩部207がエッチングされ、かつコンタクトホール210の底部にカーボンが堆積した。

10

【0042】

以上の結果より、上記各条件に基づいてエッチング装置100でウェハWにエッチング処理を施す場合には、 C_4F_8 とArの混合ガスに添加する CH_2F_2 の流量を3 (sccm) ~ 5 (sccm) の範囲内で設定すれば、ウェハWの全面で所定形状のコンタクトホール210を形成することができる。ただし、上記各結果は、上述の如くエッチング装置100で処理を行った場合のものであるので、他の処理装置に上記ガス流量を適用する場合には、処理室の容積などの相違により、上記所定形状のコンタクトホール210を形成することが困難な場合がある。そこで、処理ガスを構成する C_4F_8 と CH_2F_2 の流量比 ($\text{CH}_2\text{F}_2 / \text{C}_4\text{F}_8$) に基づいて、各処理ガスの流量を調整すれば、上記エッチング装置の構成の相違に左右されることなく、常時所定形状のコンタクトホール210を形成することができる。

20

【0043】

ここで、図9を参照しながら、 C_4F_8 と CH_2F_2 の流量比 ($\text{CH}_2\text{F}_2 / \text{C}_4\text{F}_8$) と、 SiN_x 膜層206に対する SiO_2 膜層208の選択比との関係について説明すると、上記流量比 ($\text{CH}_2\text{F}_2 / \text{C}_4\text{F}_8$) が0.4 ~ 1.0の時に上記選択比が略1.8以上となり、該流量比が0.5 ~ 1.0の時に該選択比が略2.5以上となった。さらに、上記流量比が0.55 ~ 0.7の時には、上記選択比が略3.0以上となった。この際、該流量比が略0.57の時には、該選択比が上記範囲内の最高値である略3.4となり、これは上記図5及び図6に対応する $\text{C}_4\text{F}_8 : \text{CH}_2\text{F}_2 : \text{Ar} = 7 : 4 : 500$ (sccm) の処理ガスを使用したときである。

30

【0044】

上記 SiN_x 膜層206に対する SiO_2 膜層208の選択比は、一般的に2.0程度であれば良好とされているので、上述の如く流量比 ($\text{CH}_2\text{F}_2 / \text{C}_4\text{F}_8$) が実質的に0.4 ~ 1.0、好ましくは実質的に0.5 ~ 1.0、さらに好ましくは実質的に0.55 ~ 0.7となるように、処理ガスの流量を調整すれば、最高で略3.4の選択比を得ることができる。なお、図9中の縦軸は、 SiN_x 膜層206に対する SiO_2 膜層の選択比を表し、また横軸は、流量比 ($\text{CH}_2\text{F}_2 / \text{C}_4\text{F}_8$) を表している。

40

【0045】

(B) 処理室内の圧力雰囲気の変化

次に、処理室104内の圧力雰囲気を変化させた場合の実施例について説明する。次の表に示す実施例6及び実施例7は、処理室104内の圧力雰囲気以外の各条件を、上記実施例3と同様に設定して行った。すなわち、処理ガスの流量は、上記実施例3と同じ $\text{C}_4\text{F}_8 : \text{CH}_2\text{F}_2 : \text{Ar} = 7 : 4 : 500$ (sccm) に設定した。また、実施例6及び実施例7では、上記実施例1 ~ 実施例5と同様に、ウェハWの面内均一性と、 SiN_x 膜層206に対する SiO_2 膜層208の選択比を各々求め、さらにその際のウェハWの断面形状を図示した。

50

【 0 0 4 6 】

【 表 2 】

実施例	処理室内の 圧力雰囲気 (mTorr)	ウェハの 面内均一性 (±%)	SiO ₂ 膜層の平均 エッチングレート (Å/分)	SiO ₂ /SiN _x 選択比	コンタクト ホール の断面形状
6	40	2.6	3800	13.2	図10
3	50	1.2	4050	34.4	図5, 図6
7	60	6.8	4400	70.6	図11

【 0 0 4 7 】

上記表に示すように、上記実施例3の条件を基準として、実施例6及び実施例7の如く、処理室104内の圧力雰囲気を40(mTorr)又は60(mTorr)に変化させると、ウェハWのSiO₂膜層208のエッチングレートは、圧力雰囲気の増加に伴って高くなった。また、面内均一性は、圧力雰囲気を実施例3の如く50(mTorr)に設定したときが最もよく、処理室104の圧力雰囲気を上記圧力雰囲気から増加又は低下させた場合には不均一となった。さらに、SiN_x膜層206に対するSiO₂膜層208の選択比も、上記面内均一性と同様に、上記圧力雰囲気を50(mTorr)に設定したときが最もよく、処理室104の圧力雰囲気を上記圧力雰囲気から増加又は低下させた場合には低下した。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

また、上記実施例 6 の如く、処理室 1 0 4 内の圧力雰囲気を 4 0 (m T o r r) にした場合には、図 1 0 に示すように、コンタクトホール 2 1 0 の底部にカーボンが堆積し難く、所定深さのコンタクトホール 2 1 0 を形成することができる反面、同図に示すように、S i N_x膜層 2 0 6 の肩部 2 0 7 がエッチングされ、損傷した。また、上記実施例 7 の如く、処理室 1 0 4 内の圧力雰囲気を 6 0 (m T o r r) にした場合には、S i N_x膜層 2 0 6 の肩部 2 0 7 をカーボン膜で確実に保護することができる反面、図 1 1 に示すように、コンタクトホール 2 1 0 の底部にカーボンが堆積し、エッチングストップが生じて抜け性が低下した。

【 0 0 4 9 】

これに対して、上述した実施例 3 の如く、処理室 1 0 4 内の圧力雰囲気を 5 0 (m T o r r) にした場合には、図 5 及び図 6 に示すように、コンタクトホール 2 1 0 の底部にカーボンが堆積することがなく、かつ S i N_x膜層 2 0 6 の肩部 2 0 7 がエッチングされずに、所定形状及び所定深さのコンタクトホール 2 1 0 を形成することができた。

【 0 0 5 0 】

以上の結果より、上記エッチング装置 1 0 0 でウェハ W にエッチング処理を施す場合には、処理室 1 0 4 内の圧力雰囲気を 5 0 (m T o r r) 程度に設定すると、ウェハ W に所定のコンタクトホール 2 1 0 を形成することがわかった。ただし、上記圧力雰囲気は、エッチング装置 1 0 0 に適用した時のものなので、他の処理装置に実施例 3、実施例 6 及び実施例 7 を適用した場合には、処理室内の容積等の違いにより、コンタクトホール 2 1 0 の形成状態が異なることがある。そこで、上記実施例 3 の処理ガス中の C₄F₈ と C H₂F₂ と A r の全圧に対する C₄F₈ の分圧を求めると 0 . 6 8 (m T o r r) となり、この分圧に基づいて処理室 1 0 4 内の圧力雰囲気を設定すれば、いかなるエッチング装置であっても、実施例 3 の如く、所定のコンタクトホール 2 1 0 を形成することができる。さらに、上記分圧を 0 . 4 (m T o r r) ~ 0 . 8 (m T o r r) の範囲内で適宜設定しても、実施例 3 と同様に、所定のコンタクトホール 2 1 0 を形成することができる。

【 0 0 5 1 】

(C) 下部電極に導入する高周波電力の変化

次に、下部電極 1 0 6 に印加する高周波電力を変化させた場合の実施例について説明する。次の表に示す実施例 8 及び実施例 9 では、下部電極 1 0 6 に印加する高周波電力以外の各条件を、上記実施例 3 と同様に設定した。また、実施例 8 及び実施例 9 では、上記実施例 1 ~ 実施例 7 と同様に、ウェハ W の面内均一性と、S i N_x膜層 2 0 6 に対する S i O₂膜層 2 0 8 の選択比を各々求め、さらにその際のウェハ W の断面形状を図示した。なお、上記高周波電力の周波数は、上記実施例 3 と同一の 1 3 . 5 6 M H z に設定した。

【 0 0 5 2 】

【 表 3 】

10

20

30

実施例	高周波電力 (W)	ウェハの 面内均一性 (±%)	SiO ₂ 膜層の平均 エッチングレート (Å/分)	SiO ₂ /SiN _x 選択比	コンタクト ホール の断面形状
8	1400	3.6	4150	37.7	図12
3	1500	1.2	4050	34.4	図5, 図6
9	1600	8.9	4500	28.9	図13

【0053】

上記表に示すように、上記実施例3の条件を基準として、実施例8及び実施例9の如く、下部電極106に印加する高周波電力を1400(W)又は1600(W)に変化させると、高周波電力を1500(W)に設定した場合よりも高くなった。また、面内均一性は、実施例3の如く1500(W)の高周波電力を下部電極106に印加したときが最もよく、該電力よりも増加又は低下させた場合には不均一となった。さらに、SiN_x膜層206に対するSiO₂膜層208の選択比は、高周波電力を増加させた場合には低下した。

【0054】

また、下部電極106に印加する高周波電力を、1400(W)と1600(W)にした場合の両方とも、図12及び図13に示すように、コンタクトホール210内の底部にカーボンが堆積し難く、かつSiN_x膜層206の肩部207もエッチングされ難かった。

10

20

30

40

50

ただし、上記高周波電力を1400(W)に設定した場合には、SiN_x膜層206に対するSiO₂膜層208の選択比が向上する反面、コンタクトホール210の底部にカーボンが若干堆積した。また、上記高周波電力を1600(W)に設定した場合には、コンタクトホール210の底部へのカーボンの堆積は、認められなかった。もちろん、上述した実施例3の如く、1500(W)の高周波電力を下部電極106に印加した場合には、図5及び図6に示すように、良好なエッチング形状を有するコンタクトホール210を形成することができた。

【0055】

以上の結果より、上記エッチング装置100でウェハWにエッチング処理を施す場合には、下部電極106に印加する高周波電力を1400(W)～1600(W)の範囲内で設定すれば、ウェハWに所定のコンタクトホール210を形成することができる。さらに、下部電極106に1600(W)の高周波電力を印加した場合でも、良好なエッチング特性を得ることができたため、下部電極106に供給する電力の上限を1700(W)まで拡大しても、所定形状のコンタクトホール210を形成できると推察される。

【0056】

なお、上記高周波電力は、エッチング装置100に適用した時のものなので、他の処理装置に実施例3、実施例8及び実施例9を適用した場合には、コンタクトホール210の形成状態が異なることがある。これは、コンタクトホール210の底部に侵入するフッ素ラジカルの量や、コンタクトホール210の内壁面に付着するカーボンの量が、処理室104内のプラズマ密度に依存するためである。そこで、下部電極106に上記13.56MHzで1400(W)～1700(W)の高周波電力を印加した場合の処理室104内のプラズマの密度を測定すると、 1.5×10^{10} (イオン数/cm³)～ 1.2×10^{11} (イオン数/cm³)であった。従って、プラズマの密度が、上記 1.5×10^{10} (イオン数/cm³)～ 1.2×10^{11} (イオン数/cm³)となるように、処理室104内にプラズマを生成すれば、所定形状のコンタクトホール210をウェハWに形成することができる。

【0057】

(D) 下部電極の載置面の温度変化

次に、下部電極106の載置面の温度を変化させた場合の実施例について説明する。以下の表に示す実施例10及び実施例11では、下部電極106の載置面の温度以外の各条件を、上記実施例3と同様に設定した。また、実施例10及び実施例11では、上記実施例1～実施例9と同様に、ウェハWの面内均一性と、SiN_x膜層206に対するSiO₂膜層208の選択比を各々求め、さらにその際のウェハWの断面形状を図示した。なお、処理室104の内壁面の温度は、上記実施例3と同一の60()に設定した。

【0058】

【表4】

10

20

30

実施例	下部電極の 載置面温度 (°C)	ウェハの 面内均一性 (±%)	SiO ₂ 膜層の平均 エッチングレート (Å/分)	SiO ₂ /SiN _x 選択比	コンタクト ホール の断面形状
10	20	6.8	4400	20.6	図14
3	40	1.2	4050	34.4	図5, 図6
11	60	3.5	4250	58.2	図15

【0059】

上記表に示すように、上記実施例3の条件を基準として、上記実施例10及び実施例11の如く、下部電極106の載置面の温度を20()又は60()に変化させると、ウェハWのSiO₂膜層208のエッチングレートは、実施例3の如く、上記載置面の温度を40()に設定した場合よりも高くなった。また、面内均一性は、下部電極106の載置面の温度を、上記実施例3の如く40()に設定した場合が最もよく、該温度よりも高く又は低くした場合には不均一となった。SiN_x膜層206に対するSiO₂膜層208の選択比は、下部電極106の載置面の温度を高くした場合に上昇した。

【0060】

また、下部電極106の載置面の温度を20()にした場合には、図14に示すように、コンタクトホール210の底部にカーボンが堆積し難く、所定深さのコンタクトホール210を形成することができる反面、SiN_x膜層206に対するSiO₂膜層208の選

10

20

30

40

50

扱比は、20.6となり、同図に示すように、 SiN_x 膜層206の肩部207がエッチングされた。これに対して、下部電極106の載置面の温度を60()にした場合には、 SiN_x 膜層206に対する SiO_2 膜層208の選択比は、58.2となり、図15に示すように、 SiN_x 膜層206の肩部207がエッチングされることを防止できた。さらに、該温度の場合には、同図に示すように、コンタクトホール210の底部にカーボンが堆積せずに、所定深さのコンタクトホール210を形成することができた。もちろん、上記実施例3の如く、下部電極106の載置面の温度を40()に設定した場合でも、図5及び図6に示すように、所定深さ及び所定形状のコンタクトホール210を形成することができた。

【0061】

以上の結果より、下部電極106の載置面の温度を20()以上、特に温度を上昇させるほど、ウェハWに所定形状のコンタクトホール210を形成できる。しかしながら、ウェハWの温度が所定温度以上になると、 SiO_2 膜層208上に形成されているフォトレジスト膜層212が融けて、エッチングマスクの機能を果たさなくなってしまうため、下部電極106の載置面の温度の上限は、フォトレジスト膜層212の耐熱温度となる。従って、下部電極106の載置面の温度を、20()～フォトレジスト膜層212の耐熱温度の範囲内で適宜設定すれば、ウェハWに所定形状のコンタクトホール210を形成することができる。

【0062】

(E) 実施例3と従来例の比較

次に、上記実施例1～実施例11の中で、ウェハWに最も所定形状のコンタクトホール210を形成することができた図5及び図6に対応する実施例3と、図16に対応する従来例を比較する。まず、実施例3と従来例のエッチング条件について説明すると、実施例3と従来例の両方とも、上述したエッチング装置100でエッチング処理を行い、上部電極122と処理室104の内壁面の温度は60()に維持し、下部電極110の載置面の温度は40()に維持した。また、下部電極106には、周波数が13.56(MHz)で、電力が1500(W)の高周波電力を印加した。さらに、ウェハWは、直径200(mm)のものを使用した。

【0063】

また、上記実施例3では、上述の如く、ガス組成及び流量が $\text{C}_4\text{F}_8 : \text{CH}_2\text{F}_2 : \text{Ar} = 7 : 4 : 500$ (sccm)の処理ガスを処理室104内に導入したのに対して、従来例では、ガス組成及び流量が $\text{C}_4\text{F}_8 : \text{CO} : \text{Ar} = 18 : 300 : 380$ (sccm)の処理ガスを処理室104内に導入した。さらに、上記実施例3では、上述の如く、処理室104内の圧力雰囲気を50(mTorr)に設定したのに対して、従来例では、処理室104内の圧力雰囲気を40(mTorr)に設定した。

【0064】

次に、実施例3と従来例の SiO_2 膜層208のエッチングレートと、ウェハWの面内均一性と、 SiN_x 膜層206に対する SiO_2 膜層208の選択比について説明する。まず、 SiO_2 膜層208のエッチングレートについて説明すると、上記実施例3では、上述の如くウェハWの中央部では4000(オングストローム/分)であり、また端部では4100(オングストローム/分)であった。これに対して、従来例では、ウェハWの中央部では4600(オングストローム/分)であり、また端部では5200(オングストローム/分)であった。また、ウェハWの面内均一性は、上記実施例3では、上述の如く ± 1.2 であったのに対して、従来例では、 ± 6.1 であった。さらに、 SiN_x 膜層206に対する SiO_2 膜層208の選択比は、上記実施例3では、上述の如く34.4であったのに対して、従来例では、11.2であった。

【0065】

以上の結果より、実施例3のエッチングプロセスでウェハWに処理を施した場合には、従来例と比較して SiO_2 膜層208に対するエッチングレートが低い反面、ウェハWの面内均一性と、 SiN_x 膜層206に対する SiO_2 膜層208の選択比は、従来例よりも向

10

20

30

40

50

上させることができた。特に、 SiN_x 膜層206に対する SiO_2 膜層208の選択比は、図6及び図16に示すように、実施例3と従来例で顕著な差が認められた。すなわち、実施例3のプロセスで処理を施した図5及び図6に示すウェハWでは、コンタクトホール210内の露出した SiN_x 膜層206の肩部207がエッチングされることなく、所定形状のコンタクトホール210を形成することができた。これに対して、従来例のエッチングプロセスで処理を施した図16に示すウェハWでは、 SiN_x 膜層206の肩部207のみならず、ゲート202を覆う SiO_2 膜層204もエッチングされ、損傷した。従って、従来の C_4F_8 と CO と Ar の混合ガスから成る処理ガスを用いてウェハWに処理を施すよりも、本実施例の C_4F_8 と CH_2F_2 と Ar の混合ガスから成る処理ガスを採用した方が、ウェハWに所定形状のコンタクトホール210を形成することができる。

10

【0066】

以上、本発明の好適な実施の形態及び実施例について、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るものではない。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。

【0067】

例えば、上記実施の形態において、コンタクトホールの形成時に C_4F_8 と CH_2F_2 と Ar の混合ガスのみを処理ガスとして用いた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るものではない。例えば、上述したエッチング装置100でウェハWにコンタクトホール210を形成する場合を例に挙げて説明すると、まず上記従来例で説明した

20

【0068】

このように、処理ガスとして C_4F_8 と CO と Ar の混合ガスを使用すれば、コンタクトホール210の内壁面にカーボン膜を確実に付着させることができ、その内壁面がエッチングされることを防止しながら、所定のコンタクトホール210を形成することができる。また、 SiN_x 膜層206の肩部207が露出する前後に C_4F_8 と CH_2F_2 と Ar の混合ガスに切り替えれば、コンタクトホール210の底部にフッ素ラジカルを確実に侵入させることができるため、その底部へのカーボンの堆積による抜け性の低下やエッチングストップの発生を防止できる。さらに、その場合でも、コンタクトホール210内に露出した SiN_x 膜層206の肩部207をカーボン膜で保護することができるため、その肩部207がエッチングされることなく、より高アスペクト比かつ所定形状のコンタクトホール210を迅速に形成することができる。なお、上記 C_4F_8 と CH_2F_2 と Ar の混合ガスへの切り替えは、上述の如く SiN_x 膜層206の肩部207が露出する前後で行っても良く、また SiN_x 膜層206の肩部207の露出と同時に行っても良い。さらに、該ガスの切り替えは、例えば予め設定された時間を基準として行っても良く、また処理室104内のプラズマの発光スペクトルから求められた終点検出値に基づいて行っても良い。

30

40

【0069】

また、上記ウェハWにコンタクトホールを形成する場合には、次のようにして、処理ガスの切り替えを行ってもよい。例えば、まず上述した工程と同様に、ガス組成及び流量が C_4F_8 ： CO ： Ar ＝18：300：380（sccm）の混合ガスを処理ガスとして用いてウェハWに処理を施す。この際の処理室104内の圧力雰囲気は、略55（mTorr）に設定する。また、 SiN_x 膜層206の肩部207がコンタクトホール210内に露出する前後に、上述した工程と同様に、ガス組成及び流量が C_4F_8 ： CH_2F_2 ： Ar ＝7：4：500（sccm）の混合ガスに切り替えて該ウェハWに処理を施す。この際の処

50

理室104内の圧力雰囲気は、略50(mTorr)に設定する。次いで、SiN_x膜層206の肩部207がコンタクトホール210内に露出してから所定時間経過後、例えばコンタクトホール210の底部に堆積したカーボンが除去された後に、再び上記ガス組成及び流量がC₄F₈:CO:Ar=18:300:380(sccm)の混合ガスに切り替えて該ウェハWに処理を施しても良い。この際の処理室104内の圧力雰囲気は、略55(mTorr)に設定する。

【0070】

このように、処理ガスとしてC₄F₈とCOとArの混合ガスを用いれば、上述したエッチング方法と同様に、コンタクトホール210の内壁面をカーボン膜で保護することができるため、コンタクトホール210がボーイング形状になることがなく、SiO₂膜層208を所定方向にエッチングすることができる。また、SiN_x膜層206の肩部207が露出する前後で、C₄F₈とCH₂F₂とArの混合ガスに切り替えれば、上述したエッチング方法と同様に、コンタクトホール210の底部にフッ素ラジカルを確実に侵入させることができるため、その底部に堆積したカーボンを除去することができる。さらに、SiN_x膜層206の肩部207は、カーボン膜で被覆されるため、その肩部207の損傷を防止することができる。

【0071】

そして、本エッチング方法の如く、SiN_x膜層206の肩部207の露出後、すなわち上記C₄F₈とCH₂F₂とArの混合ガスの使用によりコンタクトホール210の底部に堆積したカーボンを除去した後に、再びC₄F₈とCOとArの混合ガスに切り替えれば、カーボンリッチな雰囲気によりSiN_x膜層208の肩部207にカーボン膜を確実に付着させることができるため、高アスペクト比のコンタクトホール210を形成しても、上記肩部207の損傷を防止し、かつコンタクトホール210がボーイング形状となることがない。

【0072】

なお、上記各エッチング方法では、上述した処理ガスの組成と、処理ガスの流量と、処理室104内の圧力雰囲気以外のプロセス条件は、上述した実施の形態を略同一に設定されている。また、上述した各エッチング方法において、処理ガスにArを添加した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るものではなく、さらに例えばKrなど不活性ガスや、O₂や、N₂や、COや、CO₂などの各種ガスを添加してもよい。また、上記Arに代えて、各種不活性ガスを添加してもよく、あるいはそのような不活性ガスを添加しなくても本発明を実施することができる。

【0073】

また、上記実施の形態において、磁石を備えたエッチング装置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るものではなく、上記磁石を備えていないプラズマエッチング装置にも本発明を適用することができる。さらに、上記実施の形態において、下部電極のみに高周波電力を印加するエッチング装置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るものではなく、上部電極と下部電極の両方に高周波電力を印加するプラズマエッチング装置や、上部電極のみに高周波電力を印加するプラズマエッチング装置であっても本発明を実施することができる。

【0074】

【発明の効果】

本発明によれば、処理ガスとして少なくともC₄F₈とCH₂F₂を含むガスを採用したので、コンタクトホールの内壁面、特にコンタクトホール内に露出するSiN_x膜層の肩部にカーボン膜を形成しながら、コンタクトホールの底部にエッチングイオンを確実に侵入させて、その底部へのカーボンの堆積を防止することができる。その結果、特にエッチングされ易いSiN_x膜層の肩部を保護することができるため、ゲートやゲートを覆う絶縁膜層の損傷を防止することができ、歩留りを向上させることができる。さらに、抜け性の低下やエッチングストップが生じることなく、コンタクトホールの底部を確実にエッチングすることができるため、高アスペクト比のコンタクトホールを容易に形成することができ

10

20

30

40

50

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を示す概略的な断面図である。

【図 2】図 1 に示すエッチング装置で処理を施す半導体ウェハを説明するための概略的な断面図である。

【図 3】本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 4】本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 5】本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。 10

【図 6】図 5 に示す半導体ウェハの断面形状を表す写真である。

【図 7】本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 8】本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 9】処理ガスの流量比と半導体ウェハの SiO_2 膜の選択比の関係を説明するための概略的な説明図である。

【図 10】本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。 20

【図 11】本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 12】本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 13】本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

【図 14】本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。

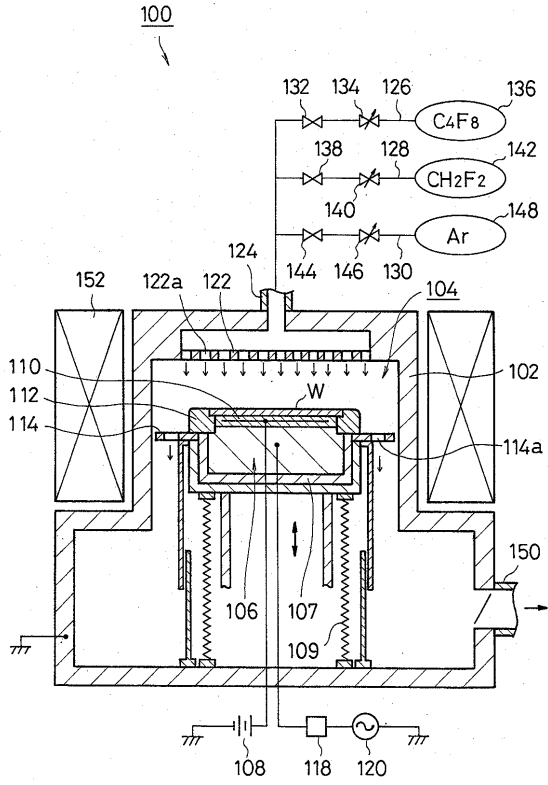
【図 15】本発明の実施例でエッチング処理を施した半導体ウェハを示す概略的な断面図である。 30

【図 16】従来のエッチング方法で処理を施した半導体ウェハの断面形状を表す写真である。

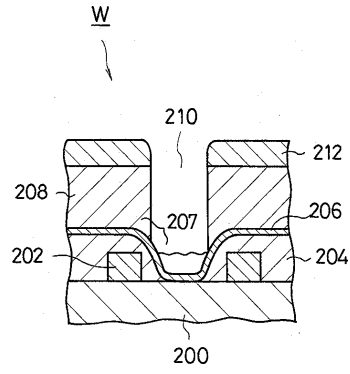
【符号の説明】

100	エッチング装置	
104	処理室	
106	下部電極	
116	温度調整機構	
120	高周波電源	
122	上部電極	
122 a	ガス吐出孔	40
134, 140, 146	流量調整バルブ	
136, 142, 148	ガス供給源	
200	Si 基板	
202	ゲート	
204	絶縁膜層	
206	SiN _x 膜層	
207	肩部	
208	SiO ₂ 膜層	
210	コンタクトホール	
W	ウェハ	50

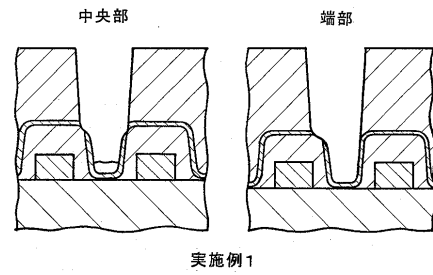
【图 1】



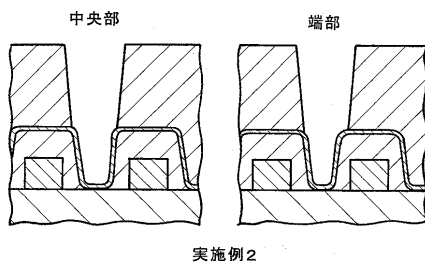
【图 2】



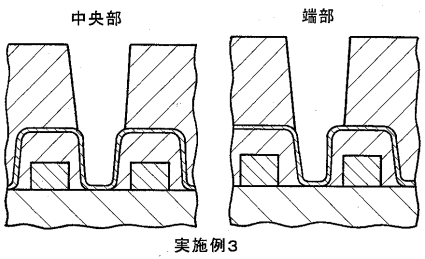
【图 3】



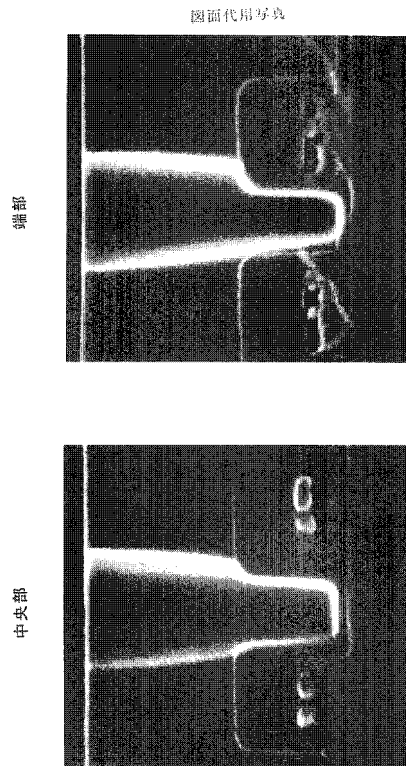
【图 4】



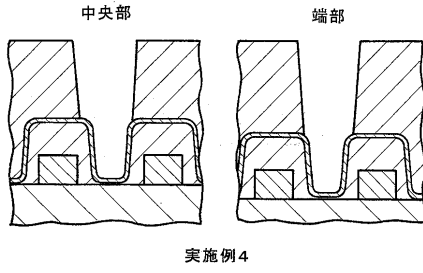
【图 5】



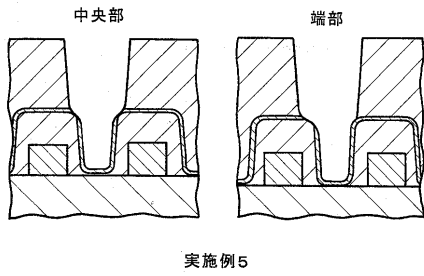
【图 6】



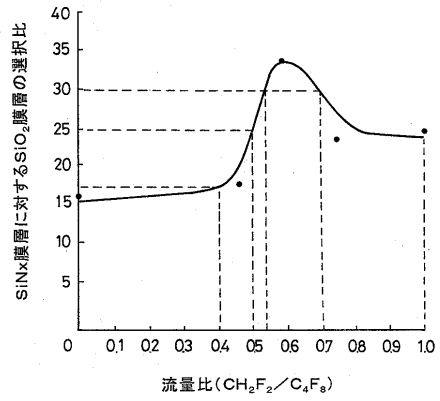
【 図 7 】



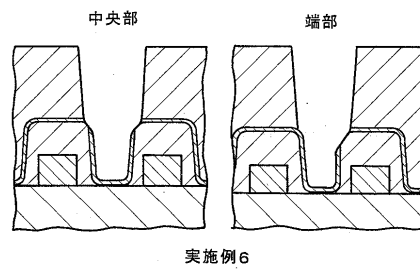
【 図 8 】



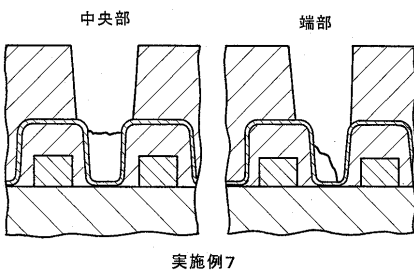
【 図 9 】



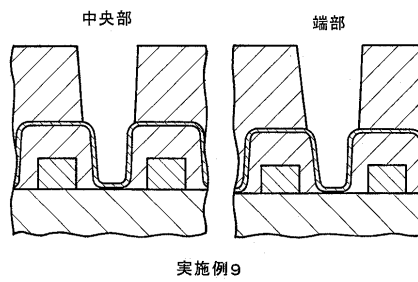
【 図 10 】



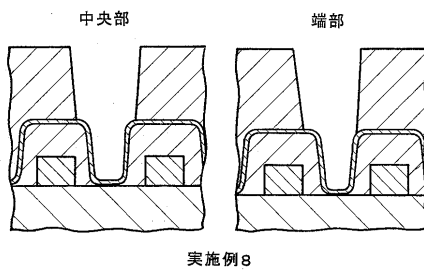
【 図 11 】



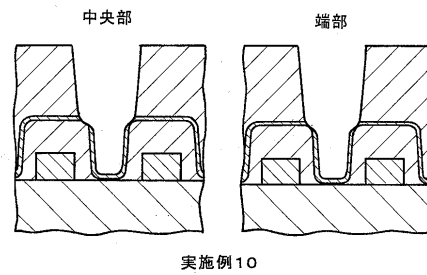
【 図 13 】



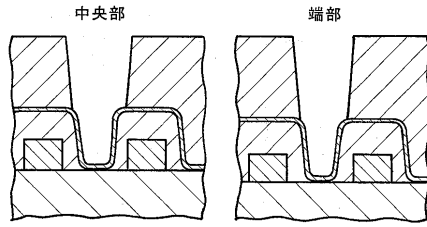
【 図 12 】



【 図 14 】

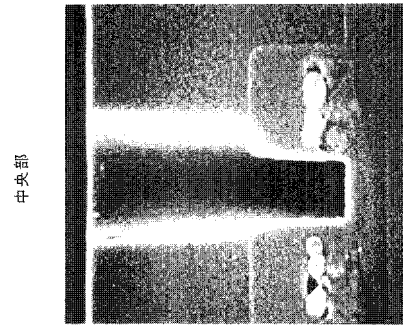
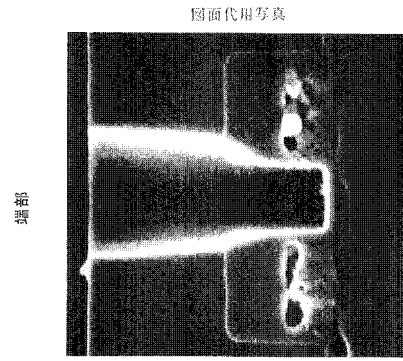


【 図 1 5 】



実施例11

【 図 1 6 】



従来例

フロントページの続き

(72)発明者 稲沢 剛一郎
東京都府中市住吉町2丁目30番地の7 東京エレクトロン山梨株式会社内

審査官 今井 淳一

(56)参考文献 特開平09-134906(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H01L 21/28