

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6277015号
(P6277015)

(45) 発行日 平成30年2月7日 (2018.2.7)

(24) 登録日 平成30年1月19日 (2018.1.19)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 I O 1 G

C 2 3 C 16/458 (2006.01)

H O 1 L 21/302 I O 1 D

C 2 3 C 16/50 (2006.01)

C 2 3 C 16/458

H O 1 L 21/683 (2006.01)

C 2 3 C 16/50

H O 1 L 21/265 (2006.01)

H O 1 L 21/68

R

請求項の数 6 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-37691 (P2014-37691)
 (22) 出願日 平成26年2月28日 (2014.2.28)
 (65) 公開番号 特開2015-162618 (P2015-162618A)
 (43) 公開日 平成27年9月7日 (2015.9.7)
 審査請求日 平成28年12月26日 (2016.12.26)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 (74) 代理人 100091720
 弁理士 岩崎 重美
 (72) 発明者 丹藤 匠
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 株式会社 日立ハイ
 テクノロジーズ内
 (72) 発明者 佐藤 浩平
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 株式会社 日立ハイ
 テクノロジーズ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

真空容器内部に配置されその内側の空間が減圧される処理室と、この処理室内に配置されその上面に処理対象の試料が載置される試料台とを有し、この試料台の上方の前記処理室内に供給された処理用のガスを用いてプラズマを形成して前記試料を処理するプラズマ処理装置であって、

前記試料台は、内部に冷媒が通流する流路を有し、且つ前記試料の処理中に高周波電力が供給される円板または円筒の形状を有した金属製の電極及びこの電極上面に配置された静電チャックであって上方に載せられた試料を静電吸着する静電チャックを備え、

前記静電チャックが、前記試料を吸着する電力が供給される膜状の電極と、この電極を内部に有してこれを覆う誘電体製の焼結体とを備え、当該焼結体は、各々が所定の厚さを有した板状の上部焼結体及びその下方でこれと接合され一様な材料で構成された板状の下部焼結体と、これら上部及び下部焼結体により上下から挟まれて前記焼結体内部に配置された前記電極とを備えた一体の板状の部材であって、前記上部焼結体の強度より前記下部焼結体の強度のほうが高くされ前記上部焼結体の誘電率よりも前記下部焼結体の誘電率の方が高くされたプラズマ処理装置。

【請求項 2】

真空容器内部に配置されその内側の空間が減圧される処理室と、この処理室内に配置されその上面に処理対象の試料が載置される試料台とを有し、この試料台の上方の前記処理室内に供給された処理用のガスを用いてプラズマを形成して前記試料を処理するプラズマ

10

20

処理装置であって、

前記試料台は、内部に冷媒が通流する流路を有し、且つ前記試料の処理中に高周波電力が供給される円板または円筒の形状を有した金属製の電極及びこの電極上面上に配置された静電チャックであって上方に載せられた試料を静電吸着する静電チャックを備え、

前記静電チャックが、前記試料を吸着する電力が供給される膜状の電極と、この膜状の電極を内部に有してこれを覆う誘電体製の焼結体とを備え、当該焼結体は、各々が所定の厚さを有した板状の上部焼結体及びその下方でこれと接合され一様な材料で構成された板状の下部焼結体と、これら上部及び下部焼結体により上下から挟まれて前記焼結体内部に配置された前記電極とを備えた一体の板状の部材であって、前記上部焼結体の強度より前記下部焼結体の強度のほうが高くされ前記上部焼結体の体積抵抗率が前記下部焼結体の体積抵抗率より大きくされたプラズマ処理装置。

10

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のプラズマ処理装置であって、

前記上部焼結体の厚さより前記下部焼結体の厚さが大きくされたプラズマ処理装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のプラズマ処理装置であって、

前記上部焼結体が純セラミクスにより構成されたプラズマ処理装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のプラズマ処理装置であって、

前記金属製の電極の上方で前記静電チャックの下方に配置された膜状のヒータと、このヒータの上方であって前記静電チャックの下方に前記金属製の電極と絶縁されて配置され前記ヒータより大きな径を有し熱伝導性を有する板状部材とを備えたプラズマ処理装置。

20

【請求項 6】

請求項 5 に記載のプラズマ処理装置であって、

前記ヒータが前記板状部材と前記金属製の電極の上面との間に挟まれて配置された絶縁層の内部に配置されたプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、真空容器内部の処理室内に配置された半導体ウエハ等の基板状の試料の上面に配置された処理対象の膜構造を当該処理室内に形成したプラズマを用いて加工するプラズマ処理装置に係り、特に処理室内に配置された試料台上面の誘電体製の載置面に前記試料を載せて静電気により吸着して保持して処理するものに関する。

30

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの微細化トレンドに伴い、試料のエッチング処理において求められる処理の精度は益々厳しくなっている。このような要求を実現するためには、プラズマ処理、例えばエッチング処理中におけるウエハの表面の温度を処理に適した範囲の値にする所謂温度の制御をより精度良く実施することが重要となる。

【0003】

40

さらに、近年では、複数のステップから構成される処理対象の膜の処理中において、試料であるウエハを処理室外に一端搬出することなくエッチングステップの間で温度を変更することが求められており、この要求の実現のために試料の温度を高速にまた緻密に調節する技術が求められている。このようなプラズマ処理装置において、試料のプラズマに面した表面の温度を調節するために、従来より試料の裏面と接する試料台上面の温度を所定の値の範囲に調節することが行われてきた。

【0004】

このような試料台の従来技術の構成は、例えば、金属製の円筒形または円形の部材の上部に試料台が載せられる載置面を構成する静電チャックを備えた構造となっている。静電チャックは、その誘電体材料で構成された膜状または静電気力を形成できるだけ小さな厚

50

さの円板状の部材の上面にウエハを部材内部に配置された電極に供給された直流電力を用いて形成した静電気力により吸着して保持し、この状態でこれらウエハと膜上面との間に熱伝達用の媒体としてHeガスを供給して両者の間の熱伝達を促進している。このような構成においては、静電チャックによる静電吸着力の大きさが、試料台 - ウエハ間の熱通過の特性に支配的に影響することになる。

【0005】

すなわち、静電チャックによる静電吸着力の変化により処理対象の試料であるウエハの温度が変化することになる。一方、静電チャックの上面を構成する誘電体製の部材上面は、ウエハがその上に載せられていない状態では、処理室内の空間或いはその内部に供給されるガスや微粒子、更にはウエハが載せられていない状態で処理室内表面のクリーニング目的で形成されるプラズマに曝されており、このため静電チャック上面はウエハの処理の枚数や処理（運転の）時間が増大するに伴ってその形状が変化してしまい、結果としてウエハと静電チャックの上面との間の接触面積、延いては静電吸着力が変化してしまうことになる。この問題の低減のため、プラズマに暴露されることで電極表面の微細形状が変化した場合でも吸着力の変化が少ない吸着方式として、静電気力を形成する方式として表面を構成する誘電体の材料として純度の高いセラミクスを用いるクーロン方式が提案されている。

10

【0006】

また、例えば静電チャックの誘電体の材料としてのセラミクスとしてアルミナ（ Al_2O_3 ）を用いた場合、フッ素系のガスを用いたプラズマに曝された場合、当該アルミナの部材がプラズマとの相互作用により削れてしまい処理チャンパ内に異物を発生させてしまうことになる。異物の発生量を低減してこの課題の解決する手段として、上記の静電チャック上部の誘電体の材料としてセラミクスの焼結体を用いることが考えられている。すなわち、このような静電チャックの実現のためのセラミクス膜の形成方法としては溶射等によるものが知られていたが、セラミクスの結晶同士を更に緻密に結合させた焼結体を用いることで、プラズマに対する消耗量を低減し異物の発生量を抑制することができる。

20

【0007】

このような従来の技術の例としては、例えば、特許文献1に開示のように、電極ブロックの上に静電吸着部材である静電吸着焼結体を複数に分割して配置し、静電吸着部材が固定された電極ブロック上に絶縁材の被膜を溶射により形成し、絶縁材を研磨することで静電吸着焼結体を露出させるものが知られている。本従来技術によれば、焼結体の物性値で静電吸着特性を決定でき、小さな部材の焼結体の組合せにより静電吸着面を形成できる。

30

【0008】

また、特許文献2には、静電吸着膜として窒化アルミの焼結体を用いたものが開示されている。本従来技術によれば、表面の窒化アルミと同時に複数の焼結体を高温化で同時に圧着し、かつ焼結板の体積抵抗率を「吸着面側<その他の部分」とすることで、吸着力の均一化を図っている。これにより、ウエハが大口径化しても確実な吸着力を確保し、かつ高温での処理が可能な静電チャックを安価に提供できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0009】

【特許文献1】特開平9 - 148420号公報

【特許文献2】特開平3 - 31640号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上記の従来技術では、次の点について考慮が不十分であったため問題が生じていた。すなわち、特許文献1は、試料の設置面に焼結体と溶射膜が混在した構造となっており、異物の発生を抑制することが困難である。このため、試料の処理の歩留まりが損なわれてしまっていたことについて、上記従来技術では考慮されていなかった。

50

【 0 0 1 1 】

また、特許文献 2 の構成を採用した場合には、試料と接する再表面に窒化アルミの焼結体を用いているため、クーロン方式による吸着ができない。焼結体の体積抵抗率について吸着面側部分の体積抵抗率値<その他の部分の体積抵抗率値としている。このため、試料であるウエハの径が今後さらに大きくなった場合に、焼結体の強度を維持しつつ大きな径のウエハを保持できる静電吸着力を発生するための構成について、上記従来技術では考慮されておらず、ウエハの処理の温度を所望の範囲に調節することが出来なくなり処理の歩留まりが損なわれてしまう虞があった。

【 0 0 1 2 】

本発明の目的は、処理の歩留まりを向上させたプラズマ処理装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

上記の目的は、真空容器内部に配置されその内側の空間が減圧される処理室と、この処理室内に配置されその上面に処理対象の試料が載置される試料台とを有し、この試料台の上方の前記処理室内に供給された処理用のガスを用いてプラズマを形成して前記試料を処理するプラズマ処理装置であって、前記試料台は、内部に冷媒が通流する流路を有し、且つ前記試料の処理中に高周波電力が供給される円板または円筒の形状を有した金属製の電極及びこの電極上面上に配置された静電チャックであって上方に載せられた試料を静電吸着する静電チャックを備え、前記静電チャックが、前記試料を吸着する電力が供給される膜状の電極と、この電極を内部に有してこれを覆う誘電体製の焼結体とを備え、当該焼結体は、各々が所定の厚さを有した板状の上部焼結体及びその下方でこれと接合され一様な材料で構成された板状の下部焼結体と、これら上部及び下部焼結体により上下から挟まれて前記焼結体内部に配置された前記電極とを備えた一体の板状の部材であって、前記上部焼結体の強度より前記下部焼結体の強度のほうが高くされ前記上部焼結体の誘電率よりも前記下部焼結体の誘電率の方が高くされたことにより達成される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】本発明の実施例に係るプラズマ処理装置の構成の概略を模式的に説明する縦断面図である。

【図 2】図 1 に示す実施例に係る試料台の構成の概略を模式的に示す縦断面図である。

【図 3】図 2 に示す試料台の焼結体の構成の概略を模式的に示した縦断面図である。

【図 4】図 1 に示す実施例に係る焼結体のインピーダンスの特性を模式的に示すグラフである。

【図 5】図 2 に示す実施例の変形例に係る試料台の構成の概略を模式的に示す縦断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。

【 0 0 1 6 】

セラミクス焼結体で形成された静電チャックを電極ブロック上に設置する場合には、例えば、以下の様な工程で製作される。

(1) セラミクスのグリーンシートに静電吸着用の内部電極を印刷等でパターンニングし、他のグリーンシートで内部電極を被覆し、高温・高圧化で焼結する。

(2) セラミクスを所定の厚み、平面度が得られるまで研磨する。平面研磨後に、必要に応じて表面形状加工を行う。

10

20

30

40

50

(3) 上記製作した静電チャックを電極ブロック上に接着剤を用いて設置、固定する。必要に応じて仕上げ加工を行う。電極ブロック内部には冷媒流路が形成されている。

【0017】

これらの工程を経て焼結体を静電吸着膜とする試料台が完成する。この際、セラミクスが厚いほど、加工時やハンドリング時の割れリスクを低減できる。つまり、試料台を安定して製造するためには、セラミクス焼結体を厚く設計すべきである。しかし、一方でセラミクス層を厚くすると、焼結体部材におけるインピーダンスが増加し、電極ブロックに高周波電力を印加した際に焼結体が抵抗成分となり、高周波電流を阻害する。

【0018】

これにより、プラズマエッチング中にウエハ上に形成されるシースに高周波電圧が掛り難くなり、エッチング性能を低下させる弊害が生じる。今後、ウエハ径は 300 mm から 450 mm へ大口径化するにつれて、上記静電チャック用の焼結体の製造難易度も更に高まることが予想され、製造時の歩留まりとエッチング性能のトレードオフの課題がますます顕在化することが予想される。ウエハ径の大口径化に伴う上記トレードオフについての例としては以下のものが考えられる。

【0019】

粉体を焼結して製作するセラミクスの中には多数の欠陥（クラック）が存在する。セラミクスの破壊は面内の最弱点で発生するため、セラミクスの面積が大きくなる程その強度は低下する傾向にあり、破壊の確率は高くなる。

【0020】

300 mm から 450 mm へ大口径化した場合、面積は 2.25 倍となるため破壊の確率は単純に 2.25 倍以上となる。更に面積拡大に伴いセラミクス全体で均質かつ緻密な焼結を実施することも困難となるため、破壊の確率は更に高くなる。

【0021】

これに対し、セラミクスの破壊を防ぐためには外力に対してセラミクス内に発生する応力を抑制する必要がある。セラミクスの厚みを増加すべきである。ここで、例として電極ブロックの上面を旋盤で加工した場合には平面中心部が凹形状となるため、その後静電チャック機能を有するセラミクス板を設置して貼付け・仕上げ加工を行う際には「円周で支えた等分布荷重を受ける円板」の応力モデルとなる。

【0022】

この場合、セラミクス内に発生する最大応力はセラミクス半径の 2 乗に比例、セラミクス厚さの 2 乗に反比例する。300 mm から 450 mm に大口径化した際には上記の通り破壊確率が 4.5 倍、つまり許容応力が $1/4.5$ になると仮定すると、セラミクス厚さは 3.2 倍に増加させる必要がある。セラミクスの面積が 2.25 倍増加に対して厚みが 3.2 倍増加になった場合には、セラミクスの静電容量は約 0.7 倍となり、インピーダンスは約 1.4 倍となる。インピーダンスを抑制するためにセラミクス厚さを低下させた場合には、製造時の処理の歩留まりが低下し、工業製品として安定した製造が困難となる恐れがある。

【0023】

本発明の実施の形態では、真空処理室内に試料台が設置され、前記真空処理室内に導入された処理ガスをプラズマ化し、該プラズマにて前記試料台に載置された被加工試料の表面処理を行うプラズマ処理装置において、試料台は熱交換媒体の流路を有する電極ブロック上に、静電吸着層を接着することで構成されており、静電吸着層は 2 層の焼結体を接合することで形成され、前記焼結体の接合面に内部電極が設置され、試料を設置する焼結体の誘電率よりも、その他の焼結体の方が高い誘電率を有している。

【0024】

また、静電吸着層は 2 層の焼結体を接合することで形成され、前記焼結体の接合面に内部電極が設置され、試料を設置する焼結体の誘電率よりも、その他の焼結体の方が高い誘電率を有し、かつ試料を設置する焼結体の厚みよりも、その他の焼結体の方が厚くされている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

このような実施の形態によれば、上部焼結体とその下方に配置される下部焼結体とを備えた静電吸着層の下部焼結体材料の誘電率を上部焼結体より高くすることにより、下部焼結体は厚さを増加させてもインピーダンスを低く抑えている。すなわち上部及び下部焼結体が接合されて構成れた静電吸着層の厚さを処理及び製造に適した範囲のものとして、これらの焼結体の上下方向についての合計のインピーダンスを処理に適した範囲のものにされている。つまり、ウエハシースに R F 電圧を効率的に印加すること及び処理の高い歩留まりを実現することと、を両立している。

【 0 0 2 6 】

また、下部焼結体材料の誘電率を高める手段の例としては、金属粉末等を添加することが考えられる。なお、ウエハの裏面と接する上部焼結体を金属粉末等の不純物を含まないセラミクスまたは複数のセラミクスの混合物として構成することで、上部焼結体を静電吸着膜とするクーロン方式による静電吸着が実現可能となり、試料台の表面がプラズマに暴露された際に生じるウエハ温度の経時変化や異物の発生を抑制される。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 7 】

以下、本発明の実施例について図 1 乃至 4 を用いて説明する。

【 0 0 2 8 】

図 1 は、本発明の実施例に係るプラズマ処理装置の構成の概略を模式的に説明する縦断面図である。特に、処理室内のガスの粒子を励起してプラズマを処理室内に形成するためにマイクロ波 3 0 の電界と磁界とによる E C R (E l e c t r o o n C y c l o t r o n R e s o n a n c e) を用いるマイクロ波 E C R プラズマエッチング装置の構成を示した図である。

【 0 0 2 9 】

本例のプラズマ処理装置は、プラズマ 3 3 が形成される処理室 2 3 を内部に有する円筒形状を備えた真空容器とその上方及び側方周囲に配置されてプラズマ 3 3 を処理室 2 3 内に形成するための電界または磁界を発生する手段を含むプラズマ形成部と、真空容器の下方に配置されて、処理室 2 3 内部のプラズマ 3 3 やガス、処理室 2 3 内に形成される反応生成物等の粒子を排気する手段であってターボ分子ポンプ 2 8 等の真空ポンプを備えた排気装置とを備えている。処理室 2 3 内の下方には、試料 4 がその上面に載せられて静電気により吸着、保持される試料台 1 0 1 が配置されている。

【 0 0 3 0 】

処理室 2 3 は、真空容器の内部に配置されプラズマ 3 3 が形成される円筒形を備えた空間であって、円筒形状の部材である処理室壁 2 1 により囲まれた空間である。処理室 2 3 の上方には真空容器上部を構成して処理室壁 2 1 の上端に載せられた誘電体（本例では石英ガラス）によって構成された処理室蓋 2 2 がシール部材を挟んで載せられて配置され、処理室 2 3 の内部と外部であるプラズマ処理装置が設置される箇所の雰囲気とが気密に区画される。

【 0 0 3 1 】

処理室壁 2 1 の上部にはガス導入管 2 4 が配置され、エッチング処理を行うための処理ガス 2 5 が処理室 2 3 の上部であって試料台 1 0 1 の上方からガス導入管 2 4 の開口を通り処理室 2 3 内に供給される。ガス導入管 2 4 は、図示しないガス源であるタンクにガス供給管を介して連結されて、ガス供給管上には処理ガス 2 5 の流量、速度を調節する流量調節器および管路の開閉を行うバルブが備えられている。処理室 2 3 の下部であって、試料台 1 0 1 の下方の真空容器の底面には、ターボ分子ポンプ 2 8 と連結された排気口 2 6 が配置され、その動作により排気口 2 6 を通り処理室 2 3 に導入された処理ガス 2 5 やエッチングによって生じた反応生成物が排気される。

【 0 0 3 2 】

排気口 2 6 と真空ポンプの一種であるターボ分子ポンプ 2 8 との間を連結する排気経路上には内部を流れる当該排気の流れ方向を横切る軸周りに回転して排気の流路断面積を増

10

20

30

40

50

減させる板（フラップ）形状を有した圧力調節バルブ 27 が配置されており、圧力調節バルブ 27 により流路の開度を増減することによって処理室 23 からの排気の流量、速度が調節され、当該排気と処理室 23 へ供給される処理ガス 25 の流量、速度とのバランスによって、処理室 23 内の圧力が処理に適した範囲内の値（2 乃至 5 Pa）に調節される。

【0033】

処理室 23 の上側の真空容器の上方には、プラズマ形成部を構成する電界の形成装置が配置されている。本例では、内部を処理室 23 またはその上方に配置された処理室蓋 22 に向ってマイクロ波 30（の電界）が伝播する導波管 31 を備えている。導波管 31 は、円筒形の断面を有して上下方向に延在し一方の端部（図上では下端）が処理室蓋 22 の上面と対向して配置された円筒部と当該円筒部の他端（図上では上端）とその一端部が連結されて水平方向（図上では左右方向）に延在し断面が矩形状の矩形部とを備え、矩形部の他端（図上では左端には）マイクロ波 30（の電界）を発振して形成するマクネトロン等のマイクロ波発振器 29 が配置されている。マイクロ波発振器 29 により生成されたマイクロ波 30 は、矩形部及び円筒部を通して下方に向って伝播した後、処理室蓋 22 の上方に配置され処理室 23 の径と同等であって円筒部より大きな径を有した円筒形の空洞部内に導入され、当該空洞部で共振されて形成された所定のモードの電界が処理室 23 の上部の処理室蓋 22 を透過して処理室 23 内に上方から導入される。

【0034】

さらに、処理室蓋 22 の上側と処理室壁 21 の外側周囲には処理室 23 を囲んで磁界の発生器であるソレノイドコイル 32 が配置されており、生成された磁界が処理室 23 内に導入され処理室蓋 22 を透過して導入されたマイクロ波 30 の電界との相互作用により、処理室 23 内に供給された処理ガス 25 の原子または分子が励起されて試料台 101 上方の空間（放電空間）内にプラズマ 33 が形成される。このプラズマ 33 により形成されたイオン等の荷電粒子及び反応性の高い粒子（活性種）を試料 4 の上面に配置された膜構造の処理対象の膜と相互作用させることでエッチングするプラズマエッチング処理が行われる。

【0035】

本実施例では半導体ウエハである試料 4 または試料台 101 の温度を処理に適した範囲の値になるように調節するために、試料台 101 を構成する金属製の円筒または円板状の部材である基材の内部に配置された冷媒流路 6 に温調ユニット 34 によって温度の調節がされた冷媒を供給している。チラーユニット等の温調ユニット 34 と連結された温度が所定の範囲の値にされた水やフッリナート等の冷媒は、試料台 101 の基材内部の螺旋状または中心軸周りに多重に配置された同心状の冷媒流路 6 の入り口に冷媒供給管を通して流入し、冷媒流路 6 内を通流しつつ基材延いては試料 4 と熱交換することで温度を増大させて冷媒流路 6 の出口から流出する。流出した冷媒は冷媒排出管を介し温調ユニット 34 に戻って再度その温度が所定の範囲内の値に冷却され、再度冷媒供給管を介して試料台 101 に供給されて循環する。

【0036】

図 2 は、図 1 に示す実施例に係る試料台の構成の概略を模式的に示す縦断面図である。本図において、図 1 に示した冷媒の温度を調節する温調ユニット 34 とこれと試料台 101 との間を連結する冷媒の供給管及び排出管、さらには直流電力が供給されて誘電体製の部材を挟んで試料 4 との間に静電気力を形成する膜状の電極及び直流電力を供給する電源は省略されている。

【0037】

本例において、試料台 101 は、円筒形または円板形状を有して導電体（本例では金属）製の基材を構成し内部に熱交換媒体が内部を通流して循環する冷媒流路 6 を内部に備えた電極ブロック 1 と、当該電極ブロック 1 の円形の上面上方において電気的に絶縁特性を示す第一の接着層 2 を介して配置された円板形状を有し静電吸着機能を有する焼結体 3 とを備えている。静電チャックを構成する焼結体 3 の上面は試料 4 の載置面を構成しその上には試料 4 が載置されて静電吸着力により保持される。

【 0 0 3 8 】

電極ブロック 1 は、導電体の部材であって高周波電源 5 と電氣的に接続されて高周波電力が印加される。試料 4 が焼結体 3 の上面に静電吸着されて処理される間に、電極ブロック 1 には高周波電源からの高周波（本例では 4 M H z の）電力が供給され、静電チャック上に保持された試料 4 の上面上方にプラズマ 3 3 の電位に応じてバイアス電位が形成される。このバイアス電位とプラズマ 3 3 との電位差により、プラズマ 3 3 中のイオン等の荷電粒子が試料 4 の上面に誘引されてこれを処理対象の膜に衝突させて、当該膜のエッチング処理を促進させる。

【 0 0 3 9 】

このような荷電粒子の衝突により加熱された試料 4 の温度を処理に適した温度の範囲に維持する（本例では冷却する）ために、電極ブロック 1 内部の冷媒流路 6 に冷媒が供給されて電極ブロック 1、ひいては試料 4 が冷却される。試料 4 の温度は、プラズマ 3 3 から試料 4、静電チャックを介して電極ブロック 1 に供給される入熱量と電力ブロック 1 から冷媒へ伝達される排熱量とのバランスにより定められるので、供給される冷媒の温度や循環の量を調節することにより、試料 4 の温度を所望の範囲内の値に実現することができる。

10

【 0 0 4 0 】

また、本例では、試料台 1 0 1 上部を構成する静電チャックの焼結体 3 上に試料 4 を静電吸着して保持した状態で、焼結体 3 の表面と試料 4 の裏面との間に熱伝達媒体として H e ガスが供給される。このことにより、試料台 1 0 1 と試料 4 との間の熱通過を促進し試料 4 の温度の調節の精度、効率が向上される。上記の通り、試料台 1 0 1 の静電チャック特には焼結体 3 上面の試料 4 に対する静電吸着力が熱通過の特性、効率に影響するため、当該静電吸着力が変化してしまうと試料 4 の温度も同様に変化してしまうことになる。

20

【 0 0 4 1 】

図 3 は、図 2 に示す試料台の焼結体の構成の概略を模式的に示した縦断面図である。図 3 (a) は、焼結体 3 の内部に配置され静電吸着用の直流電力が供給される内部電極 7 が内蔵され、当該内部電極 7 の上方に第一の焼結体 3 - 1 を、下方に第二の焼結体 3 - 2 を配置して、内部電極 7 がこれら第一の焼結体 3 - 1、第二の焼結体 3 - 2 で挟まれてこれらの内側に配置された静電チャック 1 0 2 の例である。

【 0 0 4 2 】

上記の通り、静電吸着力の変化が試料 4 の温度の変化に影響するため、第一の焼結体 3 - 1 の上面である試料載置面がプラズマ 3 3 中の荷電粒子や反応性の高い活性種等に曝されて表面が相互作用を受けて形状が変化した場合でも、静電吸着力の変化を抑制できることが求められており、この達成のために本例ではクーロン方式を用いている。本例でのクーロン方式では、第一の焼結体 3 - 1 のを構成する誘電体の材料として高い抵抗率を有するもの、例えば、不純物の含有率が非常に小さいセラミクス、例えば純アルミナ或いはこれを含んだ複数のセラミクスの混合物を用いている。

30

【 0 0 4 3 】

なお、第一の焼結体 3 - 1 としてアルミナを用いた場合、フッ素系の反応活性種に曝されるとその表面の部分が相互作用により削れてしまった結果、処理チャンバ内に異物を発生させ処理対象の試料 4 を汚染する虞がある。このため、本例では、静電チャック 1 0 2 は、内部電極 7 を内蔵してこれを被覆する誘電体を焼成して形成した焼結体 3 としている。

40

【 0 0 4 4 】

従来より、静電チャック用の誘電体製の部材を形成する技術として溶射等の技術が用いられてきた。一方、本例では、セラミクスの結晶同士を更に緻密に結合させた部材である焼結体 3 を用いることで、反応活性種や荷電粒子に曝される誘電体材料の消耗を低減し、異物の生起を抑制して処理の歩留まりを向上できる。

【 0 0 4 5 】

なお、(a) において第一の焼結体 3 - 1 と第二の焼結体 3 - 2 とを一体として焼成し

50

て形成することが困難な場合は、(b)のような構成を採用してもよい。すなわち、図3(b)は、静電吸着用の内部電極7を第一の焼結体3-1と第二の焼結体3-2とで挟んだ構成であって、予め別々に焼成して形成した第一の焼結体3-1と第二の焼結体3-2とを第二の接着層8を挟んで接着して形成した静電チャック102の例である。

【0046】

本例では、接着層8は第二の焼結体3-2の上面全体に亘り塗布されて配置され、内部電極7は、第一の焼結体3-1の下面に溶射または塗布等の従来知られた技術を用いて配置される。この後、第一の焼結体3-1と第二の焼結体3-2とは内部電極7及び接着層8を挟んで接合されて一体に形成される。

【0047】

ここで、本実施例では、焼結体で形成された静電チャック102の製造の歩留まりを向上させるために、静電チャック102を厚くすることが望ましい。すなわち、第一の焼結体3-1と第二の焼結体3-2の総厚が厚いほど、加工時やハンドリング時の割れリスクを低減でき、歩留まりを向上できる。

【0048】

しかし、一方で焼結体を厚くすると、静電チャック102におけるインピーダンスが増加し、電極ブロック1に高周波電力を印加した際に静電チャック102が抵抗成分となり、高周波電流を阻害する。これにより、プラズマ33中の荷電粒子を処理を所望の精度、速度で実施するに十分なだけ衝突させることができるバイアス電位を試料4の上面上方に形成することが困難となってしまう虞が有る。このことから、静電チャック102における製造の歩留まりと試料4の処理性能とを両立させるための寸法の範囲を設定する必要がある。

【0049】

図4は、図1に示す実施例に係る焼結体のインピーダンスの特性を模式的に示すグラフである。図4(a)に示すように、上記の通り、静電チャック102における焼結体部分において厚さに伴ってインピーダンスが増加する。一方で、図4(b)に示す通り、焼結体の誘電率の増加に伴いインピーダンスは減少する。

【0050】

このことから、発明者らは、第二の焼結体3-2の誘電率を高くして第二の焼結体3-2において所望の歩留まりが得るに十分な材料の強度となるものであって所望の処理の性能が得られるだけインピーダンスを低く抑えることのできる厚さの寸法の範囲が存在するという知見を得た。本実施例に係る発明は、この知見に基いて得られたものである。

【0051】

本例において、第二の焼結体3-2はその誘電率を第一の焼結体3-1のものより高くされている。誘電率を高めるための手段の例としては、本例では、誘電体材料に金属粉末等を添加して均一に分散させたものを焼成して形成した。

【0052】

本実施例では、第二の焼結体3-2を構成する部材は、誘電体の材料に金属による添加物の粒子が面方向及び厚さ方向について全体に亘り均一に配置されたことにより、第二の焼結体3-2は体積抵抗率が添加される前の同材料、同寸法のものとは比して相対的に低下している。このことにより、第二の焼結体3-2の高周波電力に対するインピーダンスの増大を抑制して、試料4上方のバイアス電位とプラズマ33の電位との差の低減を抑え、処理のレートを所望のものに実現することができる。

【0053】

試料4の裏面と接する第一の焼結体3-1は、前述の通りクーロン方式の吸着が望ましいため、金属粉末等の不純物を含まないアルミナ等のセラミクスまたは複数種類のセラミクスの混合物により構成される。このため、上記実施例では、第二の焼結体3-2の誘電率が第一の焼結体3-1の誘電率よりも高くなる。

【0054】

本例において、添加物の存在により第二の焼結体3-2を介した内部電極7からの直流

10

20

30

40

50

電力の電流がリーク（漏洩）する虞も有る。本例では、第二の焼結体 3 - 2 と電極ブロック 1 との間に絶縁性の材料により構成された第一の接着層 2 が配置され、これにより両者が絶縁されてリーク電流の流れ抑制される。

【 0 0 5 5 】

このような誘電率を有する誘電体を材料として用いた第二の焼結体 3 - 2 の厚さは、第一の焼結体 3 - 1 と接合されて一体にされた静電チャック 1 0 2 の強度を製造の歩留まりを損なうことを抑制できるだけ高いものにされている。一方で、内部電極 7 を挟んで上方に配置された第一の焼結体 3 - 1 は、試料 4 の処理に適するだけの吸着力を発生できる静電気を形成することが求められており、この要求の実現には誘電率がより小さいこと又はその厚さが小さいことが望ましい。

10

【 0 0 5 6 】

すなわち、第一の焼結体 3 - 1 は静電吸着力を確保する（クーロン力を高める）観点からすれば薄く設計することが望ましいため、製造上の歩留まりと吸着または処理の性能の発揮とを両立できる静電チャック 1 0 2 の総厚は、第一の焼結体 3 - 1、第二の焼結体 3 - 2 の厚さの値またはこれらの比率の適切な選択により実現される。本実施例では、第二の焼結体 3 - 2 の厚みが第一の焼結体 3 - 1 の厚みよりも大きくされている。

【 0 0 5 7 】

以上の構成により、第一の焼結体 3 - 1 で吸着力の経時変化と異物の発生を抑制し、第二の焼結体 3 - 2 で製造歩留まりと処理性能の両立を達成している。また、ウエハ径が増大して大口径化した場合に静電チャック 1 0 2 の製造難易度も更に高まることが予想され、本発明による製造時の歩留まりと処理性能の両立手段は、有用であると考えられる。

20

【 0 0 5 8 】

以下、本実施例の変形例について図 5 を用いて説明する。図 5 は、図 2 に示す実施例の変形例に係る試料台の構成の概略を模式的に示す縦断面図である。以下の説明では、本図の図 2 に示す実施例と同等の構成については説明を省略している。

【 0 0 5 9 】

本図に示す本変形例に係る試料台 1 0 1 の構成と図 2 に示す実施例との差異は、静電チャック 1 0 2 の下方で電極ブロック 1 の上方においてこれらに挟まれて配置された、金属製の伝導体 9 及びその下方に配置された絶縁体 1 0 並びにその外周に配置されて電極ブロック 1 と伝導体 9 とを接合する導電性の接着層 1 1 を備えた点である。また、試料 4 の温度を実施例よりも更に広い範囲で、或いは高速または緻密に調節する場合に、図示しない直流電源からの電力が調節されつつ供給されて発熱するヒータエレメントを絶縁体 1 0 の内部に配置しても良い。

30

【 0 0 6 0 】

また、ヒータエレメントをより効果的に動作させるために、ヒータエレメントは絶縁体 1 0 の内部において、厚さ方向について中心よりも高い、すなわち相対的に上方の伝導体 9 に近い位置に配置しても良い。この構成により、ヒータエレメントが試料 4 に相対的に近接して距離が小さくされ、試料 4 に対するヒータの加熱による温度の調節の効率が高くなる。本例のヒータエレメントの材料としては、金属、例えばステンレス或いはタングステンが用いられる。

40

【 0 0 6 1 】

円板形状を有した絶縁体 1 0 の上方であって焼結体 3 または接着層 2 の下方には、絶縁体 1 0 上面と接して円板形状を有し焼結体 3 と同じまたは同じと見做せる程度に近似した径を有し高い導電性並びに熱伝導性を有した金属製の伝導体 9 が配置される。伝導体 9 が配置されることにより、電極ブロック 1 に供給された高周波電力が絶縁体 1 0 を通過して上方に伝達される際に、内部に金属製のヒータエレメントがその伝達の経路に存在することによって通過する高周波電力の大きさが絶縁体 1 0 の上面の面内方向について増減の分布が生じてしまう場合でも、伝導体 9 に高周波電力が流入するためにこのような分布が低減されて高周波電力の大きさは伝導体 9 の上面においてより均一に近いものとなる。

【 0 0 6 2 】

50

つまり導電体 9 は、高周波電力またはこれによるバイアス電位の分布を静電チャック 102 或いは試料 4 の面方向について均一に近づける機能を有している。また、伝導体 9 をヒータエレメントの有無に関わらず熱拡散板（均熱板）として機能させてもよく、静電チャック 102 或いは試料 4 の面方向について熱伝達率の特性（例えば、熱伝達率）をより均一に近づけることが熱伝達率の高い材料を選択することで静電チャック 102 或いは試料 4 の面方向について熱伝達の特性（例えば、熱伝達率）をより均一に近づけることができる。

【0063】

また、伝導体 9 の上方には電氣的に絶縁性を有する第一の接着層 2 を挟んで静電吸着機能を有して静電チャック 102 を構成する焼結体 3 が配置され、両者が接合されている。上記の通り、焼結体 3 の上面は試料 4 の載置面であって試料 4 が載置されて焼結体 3 内部に配置された内部電極 7 に供給される直流電力によって形成される静電気により焼結体 3 上部を構成する第一の焼結体 3 - 1 の上面に吸着され保持される。

【0064】

また、実施例と同様に、電極ブロック 1 は高周波電源 5 が電氣的に接続されており、処理中に当該高周波電源 5 から高周波電力が供給されることにより、試料台 101 上部の第一の焼結体 3 - 1 または試料 4 の上方にバイアス電位を形成してプラズマ 33 中の荷電粒子を試料 4 に誘引してエッチング処理が促進される。

【0065】

また、図 2 の実施例と同様に、イオン等のプラズマ 33 中の荷電粒子が衝突することにより加熱された試料 4 を冷却するために、電極ブロック 1 内部の冷媒流路 6 に冷媒が供給され、電極ブロック 1 延いては静電チャック 102 または試料 4 が冷却される。試料 4 の温度は荷電粒子からの入熱量、ヒータエレメントの発熱量、および冷媒への排熱量のバランスで決定される。

【0066】

ここで、上記構成では電極ブロック 1 に高周波電力を印加した際に絶縁体 10 が抵抗成分となり、高周波電流を阻害する。このため、所望の処理のレートを実現できるだけの量のプラズマ 33 中の荷電粒子を試料 4 に衝突させることが困難となる虞が有る。

【0067】

本例では、導電体 9 の径より小さな径を有する円板形状の絶縁体 10 の外周側の位置に絶縁体 10 を囲んでリング状に配置され導電性を有する接続層 11 が配置されている。接続層 11 は電極ブロック 1 の上面の外周側部分と伝導体 9 の外周側部分とを接続して接合しており、電極ブロック 1 に供給された高周波電力がこれを介して伝導体 9 に供給され供給の途中での損失が低減される。

【0068】

また、接続層 11 は、伝導体 9 または電極ブロック 1 の上面の外周縁より内側に配置されている、つまり、接続層 11 の外周縁の位置が伝導体 9 または電極ブロック 1 の上面の外周縁より内側に引っ込んでいても良い。この場合、導電性を有する接続層 11 が処理室 23 またはその内側に形成されるプラズマ 33 や処理ガス 25 に直接的に曝されることを抑制するために、別の絶縁性の材料による接着層を接続層 11 の外周縁部の外周側に配置してプラズマ等に対してこれを被覆しても良い。さらに、接続層 11 を配置することが実装上困難である場合には、伝導体 9 と高周波電源 5 とを電氣的に接続して伝導体 9 に高周波電力を直接的に供給するようにしても良い。

【0069】

本例の構成は実施例と同様に、添加物を混合することにより第二の焼結体 3 - 2 の誘電率を第一の焼結体 3 - 1 より大きくして、静電チャック 102 または焼結体 3 全体におけるインピーダンスを抑制している。このため、エッチング中に試料 4 上に形成されるシースに高周波電源 5 から供給された高周波電力が効率良く印加される。

【0070】

また、このことにより、プラズマ 33 中から荷電粒子であるイオンを効率よく試料 4 に

10

20

30

40

50

衝突させることが可能となり、反応活性種（ラジカル）と荷電粒子（イオン）の相互作用により良好なエッチング性能が得られる。

【 0 0 7 1 】

また、エッチング処理が完了した後には試料 4 が処理室 2 3 から搬出され、処理室 2 3 内壁のクリーニングが実施される。このクリーニングの際には、試料台 1 0 1 上面にウエハを載せていなければ、試料台 1 0 1 上面を構成する焼結体 3 の上面が直接プラズマに曝されるものの、試料 4 の吸着面である焼結体 3 の上面を構成する第一の焼結体 3 - 1 は焼結体で構成されており、かつクーロン吸着方式を採用しているため、吸着力の経時変化および異物の発生を抑制することが可能である。

【 0 0 7 2 】

以上実施例で説明した発明は、上記のプラズマ処理装置に限定されず、アッシング装置、スパッタ装置、イオン注入装置、レジスト塗布装置、プラズマ C V D 装置、フラットパネルディスプレイ製造装置、太陽電池製造装置など、精密なウエハ温度管理を必要とする他の装置にも転用が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 3 】

- 1 ... 電極ブロック、
- 2 ... 第一の接着層、
- 3 ... 焼結体、
- 3 - 1 ... 第一の焼結体、
- 3 - 2 ... 第二の焼結体、
- 4 ... 試料、
- 5 ... 高周波電源、
- 6 ... 冷媒流路、
- 7 ... 内部電極、
- 8 ... 第二の接着層、
- 9 ... 伝導体、
- 1 0 ... 絶縁体、
- 1 1 ... 接続層、
- 2 1 ... 処理室壁、
- 2 2 ... 処理室蓋、
- 2 3 ... 処理室、
- 2 4 ... ガス導入管、
- 2 5 ... 処理ガス、
- 2 6 ... 排気口、
- 2 7 ... 圧力調節バルブ、
- 2 8 ... ターボ分子ポンプ、
- 2 9 ... マイクロ波発振機、
- 3 0 ... マイクロ波、
- 3 1 ... 導波管、
- 3 2 ... ソレノイドコイル、
- 3 3 ... プラズマ、
- 3 4 ... 温調ユニット、
- 1 0 1 ... 試料台、
- 1 0 2 ... 静電チャック。

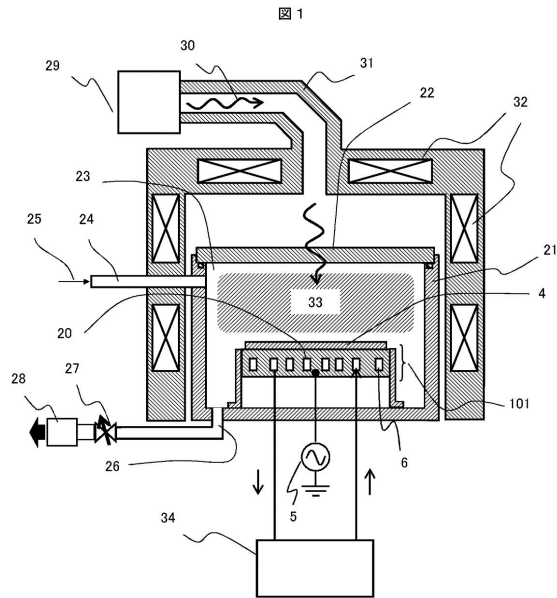
10

20

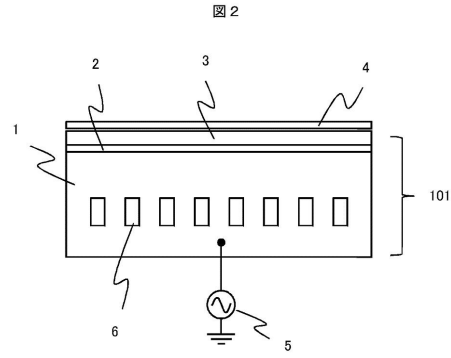
30

40

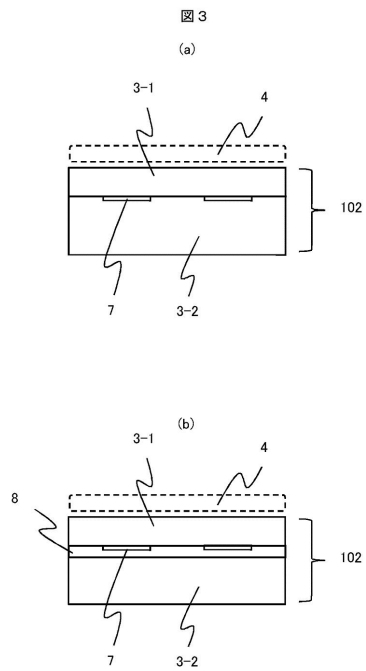
【図 1】



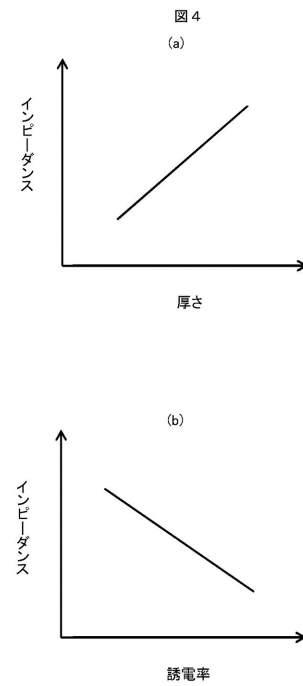
【図 2】



【図 3】

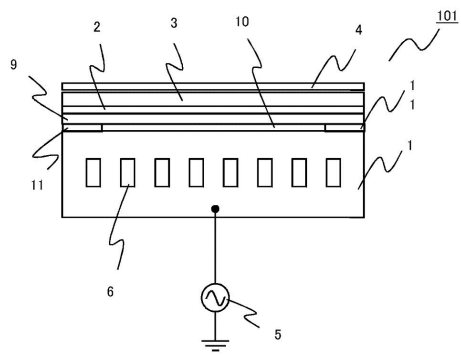


【図 4】



【図 5】

図 5



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 21/265 F

(72)発明者 川崎 裕通
東京都港区西新橋一丁目24番14号
ズ内 株式会社 日立ハイテクノロジー

(72)発明者 牧野 昭孝
東京都港区西新橋一丁目24番14号
ズ内 株式会社 日立ハイテクノロジー

審査官 佐藤 靖史

(56)参考文献 特開2012-222233(JP,A)
特開平07-130826(JP,A)
特開平02-022166(JP,A)
特開2009-235536(JP,A)
特開平05-299494(JP,A)
特開平04-367247(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L 21/3065
C 2 3 C 16/458
C 2 3 C 16/50
H 0 1 L 21/265
H 0 1 L 21/683