

(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2005-294542
(P2005-294542A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/31	HO 1 L 21/31 C	4 K O 3 O
C 2 3 C 16/452	C 2 3 C 16/452	5 F O O 4
HO 1 L 21/3065	HO 1 L 21/302 I O 1 B	5 F O 4 5

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2004-107660 (P2004-107660)	(71) 出願人	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番6号
(22) 出願日	平成16年3月31日 (2004.3.31)	(74) 代理人	100095407 弁理士 木村 満
		(72) 発明者	小宮 隆行 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
		(72) 発明者	奥水 地塩 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
		Fターム(参考)	4K030 CA04 CA12 EA01 FA03 JA09 JA10 JA14 KA22 KA30 KA32 KA47 LA15

最終頁に続く

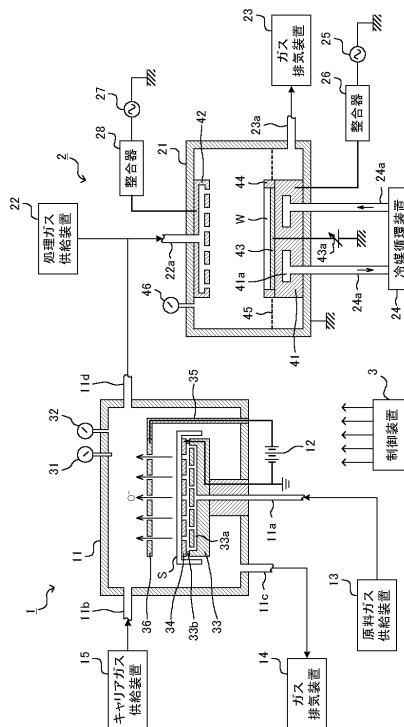
(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法

(57) 【要約】

【課題】 高真空下であってもプラズマ着火を容易に実現する。

【解決手段】 高圧電源12は、ヒータ33によって加熱されたマイナスイオンソースSからマイナスイオンを取り出す。キャリアガス供給装置15は、キャリアガス(不活性ガス)により、マイナスイオンをプラズマ室21内に供給する。処理ガス供給装置22は、プラズマ処理用の処理ガスをプラズマ室21内に供給し、ガス排気装置23は、プラズマ室21内を高真空に設定する。第1高周波電源25および第2高周波電源27は、下部電極51および上部電極52のそれぞれに高周波を印加し、供給されたマイナスイオンを加速し、供給された処理ガスに衝突させる。これにより、プラズマ室41内にプラズマを発生させ、半導体ウエハWにプラズマ処理を施す。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

処理室内に配置される半導体ウエハに所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、

前記処理室内に処理ガスを供給するガス供給手段と、

前記処理室内にイオンを供給するイオン供給手段と、

前記イオン供給手段によって供給される前記イオンを用いて、前記ガス供給手段によって供給される前記処理ガスのプラズマを発生させることにより、前記半導体ウエハに所定のプラズマ処理を施すプラズマ発生手段と、

から構成されることを特徴とするプラズマ処理装置。

10

【請求項 2】

前記プラズマ発生手段は、

前記処理室内に、互いに対向して配置される第 1 電極および第 2 電極と、

前記第 1 電極に第 1 の高周波電圧を印加する第 1 高周波印加手段と、

前記第 2 電極に第 2 の高周波電圧を印加する第 2 高周波印加手段と、

前記第 1 および第 2 高周波印加手段を制御して前記第 1 および第 2 電極に高周波電圧を印加することにより、前記処理室内に供給される前記イオンを加速して該処理室内に供給される前記処理ガスに衝突させ、前記プラズマを発生させる制御手段と、

から構成されている、ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記イオン供給手段は、前記イオンとしてマイナスイオンを前記処理室内に供給する、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装置。

20

【請求項 4】

前記イオン供給手段は、

前記マイナスイオンを含有するイオンソースを加熱する加熱手段と、

前記加熱手段によって加熱される前記イオンソースに電界を印加することにより、該イオンソースに含有されている前記マイナスイオンを取り出す電界印加手段と、

から構成されている、ことを特徴とする請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記加熱手段は、前記マイナスイオンソースを 250 ~ 1000 に加熱する、ことを特徴とする請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

30

【請求項 6】

前記電界印加手段は、前記マイナスイオンソースに 100 ~ 2000 V / cm の電界を印加する、ことを特徴とする請求項 4 または 5 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記処理室内のガスを排気することにより、該処理室内の圧力を所定の圧力に設定する排気手段をさらに備え、

前記排気手段は、前記処理室内の圧力を 0.01 Pa 以下に設定する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

処理室内に配置される半導体ウエハに所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理方法であって、

前記処理室内に処理ガスを供給するガス供給工程と、

前記処理室内にイオンを供給するイオン供給工程と、

前記イオン供給工程で供給される前記イオンを用いて、前記ガス供給工程で供給される前記処理ガスのプラズマを発生させることにより、前記半導体ウエハに所定のプラズマ処理を施すプラズマ発生工程と、

を備えることを特徴とするプラズマ処理方法。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

50

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造では、半導体ウエハ上に所定の膜を形成したり、半導体ウエハ上に形成された膜をエッチングしたりするために、プラズマを用いる場合がある。

【0003】

以上のようなプラズマ処理を実行する場合、処理室内に配置したフィラメントを加熱して熱電子を放出させ、この熱電子を高電圧によって加速し、処理ガスに衝突させることによりプラズマを発生させている（例えば、特許文献1参照。）。

10

【特許文献1】特開2002-289106号公報（段落0031）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、上記プラズマ処理は、高真空下で行われる場合がある。高真空下では、処理室内の処理ガスが希薄であるため、フィラメントから放出される熱電子によってプラズマ着火を行うのが困難である。

【0005】

多量の熱電子を得るためにフィラメントの加熱温度を高く設定すると、フィラメントの寿命が短くなるほか、フィラメント材質の蒸発などによりコンタミネーション、パーティクルが発生するなど、プラズマ処理に対して悪影響が出る。このため、フィラメントの交換等を頻繁に行わなければならない場合がある。また、フィラメント材質は通常金属で、酸化雰囲気では、その高温のため酸化されてしまい使用できない。

20

【0006】

また、プラズマ着火を容易にするため、着火時には処理室内の圧力を高めに設定し、プラズマ着火後に処理室内を高真空状態にするという方法も考えられるが、この方法では、圧力調整のための時間が必要となり、所定のプラズマ処理を実行するのに長い時間がかかるという問題がある。

【0007】

従って、本発明は、コンタミネーションやパーティクルを発生させることなくプラズマ着火を実現するプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することを目的とする。

30

【0008】

また、本発明は、短時間でプラズマ処理を実行可能なプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法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】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明の第1の観点にかかるプラズマ処理装置は、処理室内に配置される半導体ウエハに所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置であって、前記処理室内に処理ガスを供給するガス供給手段と、前記処理室内にイオンを供給するイオン供給手段と、前記イオン供給手段によって供給される前記イオンを用いて、前記ガス供給手段によって供給される前記処理ガスのプラズマを発生させることにより、前記半導体ウエハに所定のプラズマ処理を施すプラズマ発生手段と、から構成されることを特徴とする。

40

【0010】

前記プラズマ発生手段は、前記処理室内に、互いに対向して配置される第1電極および第2電極と、前記第1電極に第1の高周波電圧を印加する第1高周波印加手段と、前記第2電極に第2の高周波電圧を印加する第2高周波印加手段と、前記第1および第2高周波印加手段を制御して前記第1および第2電極に高周波電圧を印加することにより、前記処理室内に供給される前記イオンを加速して該処理室内に供給される前記処理ガスに衝突させ、前記プラズマを発生させる制御手段と、から構成されていてもよい。

50

【0011】

前記イオン供給手段は、前記イオンとしてマイナスイオンを前記処理室内に供給してもよい。

【0012】

前記イオン供給手段は、前記マイナスイオンを含有するイオンソースを加熱する加熱手段と、前記加熱手段によって加熱される前記イオンソースに電界を印加することにより、該イオンソースに含有されている前記マイナスイオンを取り出す電界印加手段と、から構成されていてもよい。

【0013】

前記加熱手段は、前記マイナスイオンソースを250～1000に加熱してもよい。

10

【0014】

上記加熱温度は、好ましくは400～800であり、さらに好ましくは700である。

【0015】

前記電界印加手段は、前記マイナスイオンソースに100～2000V/cmの電界を印加してもよい。

【0016】

上記電界の強さは、好ましくは200～1000V/cmである。

【0017】

前記処理室内のガスを排気することにより、該処理室内の圧力を所定の圧力に設定する排気手段をさらに備え、前記排気手段は、前記処理室内の圧力を0.01Pa以下に設定してもよい。

20

【0018】

本発明の第2の観点にかかるプラズマ処理方法は、処理室内に配置される半導体ウエハに所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理方法であって、前記処理室内に処理ガスを供給するガス供給工程と、前記処理室内にイオンを供給するイオン供給工程と、前記イオン供給工程で供給される前記イオンを用いて、前記ガス供給工程で供給される前記処理ガスのプラズマを発生させることにより、前記半導体ウエハに所定のプラズマ処理を施すプラズマ発生工程と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

30

【0019】

本発明によって、コンタミネーションやパーティクルを発生させることなくプラズマ着火を実現すると共に、短時間でプラズマ処理を実行することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

次に、本発明の実施の形態にかかるプラズマ処理について図面を参照して説明する。

【0021】

なお、以下では、マイナスイオン、具体的には酸素マイナスイオンラジカル(O^-)を用いてプラズマを発生させ、半導体ウエハ上に所定の膜(例えばSiOF膜など)を形成する場合を例にとって説明する。

40

【0022】

本発明の実施の形態にかかるプラズマ処理を実行するプラズマ処理装置は、例えば図1に示すように、マルチチャンバ型半導体製造装置の一部を構成する。なお、マルチチャンバ型半導体製造装置を構成する処理室の数は、図1に示す数に限定されず、任意である。

【0023】

上記プラズマ処理装置は、図2に示すように、マイナスイオンを供給するイオン供給ユニット1と、マイナスイオンを用いてプラズマを発生させ、所定のプラズマ処理を実行するプラズマ処理ユニット2と、イオン供給ユニット1およびプラズマ処理ユニット2を制御する制御装置3と、から構成される。

【0024】

50

イオン供給ユニット1は、処理室(イオン生成室)11と、高圧電源12と、原料ガス供給装置13と、ガス排気装置14と、キャリアガス供給装置15と、から構成され、マイナスイオンソースSからマイナスイオンを取り出し、プラズマ処理ユニット2に供給する。

【0025】

なお、マイナスイオンソースSは、例えばC12A7である。マイナスイオンは、C12A7のAlO₄四面体が重合して形成するケージ内に閉じこめられている。後述するように、マイナスイオンソースS内のマイナスイオンは、マイナスイオンソースSを所定温度に加熱して所定の強さの電界を印加することによって取り出すことができる。

【0026】

処理室11は、例えばアルミニウム等から形成された処理チャンバである。処理室11の壁には、様々なガスを流通させるための配管が設置されている。

具体的には、マイナスイオンソースSにマイナスイオンを補充するための原料ガスを処理室11内に導入するための原料ガス供給管11aと、処理室11内にキャリアガスを導入するためのキャリアガス供給管11bと、処理室11内のガスを排気するためのガス排気管11cと、取り出されたマイナスイオンをキャリアガスによってプラズマ処理ユニット2に搬送するためのイオン供給管11dと、が設置されている。

【0027】

なお、キャリアガス供給管11bとイオン供給管11dとは、処理室11内に導入されたキャリアガスによるマイナスイオンの搬送がスムーズに行われるように、互いに対向するように設置されている。

【0028】

また、マイナスイオンは、壁にぶつかったり、他の化学種と結びついたりして、その活性を失っていく。このため、イオン供給管11dの内径はできるだけ大きく、長さはできるだけ短く設定される。また、イオン供給管11dの内壁は、マイナスイオンと反応しにくいフルオロカーボン(特にPTFE;四フッ化エチレン樹脂)、または、テフロン(登録商標)等から形成される。さらに、イオン供給管11dは、マイナスイオンを引きつけないように、処理中は、接地されている、または、マイナスの電位に保持されている。

【0029】

さらに、マイナスイオンの活性を保つ(再結合を低減する)ため、キャリアガスには、不活性ガス、好ましくは酸素ガスを含有する不活性ガスを用いるのが好ましい。

【0030】

また、キャリアガスの流速を高く維持するために、キャリアガスが供給される領域(処理室11内の後述する引出電極36よりも上の領域)は、マイナスイオンが壁等に衝突しない範囲で、できるだけ狭く設定されることが好ましい。

【0031】

また、処理室11の壁には、処理室11内の温度を測定する温度計31と、処理室11内の圧力を測定する圧力計32と、が設置されている。

処理室11の内部には、ヒータ33と、接触電極34と、電極支持部材35と、引出電極36と、が設置されている。

【0032】

ヒータ33は、処理室11内の略中央に設置され、処理室11内に配置されるマイナスイオンソースSを後述する所定温度に加熱する。ヒータ33の内部には、原料ガス供給管11aに接続され、原料ガス供給管11aを介して導入される原料ガスをヒータ33の表面から噴出させるためのガス流路33aが形成されている。

【0033】

接触電極34は、マイナスイオンソースSに貼り付けた状態で製造される。接触電極34は、原料ガスを通す大きさの貫通した空隙のある多孔質とし、原料ガスとマイナスイオンソースSと接触電極34の三相界面を有するように製造する。接触電極34の製造方法としては、例えば、微粉末を膜状に成型し焼結させたもの、もしくはスパッタリングや蒸

10

20

30

40

50

着によって膜を堆積させる方法がある。

【0034】

また、原料ガスとの接触面積を増やすため、接触電極34は、例えば図3に示すように、複数の開口34aを有する網状に形成してもよい。接触電極34は、電界を印加するための高圧電源12の陰極と電氣的に接続されている。原料ガスが接触電極34とヒータ33の隙間から大量に流れ出ることを防ぐため、この間を突起部33bで保持し、気密を保つ。

【0035】

接触電極34に使用可能な物質としては、(1)ジルコニア系の物質、(2)セリア系の物質、(3)ペロブスカイト型(ABO_3)複酸化物にドーブしたものなどのイオン導電性の高い物質がある。

10

【0036】

上記(1)に該当する物質としては、例えば、YSZ(8mol% Y_2O_3 - ZrO_2 : イットリア安定化ジルコニア)、SSZ(10mol% Sc_2O_3 -1mol% Al_2O_3 - ZrO_2 : スカンジア安定化ジルコニア)などが挙げられる。

【0037】

上記(2)に該当する物質としては、例えばGDC(20mol% $GdO_{1.5}$ - CeO_2 : ガドリニウム含有セリア)、SDC(20mol% $SmO_{1.5}$ - CeO_2 : サマリウム含有セリア)などが挙げられる。なお、これら以外に、 $YO_{1.5}$ 、 $GaO_{1.5}$ 、 $NbO_{2.5}$ などをドーブしたものでも良い。

【0038】

上記(3)に該当する物質としては、 $(La,Sr)MnO_3$: マンガン酸ランタン-ストロンチウム置換、 $(La,Sr)(Co,Ni,Fe)O_3$: コバルト酸ランタン-ストロンチウム置換、ニッケル置換、鉄置換、 $(La,Sr)(Ga,Mg)O_3$: ガリウム酸ランタン、ランタンガレート-ストロンチウム置換、マグネシウム置換、 $(La,Sr)(Cr,Ti,Co)O_3$: クロム酸ランタン-ストロンチウム置換、チタン置換、コバルト置換、 $La_{2/3}(Ti_{0.95}Al_{0.05})O_3$: チタン酸ランタン-アルミ置換などが挙げられる。なお、ランタンを別のランタノイド(La~Eu、12配位のイオン半径が比較的大きいもの)(例えば、 $Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_3$ など)に置き換えたものでも良い。

20

【0039】

電極支持部材35は、その一端が処理室11の壁に固定されている。電極支持部材35は、引出電極36を、接触電極34に対向するように支持する。なお、処理室11内の上部には、マイナスイオンを搬送するためのキャリアガスが供給されるので、引出電極36は、キャリアガス供給管11bおよびイオン供給管11dの設置位置よりも低い位置に配置される。

30

【0040】

引出電極36は、マイナスイオンソースSから取り出されたマイナスイオンが通過可能な形状に形成された電極である。例えば、引出電極36は、網状に形成された金属電極またはセラミック電極あるいはそれらの複合材料で構成される。また、例えば、円板状で中心部に穴を持つ形状でもよい。なお、引出電極36に使用可能な金属としては、耐酸化性を有するPtやAuなどがある。

40

【0041】

高圧電源12は、その陰極がヒータ33内を通る配線を介して接触電極34に接続され、その陽極が電極支持部材35内を通る配線を介して引出電極36に接続されている。高圧電源12は、接触電極34と引出電極36との間に所定の大きさの電圧を印加することにより、マイナスイオンソースSに、後述する強さの電界を印加する。これにより、所定温度に加熱されたマイナスイオンソースSからマイナスイオンが取り出される。

【0042】

原料ガス供給装置13は、原料ガス供給管11aを介して処理室11に接続される。原料ガス供給装置13は、マイナスイオンが取り出されたマイナスイオンソースSに新たなマイナスイオンを補充するための原料ガス(酸素ガス、または、酸素ガスと不活性ガスの

50

混合ガス)を、原料ガス供給管11aを介して処理室11内に供給する。

【0043】

原料ガス供給装置13によって供給される原料ガスは、原料ガス供給管11aを介してヒータ33の内部に形成されたガス流路33aを通過してヒータ33の表面から噴出される。そして、噴出された原料ガスは、接触電極34を介してマイナスイオンソースSと接触電極34と原料ガスとの三相界面に供給される。

【0044】

また、原料ガス供給装置13は、接触電極34の背面側におけるガスの全圧および原料(酸素)の分圧が、マイナスイオンソースSの引出電極36側におけるガスの全圧および原料の分圧と等しいかまたは少し高くなるように、原料ガスを供給する。この分圧差によりマイナスイオンソースS中の目的イオンの濃度勾配を作り、マイナスイオンを引き出しやすくする。

【0045】

ガス排気装置14は、排気ポンプ等を備え、ガス排気管11cを介して処理室11に接続される。ガス排気装置14は、処理室11内のガスを排気し、処理室11内の圧力を後述する圧力に設定する。

【0046】

キャリアガス供給装置15は、キャリアガス供給管11bを介して処理室11に接続される。キャリアガス供給装置15は、アルゴン、ヘリウムまたは窒素などの不活性ガスを、マイナスイオンソースSから取り出されたマイナスイオンを搬送するキャリアガスとして処理室11内に供給する。この際、キャリアガス供給装置15は、マイナスイオンが、壁にぶつかったり、他の化学種と結びついたりして、その活性を失うのを抑制するために、比較的高い流速(例えば50cm/s)でキャリアガスを処理室11内に供給する。

【0047】

プラズマ処理ユニット2は、プラズマ室21と、処理ガス供給装置22と、ガス排気装置23と、冷媒循環装置24と、第1高周波電源25と、第1整合器26と、第2高周波電源27と、第2整合器28と、から構成され、所定のプラズマ処理を実行する。

【0048】

プラズマ室21は、アルマイト処理(陽極酸化処理)されたアルミニウム等の導電性材料から形成された処理チャンバであり、接地されている。プラズマ室21には、下部電極41と、上部電極42と、静電チャック43と、フォーカスリング44と、バッフル板45と、圧力計46と、が設置されている。

【0049】

下部電極41は、例えばアルマイト処理されたアルミニウムから形成され、プラズマ室21内の略中央に設置されている。また、下部電極41は、その内部に、半導体ウエハWの温度を所定温度に維持するための冷媒が流通する空洞41aを有する。空洞41aは、例えば環状に、形成されている。

【0050】

上部電極42は、例えばアルマイト処理されたアルミニウムから形成され、下部電極41に対向するように設置されている。上部電極42は、中空構造となっており、その下面には、処理ガスおよびマイナスイオンを吹き出すための1以上のガス孔が形成されている。

【0051】

静電チャック43は、半導体ウエハWと同等の平面サイズを有し、下部電極41上に設置されている。静電チャック43は、直流電源43aを有し、載置される半導体ウエハWを固定する。

【0052】

フォーカスリング44は、静電チャック43、即ち載置された半導体ウエハW、を囲むように、下部電極41上に設置されている。フォーカスリング44は、プラズマによって発生した反応性イオン等を引き寄せない絶縁性の材質、例えば石英、から形成されている

10

20

30

40

50

。このフォーカスリング 4 4 によって、プラズマ室 2 1 内で発生したプラズマを、半導体ウエハ W に効果的に入射させることができる。

【 0 0 5 3 】

バッフル板 4 5 は、複数の微細な細孔を有し、下部電極 4 1 を取り囲んで、プラズマ室 2 1 内を上下の 2 つの領域に分断するように設置されている。バッフル板 4 5 は、プラズマ室 2 1 内で発生したプラズマが、排ガスと一緒にプラズマ室 2 1 から排出されるのを防止すると共に、排気流の流れを整えて、排ガスを均一に排出するために設けられている。

【 0 0 5 4 】

なお、バッフル板 4 5 が有する細孔の幅は、プラズマの通過が不可能であり、排ガスの通過が可能な幅、例えば 0 . 8 ~ 1 mm 程度に設定されている。

10

圧力計 4 6 は、プラズマ室 2 1 内の圧力を測定するために設置されている。

【 0 0 5 5 】

処理ガス供給装置 2 2 は、処理ガス供給管 2 2 a を介して上部電極 4 2 に接続されている。処理ガス供給装置 2 2 は、プラズマ処理に使用される所定の処理ガスを所定の流量でプラズマ室 2 1 内に供給する。処理ガス供給装置 2 2 が供給する処理ガスは、上部電極 4 2 が有するガス孔を介してプラズマ室 2 1 内に供給される。

【 0 0 5 6 】

なお、上記したイオン供給管 1 1 d は、処理ガス供給管 2 2 a に接続されている。従って、イオン供給ユニット 1 が供給するマイナスイオンは、処理ガスと共に、上部電極 4 2 が有するガス孔を介してプラズマ室 2 1 内に供給される。

20

【 0 0 5 7 】

処理ガス供給装置 2 2 が供給する処理ガスは、半導体ウエハ W 上に形成される膜の種類に応じて決定される。例えば、形成対象の膜が SiOF 膜である場合、SiF₄、SiH₄、O₂、NF₃、NH₃ のガスと、Ar ガスとの混合ガスが処理ガスとして供給される。

【 0 0 5 8 】

ガス排気装置 2 3 は、ガス排気管 2 3 a を介してプラズマ室 2 1 に接続される。なお、ガス排気管 2 3 a は、バッフル板 4 5 よりも下の位置で、プラズマ室 2 1 に接続されている。ガス排気装置 2 3 は、排気ポンプ等を備え、プラズマ室 2 1 内のガスを排気し、プラズマ室 2 1 内を所定の圧力（例えば 0 . 0 1 Pa 以下）に設定する。

【 0 0 5 9 】

冷媒循環装置 2 4 は、冷媒供給管 2 4 a を介して、下部電極 4 1 内の空洞 4 1 a に接続されている。冷媒循環装置 2 4 は、所定温度の冷媒を空洞 4 1 a 内に循環させる。これにより、冷媒循環装置 2 4 は、静電チャック 4 3 上に載置された半導体ウエハ W の温度を所定温度に維持する。

30

なお、冷媒循環装置 2 4 が循環させる冷媒は、例えばフロリナートであり、その温度は、例えば 5 0 に設定される。

【 0 0 6 0 】

第 1 高周波電源 2 5 は、第 1 整合器 2 6 を介して、下部電極 4 1 に接続されている。第 1 高周波電源 2 5 は、下部電極 4 1 に所定の高周波電圧（例えば 0 . 1 ~ 1 3 M H z ）を印加する。

40

【 0 0 6 1 】

第 2 高周波電源 2 7 は、第 2 整合器 2 8 を介して、上部電極 4 2 に接続されている。第 2 高周波電源 2 7 は、上部電極 4 2 に所定の高周波電圧（例えば 1 3 ~ 1 5 0 M H z ）を印加する。

【 0 0 6 2 】

制御装置 3 は、マイクロコンピュータ等から構成され、所定のプラズマ処理を実行するためのプログラムを記憶している。制御装置 3 は、記憶しているプログラムに従ってイオン供給ユニット 1 の動作を制御し、マイナスイオンを供給させる。また、制御装置 3 は、記憶しているプログラムに従って、プラズマ処理ユニット 2 の動作を制御し、半導体ウエハ W 上に所定の膜を形成する。なお、制御装置 3 の詳しい動作については後述する。

50

【0063】

次に、ヒータ33が加熱するマイナスイオンソースSの温度、高圧電源12が印加する電圧の大きさ、および、ガス排気装置14が設定する処理室11内の圧力の大きさについて説明する。

【0064】

マイナスイオンソースS内のマイナスイオンは、マイナスイオンソースSを加熱して電界を印加することにより取り出される。この際、マイナスイオンソースSの温度が低すぎると、マイナスイオンソースS中のマイナスイオンが活性化しないため、マイナスイオンを取り出すのが困難になる。一方、マイナスイオンソースSの温度が高すぎると、活性化されたマイナスイオンが異常発生し、マイナスイオンソースSが変性するおそれがある。さらに、加熱温度が高すぎると、処理室11内に設置されるヒータ33や電極などに、高い耐熱性を有する特殊なセラミックや金属等を用いなければならなくなる。

10

【0065】

このため、ヒータ33が加熱するマイナスイオンソースSの温度は、マイナスイオンソースSからマイナスイオンを容易に取り出すことが可能であり、一般的な金属などの材質を使用可能な温度、250～1000、好ましくは400～800、さらに好ましくは700に設定される。

【0066】

以上のような好適な温度に加熱されたマイナスイオンソースSに電界を印加することにより、マイナスイオンソースSに含有されているマイナスイオンを取り出すことができる。

20

【0067】

この際、印加される電界が弱すぎると、プラズマ生成に必要な量のマイナスイオンを取り出すことができず、一方、強すぎると、必要以上のマイナスイオンが取り出される。

【0068】

必要以上のマイナスイオンが取り出された場合、目的以外の部分（処理室11の内壁および引出電極36等）において生じるマイナスイオンとの反応が、プラズマ処理に影響を与える場合がある。このため、マイナスイオンソースSに印加する電界の強さは、必要なマイナスイオンの量（電流量）を得ることができる強さに設定される。

【0069】

例えば、0.01Pa程度（0.075～0.10mTorr）の圧力下でプラズマを生成するためには、プラズマ発生領域内にある気体分子の10%のマイナスイオン量が必要である。また、0.1Pa程度（0.75～1.0mTorr）の圧力下でプラズマを生成するためには、プラズマ発生領域内にある気体分子の0.1%のマイナスイオン量が必要である。

30

【0070】

プラズマ発生領域の体積が約700cm³（300mm、高さ10mm）であると仮定すると、圧力が0.01Pa程度に設定されている場合、イオン電流を10μAとすることにより、3秒間で気体分子の10%のマイナスイオンを供給することができる。また、圧力が0.1Pa程度に設定されている場合、イオン電流を1μAとすることにより、3秒間で気体分子の0.1%のマイナスイオンを供給することができる。

40

【0071】

マイナスイオンソースSから得られる電流量は、マイナスイオンソースSのサイズ（イオンが取り出される面の面積）が大きくなるほど大きく、また、印加する電界を強くするほど大きくなる。

【0072】

例えば、イオンが取り出される面の面積が10cm²であるC12A7をマイナスイオンソースSとして用い、マイナスイオンソースSを700に加熱した場合、400V/cmの電界を印加することにより、10μAの電流量を得ることができる。

【0073】

このように、マイナスイオンソースSに印加される電界の強さ（即ち、高圧電源12が

50

印加する電圧の大きさ)は、マイナスイオンソースSのサイズに応じて、上記した電流量が得られるように設定される。

【0074】

ただし、印加する電界の大きさが100V/cm未満では、マイナスイオンソースSからマイナスイオンを取り出すことができない場合があり、また、2000V/cm以上では、異常放電が生じる。このため、高圧電源12が印加する電圧の大きさは、印加する電界の大きさが100~2000V/cm、好ましくは200~1000V/cmの範囲内に収まるように設定される。

【0075】

マイナスイオンソースSから取り出されたマイナスイオンは、処理室11からイオン供給管11dおよび処理ガス供給管22aを介してプラズマ室21に供給される。この際、処理室11内の圧力がプラズマ室21内の圧力よりも低いと、逆方向(プラズマ室21から処理室11への方向)の拡散が起こり、マイナスイオンを供給しにくくなる。

【0076】

このため、ガス排気装置14は、マイナスイオンが処理室11からプラズマ室21に円滑に供給されるように、処理室11内の圧力を、プラズマ室21の圧力以上(具体的には、1~10倍)に設定する。

例えば、プラズマ室21の圧力が0.01Paに設定される場合、ガス排気装置14は、処理室11内の圧力を、0.01~0.1Paに設定する。

【0077】

次に、上記したプラズマ処理装置の動作について説明する。

マイナスイオンソースSは、処理室11内に予めセットされている。半導体ウエハWは、例えばマルチチャンバ型半導体製造装置の搬送アームによって、プラズマ室21の図示せぬ搬送口から静電チャック43上に載置される。

【0078】

静電チャック43上に半導体ウエハWが載置されると、制御装置3は、静電チャック43を制御して載置された半導体ウエハWを固定し、予め記憶しているプログラムに従って、イオン供給ユニット1およびプラズマ処理ユニット2の動作を制御し、以下に示すプラズマ処理を行う。

【0079】

初めに、制御装置3は、原料ガス供給装置13を制御し、処理室11内に原料ガスを供給すると共に、ガス排気装置14を制御し、圧力計32の測定結果を用いて、処理室11内の圧力を所定の圧力(例えば0.1Pa)に設定する。

【0080】

この際、制御装置3は、接触電極34の背面側におけるガスの全圧、および原料の分圧が、マイナスイオンソースSの引出電極36側における雰囲気的全圧、および原料の分圧よりも高くなるように原料ガスを供給する。

【0081】

そして、制御装置3は、ヒータ33を制御し、温度計31の測定結果を用いて、接触電極34上に載置されたマイナスイオンソースSを約700に加熱する。

続いて、制御装置3は、キャリアガス供給装置15を制御し、処理室11内に所定の流量でキャリアガスを供給する。

【0082】

その後、制御装置3は、高圧電源12を制御して、接触電極34と引出電極36との間に電圧を印加することにより、上記した強さの電界をマイナスイオンソースSに印加する。

【0083】

これにより、マイナスイオンソースS内のマイナスイオンが印加された電界によって取り出される。取り出されたマイナスイオンは、引出電極36を通過し、処理室11内の上部を流通するキャリアガス(不活性ガス)によって、プラズマ処理ユニット2に搬送され

10

20

30

40

50

る。

【0084】

また、制御装置3は、静電チャック43上に半導体ウエハWを固定した後、処理ガス供給装置22を制御して、処理ガスをプラズマ室21内に導入する。

そして、制御装置3は、圧力計46による測定結果を用い、ガス排気装置23を制御して、プラズマ室21内の圧力を所定圧力(例えば0.01Pa)に設定する。

【0085】

また、制御装置3は、冷媒循環装置24を制御して、下部電極41内の空洞41aに所定温度の冷媒を循環させ、半導体ウエハWの温度を所定温度に設定する。

プラズマ室21内の圧力が所定圧力になると、制御装置3は、第1高周波電源25、第1整合器26、第2高周波電源27および第2整合器28を制御して、下部電極41および上部電極42のそれぞれに所定の高周波を印加する。これにより、供給されたマイナスイオンが加速される。 10

【0086】

この際、マイナスイオンは、プラズマ着火に適した密度(または量)で供給されているので、プラズマ室21内が高真空に設定されていても、マイナスイオンは供給された処理ガスに容易に衝突する。これにより、プラズマ室21内に、プラズマを容易に発生させることができる。

【0087】

以上のように、マイナスイオンの密度(または量)は、マイナスイオンソースSに印加する電界によって容易に制御することができる。このように、容易に高密度を実現可能なマイナスイオンを用いることにより、高真空下であっても、容易にプラズマ着火を行うことができる。これにより、所定のプラズマ処理が速やかに開始され、半導体装置の製造にかかる時間を節約することができる。また、原料ガスに含まれる元素と同じ元素のイオンを用いることにより、コンタミネーションやパーティクルを生成せずにプラズマ着火を行うことができる。 20

【0088】

実際に、プラズマ室21内の圧力を0.1Paに設定し、イオン電流1 μ Aでマイナスイオンを3秒間供給した後に、100MHzの高周波を印加することによりプラズマを生成することができた。また、さらに低い0.01Paに圧力を設定した場合でも、イオン電流10 μ Aでマイナスイオンを3秒間供給した後に、100MHzの高周波を印加することによりプラズマを生成することができた。また、圧力を0.8Paに設定した場合でも、イオン電流1 μ Aでマイナスイオンを供給し、60MHzの高周波を印加することによりプラズマを生成することができた。 30

以上のように、通常ではプラズマ着火が困難な条件であっても、マイナスイオンを利用することにより、容易にプラズマを生成することができた。

【0089】

なお、上記したイオン供給ユニット1の構成は、図2に示した構成に限らず、例えば図4(a)~4(c)に示すような構成であってもよい。

具体的には、マイナスイオンソースSが円盤状である場合、クランプ61によってマイナスイオンソースSを固定してもよい。この場合は、例えば図4(a)に示すように、マイナスイオンソースSを垂直に設置することも可能である。 40

【0090】

また、図4(a)に示すように、ヒータ33の代わりに、被覆ヒータ62aを内包する、TaまたはMoから形成される孔開き金属ホットプレート62bが用いられてもよく、温度差を吸収する、中空の金属管63上にホットプレート62bが設置されてもよい。

【0091】

また、図4(b)に示すように、ヒータ33の代わりに、複数のランプ64を設置し、ランプ64の輻射熱によってマイナスイオンソースSを加熱するようにしてもよい。この場合、接触電極34とランプ64との間には、光を透過する石英窓65が設置される。ま 50

た、輻射熱をマイナスイオンソースSに集中させるために、ランプ64の光を反射する反射板66等が設置されてもよい。

【0092】

また、図4(c)に示すように、マイクロ波を発生させるマイクロ波電源67と、マイクロ波を伝搬させる導波管68aおよび円錐石英ガラス(導波管)68bと、を設置し、マイクロ波によってマイナスイオンソースSを加熱するようにしてもよい。この場合、円錐石英ガラス68bと接触電極34との間には、マイナスイオンソースSの全面を均一に加熱するために、高いマイクロ波吸収率と高い熱伝導性を有するSiCやムライト($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$)等から形成される均熱板69を設置しても良い。

【0093】

以上のようにイオン供給ユニット1を構成しても、上記した実施の形態と同様に、マイナスイオンをマイナスイオンソースSから取り出し、プラズマの生成に用いることができる。

【0094】

また、上記したイオン供給ユニット1は、図4(a)に示したように構成され、図5に示すように、マイナスイオンソースSから取り出されたマイナスイオンが、プラズマ室21内のプラズマ生成領域に直接供給されるようにしても良い。言い換えると、接触電極34と引出電極36との間の電位差により加速されたマイナスイオンが、そのまま真っ直ぐ進んでプラズマ生成領域に供給されるように、処理室11とプラズマ室21とをイオン供給管11dで接続しても良い。このようにすれば、キャリアガスを用いずに、マイナスイオンをプラズマ室21内に供給することができる。

【0095】

また、上記実施の形態では、マイナスイオンソースSの例としてC12A7を示したが、他のものをマイナスイオンソースSとして用いることもできる。例えば、カルシウムアルミネート($Ca_{12}Al_{14}O_{33}$ 、マイエナイト、アルミン酸カルシウム)、シリコン置換型マイエナイト($Ca_{12}Al_{10}Si_4O_{35}$)、マイエナイト型ストロンチウムアルミネート($12SrO \cdot 7Al_2O_3 \cdot Sr_{12}Al_{14}O_{33}$ 、アルミン酸ストロンチウム)や、上記した接触電極34に使用可能な(1)ジルコニア系の物質、(2)セリア系の物質、(3)ペロブスカイト型(ABO_3)複酸化物にドーブしたものなどを用いることができる。

【0096】

また、上記実施の形態では、酸素マイナスイオンラジカルを用いてプラズマを発生させる場合を例として示したが、他のイオンを用いてプラズマを発生させても良い。例えば、 OH^- 、 F^- 、 Cl^- 等のイオンを用いても良い。

【0097】

また、上記実施の形態では、形成対象膜の例としてSiOF膜を示したが、形成対象の膜は、 SiO_2 、 SiN 、 SiC 、 $SiCOH$ 、 CF など、プラズマ処理によって形成可能なものであれば何でも良い。

【0098】

また、上記実施の形態では、半導体ウエハW上に所定の膜を形成する場合を例にとって説明したが、上記プラズマ処理装置は、他のプラズマ処理にも適用可能である。例えば、半導体ウエハW上に形成された膜をプラズマエッチングする場合等にも適用することができる。

【0099】

また、上記したイオン供給ユニット1の代わりにプラズマ発生装置を用い、例えば BF_3 、 PH_3 、 AsH_3 等のガスをアーク放電によってイオン化し、これによって得られるマイナスイオンまたはプラスイオンをプラズマ室21内に供給して、上記と同様に、プラズマを発生させても良い。

【図面の簡単な説明】

【0100】

【図1】本発明の実施の形態にかかるプラズマ処理装置が構成するマルチチャンバ型半導

10

20

30

40

50

体製造装置の例を示す図である。

【図 2】本発明の実施の形態にかかるプラズマ処理装置の構成図である。

【図 3】図 2 のプラズマ処理装置を構成する接触電極の構成図である。

【図 4】図 2 のプラズマ処理装置を構成するイオン供給ユニットの他の構成を示す図である。

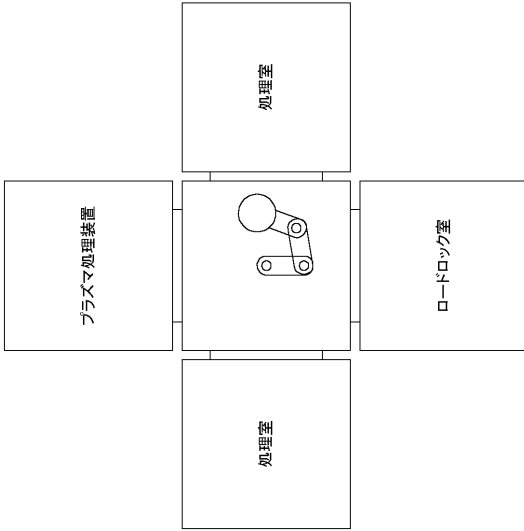
【図 5】本発明の実施の形態にかかるプラズマ処理装置の他の構成図である。

【符号の説明】

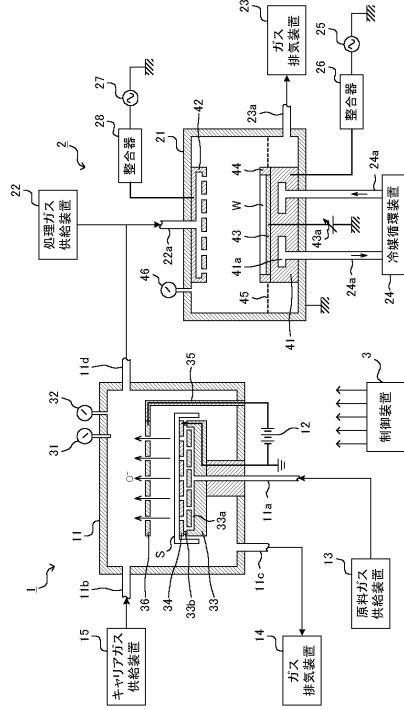
【 0 1 0 1 】

1	イオン供給ユニット	
2	プラズマ処理ユニット	10
3	制御装置	
1 1	処理室	
1 1 a	原料ガス供給管	
1 1 b	キャリアガス供給管	
1 1 c	ガス排気管	
1 1 d	イオン供給管	
1 2	高圧電源	
1 3	原料ガス供給装置	
1 4	ガス排気装置	
1 5	キャリアガス供給装置	20
2 1	プラズマ室	
2 2	処理ガス供給装置	
2 2 a	処理ガス供給管	
2 3	ガス排気装置	
2 3 a	ガス排気管	
2 4	冷媒循環装置	
2 4 a	冷媒供給管	
2 5	第 1 高周波電源	
2 6	第 1 整合器	
2 7	第 2 高周波電源	30
2 8	第 2 整合器	
3 1	温度計	
3 2	圧力計	
3 3	ヒータ	
3 3 a	ガス流路	
3 3 b	突起部	
3 4	接触電極	
3 5	電極支持部材	
3 6	引出電極	
4 1	下部電極	40
4 1 a	空洞	
4 2	上部電極	
4 3	静電チャック	
4 3 a	直流電源	
4 4	フォーカスリング	
4 5	バッフル板	
4 6	圧力計	

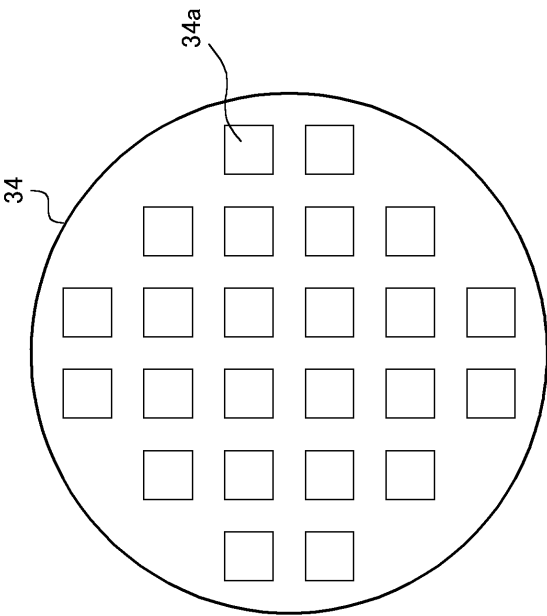
【 図 1 】



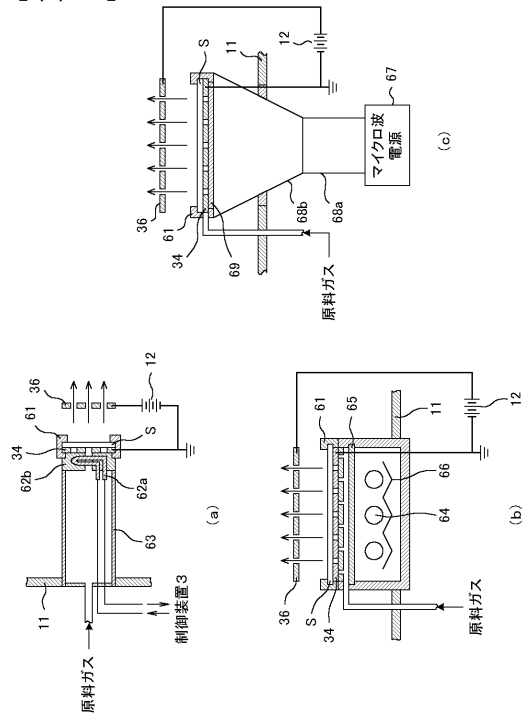
【 図 2 】



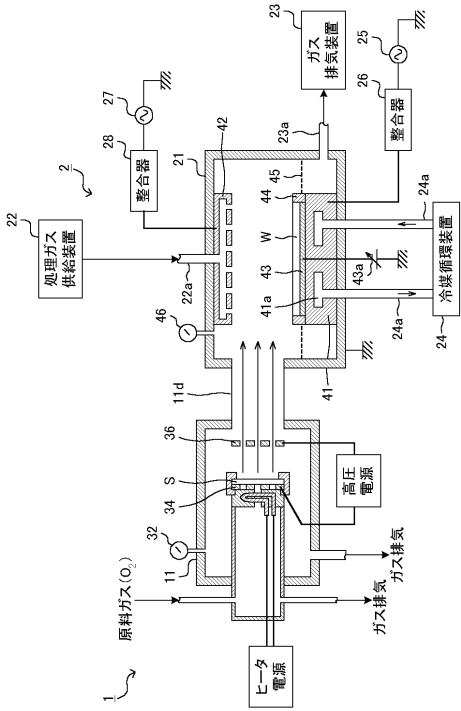
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F004 AA13 AA16 BA06 BB11 BB22 BB25 BB28 BC05 BC06 BC08
5F045 AA08 AB31 AB32 AB33 AE13 AE15 BB14 EH01 EH14 EH19
EM05