

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3568749号

(P3568749)

(45) 発行日 平成16年9月22日(2004.9.22)

(24) 登録日 平成16年6月25日(2004.6.25)

(51) Int.Cl.⁷

H O 1 L 21/302

F I

H O 1 L 21/302

請求項の数 14 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平9-257492	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成9年9月5日(1997.9.5)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開平10-233387		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成10年9月2日(1998.9.2)	(74) 代理人	100096998
審査請求日	平成12年3月2日(2000.3.2)		弁理士 碓氷 裕彦
審査番号	不服2002-6746(P2002-6746/J1)	(74) 代理人	100118197
審査請求日	平成14年4月18日(2002.4.18)		弁理士 加藤 大登
(31) 優先権主張番号	特願平8-354070	(72) 発明者	曾我 肇
(32) 優先日	平成8年12月17日(1996.12.17)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		社デンソー内
		(72) 発明者	近藤 憲司
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体のドライエッチング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリコンから成る基板をドライエッチングする方法において、
 前記基板をドライエッチングするエッチング工程と、
 前記エッチング工程の終了後に行われ、前記基板をエッチング室の外に排出し、ダミー基板を前記エッチング室内に設置し、前記エッチング工程により前記エッチング室内に生成された反応生成物をエッチングするクリーニング工程と、
 前記クリーニング工程の後に行われ、前記クリーニング工程によりエッチングされた前記反応生成物を前記エッチング室内から除去すると共に、前記エッチング室内の雰囲気及び前記基板の温度を調整するシーズニング工程と、
 前記シーズニング工程の後に行われ、プラズマを発生させない状態で前記エッチング工程で用いられるガスと略同等の組成から成るガスを流し、前記エッチング室内に浮遊する異物及び前記ダミー基板上に付着した異物を除去するパージ工程とを備え、
 前記クリーニング工程の終了後に、次にエッチングする基板を前記エッチング室内に設置して、次のドライエッチングを行うことを特徴とする半導体のドライエッチング方法。

【請求項2】

シリコンから成る基板をドライエッチングする方法において、
 一つのドライエッチング処理を複数回の工程に分割して実行するエッチング工程と、
 前記各エッチング工程間に行われ、前記基板をエッチング室の外に置き、ダミー基板を前記エッチング室内に設置し、前記各エッチング工程によりエッチング室内に生成された反

応生成物をエッチングするクリーニング工程とを有し、前記クリーニング工程の後に前記基板を前記エッチング室内に戻して次のエッチング工程を行うことを特徴とする半導体のドライエッチング方法。

【請求項 3】

前記クリーニング工程の後に行われ、前記クリーニング工程によりエッチングされた前記反応生成物を前記エッチング室内から除去すると共に、前記エッチング室内の雰囲気及び前記基板の温度を調整するシーズニング工程を備えたことを特徴とする請求項 2 に記載の半導体のドライエッチング方法。

【請求項 4】

前記シーズニング工程の後に行われ、プラズマを発生させない状態でガスを流し、前記エッチング室内に浮遊する異物及び前記ダミー基板上に付着した異物を除去するパージ工程を備えたことを特徴とする請求項 3 に記載の半導体のドライエッチング方法。

【請求項 5】

前記クリーニング工程、シーズニング工程及びパージ工程は、ロット間においても行われることを特徴とする請求項 1 又は 4 に記載の半導体のドライエッチング方法。

【請求項 6】

前記クリーニング工程において、前記ダミー基板のエッチング速度は、前記基板のエッチング速度より小さいことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の半導体のドライエッチング方法。

【請求項 7】

前記クリーニング工程は、第 1 のクリーニング工程と、該第 1 のクリーニング工程とは異なる圧力で行われる第 2 のクリーニング工程とから成ることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の半導体のドライエッチング方法。

【請求項 8】

前記クリーニング工程は、酸化シリコン (SiO_2) 系の前記反応生成物をエッチングする条件で行われることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の半導体のドライエッチング方法。

【請求項 9】

前記クリーニング工程は、六フッ化硫黄 (SF_6) 又は三フッ化窒素 (NF_3) の少なくとも一種を含有するガスをを用いたことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の半導体のドライエッチング方法。

【請求項 10】

シリコンから成る基板をドライエッチングする方法において、複数回の工程に分割して実行されるエッチング工程と、前記各エッチング工程間に行われ、プラズマを発生させない状態で前記各エッチング工程で用いられるガスと略同等の組成から成るガスを流し、エッチング室内に浮遊する異物及び前記基板上に付着した異物を除去するパージ工程とを備えたことを特徴とする半導体のドライエッチング方法。

【請求項 11】

前記パージ工程で用いられるガスは、前記各エッチング工程で用いられるガスと略同等の組成から成ることを特徴とする請求項 4 に記載の半導体のドライエッチング方法。

【請求項 12】

前記パージ工程は、前記エッチング工程におけるガス組成及び流量比を同一にして、プラズマを発生させる電力の供給を停止した条件で行われることを特徴とする請求項 1, 4, 5, 10 又は 11 に記載の半導体のドライエッチング方法。

【請求項 13】

前記パージ工程は、次のエッチング工程に入る前に圧力の安定化及び流量の安定化を行う工程を有することを特徴とする請求項 1, 4, 5, 10 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の半導体のドライエッチング方法。

10

20

30

40

50

【請求項14】

前記ダミー基板の表面には、酸化シリコン (SiO_2) 膜が形成されていることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の半導体のドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、シリコン (Si) 基板に対してドライエッチングを行い、基板上にトレンチ (深溝) や深孔などを形成する方法に関する。特に、枚葉毎に安定してエッチングできる方法に関する。

【0002】

10

【従来の技術】

従来、シリコン基板上に形成された半導体素子内を絶縁分離するために、エッチングにより基板にトレンチを形成することが行われている。このトレンチは、エッチングにより形成されるが、 SiO_2 から成るマスクに対する被エッチング材のエッチング速度比 (選択比: (Si のエッチング速度) / (SiO_2 のエッチング速度)) が高い条件、即ち SiO_2 がエッチングされにくい条件に設定し、深さ方向にのみ選択的にエッチングして高アスペクト比の溝形状を得るようにしている。

しかし、この方法では、 SiO_2 系の反応生成物を発生させながらエッチングを行うために、(1) 反応生成物の凝集、(2) エッチング室内に堆積した反応生成物の剥離、(3) マスクからの SiO_2 の脱離などが主な原因となって被エッチング部分に SiO_2 系の異物が堆積し、この異物がエッチングのマスクとなって、エッチングされない部分、即ちブラックシリコン (Si) といわれるエッチング残渣が発生するという問題がある。このエッチング残渣の発生過程を図15に模式的に示す。

20

【0003】

シリコン基板2上に形成されたマスク1の所定領域が開口された被エッチング部6 (図15(a)) をエッチングすることでトレンチ3が形成され、このエッチング中にトレンチ3上に異物5が堆積すると (図15(b))、以後、異物5がエッチング時にマスクとなって柱状のブラック Si (エッチング残渣) 4が発生する (図15(c))。このブラック Si 4の大きさが大きい場合には適正な分離幅が得られず、素子間の絶縁分離が困難になる。又、ブラック Si 4の発生量は、異物の発生が多いほど多くなり、これに伴い絶縁不良が発生する確率も高くなる。よって、反応生成物が発生しやすいエッチング条件ほど、ブラック Si 4が発生しやすくなる。トレンチエッチングでは SiO_2 系の反応生成物を発生させながらエッチングするため、ブラック Si が発生する確率が高い。従来、基板の外周から数mmの範囲は、マスクのパターン形成工程でレジストを除去するため、マスクに覆われておらず、被エッチング材が露出した状態でエッチングを行っていたので、トレンチ幅と比較して広い部分にブラック Si が発生し、それらのブラック Si が後工程において折れることにより異物源となる可能性もある。

30

【0004】

これを解決するために、基板外周部に SiO_2 マスクを残すことにより、異物の発生を抑える方法が考えられる。しかし、基板外周部に SiO_2 マスクを残してエッチングを行うことで、基板面積に対する被エッチング部分の面積の割合が小さくなり、反応生成物の生成量が減少するために低選択比となる。よって、 SiO_2 マスクのエッチングが多くなるので、これを抑制するためエッチング条件を反応生成物量が多くなるエッチング条件、即ち、高選択比の条件に変更する必要がある。具体的には SiF_4 ガスと O_2 ガスの流量比を増加させる。又、基板の外周部ほどスパッタエッチングの効果でマスクのエッジ部が削られる傾向があるため、基板の径が大きくなるとマスクを保護するために、エッチング条件を高選択比の条件に変更する必要がある。しかし、この選択比の条件変更に伴って、反応生成物の生成量が増加し、被エッチング部に付着する異物の量が増加し、ブラック Si の発生量が増え、絶縁不良が発生してしまう。

40

【0005】

50

このようにブラック S i の発生を抑えるためには、反応生成物の発生を抑制すればよいが、反応生成物を抑制しようとするれば低選択比となり、高選択比にしようとするれば反応生成物の発生が増加する。これら背反する問題を解決する方法として、例えば特開平 8-17804 号公報に開示されている技術が知られている。このエッチング方法では、被エッチング基板をチャンバ内に載置し、F 系ガスを用いたプラズマ放電によりクリーニングを行い、S i 基板上に露出した自然酸化膜と、前回の基板のトレンチエッチングによりチャンバ内に付着した反応生成物とを除去してから、C l 系、I 系、B r 系を含むガスを用いて次の基板のトレンチエッチングを行う構成としている。この自然酸化膜を除去することにより良好なトレンチ形状が得られ、チャンバ内に付着した反応生成物を除去することにより、反応生成物の堆積を防止し、安定したエッチングを可能としている。

10

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、F 系ガスによるエッチングは等方的であるので、被エッチング基板をチャンバ内に設置した状態でクリーニングを行うと、被エッチング基板のトレンチ形状が変化し、精度よくトレンチを形成できないという問題がある。

【0007】

従って、本発明の目的は、上記課題に鑑み、被エッチング基板をチャンバ内から取り出し、ダミーの基板をチャンバ内に設置してクリーニングを行うことにより、被エッチング基板のトレンチを精度よく形成できるようにしたドライエッチング方法を実現することである。

20

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、請求項 1 に記載の手段によれば、シリコンから成る基板をドライエッチングする方法において、まず、エッチング工程により基板がドライエッチングされる。そして、エッチング工程の終了後、クリーニング工程により基板がエッチング室の外に排出され、代わりにダミー基板がエッチング室内に設置され、エッチング室内に生成された反応生成物がエッチングされる。クリーニング工程の後に、シーズニング工程において、クリーニング工程によりエッチングされた反応生成物をエッチング室内から除去すると共に、エッチング室内の雰囲気及び基板の温度を調整する。シーズニング工程の後に、パージ工程において、プラズマを発生させない状態でエッチング工程で用いられる

30

ガスと略同等の組成から成るガスを流し、エッチング室内に浮遊する異物及びダミー基板上に付着した異物を除去する。これら全ての工程の終了後に、次の基板がエッチング室内に設置されて次のドライエッチングが行われる。

このようにクリーニング工程により、ドライエッチングによる反応生成物が枚葉毎に除去されるので、反応生成物の堆積を低減でき、エッチング室内に付着した反応生成物の剥離を起因とした異物の発生量を低減できる。これにより、ブラックシリコンの発生を抑制し、素子間を良好に絶縁できる。又、クリーニング工程では、エッチングされた基板はエッチング室の外に置かれるので、クリーニング工程によりトレンチ形状が変化することがなく、トレンチ形状の精度を高めることができる。また、シーズニング工程により、エッチングされた反応生成物の浮遊物がエッチング室内から除去されるので、浮遊物を起因とした異物の発生量を低減できる。又、エッチング室内の雰囲気及び基板の温度が調整されるので、シーズニング工程の後のエッチング工程を速やかに且つ安定して実行することができる。また、パージ工程により、ダミー基板上に付着した異物やエッチング室内に浮遊する異物をより低減できる。

40

【0009】

請求項 2 に記載の手段によれば、複数回の工程に分割して実行されるエッチング工程と、各エッチング工程間に行われ、基板をエッチング室の外に置き、各エッチング工程によりエッチング室内に生成された反応生成物をエッチングするクリーニング工程とを有し、クリーニング工程の後に基板をエッチング室内に戻して次にエッチング工程を行う。これにより、エッチング室内に付着した反応生成物がクリーニング工程によりエッチング

50

されることにより、エッチング室内に付着した反応生成物の剥離を起因とした異物の発生量を低減することができる。又、エッチング工程が分割実行されるので、各エッチング工程におけるエッチング時間が短縮され、各エッチング工程において発生する異物の量を低減でき、これによってもブラック Si の発生を低減できる。

【0010】

請求項3に記載の手段によれば、クリーニング工程の後に、クリーニング工程によりエッチングされた反応生成物をエッチング室内から除去すると共に、エッチング室内の雰囲気及び基板の温度を調整するシーズニング工程を備える。これにより、エッチングされた反応生成物の浮遊物がエッチング室内から除去されるので、浮遊物を起因とした異物の発生量を低減できる。又、エッチング室内の雰囲気及び基板の温度が調整されるので、シーズ

10

【0011】

請求項4に記載の手段によれば、シーズニング工程の後に、プラズマを発生させない状態でガスを流し、エッチング室内に浮遊する異物及びダミー基板上に付着した異物を除去するパージ工程を備える。これにより、ダミー基板上に付着した異物やエッチング室内に浮遊する異物をより低減できる。

【0012】

請求項5に記載の手段によれば、クリーニング工程、シーズニング工程及びパージ工程がロット間に行われることにより、エッチング室内に堆積する反応生成物をより効果的に除去できるので、エッチング室を開放して洗浄が不要となり、製造効率が向上する。

20

【0013】

請求項6に記載の手段によれば、クリーニング工程では、ダミー基板のエッチング速度は基板のエッチング速度より小さくすることにより、エッチャントの消費量を抑制でき、効果的に反応生成物を除去できる。

【0014】

請求項7に記載の手段によれば、第1のクリーニング工程と、その第1のクリーニング工程とは異なる圧力で行われる第2のクリーニング工程とでクリーニング工程が構成される。これにより、高圧条件下でクリーニング工程を行うと、等方性エッチングであるのでエッチング室内に堆積した反応生成物が均一に除去され、低圧条件下でクリーニング工程を行うと、方向性が強いので、エッチング室の中央部に堆積した反応生成物が除去される。このように、クリーニング工程を圧力の異なる2つの工程で構成することで、より効果的に反応生成物を除去できる。

30

【0015】

請求項8に記載の手段によれば、 SiO_2 系の反応生成物をエッチングする条件で各クリーニング工程を行うことにより、エッチング室内に付着した反応生成物をより良好に除去することができる。

【0016】

請求項9に記載の手段によれば、 SF_6 又は NF_3 の少なくとも一種を含有するガスを用いてクリーニング工程を行うことにより、エッチング室内に付着した反応生成物を良好に揮発除去できる。

40

【0017】

請求項10に記載の手段によれば、複数回の工程に分割して実行されるエッチング工程と、各エッチング工程間に行われ、プラズマを発生させない状態で各エッチング工程で用いられるガスと略同等の組成から成るガスを流し、エッチング室内に浮遊する異物及び基板上に付着した異物を除去するパージ工程とを用いて、シリコン基板のドライエッチングを行う。

これにより、各エッチング工程間にパージ工程を設けることで、基板上に付着した異物を除去すると共に、エッチング室内に浮遊する異物をエッチング開始時の状態に低減することができ、異物をマスクとして形成されるブラック Si の発生を低減させることができる。又、エッチング工程が分割されるので、各エッチング工程におけるエッチング時間が短

50

縮され、各エッチング工程において発生する異物の量を低減でき、これによってもブラックSiの発生を低減できる。また、パージ工程後のエッチング工程を速やかに実行できる。

【0018】

請求項11に記載の手段によれば、各エッチング工程で用いられるガスと略同等の組成から成るガスを用いてパージ工程を行うことにより、パージ工程後のエッチング工程を速やかに実行できる。

【0019】

請求項12に記載の手段によれば、エッチング工程におけるガス組成及び流量比を同一にして、プラズマを発生させる電力の供給を停止した条件でパージ工程を行うことにより、基板に対するエッチングを抑制して基板に付着した異物及びエッチング室内に浮遊した異物を良好に除去できる。又、エッチング工程とパージ工程とにおいて各ガスの流量比は一定に保持しているため、パージ工程後のエッチング工程をより速やかに且つ当初から安定して実行することができる。

10

【0021】

請求項13に記載の手段によれば、パージ工程が、次のエッチング工程に入る前に圧力の安定化及び流量の安定化を行う工程を有することにより、パージ工程後におけるエッチング工程をさらに速やかに且つ安定して実行することができる。

【0022】

請求項14に記載の手段によれば、ダミー基板の表面にSiO₂膜が形成されることにより、SF₆ガスを用いてエッチングを行えば、SiO₂に対するエッチング速度はSiに対するエッチング速度より小さいので、SF₆ガスの消費が抑制され、反応生成物の除去効率を高めることができる。

20

【0023】

【発明の実施の形態】

（第1実施例）

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。

ドライエッチング装置として、図1の模式的断面図に示すようなRIE (Reactive Ion Etching: 反応性イオンエッチング) 装置を用いた。RIEの代わりにECR (Electron Cyclotron Resonance) 装置やICP (Inductively Coupled Plasma) 装置などを用いてもよい。

30

図1において、エッチング室301内に上部電極304と下部電極305があり、この下部電極305に対象とする基板308を配置し、ガス導入口302より下記に述べるエッチングガスが導入され、排気口303から排出される。基板308は、Si基板2内に酸化膜7が埋め込まれ、被エッチング領域が開口したSiO₂から成るマスク1がSi基板2上に形成されており（図15参照）、クランプ309（図5参照）により固定される。電極304、305間には高周波電源306より13.56MHzの電力が供給され、電極304、305間でガスプラズマが生じて基板308のエッチングが行われる。尚、このRIE装置はエッチング室301の周りにマグネットコイル307が配置してあるマグネトロン方式である。尚、後述の各実施例においても、図1に示す装置が用いられる。

40

【0024】

上記RIE装置において、用いたエッチングガスは、HBr、SF₆とSiF₄、それからHeガスを含むO₂ガス（以下、「He、O₂ガス」と記す）であり、図3に示す条件にてエッチングを行った。He、O₂ガスはHe:O₂が7:3の構成の混合ガスを使用した。流量が制御できればO₂ガス単独でもよく、又、他の不活性ガスを含んでいてもよい。

【0025】

本実施例では、一枚の基板に対するエッチングを終了する毎に、クリーニング専用のダミー基板を用いたドライクリーニング工程を設けた構成とした。一例として、図2に本実施

50

例における工程フローを示す。

本実施例では、一枚の基板のエッチングの終了後、被エッチング基板 308 をエッチング室 301 内から取り出し、代わりに Si 基板上に SiO₂ が形成されたクリーニング専用のダミー基板を基板 308 のあった位置に配置し、枚葉クリーニング工程 CL1 を行う。この枚葉クリーニング工程 CL1 は、クリーニング工程 C1 を 80 秒間行った後、シーズニング工程 S1 を 20 秒間行い、その後パージ工程 P1 を 60 秒間行う構成とした。

【0026】

各工程 C1、S1 及び P1 における実施条件を図 4 に示す。図 4 に示されるように、クリーニング工程 C1 では、ガス組成は SF₆ のみであり、上部電極 304、下部電極 305、エッチング室 301 の内壁及びクランプ 309 に付着した反応生成物を SF₆ を用いたエッチングにより除去する工程である。このクリーニング工程 C1 により、エッチング中にエッチング室 301 内に付着した SiO₂ 系の反応生成物を取り除かれるため、次の基板のエッチング中に、エッチング室 301 内に付着した反応生成物の剥離を起因とした異物の被エッチング部への付着を防止することが可能である。

シーズニング工程 S1 は、エッチング条件に類似したガス条件で行い、エッチング室 301 内の雰囲気調整、基板温度の調整及びクリーニング工程 C1 にてエッチングした反応生成物のエッチング室 301 内からの除去を行う。本実施例では、シーズニング工程 S1 のガス条件は、エッチング条件と比較して反応生成物の形成に寄与する HBr、SiF₄、及び O₂ のガス供給量を少なくし、新たに発生する反応生成物量が少なくするようにした。

パージ工程 P1 は、エッチング条件に類似した条件でガスを供給し、RF パワーを出力せず、磁場を発生しない構成とし、従ってガスプラズマを発生させない状態でガスを流すようにした。パージ工程 P1 は、シーズニング工程 S1 後に、エッチング室 301 内に浮遊した状態で残留する異物を除去する。

【0027】

本実施例では、クリーニング専用のダミー基板として、表面が SiO₂ である基板を用いている。SF₆ ガスは、SiO₂ に対するエッチング速度より Si に対するエッチング速度の方が大きいので、Si 基板を用いると、Si 基板のエッチングにより SF₆ が消費されて、反応生成物の除去効率が低下する。よって、表面が SiO₂ であるダミー基板を用いることにより、SF₆ ガスの消費が抑制され、反応生成物の除去効率を高めることができる。

又、シーズニング工程 S1 においても、Si のエッチング速度が大きいので、Si から成るダミー基板を用いると新たに反応生成物が発生しやすくなるので、この場合にも表面が SiO₂ であるダミー基板を用いることが望ましい。

【0028】

本実施例では、ダミー基板は、Si 基板を熱酸化して 0.95 μm の厚さの SiO₂ を形成後、CVD 法により 1 μm の SiO₂ を形成したものを用いた。ダミー基板の SiO₂ の削り量は、クリーニング工程 C1 で 1250 Å、シーズニング工程 S1 で 15 Å であった。このため、ダミー基板 1 枚で、15 回の枚葉クリーニング工程に使用することができる。

【0029】

従来では、図 5 (a) に示すように、クランプ 309 により基板 308 を固定した状態でエッチングを行うと、図 5 (b) に示すように、エッチング中にエッチング室 301 (クランプ 309 上を含む) 内に反応生成物 310 が堆積し、その反応生成物 310 の剥離がパーティクル源となっていた。本実施例では、ダミー基板 311 を用いて枚葉毎にクリーニングによって反応生成物 310 をエッチングすることにより、図 5 (c) に示すように反応生成物 310 が堆積せず、パーティクルを低減できる。その結果、パーティクルを起因としたエッチング残渣を低減できる。

図 6 は、25 枚の基板 308 から成る 1 ロットのドライエッチング終了後において、クランプ 309 上の反応生成物 310 の堆積領域と、0.3 μm 以上の大きさのパーティ

10

20

30

40

50

クルの個数とを示した説明図である。従来では、クランプ 309 上の広い領域に多量の反応生成物 310 が堆積し、その結果、基板 308 の面内で約 700 個のパーティクルがあったが、本実施例では、クランプ 309 の内周にのみ反応生成物 310 が堆積し、パーティクル数は 30 個に低減できた。

【0030】

(第 2 実施例)

本実施例の特徴は、2 段階のクリーニング工程を設け、エッチング室内に堆積した反応生成物をより良好に除去できるようにした点である。

図 7 は、本実施例における工程フローを示した模式図である。本実施例では、クリーニング専用のダミー基板を用いて枚葉毎に、枚葉クリーニング工程 CL2 を行っている。枚葉クリーニング工程 CL2 は、第 1 クリーニング工程 C21、第 2 クリーニング工程 C22、シーズニング工程 S2 及びパージ工程 P2 が順に実行される。各工程 C21、C22、S2 及び P2 では、第 1 実施例と同様にエッチングの終了した基板 308 がエッチング室 301 内から取り出され、代わりにダミー基板 311 を配置して実行される。

【0031】

図 8 は、各工程 C21、C22、S2 及び P2 の条件を示した図である。第 1 クリーニング工程 C21、シーズニング工程 S2 及びパージ工程 P2 は、それぞれ第 1 実施例におけるクリーニング工程 C1、シーズニング工程 S1 及びパージ工程 P1 と同一の条件に設定されている。第 2 クリーニング工程 C22 は、第 1 クリーニング工程 C21 に比較して、低圧、高 RF パワーの条件で実行される。これにより、プラズマをエッチング室の中央部に集中させて物理的なエッチング効果を高め、基板付近の堆積物の除去を可能としている。

【0032】

図 9 は、クリーニングの条件（圧力及び時間）と、25 枚から成るロットのドライエッチング終了後におけるクランプ 309 上に残留した反応生成物 310 の堆積状況を示した関係図である。

この図に見られるように、第 1 クリーニング工程 C21 で用いた圧力（300 mTorr）下でのエッチングだけでは、クランプ 309 の内周に反応生成物 310 が残る。一方、第 2 クリーニング C22 で用いた圧力（100 mTorr）下でのエッチングだけでは、クランプ 309 の外周と爪の側面部に反応生成物 310 が残る。この結果より、低圧条件では、エッチング室の中央部の堆積物の除去に有効であるが、周囲のプラズマ密度が低減するため周辺部における堆積物の除去が困難であることがわかる。又、高圧条件では、比較的等方性のエッチングであるため、エッチング室内の堆積物を均一に除去できるが、堆積量が多い基板の中央部における除去が困難であることがわかる。よって、高圧条件下で行う第 1 クリーニング工程 C21 と、低圧条件下で行う第 2 クリーニング工程 C22 とを組み合わせることにより、エッチング室内の堆積物を効率よく除去可能である。

【0033】

低圧条件では、エッチング室の中央での堆積物のエッチング速度が大きくなると同時に、ダミー基板上での SiO_2 のエッチング速度も大きくなる。このため、エッチング時間は必要最小限にすることが望ましい。本実施例では、第 2 クリーニング工程 C22 の時間を 15 秒とした。

又、ダミー基板は、Si 基板上に熱酸化により $0.95 \mu\text{m}$ の SiO_2 を形成し、その後、CVD 法により $2 \mu\text{m}$ の SiO_2 を形成した基板を用いた。本実施例における枚葉クリーニング工程 CL2 での SiO_2 の削れ量は 1 回当たり $1850 \text{ \AA}$ であった。このため、ダミー基板 1 枚で、15 回の枚葉クリーニング工程 CL2 に用いることができる。このように、2 段階のクリーニング工程 C21、C22 を設けることによって、図 6 に示されるように、クランプ 309 上に堆積した反応生成物 310 は目視で確認できない程度に除去できた。又、パーティクル数も、第 1 実施例よりさらに低減できた。

尚、本実施例では、第 1 クリーニング工程 C21 を高圧で行い、第 2 クリーニング工程 C22 を低圧で行ったが、第 1 クリーニング工程 C21 を低圧で行い、第 2 クリーニング工

10

20

30

40

50

程C 2 2を高圧で行う構成としてもよい。

【0034】

(第3実施例)

本実施例では、ロット間のクリーニングに適用した点に特徴がある。このロット間クリーニング工程では、第1実施例と同様に基板がエッチング室内から取り出され、代わりにダミー基板がエッチング室内に配置される。

図2に示されるように、ロット間クリーニング工程R 1は、1ロットのドライエッチング終了後に、エッチング室内に残留している反応生成物の除去に用いられる。このクリーニング工程R 1のフローは第2実施例と同様であり、各工程の条件を図10に示す。図10に示されるように、高圧の第1クリーニング工程、低圧の第2クリーニング工程、シーズニング工程及びパージ工程が順次実行されることで、エッチング室内の反応生成物をより良好に除去することができる。

10

この第3実施例と、上記の第1又は第2実施例とを組み合わせることにより、エッチング室内の反応生成物をより効果的に除去できる。これにより、従来では、エッチング室内の反応生成物が除去しきれない場合に、エッチング室を開放して洗浄していたが、そのような作業の頻度を低減でき、製造効率をより高めることができる。

【0035】

(第4実施例)

本実施例では、複数回に分割されたエッチング工程間にエッチング室301内に付着した反応生成物を除去する工程を設けることによって異物の被エッチング部への堆積量を低減させるようにした点に特徴がある。

20

図11(a)は本実施例における工程フローを示した模式図である。まず、図3に示す条件でエッチング工程E 1を600秒間行い、この後、基板をエッチング室内から取り出し、代わりに基板上に SiO_2 が形成されたダミー基板を配置し、クリーニング工程C 1を80秒間行う。このクリーニング工程C 1の条件は、図11(b)に示されるようにガス組成は SF_6 のみであり、上部電極、下部電極、エッチング室の内壁に付着した反応生成物を SF_6 を用いたエッチングにより除去する工程である。このクリーニング工程C 1によりエッチング工程E 1にてエッチング室内等に付着した SiO_2 系の反応生成物が取り除かれるため、後のエッチング工程において、エッチング室内等に付着した反応生成物の剥離を起因とした異物の被エッチング部への堆積を防止することが可能である。

30

【0036】

続いて、クリーニング工程C 1の後、シーズニング工程S 1を図11(b)に示す条件にて20秒間行う。このシーズニング工程S 1は、エッチング室内の雰囲気調整、基板温度の調整、及びクリーニング工程C 1にてエッチングした反応生成物の浮遊物をエッチング室内から除去する。このシーズニング工程S 1の実行の後、基板をエッチング室の下部電極上に戻し、エッチング工程E 2を1000秒間行い、所定のトレンチ形状を得る。

【0037】

上記の図11(a)に示す工程フローとすることで、エッチング室内の反応生成物が除去されるため、エッチング時における異物の影響を低減でき、ブラックSiの発生を抑止し、製品歩留りを向上させることができる。又、シーズニング工程S 1により基板温度及びエッチング室内の雰囲気が調整されるので、シーズニング工程S 1の後工程であるエッチング工程E 2を速やかに行うことができる。又、これら目的(反応生成物の浮遊物の除去、シーズニング工程S 1後の速やかなエッチング工程E 2の実施)を満たせば、図11(b)に示されるシーズニング工程S 1の各条件を変更することは可能である。又、エッチング室内に浮遊する異物や基板上に付着した異物を除去するために、図11(a)に示される工程フローにパージ工程を加えてもよい。

40

又、上記のクリーニング工程C 1では SF_6 を用いたが、三フッ化窒素(NF_3)を用いてもエッチング室内に付着した反応生成物を良好に除去できる。

【0038】

(第5実施例)

50

本実施例の特徴は、エッチング工程を複数回に分割して行い、各エッチング工程間にパージ工程を設けた点である。一例として、図12(a)に本実施例における工程フローを示す。本実施例では、図3に示す条件でエッチング工程E1を600秒間行った後に、パージ工程P1を300秒間行い、このパージ工程P1の後に工程E1と同一の条件でエッチング工程E2を1000秒間行う構成とした。

パージ工程P1において用いられたガスの組成は、エッチング工程E1、E2で用いられたガスの組成と同様であり、各ガスの条件を図12(b)に示す。図12(b)に示されるようにパージ工程P1では、RFパワーを出力せず、磁場を発生しない構成とし、従ってガスプラズマを発生させない状態でガスを流すようにした。

【0039】

このように複数回に分割されたエッチング工程E1、E2を行うことにより、各エッチング工程E1、E2におけるエッチング時間を短縮することができ、各工程E1、E2における異物の発生量を低減できる。

又、従来では、図13(a)に示すように異物5がエッチング室301内を浮遊した状態や、トレンチ3内に付着した状態でエッチングが行われるために、トレンチ3内の異物5がマスクとして機能し、ブラックSi4が形成されるため、トレンチ3の両側を絶縁分離することができなかったが、図13(a)に示すようにエッチング工程を複数の工程E1、E2に分割し、その間にパージ工程P1を設けることによって、図13(b)に示すように基板表面やエッチング室301内を浮遊する異物5が除去されるため、ブラックSiの発生が防止され、トレンチ3の両側を良好に絶縁分離することが可能である。

本実施例により、トレンチエッチングにおけるブラックSi4の発生量を低減できるため、図14に示されるように、トレンチによる絶縁分離の歩留りが約70%となり、パージ工程を設けない従来の製造工程における歩留り約0%に比較して大幅に向上させることができた。

【0040】

本実施例では、パージ工程P1におけるガス組成及び流量をエッチング工程E1、E2におけるガス組成及び流量と同一としているので、パージ工程P1におけるエッチング室内の雰囲気はエッチング時の条件と変わることがなく、パージ工程P1後に速やかに且つ当初から安定してエッチング工程E2を実行することが可能である。

又、パージ工程P1において、パージ効果を高めるために、選択比の低い条件、即ち保護膜の形成に寄与するO₂系、及び基板のエッチングに寄与するBr系のガスを用いずに低選択比のF系のガスを用いて大流量でパージを行う構成としてもよい。

又、パージは長時間実施するほど効果が高いが、基板の温度が低下してエッチング特性が変化する可能性があるため、基板温度が変化しない範囲にパージ工程P1の実行時間を設定する必要がある。これらの条件（エッチング室内の雰囲気、基板温度の変化）を満たす範囲であれば、パージ時間を変更することが可能である。例えば、1つのエッチング工程の時間hに対して、パージ時間を0.2h～0.8hの範囲にすることができる。

又、本実施例のように、エッチング特性に影響しないようにパージ工程P1を設定できれば、エッチング工程は時間的に分割されただけなので、各エッチング工程において、高異方性、高選択比、エッチング速度の均一性などのトレンチエッチングに必要な特性は維持される。

【0041】

上記各実施例では、図3に示す条件でエッチングを行う構成としたが、エッチング条件はこれに限定されるものではない。良好にトレンチエッチングが行われる条件として、例えばHBrの流量は10～100sccm、SF₆の流量は1～10sccm、SiF₄の流量は0～20sccm、He/O₂流量は2～20sccmの範囲である。又、RFパワーは200～600wの範囲、磁束密度は0～100Gの範囲が良好な条件として挙げられる。

又、上記各実施例では、図2に示す条件でエッチングを行う構成としたが、HBrなどの臭素を含むガスと、SF₆などのハロゲン元素を含むガスと、窒素ガスとから成るガ

10

20

30

40

50

スを用いてエッチングを行ってもよい。これにより、臭素を含むガスによって基板のエッチングが進み、ハロゲン元素を含むガスによってエッチング残留物を揮発させて除去し、窒素ガスによって SiN を生成し、トレンチの側壁及び SiO_2 を保護し、良好なトレンチ形状が得られ、選択比を向上させることができる。

【0042】

又、塩素又は塩素を含むガスと、酸素を含むガスとから成るガスを用いてエッチングを行う構成としてもよい。塩素又は塩素を含むガスによってエッチング速度を増加させ、酸素を含むガスによって側壁保護膜を形成し、マスクに対する選択比を向上させることができ、高速でトレンチを形成することが可能である。

このようなエッチングに用いられるガス組成の変化に対応して、パージ工程では、エッチング工程で用いられたガスと同等の組成及びガス流量で、電力の供給のみを停止して行えばよい。又、クリーニング工程では、 SiN 或いは SiO_2 系の反応生成物をエッチングする SF_6 又は NF_3 の少なくとも1種類のガスを用いて行えばよい。

又、上記各実施例では、表面に SiO_2 膜を形成したダミー基板を用いたが、これ以外では例えば石英基板などを用いることができる。

又、上記各実施例において、各工程間にプラズマ安定化、流量安定化の工程を追加することが可能であるのは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に用いたマグネトロンR I E 装置の模式的構造断面図。

【図2】本発明の第一実施例に係わる枚葉クリーニングの工程フローを示した模式図。

【図3】本発明の各実施例に係わるエッチング条件を示した説明図。

【図4】本発明の第1実施例におけるクリーニング、シーズニング及びパージ条件を示した説明図。

【図5】エッチングによりクランプ上に反応生成物が堆積した従来例と、クランプ上に反応生成物が堆積していない第1実施例とを示した模式図。

【図6】エッチング後における反応生成物の堆積領域及びパーティクル数を示した模式図。

【図7】本発明の第2実施例に係わる枚葉クリーニングの工程フローを示した模式図。

【図8】本発明の第2実施例における第1クリーニング、第2クリーニング、シーズニング及びパージ条件を示した説明図。

【図9】クリーニング時における圧力及び時間と、反応生成物の堆積領域との関係を示した模式図。

【図10】本発明の第3実施例における第1クリーニング、第2クリーニング、シーズニング及びパージ条件を示した説明図。

【図11】本発明の第4実施例における工程フロー、クリーニング及びシーズニング条件を示した説明図。

【図12】本発明の第5実施例における工程フロー及びパージ条件を示した説明図。

【図13】本発明の第5実施例に係わるトレンチ形成時の断面構成を示した模式図。

【図14】本発明の第5実施例と従来例とにおける歩留りを示した比較図。

【図15】異物の付着によるブラックシリコンの形成過程を示した模式図。

【符号の説明】

- 301 エッチング室
- 302 ガス導入口
- 303 排気口
- 304 上部電極
- 305 下部電極
- 306 高周波電源
- 307 マグネットコイル
- 308 基板
- 309 クランプ

10

20

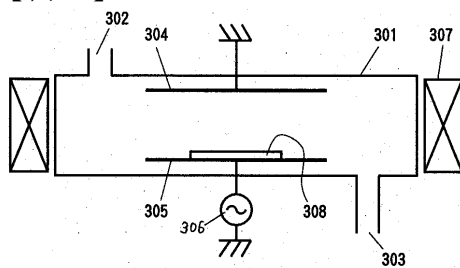
30

40

50

3 1 0 反応生成物
3 1 1 ダミー基板

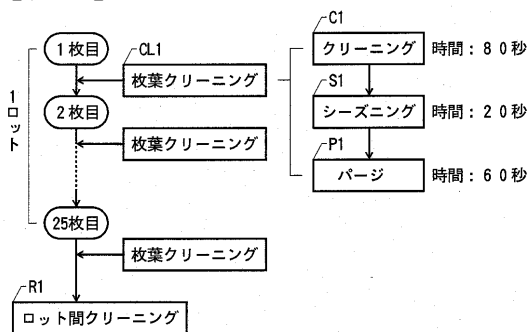
【図 1】



【図 3】

項 目	エッチング条件
HBr 流量 (sccm)	60
SF ₆ 流量 (sccm)	1.4
SiF ₄ 流量 (sccm)	2
He/O ₂ 流量 (sccm)	20
RF パワー (W)	600
圧力 (mTorr)	115
磁束密度 (G)	85

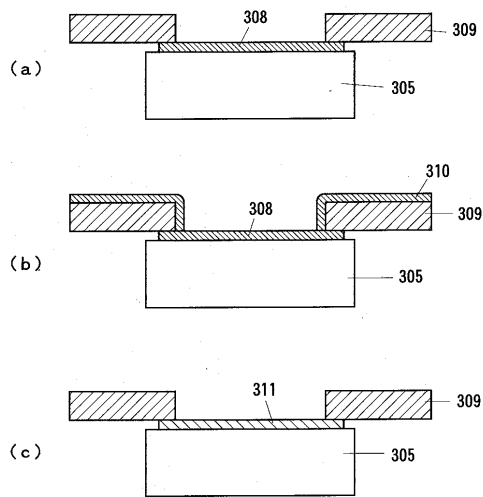
【図 2】



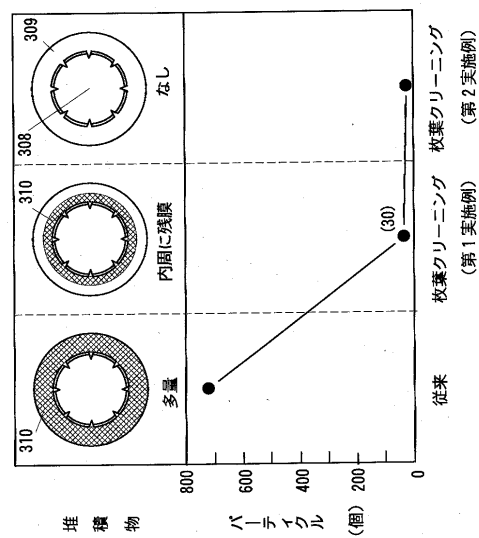
【図 4】

項 目	クリーニング条件	シーズニング条件	パージ条件
HBr 流量 (sccm)	—	6 0	6 0
SF ₆ 流量 (sccm)	8 0	2	1. 4
SiF ₄ 流量 (sccm)	—	—	2
He/O ₂ 流量 (sccm)	—	1 0	2 0
RF パワー (W)	3 0 0	6 0 0	0
圧力 (mTorr)	3 0 0	1 0 0	1 1 5
磁束密度 (G)	2 0	6 5	0
ダミーウェハ	SiO ₂ 膜付Si	SiO ₂ 膜付Si	SiO ₂ 膜付Si
処理時間 (秒)	8 0	2 0	6 0

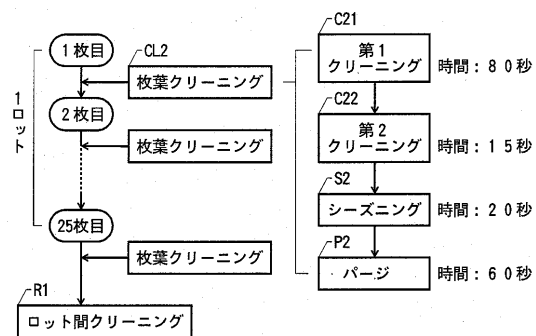
【図 5】



【図 6】



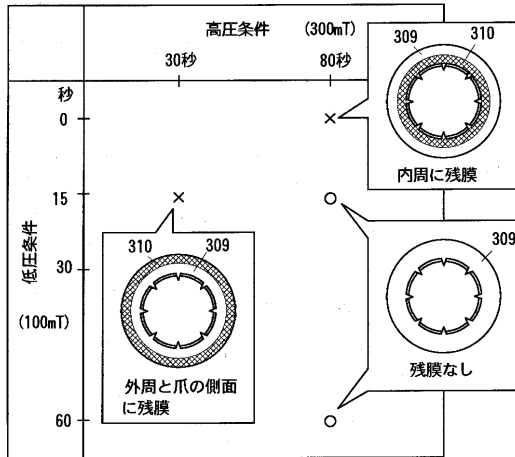
【図 7】



【図 8】

項目	第1クリーニング条件	第2クリーニング条件	シーズニング条件	パージ条件
HBr 流量 (sccm)	—	—	6.0	6.0
SF ₆ 流量 (sccm)	8.0	8.0	2	1.4
SiF ₄ 流量 (sccm)	—	—	—	2
He/O ₂ 流量 (sccm)	—	—	1.0	2.0
RFパワー (W)	300	350	600	0
圧力 (mTorr)	300	100	100	115
磁束密度 (G)	20	20	65	0
ダミーウエハ	SiO ₂ 膜付Si	SiO ₂ 膜付Si	SiO ₂ 膜付Si	SiO ₂ 膜付Si
処理時間 (秒)	80	15	20	60

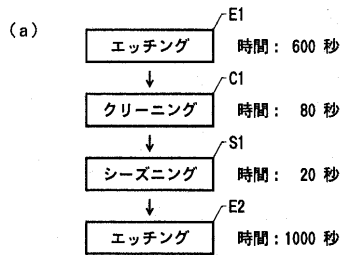
【図 9】



【図 10】

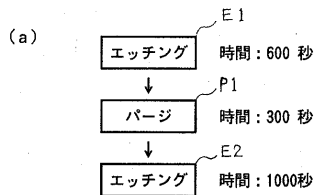
項目	第1クリーニング条件	第2クリーニング条件	シーズニング条件	パージ条件
HBr 流量 (sccm)	80	80	80	60
SF ₆ 流量 (sccm)	80	80	1.6	1.4
SiF ₄ 流量 (sccm)	80	80	3	2
He/O ₂ 流量 (sccm)	80	80	20	20
RFパワー (W)	400	350	600	0
圧力 (mTorr)	300	100	100	115
磁束密度 (G)	20	20	65	0
ダミーウエハ	SiO ₂ 膜付Si	SiO ₂ 膜付Si	SiO ₂ 膜付Si	SiO ₂ 膜付Si
処理時間 (秒)	300	60	500	60

【図 11】



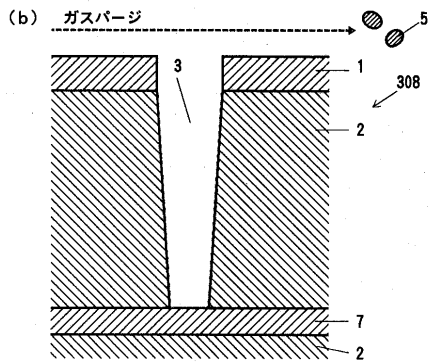
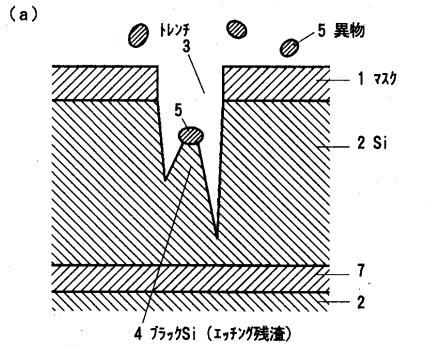
項目	クリーニング条件	シーズニング条件
HBr 流量 (sccm)	—	60
SF ₆ 流量 (sccm)	80	2
SiF ₄ 流量 (sccm)	—	—
He/O ₂ 流量 (sccm)	—	10
RFパワー (W)	300	100
圧力 (mTorr)	300	600
磁束密度 (G)	20	65
ダミーウエハ	SiO ₂ 膜付Si	SiO ₂ 膜付Si

【図 12】

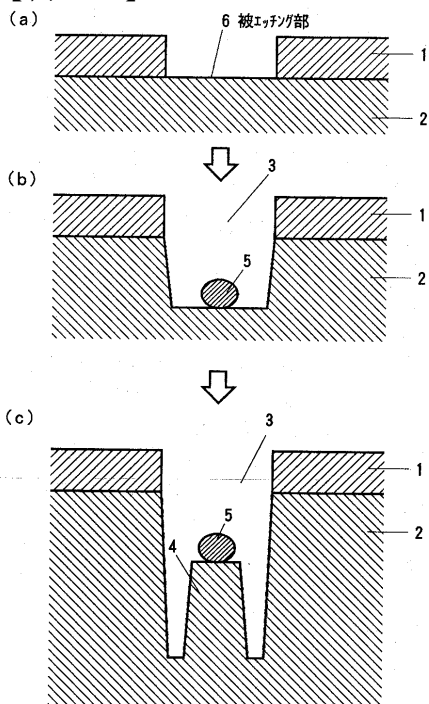


項目	パージ条件
HBr 流量 (sccm)	60
SF ₆ 流量 (sccm)	1.4
SiF ₄ 流量 (sccm)	2
He/O ₂ 流量 (sccm) (He:O ₂ =7:3の混合ガス)	20
RFパワー (W)	0
圧力 (mTorr)	115
磁束密度 (G)	0

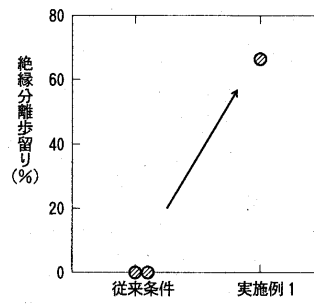
【図 13】



【図 15】



【図 14】



フロントページの続き

- (72)発明者 坂野 芳和
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 石川 英司
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 市川 裕司
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

合議体

審判長 池田 正人

審判官 瀬良 聡機

審判官 市川 裕司

- (56)参考文献 特開平7-335626 (JP, A)
特開平5-29285 (JP, A)
特開平5-62936 (JP, A)