

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4148643号
(P4148643)

(45) 発行日 平成20年9月10日 (2008. 9. 10)

(24) 登録日 平成20年7月4日 (2008. 7. 4)

(51) Int. Cl.

F I

C O 3 B 20/00 (2006. 01)

C O 3 B 20/00 A

C O 3 C 3/06 (2006. 01)

C O 3 B 20/00 F

H O 1 L 21/205 (2006. 01)

C O 3 C 3/06

H O 1 L 21/3065 (2006. 01)

H O 1 L 21/205

H O 1 L 21/302 1 O 1 B

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-390823 (P2000-390823)
(22) 出願日 平成12年12月22日 (2000. 12. 22)
(65) 公開番号 特開2002-137927 (P2002-137927A)
(43) 公開日 平成14年5月14日 (2002. 5. 14)
審査請求日 平成16年10月22日 (2004. 10. 22)
(31) 優先権主張番号 特願2000-252993 (P2000-252993)
(32) 優先日 平成12年8月23日 (2000. 8. 23)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000190138
信越石英株式会社
東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 2 番 2 号
(74) 代理人 100080230
弁理士 石原 詔二
(72) 発明者 佐藤 龍弘
福島県郡山市田村町金屋字川久保 8 8 番地
信越石英株式会社
石英技術研究所内
(72) 発明者 吉田 宜正
福島県郡山市田村町金屋字川久保 8 8 番地
信越石英株式会社
石英技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ耐食性に優れた石英ガラス及び石英ガラス治具並びにそれらの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ベルヌイ法で石英粉からプラズマ耐食性に優れた石英ガラスインゴットを作成する方法であり、石英粉を加熱溶融落下させ石英ガラスインゴットを作成すると同時に、金属元素或いはその化合物を純水、酸性溶液、塩基性溶液または有機溶媒に溶解させ作成した溶液を、該石英ガラスインゴットの成長表面に連続的に滴下することを特徴とするプラズマ耐食性に優れた石英ガラスの製造方法。

【請求項 2】

前記金属元素が、Al、Y、Nd、Sm、La、Ce及びGdからなる群から選択される少なくとも1種であることを特徴とする請求項1記載のプラズマ耐食性に優れた石英ガラスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体製造に用いられかつプラズマ耐食性に優れた石英ガラス及び石英ガラス治具並びにそれらの製造方法に関する。

【0002】

【関連技術】

半導体の製造、例えば半導体ウェーハの製造においては、近年における大口径化の増大とともにエッチング工程などにおいてプラズマ反応装置を用いることによって処理効率を向

上させることが行われている。例えば、半導体ウェーハのエッチング工程においては、プラズマガス、例えばフッ素（F）系プラズマガスを用いたエッチング処理が行われる。

【0003】

しかし、従来の石英ガラスを、例えばF系プラズマガス雰囲気中に置くと、石英ガラス表面で SiO_2 とF系プラズマガスが反応して、 SiF_4 が生成し、これは、沸点が -86 である為容易に昇華し、石英ガラスは多量に腐食して、減肉したり面荒れが進行し、F系プラズマガス雰囲気では、治具としての使用に適さなかった。

【0004】

このように、従来の石英ガラスは、半導体製造におけるプラズマ反応、特にF系プラズマガスを用いるエッチング処理に対しては耐食性、即ちプラズマ耐食性に大きな問題が生じていた。そこで、アルミニウムやアルミニウム化合物を石英ガラス部材表面に被覆してプラズマ耐食性を向上させる提案（特開平9-95771号、特開平9-95772号、特開平10-139480号）や、石英ガラスに対してアルミニウムを含有せしめることによってプラズマ耐食性を向上させたプラズマ耐食ガラスについての提案がなされている（特開平11-228172号公報）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明者は、石英ガラスのプラズマ耐食性をさらに向上させるべく種々研究を進めているが、その一環として、石英ガラス粉にアルミナ粉を5wt%混合したものを、真空下で加熱溶解して石英ガラスを作成し、プラズマ耐食性を調査した。すると、全くドーブしていない石英ガラス部材に比べてエッチング速度が40%～50%低下した。

【0006】

しかし、石英ガラス体内部および表面部に微小泡が確認され、また特に、表面部分において、腐食部分と非腐食部分の差が大きくなり面荒れが増大するほか、微小結晶部分が発生して、時間とともにその部分から剥がれが多発し、微小窪みの形成とともに、パーティクルの発生が増大して、ウェーハ面上に付着して、ウェーハ不良が増大するなどの問題が生じた。また、これらの泡や窪みは、エッチングを促進させる為、ドーブ金属の濃度が増大しても、比較的エッチング耐食性が向上しなかった。

【0007】

というのも、F系プラズマガスと反応して生成する AlF_3 の沸点は 1290 で、 SiF_4 よりもはるかに高温である為、 SiF_4 部分が多量に腐食する一方で、 AlF_3 部分は表面における昇華が少なく、エッチング量の差が拡大した為と推定される。また、ドーブアルミニウムが局所集中していると、隣接する SiO_2 部分と明らかにエネルギー状態が異なる為、均衡が崩れて、その部分より SiO_2 は、低エネルギーである結晶状態へ変態し易くなる。

【0008】

この結晶部分は、目視では微小な白い異物として確認される。表面近傍において形成された結晶部分は、熱膨張度が石英ガラスと異なる為、温度変化によって剥離しやすい。また、局所的に集中した金属元素は、単体では、沸点が SiO_2 より低いので、 SiO_2 の溶融加熱時には気体となって泡を形成する。表面近傍の泡部分は、温度変化によって破裂しやすい。以上述べたこれらは全て、パーティクルの発生原因となる。また、泡や凹部分は、プラズマガスの集中を受けエッチング速度が増大しやすいので、石英ガラス全体のエッチング量も増大し、使用可能時間が減少してしまう。

【0009】

本発明は、上記した知見に基づいてなされたもので、半導体製造に用いられるプラズマ反応用治具材料として、プラズマ耐食性、特にF系プラズマガスに対する耐食性に優れた石英ガラス及び石英ガラス治具並びにそれらの製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決する為、本発明のプラズマ耐食性に優れた石英ガラスの製造方法は、ベ

10

20

30

40

50

ルヌイ法で石英粉からプラズマ耐食性に優れた石英ガラスインゴットを作成する方法であり、石英粉を加熱溶融落下させ石英ガラスインゴットを作成すると同時に、金属元素或いはその化合物を純水、酸性溶液、塩基性溶液または有機溶媒に溶解させ作成した溶液を、該石英ガラスインゴットの成長表面に連続的に滴下することを特徴とする。

前記金属元素が、Al、Y、Nd、Sm、La、Ce及びGdからなる群から選択される少なくとも1種であることが好ましい。

本プラズマ耐食性に優れた石英ガラスは、金属元素を含有しプラズマ耐食性の増大した石英ガラスであり、該石英ガラス中に泡と異物の含有量が 100 cm^3 あたりの投影面積で 100 mm^2 未満であることを特徴とする。

【0011】

上記金属元素の含有の態様としては、ドーブ及び/又は表面コートを含むことはいうまでもないが、所定濃度の金属元素を含有する限りその態様を問わないことは勿論である。

【0012】

上記した石英ガラスの泡と異物の含有量は、 100 cm^3 あたりの投影面積で 100 mm^2 未満であると一般的な石英ガラス部材としても使用可能なレベルであり、また、プラズマエッチングの工程でパーティクルを発生することがないが、上記数値以上となると、パーティクル発生が多量となる。

【0013】

上記金属元素の種類は、前記した各提案に開示されたAl（アルミニウム）及びアルミニウム化合物に限られるものではなく、当該金属元素の弗化物の沸点が、Siの弗化物の沸点より高温であることが、F系プラズマガスエッチングに使用可能な条件である。例えば、Ti、Zr、Yなどの元素の他、エッチング耐食性の大きいSmなどの希土類元素も使用可能である。但し、半導体業界で望まれない金属元素の場合、エッチング耐食性が非常に優れていることが条件となる。上記金属元素としては、Al、Y、Nd、Sm、La、Ce及びGdからなる群から選択される少なくとも1種であることが好ましい。

【0014】

ドーブ手法の一つとして金属酸化物を石英ガラス粉に混合する場合は、加熱処理炉で溶融するかベルヌイ法で溶融するが、このときドーブした金属酸化物の融点温度が 2500 以上であると、金属酸化物粉の十分な溶融が現状の製造手法では困難であり、粉固まりのまま、或いは、結晶固まり状態で残留し、目視で微小な白い異物として観察されるので、酸化物の融点温度が 2500 未満の金属酸化物をドーブすることが好ましい。また、単一金属元素だけでなく、複数の金属元素を共ドーブすることも当然有効である。

【0015】

前記金属元素の濃度は $0.1 \sim 20\text{ wt}\%$ が好適であり、 $1.0 \sim 15\text{ wt}\%$ がさらに好適である。金属元素濃度を変えてドーブした実験の結果、金属元素の濃度が $0.1\text{ wt}\%$ 未満では、エッチング耐性の向上が確認されない。また、 $20\text{ wt}\%$ を越えると、ドーブ量が多すぎて、泡と、異物発生を抑制することは、どのような手法でも困難だった。

【0016】

本プラズマ耐食性に優れた石英ガラス治具は、上記した本石英ガラスにより作成され、表面から所定深さまでの厚さを有するとともに上記金属元素を $0.1 \sim 20\text{ wt}\%$ 含有する金属元素含有層を形成したことを特徴とする。この金属元素含有層の厚さは少なくとも 5 mm が好適である。

【0017】

また、通常の石英ガラス治具の場合、プラズマガスと接触し腐食する深さは、現行の一般的な使用条件ではほぼ $1 \sim 2\text{ mm}$ 程度、最大でも 5 mm 程度であり、石英ガラス治具として当初の形状と特性を保つことができるので、上記した金属元素を $0.1 \sim 20\text{ wt}\%$ 含有する金属元素含有層の厚さを少なくとも 5 mm として、エッチング耐性を向上させておくことは、本プラズマ耐食性に優れた石英ガラスを石英ガラス治具として使用する場合は好ましい条件である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

なお、金属元素含有層における金属元素の含有の態様としては、石英ガラス治具中にドーブされていてよいし、及び／又は表面コートによって石英ガラス治具の表面に塗布してもよいものである。

【 0 0 1 9 】

本プラズマ耐食性に優れた石英ガラスの製造方法の第1の態様は、酸水素火炎を用いるインゴットの作成法であるベルヌイ法で、石英粉からプラズマ耐食性に優れた石英ガラスインゴットを作成する方法であり、金属元素粉或いはその化合物粉を、石英粉に混合し、加熱溶融落下させ石英ガラスインゴットを作成する際、該石英ガラスインゴット表面温度を、1800 以上で好ましくは3000 以下に加熱することを特徴とする。

10

【 0 0 2 0 】

本発明のプラズマ耐食性に優れた石英ガラスの製造方法は、ベルヌイ法で石英粉からプラズマ耐食性に優れた石英ガラスインゴットを作成する方法であり、石英粉を加熱溶融落下させ石英ガラスインゴットを作成すると同時に、金属元素或いはその化合物を純水、酸性溶液、塩基性溶液または有機溶媒に溶解させ作成した溶液を、該石英ガラスインゴットの成長表面に連続的に滴下することを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

石英ガラスに金属元素或いはその化合物を粉体でドーブする場合は、 SiO_2 粉の中で当該金属元素粉或いは化合物粉体が、原子または分子レベルに分解され均一に拡散され混合されるように、十分な熱エネルギーを与えながら、加熱溶融を行う必要がある。

20

【 0 0 2 2 】

この為、金属元素のドーブ時の形態は、気体または液体であることがこのましい。粉体で混合する場合は、粉体の粒度はできる限り小さいことが好ましく、特に金属元素は SiO_2 ネットワーク中で酸化物として存在し集中し易いので、酸化物の融点ができるだけ低温であるものがよい。

【 0 0 2 3 】

通常、製法として最も一般的な、石英粉とドーブ金属元素粉を混合して、加熱炉で溶融する方法は、可能な高温度域に限界があり、2000 以上の処理は非常に困難である。

【 0 0 2 4 】

製法として、ベルヌイ法を採用する場合は、粉体に与える熱エネルギー密度を均一に且つ大きく供給できるので、泡、異物のより少ない石英ガラス体を形成することが可能である。使用した金属酸化物の融点が2500 程度のものでなら、形成されるインゴット表面温度をその温度付近以上に調整するなどして、金属酸化物の溶融拡散を可能とすることができる。

30

【 0 0 2 5 】

粉体は、金属粉、酸化物、硝酸化合物、塩化物、その他の化合物を石英粉に混合する。また、粉体のかわりに、金属元素が原子または分子レベルで均一に溶解した溶液を、形成中のインゴットの成長面上に液状で滴下したり、気化ガスで、或いはキャリアガスにのせてインゴットの成長面上に吹き付けるなどするドーブ手法は非常に有効である。溶液としては、金属粉を酸性或いはアルカリ性溶液に溶解させたもの、硝酸化合物を純水に溶解した溶液や、塩素化合物をエタノールなどに溶解した溶液や、有機金属化合物の溶液或いはその固体を有機溶媒に溶解して作成した溶液なども使用される。

40

【 0 0 2 6 】

本プラズマ耐食性に優れた石英ガラスの製造方法の第3の態様は、予め用意された多孔質 SiO_2 体を、金属元素の密度が(0.1 ~ 10 mol) / 22.4リットルの範囲の雰囲気中に静置し、加熱処理することを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

この本方法の第3の態様は、一般的には、ガス状態のドーブ物質を多孔質体中に拡散ドーブさせる方法としてCVD法と定義される。この本方法の第3の態様においては、金属元素の気体密度が、(0.1 ~ 10 mol) / 22.4リットルの濃度範囲の気体中に、

50

多孔質 SiO_2 体を静置し加熱処理する。十分に多孔質体中に気体が拡散するまで処理を継続した後、降温させることにより、多孔質体中に、酸化物の状態ではあるが、均一に局所集中せずに残留する。気体密度を上げることが残留する酸化物濃度を上げることになるので、加熱温度はできるだけ低く、圧力は高いほうが効果的である。この加熱温度は、金属元素或いはその化合物の沸点、昇華点及び分解点以上であり、処理圧力が、 $1 \sim 10$ 気圧の範囲が好適である。

【0028】

本プラズマ耐食性に優れた石英ガラスの製造方法の第4の態様は、全体の粒径分布が、 $0.01 \sim 1000 \mu\text{m}$ の範囲にあり、且つ、そのうち $0.01 \sim 5 \mu\text{m}$ の範囲の粒子群の重量比が $1 \sim 50 \text{wt}\%$ である石英ガラス粉体と、純水、酸性溶液、塩基性溶液または有機溶媒に溶解可能な金属元素或いはその化合物を、純水、酸性溶液、塩基性溶液または有機溶媒中で混合溶解してスラリーを作成し、該スラリーを乾燥固化させた後に、真空下で加熱溶融することを特徴とする。このような製法は、一般的に、スリップキャスト法と定義される。

10

【0029】

石英粉を純水に溶解して、そこに、金属元素の水溶液を混合してスラリーを作成し、乾燥、真空加熱で透明固体を形成する方法においては、乾燥固化させる為に石英粉の粒度分布として、 $5 \mu\text{m}$ 以下の粒子群を $1 \sim 50 \text{wt}\%$ の範囲で混合する必要がある。この粒子群は同じ石英粉を細かく破碎したものでもよいし、四塩化珪素を火炎加水分解して作成したヒュームドシリカを使用してもよい。

20

【0030】

金属元素の水溶液としては、金属粉を酸性或いはアルカリ性溶液に溶解させたものや、硝酸化合物を純水に溶解したものや、塩素化合物をエタノールなどの有機溶媒に溶解したもの、有機金属化合物或いはそれを有機溶媒に溶解して作成した溶液が使用される。特に、硝酸化合物を純水に溶解した溶液を使用した場合、得られた石英ガラス体中の泡が少なく好適である。

【0031】

本プラズマ耐食性に優れた石英ガラス治具の製造方法は、純水、酸性溶液、塩基性溶液または有機溶媒に溶解可能な金属元素或いはその化合物を純水、酸性溶液、塩基性溶液または有機溶媒中で混合溶解して作成された溶液を、予め用意された石英ガラス治具表面に塗布し、その後、その表面を加熱溶融することを特徴とする。

30

【0032】

特に、石英ガラス治具表面の金属元素濃度を高めることに着目した場合、石英ガラス治具表面に、金属元素溶液を塗布して、その後、加熱溶融する手法が有効である。金属元素溶液は、金属元素粉を酸性或いはアルカリ性溶液に溶解させたものや、金属元素の硝酸化合物を純水に溶解したものや、金属元素の塩素化合物をエタノールなどの有機溶媒に溶解したもの、金属元素を含む有機金属化合物或いはそれを有機溶媒に溶解して作成した溶液でよく、これを、石英ガラス治具表面にたらしたり、刷毛で塗ったり、スプレーで吹きかける。なお、金属元素溶液としては、金属元素を含む有機金属化合物或いはそれを有機溶媒に溶解して作成した溶液が特に好適である。

40

【0033】

その後、火炎溶融、電気加熱、アーク溶融などの手法で、表面を溶融して、金属元素を焼付ける。この場合、石英ガラス治具は、既に、金属元素をドーブしたものであると、全体的に金属元素の濃度は高いものであり好ましい。また、形成された高濃度に金属元素を含有した表面との適合が良く、処理後冷めてくるときに、クラックなどが入りづらい。

【0034】

上記予め用意された石英ガラス治具としては、従来公知の石英ガラス治具を用いることもできるが、上述した本発明のプラズマ耐食性に優れた石英ガラスの製造方法によって、製造されたものが好適に用いられる。

【0035】

50

金属元素の局所的集中を測る手段としては、E P M A (Electron Probe Micro Analysis) で面分布を測定できるほか、その部分は、結晶性を示すので、X線回折または、偏向顕微鏡でも判断可能である。

【0036】

【実施例】

以下に、実施例をあげて本発明をさらに具体的に説明するが、これらの実施例は例示的に示されるもので、限定的に解釈されるものでないことはいうまでもない。

【0037】

(実施例1)

石英粒子1900gと Al_2O_3 粉100gを混合し、酸水素火炎中に50g/minの速度で、1rpmで回転するターゲットインゴット上に熔融落下させ、200mm×50mmの石英ガラスインゴットを作成した。使用するガス条件は、 H_2 が200リットル/min、 O_2 が100リットル/minとした。ターゲットインゴットは、300mm×300mm×200mmHの容積中にセットされる。これ以下のガス量では、泡や異物が発生し、これ以上のガス量では、インゴットの形が崩れた。インゴット成長面の温度は、2200であった。

【0038】

作成されたインゴットのアルミニウム濃度を蛍光X線分析で測定すると、表面から0.1mmまでの濃度は、3.0wt%、表面から5.0mmの深さ位置では、2.0wt%であった。表面を除くと、形成されたインゴットの全長においての平均濃度は、ほぼ2.0wt%であった。最表面部位は、石英の昇華が進む為、濃度が高くなると思われる。

【0039】

また、作成されたインゴットについて、泡及び異物の含有量を測定するとともに異物の有無をX線回折によって検査し、その結果を表1に示した。異物は存在せずかつ泡及び異物の含有量は39mm²であった。

【0040】

さらに、後述するように、パーティクル発生量及びエッチング速度を測定し、その結果を表1に示した。パーティクル発生量は少なくかつエッチング速度は十分に低くなっており、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【0041】

(実施例2)

石英粒子を酸水素火炎中に50g/minの速度で、1rpmで回転するターゲットインゴットに熔融落下させると同時に、該インゴット成長表面上に、硝酸アルミニウムの30wt%水溶液を10cc/minの速度で滴下させながら、200mm×50mmの石英ガラスインゴットを作成した。使用するガス条件は、 H_2 が150リットル/min、 O_2 が75リットル/minとした。ターゲットインゴットは、300mm×300mm×200mmHの容積中にセットされる。

【0042】

作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を蛍光X線分析で測定すると、最表面部位(表面から0.1mmまで)は、3.0wt%、5mm深度の部位では、1.0wt%であった。最表面部位は、石英の昇華が進む為、濃度が高くなると思われる。形成されたインゴットの全長においてのアルミニウムの平均濃度はほぼ1.5wt%であった。また、実施例1と同様の項目について測定し、その結果を表1に示した。表1の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【0043】

(実施例3)

ドーブ材として硝酸アルミニウムの代わりに硝酸酸化ジルコニウムを用いた以外は実施例2と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのジルコニウム濃度を測定するとともに実施例1と同様の項目について測定し、その結果を表1に示した。プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 4 4 】

(実施例 4)

ドーブ材として硝酸アルミニウムの代わりに硝酸イットリウムを用いた以外は実施例 2 と同様に石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのイットリウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 1 に示した。表 1 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 4 5 】

【 表 1 】

実 施 例 No.		1	2	3	4
製 法		ヘルマイ	ヘルマイ	ヘルマイ	ヘルマイ
金属元素化合物		Al ₂ O ₃ 5wt%	純水＋ 硝酸アルミ	純水＋ 硝酸酸化 シリコン	純水＋ 硝酸 イットリウム
エッチング試験前 のサンプル状態	泡(mm ²)	19	18	18	29
	異物(mm ²)	20	20	17	28
X線回折	異物有無	無	無	無	無
金属元素濃度(wt%)		2.0	1.5	1.9	1.8
ハートビク発生量(個)		11	13	11	9
エッチング速度(nm/min)		35	35	33	40

【 0 0 4 6 】

(実施例 5)

ドーブ材として硝酸アルミニウムの代わりに硝酸サマリウムを用いた以外は実施例 2 と同様に石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのサマリウム濃度を測定するとともにまた、実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 2 に示した。表 2 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 4 7 】

(実施例 6)

ドーブ材として硝酸アルミニウムの 3 0 w t % 水溶液の代わりにエタノールに塩化アルミニウムを 3 0 w t % 溶解させたものを用いた以外は実施例 2 と同様に石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともにまた、実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 2 に示した。表 2 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 4 8 】

(実施例 7)

ドーブ材として硝酸アルミニウムの 3 0 w t % 水溶液の代わりに塩酸にアルミニウムを 5 w t % 溶解させたものを用いた以外は実施例 2 と同様に石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 2 に示した。表 2 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 4 9 】

(実施例 8)

ドーブ材として硝酸アルミニウムの 3 0 w t % 水溶液の代わりにプロパノールに A 1 ・イソプロポキシドを 3 0 w t % 溶解させたものを用いた以外は実施例 2 と同様に石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 2 に示した。表 2 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 5 0 】

【表 2】

実施例 No.		5	6	7	8
製 法		ヘルスイ	ヘルスイ	ヘルスイ	ヘルスイ
金属元素化合物		純水+ 硝酸 サマリウム	エタノール+ AlCl ₃	塩酸+ アルミニウム	7°ロハ°ノール+ Alイソプロ ホキシド
エッチング試験前 のサンプル状態	泡(mm ²)	17	20	15	20
	異物(mm ²)	29	23	29	28
X線回折	異物有無	無	無	無	無
金属元素濃度(wt%)		1.3	2.0	2.4	1.3
ハーフティクル発生量(個)		13	15	13	10
エッチング速度(nm/min)		32	31	30	30

10

【0051】

(実施例9)

ドープ材として硝酸アルミニウムの30wt%水溶液の代わりに珪酸エチルにアルミニウム・イソプロポキシドを30wt%溶解させたものを用いた以外は実施例2と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともに実施例1と同様の項目について測定し、その結果を表3に示した。表3の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

20

【0052】

(実施例10)

スート法で作成された500mm×1000mmのシリカガラス母体を、塩化アルミニウム顆粒500gとともに、600mm×1200mmの石英ガラス容器中にセットし、N₂雰囲気中に置換した後、ガス導入ラインを閉止し、加熱を開始し、400℃に昇温し、塩化アルミの全量を昇華させて100%濃度雰囲気にした後、大気圧下で、10HR保持し、加熱を停止し、室温まで降温した後、取り出した。取り出したスートを真空炉中において、1800℃に加熱し、透明ガラス化させた。

【0053】

形成された石英ガラスの表面部位からは、3wt%のアルミニウムが検知されたが、5mm深度の部位では、2.0wt%であった。形成された石英ガラスのアルミニウムの平均濃度はほぼ1.1wt%であった。表面は、透明ガラス化時に、SiO₂が昇華する一方でアルミナが残留する為、高濃度にアルミニウムが検知されたと推定される。

30

【0054】

塩化アルミの沸点は、180℃であるが、処理温度が150℃以下では、昇華蒸気圧が70mmHg以下となり、雰囲気中の塩化アルミガス濃度は0.08mol/22.4リットル、ガラス中のアルミニウム濃度は0.01wt%程度であった。また633℃を超えると、雰囲気中のアルミニウム濃度が0.5mol/22.4リットルとなり、得られたガラス中のアルミニウム濃度も半減した。

【0055】

また、実施例1と同様の項目について測定し、その結果を表3に示した。表3の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

40

【0056】

(実施例11)

スート法で作成された500mm×1000mmのシリカガラス母体を、塩化アルミニウム顆粒500gとともに、密閉高圧容器中にセットし、N₂雰囲気中に置換した後、ガス導入ラインを閉止し、加熱を開始し、250℃に昇温させ、塩化アルミの全量を昇華させて10kg/cm²の高圧雰囲気即ち9mol/22.4リットルにした後、10HR保持し、加熱を停止し、室温まで降温した後、取り出す。

【0057】

50

取り出したスートを真空炉中において、1800 に加熱し、透明ガラス化させた。表面部位からは、6 wt %のアルミニウムが検知されたが、5 mm深度の部位では、3.0 wt %であった。形成された透明ガラスのアルミニウムの平均濃度はほぼ4.0 wt %であった。雰囲気中の塩化アルミガス濃度、ガラス中のアルミニウムの濃度及び、得られたガラス中のアルミニウム濃度については実施例10と同様であった。

【0058】

また、実施例1と同様の項目について測定し、その結果を表3に示した。表3の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【0059】

(実施例12)

ドーブ材として塩化アルミニウム顆粒の代わりに、塩化ジルコニウム顆粒を用いかつ500 に昇温して塩化ジルコニウムの全量を昇華させたこと以外は実施例10と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのジルコニウム濃度を測定するとともに実施例1と同様の項目について測定し、その結果を表3に示した。表3の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【0060】

【表3】

実施例 No.		9	10	11	12
製 法		ヘルマイ	CVD	CVD	CVD
金属元素化合物		珪酸エチル+ Alイソプロ ポキシド	AlCl ₃	AlCl ₃	ZrCl ₄
エッチング試験前 のサンプル状態	泡(mm ²)	18	20	18	31
	異物(mm ²)	12	40	23	24
X線回折	異物有無	無	無	無	無
金属元素濃度(wt%)		1.2	1.1	4.0	1.8
ハートリカル発生量(個)		10	16	8	15
エッチング速度(nm/min)		40	44	22	34

【0061】

(実施例13)

粒径が500 μm ~ 100 μmの石英粉750 gと粒径が0.01 μm ~ 4 μmの熱分解シリカ粒子200 gと、硝酸アルミニウム700 gと純水1500 gを混合し、スラリーを作成する。このスラリーを40 の大気中で8日間乾燥させ、固体とした後、真空雰囲気において、1800 、1 HRの加熱処理を行い、100 mm × 50 mm Hの透明ガラスを作成した。アルミニウムの濃度はバルク全体において2.0 wt %であった。

【0062】

また、実施例1と同様の項目について測定し、その結果を表4に示した。表4の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【0063】

(実施例14)

ドーブ材として硝酸アルミニウムの代わりに硝酸酸化ジルコニウムを用いた以外は実施例13と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのジルコニウム濃度を測定するとともに実施例1と同様の項目について測定し、その結果を表4に示した。表4の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【0064】

(実施例15)

ドーブ材として硝酸アルミニウムの代わりに硝酸イットリウムを用いた以外は実施例13

10

20

30

40

50

と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのイットリウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 4 に示した。表 4 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 6 5 】

(実施例 1 6)

ドーブ材として硝酸アルミニウムの代わりに硝酸サマリウムを用いた以外は実施例 1 3 と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのサマリウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 4 に示した。表 4 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 6 6 】

【表 4】

実 施 例 No.		13	14	15	16
製 法		スリップ°	スリップ°	スリップ°	スリップ°
金属元素化合物		純水＋ 硝酸アルミ	純水＋ 硝酸酸化 ジルコニウム	純水＋ 硝酸 イットリウム	純水＋ 硝酸 サマリウム
エッチング試験前 のサフール状態	泡(mm ²)	18	25	24	19
	異物(mm ²)	25	20	20	22
X線回折	異物有無	無	無	無	無
金属元素濃度(wt%)		2.1	2.2	1.9	2.1
ハートビクル発生量(個)		20	12	11	10
エッチング速度(nm/min)		29	43	25	28

【 0 0 6 7 】

(実施例 1 7)

ドーブ材として硝酸アルミニウム 7 0 0 g と純水 1 5 0 0 g の代わりに塩化アルミニウム 7 0 0 g とエタノール 1 5 0 0 g を用いた以外は実施例 1 3 と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 5 に示した。表 5 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 6 8 】

(実施例 1 8)

ドーブ材として硝酸アルミニウム 7 0 0 g と純水 1 5 0 0 g の代わりにアルミニウムを塩酸に 5 w t % 溶解させたものを用いた以外は実施例 1 3 と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 5 に示した。表 5 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 6 9 】

(実施例 1 9)

ドーブ材として硝酸アルミニウム 7 0 0 g と純水 1 5 0 0 g の代わりに A 1 ・イソプロポキシドをプロパノールに 3 0 w t % 溶解させたものを用いた以外は実施例 1 3 と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 5 に示した。表 5 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 7 0 】

(実施例 2 0)

ドーブ材として硝酸アルミニウム 7 0 0 g と純水 1 5 0 0 g の代わりに A 1 ・イソプロポキシドを珪酸エチルに 3 0 w t % 溶解させたものを用いた以外は実施例 1 3 と同様にして

石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 5 に示した。表 5 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 7 1 】

【表 5】

実 施 例 No.		17	18	19	20
製 法		スリッ [°]	スリッ [°]	スリッ [°]	スリッ [°]
金属元素化合物		エタノール+ AlCl ₃	塩酸+ アルミニウム	7°ロハ°ノール +Alイソ [°] ロ ホ°キシト [°]	珪酸エチル+ Alイソ [°] ロ ホ°キシト [°]
エッチング試験前 のサンプル状態	泡(mm ²)	20	19	19	20
	異物(mm ²)	23	17	20	13
X線回折	異物有無	無	無	無	無
金属元素濃度(wt%)		2.1	2.3	1.9	1.8
ハ°ティクル発生量(個)		19	17	10	10
エッチング速度(nm/min)		39	43	35	45

10

【 0 0 7 2 】

(実施例 2 1)

200 mm × 20 mm (厚さ) の石英ガラス治具の表面上に、アルミニウムイソプロポキシドをプロパノールに溶解した溶液を滴下し、空気中の水分と加水分解させて、アルミナ膜を形成させる。この石英ガラス板の膜形成された面を、酸水素火炎によってファイアポリッシュし焼付け、且つ、滑らかな透明溶融面を形成させた。表面部位から、0.1 mm までの平均アルミニウム濃度は、15 wt % であるが、1 mm までの平均アルミニウム濃度は、0.5 wt % であった。形成された石英ガラス治具のアルミニウムの平均濃度はほぼ 2.1 wt % であった。

20

【 0 0 7 3 】

また、実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 6 に示した。表 6 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

30

【 0 0 7 4 】

(実施例 2 2)

アルミニウムイソプロポキシドをプロパノールに溶解した溶液の代わりにアルミニウムイソプロポキシドを珪酸エチルに溶解したものをを用いた以外は実施例 2 1 と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 6 に示した。表 6 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 7 5 】

(実施例 2 3)

アルミニウムイソプロポキシドをプロパノールに溶解した溶液の代わりにジルコニウムイソプロポキシドをプロパノールに溶解したものをを用いた以外は実施例 2 1 と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのジルコニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 6 に示した。表 6 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

40

【 0 0 7 6 】

(実施例 2 4)

アルミニウムイソプロポキシドをプロパノールに溶解した溶液の代わりにチタニウムイソプロポキシドをプロパノールに溶解したものをを用いた以外は実施例 2 1 と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのチタニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 6 に示した。表 6 の結

50

果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 7 7 】

【 表 6 】

実 施 例 No.		21	22	23	24
製 法		コート	コート	コート	コート
金属元素化合物		フ [○] ロハ [○] ノール +Alイソフ [○] ロ ホ [○] キシド [△]	珪酸エチル+ Alイソフ [○] ロ ホ [○] キシド [△]	フ [○] ロハ [○] ノール +Zrイソフ [○] ロ ホ [○] キシド [△]	フ [○] ロハ [○] ノール +Tiイソフ [○] ロ ホ [○] キシド [△]
エッチング試験前 のサンプル状態	泡(mm ²)	24	15	18	19
	異物(mm ²)	24	28	22	18
X線回折	異物有無	無	無	無	無
金属元素濃度(wt%)		2.1	2.4	1.4	1.5
ハ [○] -ティクル発生量(個)		13	8	13	15
エッチング速度(nm/min)		43	32	50	32

10

【 0 0 7 8 】

(実施例 2 5)

アルミニウムイソプロポキシドをプロパノールに溶解した溶液の代わりに硝酸アルミニウムを純水に溶解したものを用いて滴下した後、この面をファイアポリッシュする以外は実施例 2 1 と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 7 に示した。表 7 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

20

【 0 0 7 9 】

(実施例 2 6)

アルミニウムイソプロポキシドをプロパノールに溶解した溶液の代わりにエタノールに塩化アルミニウムを 3 0 w t % 溶解させたものを用いた以外は実施例 2 5 と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 7 に示した。表 7 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

30

【 0 0 8 0 】

(実施例 2 7)

アルミニウムイソプロポキシドをプロパノールに溶解した溶液の代わりに塩酸にアルミニウムを 5 w t % 溶解させたものを用いた以外は実施例 2 5 と同様にして石英ガラスインゴットを作成した。作成された石英ガラスインゴットのアルミニウム濃度を測定するとともに実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 7 に示した。表 7 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

【 0 0 8 1 】

(実施例 2 8)

実施例 1 で形成された石英ガラス体を加工して、2 0 0 m m × 2 5 m m (厚さ) の円盤状治具を作成した。この治具の上表面に実施例 2 1 の方法で高濃度アルミニウム分布層を形成した。表面部位から、0 . 1 m m までの平均アルミニウム濃度は、1 5 w t % であるが、1 m m までの平均アルミニウム濃度は、4 . 0 w t % であった。作成された石英ガラス治具のアルミニウムの平均濃度はほぼ 4 . 0 w t % であった。また、実施例 1 と同様の項目について測定し、その結果を表 7 に示した。表 7 の結果から明らかなように、プラズマ耐食性に優れていることが確認できた。

40

【 0 0 8 2 】

【 表 7 】

実施例 No.		25	26	27	28
製 法		コート	コート	コート	ベルメイトコート
金属元素化合物		純水＋ 硝酸アルミ	エタノール＋ AlCl ₃	塩 酸 ＋Al	Al ₂ O ₃ 5%フッ化 ノール＋Alイソフ ロキシド
エッチング試験前 のサンプル状態	泡(mm ²)	19	19	24	16
	異物(mm ²)	24	18	17	29
X線回折	異物有無	無	無	無	無
金属元素濃度(wt%)		2.0	2.1	2.2	4.0
パーティクル発生量(個)		13	16	17	7
エッチング速度(nm/min)		43	34	39	17

10

【0083】

(比較例1)

粒径500μm～100μmの石英粉1000gを、カーボン鋳型に充填し、真空雰囲気において、1800、1HRの加熱処理を行い、100mm×50mmHの透明ガラスを作成した。実施例1と同様の項目について測定し、その結果を表8に示した。表8の結果から明らかなように、エッチング速度が極めて速く、プラズマ耐食性は不良であった。

20

【0084】

(比較例2)

粒径500μm～100μmの石英粉900gとアルミナ100gを混合し、カーボン鋳型に充填し、真空雰囲気において、1800、1HRの加熱処理を行い、100mm×50mmHの透明ガラスを作成した。アルミニウム濃度は、2.0wt%であった。ガラス体中には、泡と異物が確認された。

【0085】

実施例1と同様の項目について測定し、その結果を表8に示した。表8の結果から明らかなように、泡及び異物の含有量が多く、パーティクル発生量も多く、シリコンウエーハ用治具として不適当であり、さらにエッチング速度も速く、プラズマ耐食性も不良であった。

30

【0086】

(比較例3)

石英粒子690gとAl₂O₃粉310gを混合し、酸水素火炎中に50g/minの速度で、1rpmで回転するターゲットインゴット上に熔融落下させ、200mm×500リットルのインゴットを作成した。使用するガス条件は、H₂が200リットル/min、O₂が100リットル/minとした。ターゲットインゴットは、300mm×300mm×500mmHの容積中にセットされる。泡と異物が多発したので、ガス流量を各2倍まで増大したが改善せず、これ以上のガス量では、インゴットの形が崩れた。

【0087】

形成されたインゴットのアルミニウム濃度を蛍光X線分析で測定すると、最表面部位は、15.0wt%であり、5mm深度の部位では、13.0wt%であった。最表面部位は、石英の昇華が進む為、濃度が高くなると思われる。

40

【0088】

実施例1と同様の項目について測定し、その結果を表8に示した。表8の結果から明らかなように、エッチング速度は遅いものの、泡及び異物の含有量が多く、パーティクル発生量も多く、シリコンウエーハ用治具として不適当であることがわかった。

【0089】

【表8】

比較例 No.		1	2	3
製 法		真空炉	真空炉	ヘルメイ
金属元素化合物		なし	Al ₂ O ₃ 5w t %	Al ₂ O ₃ 31w t %
エッチング試験前のサンプル状態	泡(mm ²)	20	280	449
	異物(mm ²)	14	538	894
X線回折	異物有無	無	有	有
金属元素濃度(wt%)		0.0	2.0	13.0
パーティクル発生量(個)		20	300	800
エッチング速度(nm/min)		120	64	43

10

【0090】

上述した各実施例と比較例における泡及び異物の含有量は次のようにして測定した。対象となる石英ガラス体より50mm×50mm×1mm(厚さ)のサンプルを切り出し、両面を鏡面に磨き、このサンプルの下面より白色光を通過させ、泡と異物の影を投影して、画像解析装置を用いて、直径0.02mm以上の泡と異物の個数を測定し、その結果から、切り出したサンプル全域の泡と異物断面積(投影面積)を算出し、そこから、100cm³当たりの断面積(投影面積)を換算し算出した。

【0091】

エッチング速度は次のようにして測定した。作成された透明石英ガラスから、サンプルを切り出し、30mm×3mm(厚さ)に加工して表面状態をファイアポリッシュして、50sccm、CF₄+O₂(20%)のプラズマガスで、30mTorr、1kw、10HRのエッチング試験を行った。試験前後の重量変化から計算して、厚さ変化を算出し、さらに、処理時間で除してエッチング速度を算出した。

20

【0092】

また、パーティクルの発生量については、エッチング後、試料のプラズマ照射面に同面積のSiウエーハを載せ、ウエーハの接触面の凹凸をレーザー散乱で検出し、パーティクルカウンタにて、0.3μm以上のパーティクル個数を計測した。

【0093】

各実施例、比較例において、パーティクル発生量は、50個以下の場合、Siウエーハの使用可能部分は、90%以上であり、200個を超えると、50%以下となり、収率が大幅に低下した。また、エッチング速度が、100nm/min以上のときは、100HR程度の使用時間で、0.6mmのエッチング厚さとなり、部材として使用できないが、50nm/min以下になると、使用可能時間が2倍となり効果が確認され、特に20nm/min以下となれば、非常に経済的に効果が大きくなった。

30

フロントページの続き

- (72)発明者 藤ノ木 朗
福島県郡山市田村町金屋字川久保 8 8 番地
研究所内 信越石英株式会社 石英技術
- (72)発明者 稲木 恭一
東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 2 番 2 号 信越石英株式会社内
- (72)発明者 白井 智之
東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 2 番 2 号 信越石英株式会社内

審査官 柿崎 美陶

- (56)参考文献 特開平 0 7 - 1 9 6 3 3 5 (J P , A)
特開平 0 8 - 2 9 0 9 2 8 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 4 5 4 6 7 (J P , A)
特開昭 6 2 - 0 3 0 6 3 2 (J P , A)
特開昭 6 3 - 0 8 9 4 2 6 (J P , A)
特開昭 6 3 - 1 5 6 0 4 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 3 1 0 4 1 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

C03B 1/00-5/44、8/00-8/04、19/12-19/14、20/00
C03C 1/00-14/00、17/00-17/44