

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-175028

(P2005-175028A)

(43) 公開日 平成17年6月30日(2005.6.30)

(51) Int. Cl.⁷H 0 1 L 21/304
H 0 5 H 1/46

F I

H 0 1 L 21/304 6 4 5 C
H 0 5 H 1/46 B

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2003-409764 (P2003-409764)
(22) 出願日 平成15年12月9日 (2003. 12. 9)(71) 出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人 100086287
弁理士 伊東 哲也
(72) 発明者 石原 繁紀
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内
(72) 発明者 小田 博久
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内
(72) 発明者 西村 悠
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内

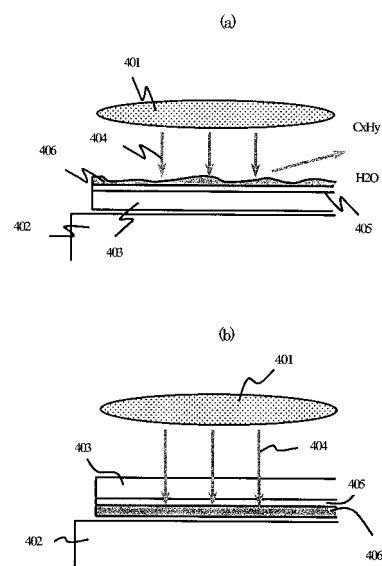
(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法およびプラズマ処理装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】水素プラズマによるダングリングボンドの終端処理を行うために、適用できるデバイス構造および工程上の制限を大幅に縮小する。

【解決手段】水素ガス、水およびアンモニアのうちから選ばれた少なくとも一種類のガスを含む処理ガスの水素プラズマ401を用い、被処理基板403は被処理面の背面を該処理ガスの上流方向に向けて真空チャンバ内で処理される。そのため、被処理基板403は、前記チャンバ内に設けられた基板載置台402上に、デバイス構造部405が構成される面を基板載置台402側に向けて載置され、プラズマ処理が行われる。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水素ガス、水およびアンモニアのうちから選ばれた少なくとも一種のガスを含む処理ガスのプラズマを用いて基板の被処理面を処理するプラズマ処理方法であって、前記基板は前記被処理面の背面を前記処理ガスの上流方向に向けてチャンバ内で処理されることを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 2】

前記基板は、前記チャンバ内に設けられた基板保持手段にて、前記被処理面を前記基板保持手段側に向けて保持され、前記プラズマ処理が行われることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3】

前記基板は、少なくとも一部が窒素または炭素を含む物質を構成成分とする材料からなることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 4】

前記基板は、少なくとも一部が元素の周期表における IVA 族元素または VIII 族元素を含む物質を構成成分とする材料からなることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 5】

前記基板は、少なくとも一部が金属酸化物を構成成分とする材料からなることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 6】

前記チャンバは、前記被処理基板を所定の温度に加熱するために前記チャンバ中に備えられた基板加熱機構と、前記チャンバに電界を導入するために備えられ前記チャンバの気密構造をなす壁の少なくとも一部を構成する誘電体窓とを備えていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 7】

前記誘電体窓は、基板保持手段と平行に設けられていることを特徴とする請求項 6 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 8】

前記誘電体窓の表面にマイクロ波を導入することによって表面波電界を発生させ、該電界で前記処理ガスを電離させて得られる $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の密度のプラズマによって処理を行うことを特徴とする請求項 6 または 7 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 9】

前記誘電体窓と基板保持手段との距離が 20 mm 以上 200 mm 以下であることを特徴とする請求項 6 ~ 8 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 10】

前記誘電体窓は、熱伝導率が $70 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上であることを特徴とする請求項 6 ~ 9 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 11】

前記処理は、基板保持手段の温度が 400°C 以下の状態で行うことを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 12】

前記処理は、圧力が 13 Pa 以上 665 Pa 以下の状態で行うことを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 13】

前記処理は、処理圧力よりも高い圧力でプラズマを着火し、その後所定の処理圧力へ移行することを特徴とする請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法。

【請求項 14】

前記処理を行うに当たって少なくともプラズマ着火時に希ガスが添加されることを特徴とする請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法。

10

20

30

40

50

【請求項 15】

基板の被処理面の背面を処理ガスの上流方向に向けて保持する基板保持手段を有し、請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法を用いて該被処理基板の処理を行うことを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板の一面をプラズマ処理する方法および装置に関し、特に半導体装置の製造に際しダングリングボンドの終端処理を行うのに適したプラズマ処理方法およびそれを実施するための装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置において、シリコン系材料の薄膜界面や多結晶シリコンの結晶粒界に多数存在するダングリングボンドが、デバイス動作の際にはキャリアのトラップ準位や移動の障壁となることで性能に悪影響を及ぼすことが知られている。

【0003】

例えば、TFT（薄膜トランジスタ）においては、ポリシリコンの結晶粒界に存在するダングリングボンドによりOn電流の減衰、Off電流の増大、S値の増大が起こり、CCDにおいてはシリコンと酸化膜の間に存在する欠陥により暗電流が増大することが知られている。

【0004】

上記の問題点への対策として水素ラジカルによるダングリングボンドの終端処理が効果的とされており、水素ガス雰囲気下でのアニール処理や例えばRIE装置等を利用した水素プラズマ処理が最も一般的に行われている。

その中でも、水素プラズマ処理は、効率が高く短時間で処理を行えることから広く利用されている。

【0005】

一般的に、上記のような終端処理は、プラズマダメージや金属原子のコンタミネーションや高温処理によって効果が打ち消されてしまうため、対象となるデバイス構造が形成された直後ではなく層間絶縁膜やパッシベーション膜などが形成された後に実施されることが多い。

【特許文献1】特公平07-087250号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記の様な終端処理を行うに当たって、従来技術の水素プラズマ処理法では被処理基板の裏面を基板保持手段に向け、デバイス構造が作られた面（被処理面）を水素活性種に曝して処理を行っていた。

【0007】

ところが、被処理基板の最表面の処理を目的とする通常の水素プラズマ処理とは異なり水素プラズマによる終端処理においては、処理対象となるデバイス構造と最表面との間に処理対象ではない材料が存在するため、これらの材料が水素活性種の伝搬を阻害する性質を持っていた場合、処理の効果が得られない場合がある。

【0008】

例えば、パッシベーション膜としてポリイミド樹脂を形成した後に前記水素プラズマ処理を行った場合は、水素活性種がポリイミドと反応し対象となるデバイス構造に到達しないため、全く効果が得られないばかりか膜付けしたポリイミド膜が大幅にエッチングされる。

【0009】

10

20

30

40

50

また、固体撮像素子のOPB（オプティカルブラック）部に用いられる窒化チタンなどのように、水素活性種の拡散を遮断する膜が対象となるデバイス構造より上層にある場合にも前記処理の効果は得られない。

【0010】

従って、従来技術であるところの終端処理の効果を得るための水素プラズマ処理には、適用できるデバイス構造および工程に大幅な制限があった。

【0011】

本発明は、水素プラズマによる終端処理を行うために、適用できるデバイス構造および工程上の制限を大幅に縮小することができるプラズマ処理方法およびプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するため、本発明に係るプラズマ処理方法は、水素ガス、水およびアンモニアのうちから選ばれた少なくとも一種類のガスを含む処理ガスのプラズマを用いて基板の被処理面を処理するプラズマ処理方法であって、前記基板は前記被処理面の背面を前記処理ガスの上流方向に向けてチャンバ内で処理されることを特徴とする。

【0013】

また、本発明に係るプラズマ処理装置は、基板の被処理面の背面を処理ガスの上流方向に向けて保持する基板保持手段を有し、上記プラズマ処理方法を用いて該被処理基板の処理を行うことを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

上記の構成によれば、処理対象となるデバイス構造（被処理面）の上層に水素活性種を遮断する層がある場合でも、基板の被処理面の背面から水素活性種を伝搬させ終端処理を行うことができる。

また、被処理基板のデバイスが構成される面は基板保持手段側を向いた状態であり直接水素プラズマの照射を受けないため、該基板の表層に水素活性種と反応する膜が存在する場合でも、前記膜を殆どエッチングすることなく終端処理を行うことができる。

このように、本発明によれば、水素プラズマを使用した終端処理を、対象となるデバイス構造よりも上層にある膜種や材料が水素活性種と反応または水素活性種を遮断する場合でも、影響されることなく処理を行うことができるため、該処理の適用範囲を大幅に拡張することが可能となり高性能のデバイスを提供することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施態様を列挙する。

〔実施態様1〕 水素ガス、水およびアンモニアのうちから選ばれた少なくとも一種類のガスを含む処理ガスのプラズマを用いて被処理基板の処理を行うプラズマ処理方法であって、前記被処理基板は基板材側の面（被処理面の背面）を該処理ガスの上流方向に向けてチャンバ内で処理されることを特徴とするプラズマ処理方法または装置。

〔実施態様2〕 前記チャンバ内に複数の被処理基板が保持され、該被処理基板が同時に処理されることを特徴とする実施態様1に記載のプラズマ処理方法または装置。

〔実施態様3〕 前記被処理基板は、前記チャンバ内に設けられた基板保持手段にて、デバイスが構成される面（被処理面）を前記基板保持手段側に向けて保持され、前記プラズマ処理が行われることを特徴とする実施態様1または2に記載のプラズマ処理方法または装置。

〔実施態様4〕 前記被処理基板が、キャリアからの搬出後に裏返され、前記チャンバ内に搬送された後に処理されることを特徴とする実施態様1～3のいずれか1つに記載のプラズマ処理方法または装置。

【0016】

〔実施態様5〕 基板保持手段が下向きに設けられており、キャリアから搬出された被処

10

20

30

40

50

理基板は、裏返されることなく前記チャンバ内に搬送され、該基板保持手段に固定された後に処理されることを特徴とする実施態様 3 に記載のプラズマ処理方法または装置。

〔実施態様 6〕 前記被処理基板は、少なくとも一部が窒素または炭素を含む物質を構成成分とする材料からなることを特徴とする実施態様 1 ～ 5 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法または装置。

〔実施態様 7〕 前記被処理基板は、少なくとも一部が元素の周期表における IVA 族元素または VIIA 族元素を含む物質を構成成分とする材料からなることを特徴とする実施態様 1 ～ 6 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法または装置。

〔実施態様 8〕 前記被処理基板は、少なくとも一部が金属酸化物を構成成分とする材料からなることを特徴とする実施態様 1 ～ 7 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法または装置。 10

〔実施態様 9〕 前記チャンバは、前記被処理基板を所定の温度に加熱するために前記チャンバ中に備えられた基板加熱機構と、前記チャンバに電界を導入するために備えられ前記チャンバの気密構造をなす壁の少なくとも一部を構成する誘電体窓とを備えていることを特徴とする実施態様 1 ～ 8 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法または装置。

〔実施態様 10〕 前記誘電体窓は、基板保持手段と平行に設けられていることを特徴とする実施態様 9 に記載のプラズマ処理方法または装置。

【0017】

〔実施態様 11〕 前記誘電体窓の表面にマイクロ波を導入することによって表面波電界を発生させ、該電界で前記処理ガスを電離させて得られる $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の密度のプラズマによって処理を行うことを特徴とする実施態様 9 または 10 に記載のプラズマ処理方法または装置。 20

〔実施態様 12〕 前記誘電体窓と基板保持手段との距離が 20 mm 以上 200 mm 以下であることを特徴とする実施態様 9 ～ 11 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法または装置。

〔実施態様 13〕 前記誘電体窓は、熱伝導率が $70 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上であることを特徴とする実施態様 9 ～ 12 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法または装置。

〔実施態様 14〕 前記誘電体窓へのマイクロ波の導入が、少なくとも 1 本以上のスロットを有するアンテナを介して行われることを特徴とする実施態様 9 ～ 13 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法または装置。 30

〔実施態様 15〕 前記処理は、基板保持手段の温度が 400°C 以下の状態で行うことを特徴とする実施態様 1 ～ 14 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法または装置。

【0018】

〔実施態様 16〕 前記処理は、圧力が 13 Pa 以上 665 Pa 以下の状態で行うことを特徴とする実施態様 1 ～ 15 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法または装置。

〔実施態様 17〕 前記処理は、処理圧力よりも高い圧力でプラズマを着火し、その後所定の処理圧力へ移行することを特徴とする実施態様 1 ～ 16 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法または装置。

〔実施態様 18〕 前記処理を行うに当たって少なくともプラズマ着火時に希ガスが添加されることを特徴とする実施態様 1 ～ 17 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理方法または装置。 40

【実施例】

【0019】

以下、本発明の実施例および比較例を図面を用いて説明する。

〔第 1 の実施例および比較例〕

図 1 は本発明の一実施例にて使用するプラズマ処理装置の模式図である。排気管 6 および処理ガス導入管 5 を備えた真空チャンバ 1 内に、ヒーターを内蔵した基板保持手段としてのステージ 8 が取り付けられている。真空チャンバ 1 は、圧力計 7 と排気管 6 に接続された図示されない排気速度調整機構とにより、処理ガスを導入しつつ所望の圧力に維持することができる。 50

【0020】

さらに、真空チャンバ1にマイクロ波を導入するための誘電体窓4がステージ8に対向して50mm以上150mm以下の距離を置いて取り付けられており、図示されないマイクロ波供給源およびマッチング機構を通じて供給されたマイクロ波は無終端のサークル導波管2内で干渉波を形成し、スロットアンテナ3に設けられたスロットを経由して該誘電体窓4の表面の真空側に表面干渉波を形成する。この誘電体4上に形成される電界と、処理ガス導入管5より導入された少なくとも水素ガスを含む処理ガスとにより $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高密度プラズマが誘電体4の近傍のプラズマ発生領域10でのみ発生し、ステージ8上で所定の温度に加熱された被処理基板9は、このプラズマ発生領域10からガス流れによりステージ8へ輸送された水素活性種により終端処理される。

10

【0021】

図2は水素プラズマ処理時のポリイミド膜のエッチングレートを示すグラフ、図3は表層にポリイミド膜が形成された半導体基板の水素プラズマによる終端処理の効果について示すための説明図である。

上記の装置を使用し、かつ前述した処理方法により、図3に示すように、水素プラズマ401を用い、基板ステージ402上に載置され表面に保護膜としてポリイミド膜406が形成されたシリコン基板403上のデバイス構造部405の水素終端処理を行った。図1における誘電体窓4とステージ8の距離WDは100mmとし、処理条件としては、基板温度を275℃、処理ガスは水素100%、ガス圧は66.5Pa、マイクロ波出力は3kWとした。

20

【0022】

まず、第1の比較例として、図3(a)に示すように、シリコン基板403のデバイス構造部405側の面(被処理面)を水素プラズマ401側に向けて、5分の処理を実施したところ、ポリイミド膜406が大幅にエッチングされた上終端処理の効果が全く得られなかった。水素プラズマ401は、有機物を還元によりガス化する性質を持っており、保護膜として用いられるポリイミド膜406に対しても温度に依存したエッチングレートを示すことが知られている(図2)。つまり、処理の効果が得られなかった原因としては、シリコン基板(ウエハ)403の表面のポリイミド膜406が水素プラズマ401により炭化水素(C_xH_y)や還元生成物としてエッチングされるため、水素活性種404はポリイミド膜406においてほぼ全て消費され終端処理がなされるべきデバイス構造部405に到達しなかったことが挙げられる。

30

【0023】

そこで、本発明の実施形態に基づき、第1の実施例として、図3(b)に示すように、デバイス構造部405側の面を基板保持手段としての基板ステージ402側に向け、シリコン基板(ウエハ)403の裏面をプラズマに曝すようにして処理を行った。その結果、ウエハ403の表面に塗布されたポリイミド膜406をほとんどエッチングすることなく、処理時間に依存したトランジスタ特性の改善が観測された。この処理結果は、ウエハ403の裏面から照射された水素活性種404がSi結晶中を拡散して該デバイス構造部405まで到達することにより、表層にあるポリイミド膜406の影響を受けることなく終端処理がなされたためと考えられる。

40

【0024】

[第2の実施例および比較例]

第2の比較例として、図4に示すような固体撮像素子が形成されたウエハを、従来技術の処理法と同様に裏面を処理ステージに向けて固定し、処理を行った。301は半導体シリコン基板であり、受光素子306および該受光素子で光電変換された電荷を転送するための転送レジスタ307が形成され、そして絶縁膜302を介して転送電極303が形成されている。また、黒色レベルの参照に用いられるOPB(オブティカルブラック)領域の形成および転送レジスタ307への光の入射(スミア)防止のため、アルミからなる遮光層308が設けられている。さらに、遮光層308を保護する表面保護膜304およびこれを覆う平坦化膜305が形成されている。そして、処理装置は第1の実施例と同じ装

50

置を用い、水素プラズマによる終端処理を第1の実施例と同条件にて10分間実施した。ところが、遮光層308が形成されていない受光領域は終端処理が行われたことにより暗電流が低減する一方で、OPB領域の直下は全く終端処理の効果を得ることができず、結果として受光領域との間で暗電流にバラツキが出る結果となってしまった。

【0025】

これは、遮光のためのアルミ層の表面に反射防止膜として窒化チタンが使用されているためと考えられる。すなわち、一般的に窒化チタンは水素活性種との親和性が高いことから水素の遮断材料に使用されており、本実施例においても被処理基板の最表面（デバイスが構成される面）からデバイス部分へ水素活性種を伝搬させる形で終端処理を行ったため、遮光層の窒化チタン直下のデバイス部分へは水素活性種が到達できなかったものと考えられる。

10

【0026】

そこで、本発明の実施形態に基づき、第2の実施例として、前記固体撮像素子のデバイス側（被処理面）を処理ステージに向け、基板の裏面側を反応ガスの上流側に向けて10分間終端処理を行った。その結果、遮光部および/受光部共に均等に暗電流低減の効果を得られ、遮光層による終端効果のバラツキは発生しなかった。これは、基板301の裏面側からデバイス部分へ水素活性種が伝搬することにより、遮光層308に形成された窒化チタンの分布に影響されることなく全面に渡って終端処理がなされたことを示すものである。

【0027】

20

上述の実施例によれば、水素プラズマを使用した終端処理を、対象となるデバイス構造よりも上層にある膜種や材料が水素活性種と反応または水素活性種を遮断する場合でも、影響されることなく処理を行うことができるため、該処理の適用範囲を大幅に拡張することが可能となり高性能のデバイスを提供することが可能となる。

【0028】

[発明の適用範囲]

本発明の効果は、プラズマ発生部の構造、基板保持手段の構成、処理チャンバの構成に制限されるものではなく、対象となるデバイス部分の上層にある膜種の影響を受けないという点において同様の効果を得ることができる。

しかし、より高い効率で終端処理を行うためには以下の形態が望ましい。

30

すなわち、本発明においてプラズマ発生源としては、誘電体窓を通して電界を導入するものを用いることにより高清浄なプラズマで処理を行うことができる。また、基板保持手段は加熱機構を有するものを使用することで、加熱を行わない場合に比べ水素活性種の伝搬の効率をより高めることができる。

【0029】

また、本発明においては被処理基板を裏返す機構によってキャリアから搬出された該基板を裏返した後に、前記処理チャンバへ搬入する方法を用いることができる。または、図5（図1と同じ構成要素に同じ符号を付けてある。）に示すように、キャリアから搬出された被処理基板9は、裏返すことなく該処理チャンバへ搬入し、基板保持面が下向きの形態となった基板保持手段としてのステージ8へ固定する形態でもよい。

40

また、被処理基板は予め移載機等により裏返した状態でキャリアに収納しておいてもよいが、同一装置内に被処理基板を裏返す機構を設けておき、キャリアからの搬出後に裏返しする形態でもよい。

【0030】

また、本発明においては、被処理基板を保持手段に設けた加熱機構によって温度制御することで、再現性のよい処理を行うことができる。

【0031】

本発明においては、前記誘電体窓をステージや基板載置台等の基板保持手段と平行に一定の距離WDにおいて設け、該誘電体窓を通してマイクロ波を導入することによって得られる $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高密度のプラズマを用いて処理を行えば、高密度の水素

50

活性種を効率よく該基板に照射することができる。前記高密度プラズマを得るための手段としては、スロットアンテナの使用、マイクロ波の高出力化などが挙げられる。

【0032】

また、水素活性種はプラズマ発生領域10から輸送される過程で分子同士の衝突により失活するため、被処理基板に到達する水素活性種の密度はステージ8と誘電体窓4の距離WDに大きく依存する。図6は水素プラズマをレジストに用いられる有機材料に対して照射した場合の還元による膜減り速度と距離WDとの関係を示したものである。ここで示されるように、距離WDが小さい程高い密度の水素活性種が被処理基板に到達する。

【0033】

しかし、距離WDが20mmより近くなると、被処理基板がプラズマ生成域に接近することによって過剰に高エネルギーの水素活性種によるダメージが大きくなるため好ましくない。従って有効な終端処理効果が得られる距離WDは20mm以上200mm以下としている。さらに高い処理効率と低ダメージを両立する条件としては50mm以上150mm以下が好ましい。

【0034】

前記処理温度は400以下であることが望ましい。処理温度が高すぎると、例えば特公平07-087250号公報で指摘されているように、水素終端処理された被処理基板からの水素の脱離が起こり処理効率の低下を招くからである。

【0035】

さらに前記誘電体窓4は、プラズマ生成領域に直接曝されるため、熱伝導率が低い材料を用いた場合、誘電体窓の過昇温により間接的に被処理基板温度の過剰な上昇を招く恐れがある。図7は水素プラズマ照射時の誘電体窓温度の昇温を、プラズマ照射直後にチャンバを開放して計測したデータである。チャンバを開放して計測しているため、照射中の温度はさらに高温になっていると思われるが、該誘電体窓の材料として熱伝導率が70W/m・K以上の、例えば窒化アルミなどを用いることでプラズマ照射中も該誘電体温度を300以下に抑えることができ、上述したような被処理基板の過熱による処理効率の低下を回避することができる。

【0036】

また、処理圧力は13Pa以上665Pa以下であることが望ましい。水素ガスは、電離断面積が酸素や窒素などに比べて小さくプラズマ着火性が悪いため、13Pa以下の過剰な低圧条件にすると、処理の不安定要因となる恐れがあると同時に、生成した水素活性種の平均自由行程も長くなるため、必要以上に高エネルギーの活性種が該基板に到達する可能性があり、チャージアップなどによりデバイスにダメージを及ぼす可能性がある。逆に665Pa以上の過剰な高圧条件にすると、該基板に到達するまでに水素活性種が失活してしまう可能性がある。

【0037】

本発明においては、少なくとも1本以上のスロットを有するアンテナ板を介して前記誘電体にマイクロ波を導入することで、面内均一性の制御が容易になる。このアンテナ板としては、本実施例で使用している図8(a)に示されるような放射状のスロットを有するアンテナ板を使用する形態の他にも、図8(b)~(d)の様なアンテナ板を使用することができる。図8(b)のアンテナ板は同心円に沿った円弧状のスロットを有し、図8(c)のアンテナ板は散点状に配設した多数の小スロットを有し、図8(d)の様なアンテナ板は仮想放射線に対し一定角度で傾斜する直線に沿ったスロットを有し、図8(e)に示す様な方形導波管側面にスロットを設けた形態も使用できる。

【0038】

また、上述したように水素ガスは、酸素などに比べて電離断面積が小さく、着火性が悪いという欠点を持っており、マイクロ波の投入からプラズマの着火までタイムラグが発生することがある。この場合、図9に示すように処理圧力よりも高い圧力でプラズマ着火を行うことにより、プラズマ着火を安定させプロセス再現性を確保することができる。あるいは、プラズマ着火性が比較的良好な希ガスの添加も、プロセス再現性の改善に有効であ

る。

【0039】

また、図10のように、バッチ式のプラズマ処理装置を使用して、複数の基板を同時に処理してもよい。

被処理基板を固定する方法については、処理チャンバ中に基板保持手段を設け、デバイスが構成される面を前記保持手段側に向けて被処理基板を固定すると、プラズマ処理による基板の過熱抑制に効果的であり、さらに基板表面への水素活性種の照射を抑制するため、上記の実施例のように表面からの水素プラズマ処理によって悪影響がある場合には、これを防止することができる。

【0040】

図10において、61と62は真空チャンバを形成する石英アウタチューブと石英インナチューブ、63はこの真空チャンバの外周に配置されたヒーター、64は複数の基板を保持する基板保持手段として該真空チャンバ内に設置された基板保持具である。65は処理ガスを該真空チャンバ内部に導入するための処理ガス導入ノズル、66は該真空チャンバ内部を排気する排気系配管、67は各接続部を気密にシールするためのOリング、70は被処理基板である。基板保持具64は、複数の被処理基板70の板面間に間隔を置き、各基板材側の面（被処理面の背面）を処理ガスの上流方向に向けて被処理基板70を保持している。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明の実施例にて使用した処理装置の概略図である。

【図2】水素プラズマ処理時のポリイミド膜のエッチングレートを示すグラフである。

【図3】表層にポリイミド膜が形成された半導体基板の水素プラズマによる終端処理の効果について、従来技術（a）と、本発明の第1の実施例（b）との違いを説明するための図である。

【図4】本発明の第2の実施例で使用した被処理基板の構造を説明するための図である。

【図5】本発明における基板保持方法の他の例を説明するための図である。

【図6】誘電体窓～被処理基板の距離WDと水素プラズマによるレジストの膜減り速度との関係を示すグラフである。

【図7】プラズマ照射による誘電体窓の温度上昇と誘電体の熱伝導率との関係を示すグラフである。

【図8】本発明に適用可能なスロットアンテナの形状の例を示す概略図である。

【図9】水素プラズマの着火性と水素ガス圧力との関係を示すグラフである。

【図10】本発明の実施形態の一例を示すためのバッチ処理チャンバの図である。

【符号の説明】

【0042】

1：真空チャンバ、2：無終端サークル導波管、3：スロットアンテナ、4：誘電体窓、5：処理ガス導入管、6：排気管、7：圧力計、8：ステージ、9：被処理基板、10：プラズマ発生領域、401：水素プラズマ、402：基板ステージ、403：シリコン（被処理基板）、404：水素活性種の拡散を示す矢印、405：水素プラズマによる終端処理の対象となるデバイス構造部、406：ポリイミド膜、301：シリコン基板、302：絶縁膜、303：転送電極、304：表面保護膜、305：平坦化膜、306：受光素子、307：転送レジスタ、308：遮光層、61：石英アウタチューブ、62：石英インナチューブ、63：ヒーター、64：基板保持具、65：処理ガス導入ノズル、66：排気系配管、67：Oリング、70：被処理基板。

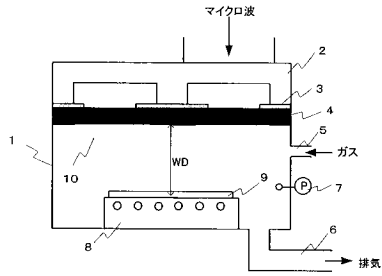
10

20

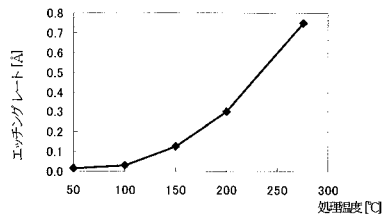
30

40

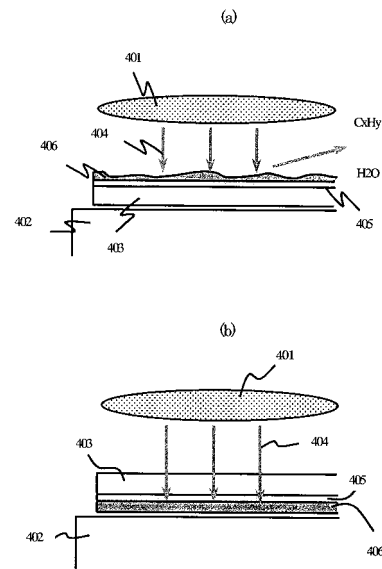
【図 1】



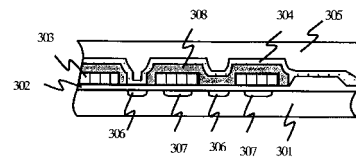
【図 2】



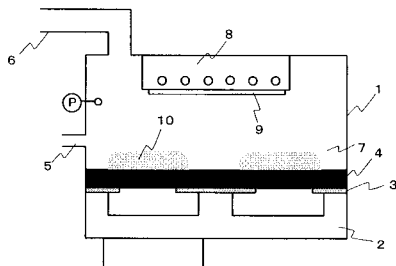
【図 3】



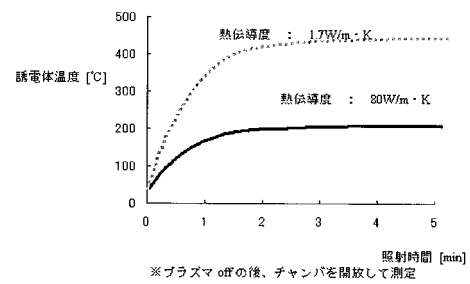
【図 4】



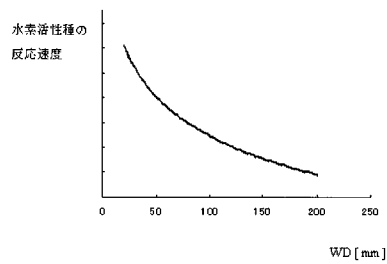
【図 5】



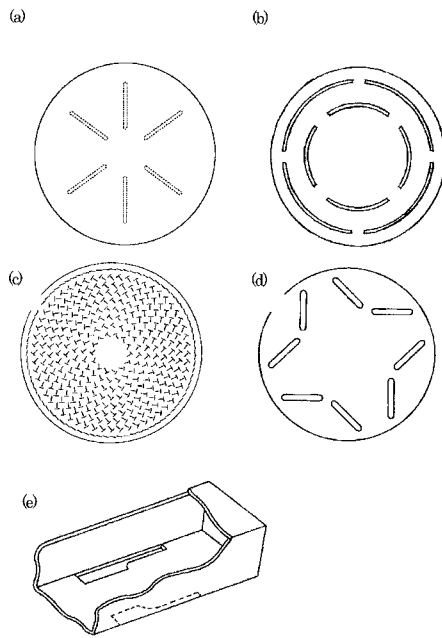
【図 7】



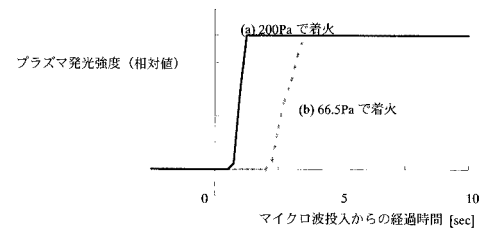
【図 6】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

