

(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2005-294043

(P2005-294043A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int. Cl.⁷

H01J 37/317

H01J 27/02

H01J 37/08

H01L 21/265

F I

H01J 37/317

H01J 37/317

H01J 27/02

H01J 37/08

H01L 21/265 6O3A

テーマコード (参考)

5C030

5C034

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-107546 (P2004-107546)

(22) 出願日 平成16年3月31日 (2004. 3. 31)

(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

(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 林 輝幸

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) 5C030 DD10 DF07 DG01

5C034 CC01 CC03

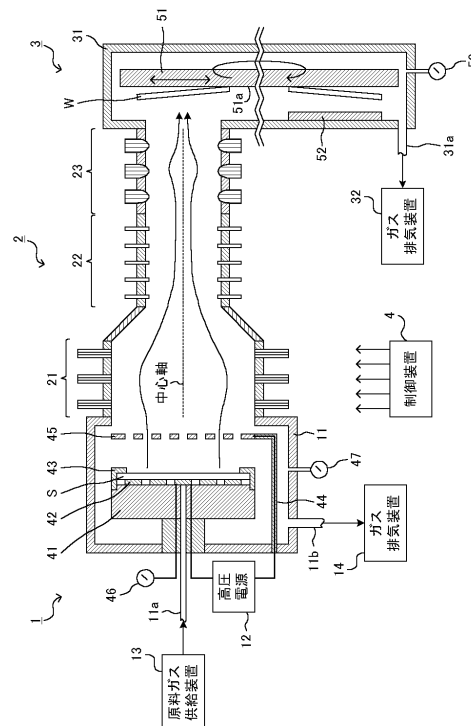
(54) 【発明の名称】 イオン注入装置およびイオン注入方法

(57) 【要約】

【課題】 構成が簡単で、小型で、安価なイオン注入装置を提供する。

【解決手段】 処理室11内には、酸素マイナスイオンラジカルを含有するマイナスイオンソースSがセットされる。ホットプレート41は、セットされたマイナスイオンソースSを加熱し、高圧電源12、加熱されたマイナスイオンソースSに電界を印加する。これにより、マイナスイオンソースSから酸素マイナスイオンラジカルが取り出され、単色性の高いイオンビームが生成される。生成されたイオンビームは、静電レンズ21によって収束され、後段加速器22によって加速され、四重極レンズ23によって整形されて、処理室31内に配置された半導体ウエハW上に照射される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被処理基板にイオンを注入することにより、該被処理基板の内部に酸化層を形成するイオン注入装置であって、

酸素マイナスイオンラジカルを前記イオンとして、前記被処理基板に注入する、ことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 2】

前記イオン注入装置は、

前記イオンのビームを生成するビーム生成手段と、

前記ビーム生成手段が生成する前記ビームを、前記被処理基板上まで真っ直ぐに導いて照射するビーム照射手段と、

から構成される、ことを特徴とする請求項 1 に記載のイオン注入装置。

【請求項 3】

前記ビーム照射手段は、

前記ビームを収束する収束レンズと、

前記イオンを加速して所定エネルギーのビームを生成する加速器と、

前記ビームを整形する四重極レンズと、から構成され、

前記収束レンズ、前記加速器、および、前記四重極レンズの中心軸は、一直線に並んでいる、

ことを特徴とする請求項 2 に記載のイオン注入装置。

【請求項 4】

前記ビーム生成手段は、

酸素マイナスイオンラジカルを含有するマイナス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マイナスイオンソースに電界を印加し、該マイナスイオンソースに含有されている前記酸素マイナスイオンラジカルを取り出すことにより、前記ビームを生成する電界印加手段と、

から構成されている、ことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載のイオン注入装置。

【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 に記載のイオン注入装置。

【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 ~ 10000 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 に記載のイオン注入装置。

【請求項 7】

前記マイナスイオンソースは、 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ である、ことを特徴とする請求項 4 乃至 6 の何れか 1 項に記載のイオン注入装置。

【請求項 8】

被処理基板にイオンを注入することにより、該被処理基板の内部に酸化層を形成するイオン注入方法であって、

酸素マイナスイオンラジカルを前記イオンとして、前記被処理基板に注入する工程を備える、

ことを特徴とするイオン注入方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被処理基板にイオンを注入する装置および方法に関する。

【背景技術】

【0002】

シリコン基板に酸素のイオンを注入することにより、シリコン基板の表面から所定深さの位置に埋込酸化層を形成する技術がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

従来、埋込酸化層を形成するために、マイクロ波イオン源を用いてイオンビームを発生させ、質量分離器で酸素のプラスイオン ($^{16}\text{O}^+$) のビームを選別し、半導体ウエハに照射することにより、上記埋込酸化層を形成している (例えば、非特許文献 1 参照。)。

【非特許文献 1】吉川昭 他「S I O M X 用大電流酸素イオン注入装置」日立評論 Vol. 81, No. 10, p. 657 (1999-10)、(6 5 8 頁、右欄 - 6 5 9 頁、左欄)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

しかし、上記したマイクロ波イオン源を用いる方法では、生成されたイオンビームの中から酸素イオンのビームを選別するために、質量分離器等を設置しなければならず、装置全体が巨大になる。 10

【 0 0 0 5 】

また、イオンを打ち込む際、イオンを打ち込まれた半導体ウエハから二次電子が放出され、半導体ウエハはプラスに帯電する。上記したようにプラスイオンを打ち込む場合は、半導体ウエハのプラス電荷がさらに増加する。

【 0 0 0 6 】

このため、プラスイオンを打ち込んだ領域と打ち込んでいない領域との間では、帯電量が大きく異なり、半導体ウエハ全体における電荷分布が不均一となる。また、高いプラス電位を有する半導体ウエハは、静電気により、パーティクル等を引きつけやすい。このため、半導体ウエハの電荷を中和するための電子ビームを生成する電子源等を設置しなければならず、装置が複雑になる。 20

【 0 0 0 7 】

また、以上のように質量分離器や電子源等を設置することにより、装置全体のコストが高くなるという問題がある。

【 0 0 0 8 】

従って、本発明は、小型なイオン注入装置、および、小型なイオン注入装置を実現可能なイオン注入方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

また、本発明は、構成が簡単なイオン注入装置、および、構成が簡単なイオン注入装置を実現可能なイオン注入方法を提供することを目的とする。 30

【 0 0 1 0 】

また、本発明は、安価なイオン注入装置、および、安価なイオン注入装置を実現可能なイオン注入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】

【 0 0 1 1 】

上記目的を達成するために、本発明の第 1 の観点にかかるイオン注入装置は、被処理基板にイオンを注入することにより、該被処理基板の内部に酸化層を形成するイオン注入装置であって、酸素マイナスイオンラジカルを前記イオンとして、前記被処理基板に注入する、ことを特徴とする。 40

【 0 0 1 2 】

前記イオン注入装置は、前記イオンのビームを生成するビーム生成手段と、前記ビーム生成手段が生成する前記ビームを、前記被処理基板上まで真っ直ぐに導いて照射するビーム照射手段と、から構成されてもよい。

【 0 0 1 3 】

前記ビーム照射手段は、前記ビームを収束する収束レンズと、前記イオンを加速して所定エネルギーのビームを生成する加速器と、前記ビームを整形する四重極レンズと、から構成され、前記収束レンズ、前記加速器、および、前記四重極レンズの中心軸は、一直線に並んでいてもよい。

【 0 0 1 4 】

前記ビーム生成手段は、酸素マイナスイオンラジカルを含有するマイナス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マイナスイオンソースに電界を印加し、該マイナスイオンソースに含有されている前記酸素マイナスイオンラジカルを取り出すことにより、前記ビームを生成する電界印加手段と、から構成されていてもよい。

【0015】

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。

【0016】

上記加熱温度は、好ましくは400～800であり、より好ましくは700～800である。

【0017】

前記電界印加手段は、前記マイナスイオンソースに、100～10000V/cmの電界を印加してもよい。

【0018】

上記電界の強さは、好ましくは200～5000V/cmである。

【0019】

前記マイナスイオンソースは、 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ であってもよい。

【0020】

本発明の第2の観点にかかるイオン注入方法は、被処理基板にイオンを注入することにより、該被処理基板の内部に酸化層を形成するイオン注入方法であって、酸素マイナスイオンラジカルを前記イオンとして、前記被処理基板に注入する工程を備える、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0021】

本発明によって、小型で、構成が簡単な、安価なイオン注入装置およびイオン注入方法を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

次に、本発明の実施の形態にかかるイオン注入装置について図面を参照して説明する。

【0023】

本発明の実施の形態にかかるイオン注入装置は、酸素マイナスイオンラジカル(O^-)を被処理基板(半導体ウエハ)に打ち込むことにより、被処理基板の内部に埋込酸化層を形成する。

【0024】

上記イオン注入装置は、図1に示すように、酸素のマイナスイオンビームを生成するイオンソース部1と、イオンソース部1で生成されたイオンビームを導くビームライン部2と、処理対象の半導体ウエハWが配置されるエンドステーション部3と、イオンソース部1、ビームライン部2、および、エンドステーション部3の動作を制御する制御装置4と、から構成される。

【0025】

イオンソース部1は、処理室(イオンビーム生成室)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、から構成され、酸素マイナスイオンラジカルを発生させ、酸素のマイナスイオンビームを生成する。

【0026】

酸素マイナスイオンラジカルは、例えば $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ から構成されるマイナスイオンソースSから発生させることができる。酸素マイナスイオンラジカルは、 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ の AlO_4 四面体が重合して形成するケージ内に閉じこめられており、後述するように、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される。

【0027】

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、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 内のガスを排気するためのガス排気管 11b と、が設置されている。

【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、処理室 11 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、処理室 11 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。

10

【0029】

処理室 11 の内部には、ホットプレート 41 と、接触電極 42 と、クランプ 43 と、電極支持部材 44 と、引出電極 45 と、が設置されている。

【0030】

ホットプレート 41 は、処理室 11 内の側壁上に設置されている。ホットプレート 41 は、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。ホットプレート 41 の内部には、上記した原料ガス供給管 11a が貫通しており、原料ガス供給管 11a を介して供給される原料ガスは、ホットプレート 41 の表面から噴出される。

【0031】

接触電極 42 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、その表面がビームライン部 2 内を通るイオンビームの進行方向に垂直となるように、ホットプレート 41 上に配置される。接触電極 42 は、ホットプレート 41 の表面から噴出する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 42 の三相界面を有するように製造する。接触電極 42 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着によって膜を堆積させる方法がある。

20

【0032】

また、原料ガスとの接触面積を増やすため、接触電極 42 は、例えば図 2 に示すように、複数の開口 42a を有する網状に形成してもよい。接触電極 42 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。

30

【0033】

接触電極 42 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、(4) 酸化雰囲気で安定な金属などのイオン導電性の高い物質がある。

【0034】

上記 (1) に該当する物質としては、例えば、YSZ ($8 \text{ mol}\% \text{Y}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$ ：イットリア安定化ジルコニア)、SSZ ($10 \text{ mol}\% \text{Sc}_2\text{O}_3 - 1 \text{ mol}\% \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$ ：スカンジウム安定化ジルコニア) などが挙げられる。

【0035】

上記 (2) に該当する物質としては、例えば GDC ($20 \text{ mol}\% \text{GdO}_{1.5} - \text{CeO}_2$ ：ガドリニウム含有セリア)、SDC ($20 \text{ mol}\% \text{SmO}_{1.5} - \text{CeO}_2$ ：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、 $\text{YO}_{1.5}$ 、 $\text{GaO}_{1.5}$ 、 $\text{NbO}_{2.5}$ などをドーブしたものでよい。

40

【0036】

上記 (3) に該当する物質としては、 $(\text{La}, \text{Sr})\text{MnO}_3$ ：マンガン酸ランタン - スترونチウム置換、 $(\text{La}, \text{Sr})(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe})\text{O}_3$ ：コバルト酸ランタン - スترونチウム置換、ニッケル置換、鉄置換、 $(\text{La}, \text{Sr})(\text{Ga}, \text{Mg})\text{O}_3$ ：ガリウム酸ランタン、ランタンガレート - スترونチウム置換、マグネシウム置換、 $(\text{La}, \text{Sr})(\text{Cr}, \text{Ti}, \text{Co})\text{O}_3$ ：クロム酸ランタン - スترونチウム置換、チタン置換、コバルト置換、 $\text{La}_{2/3}(\text{Ti}_{0.95}\text{Al}_{0.05})\text{O}_3$ ：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 ($\text{La} \sim \text{Eu}$ 、12 配位のイオ

50

ン半径が比較的大きいもの) (例えば、 $\text{Sm}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_3$ など) に置き換えたものでも良い。

【0037】

上記(4)に該当する物質としては、Pt、Au、Ag、Pdなどが挙げられる。なお、処理温度が比較的低い場合には、他の金属を接触電極42として使用することもできる。

【0038】

クランプ43は、接触電極42およびマイナスイオンソースSを、ホットプレート41上に固定すると共に、原料ガスが接触電極42とホットプレート41の隙間から流れ出ることを防止する。

電極支持部材44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44は、引出電極45を、接触電極42に対向するように支持する。 10

【0039】

引出電極45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45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45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。

【0040】

また、処理室11には、ホットプレート41(即ち、ホットプレート41によって加熱されるマイナスイオンソースS)の温度を測定する温度計46と、処理室11内の圧力を測定する圧力計47が設置されている。 20

【0041】

高圧電源12は、その陰極がホットプレート41内を通る配線を介して接触電極42に接続され、その陽極が電極支持部材44内を通る配線を介して引出電極45に接続されている。高圧電源12は、接触電極42と引出電極45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。 30

【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、ホットプレート41の表面から噴出し、接触電極42の背面上に供給される。そして、供給された原料ガスは、接触電極42を介してマイナスイオンソースSと接触電極42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42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45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。 40

【0045】

ガス排気装置14は、排気ポンプ等を備え、ガス排気管11b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、イオン注入が行われるエンドステーション部3内の圧力と同程度の圧力(具体的には、 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ Pa)に設定する。

【0046】

ビームライン部2は、静電レンズ21と、後段加速器22と、四重極レンズ23と、か 50

ら構成され、イオンソース部 1 で生成されたイオンビームを、エンドステーション部 3 に導く。

【0047】

なお、上記したマイナスイオンソース S から生成されるイオンビームは単色性が高いので、目的のイオンを選別するための質量分離器等を設ける必要がない。これにより、静電レンズ 2 1、後段加速器 2 2、および、四重極レンズ 2 3 は、それぞれの中心軸が一直線に並ぶように設置することができる。

【0048】

静電レンズ 2 1 は、イオンソース部 1 で生成されたイオンビームを収束する。

後段加速器 2 2 は、マイナスイオンを加速して、所定エネルギーのイオンビームを生成する。なお、後段加速器 2 2 の加速によって得られるイオンビームのエネルギーは、マイナスイオンを打ち込む対象である被処理基板（半導体ウエハ W）の材質や、埋込酸化層を形成する深さ等に応じて設定される。

【0049】

例えば、半導体ウエハ W の表面から 240 nm の位置に埋込酸化層（酸素濃度の最も高い部分）を形成する場合、加速エネルギーは 100 keV に設定される。また、表面から 400 nm の位置に埋込酸化層を形成する場合、加速エネルギーは 180 keV に設定される。

四重極レンズ 2 3 は、イオンビームの断面積および断面形状を、半導体ウエハ W のイオンを打ち込む領域に合ったものに調整する。

【0050】

エンドステーション部 3 は、処理室（イオン注入室）3 1 と、ガス排気装置 3 2 と、から構成され、半導体ウエハ W にイオンを注入する。

処理室 3 1 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 3 1 には、基板ホルダ 5 1 と、基板加熱ヒータ 5 2 と、圧力計 5 3 と、が設置されている。

【0051】

基板ホルダ 5 1 は、複数の半導体ウエハ W を保持する。基板ホルダ 5 1 は、回転モータ等を備え、例えば回転することにより、イオン注入を行う注入位置に各半導体ウエハ W を順次配置する。また、基板ホルダ 5 1 は、注入位置に配置した半導体ウエハ W の配置位置を、ウエハ載置面 5 1 a に沿った方向に変化させる移動機構を備え、半導体ウエハ W の配置位置を変化させることにより、イオンを注入する領域全体にイオンビームを照射する。

【0052】

基板加熱ヒータ 5 2 は、上記注入位置とは別の加熱位置に、基板ホルダ 5 1 上の半導体ウエハ W に対向するように設置されている。基板加熱ヒータ 5 2 は、注入される酸素マイナスイオンラジカルによる半導体ウエハ W の結晶欠陥を極力少なくするため、半導体ウエハ W を所定温度（例えば、450 ～ 550 ）に加熱する。

【0053】

圧力計 5 3 は、処理室 3 1 内の圧力を測定するために設けられている。

ガス排気装置 3 2 は、排気ポンプ等を備え、ガス排気管 3 1 a を介して処理室 3 1 に接続される。ガス排気装置 3 2 は、処理室 3 1 内のガスを排気し、処理室 3 1 内の圧力を所定の圧力に設定する。具体的には、不純物イオンを排除し、イオン注入がスムーズに行われるようにするため、ガス排気装置 3 2 は、処理室 3 1 内の圧力を 10^{-5} Pa 未満に設定する。

【0054】

制御装置 4 は、マイクロコンピュータ等から構成され、所定のイオン注入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 4 は、記憶しているプログラムに従ってイオンソース部 1、ビームライン部 2、および、エンドステーション部 3 の動作を制御し、半導体ウエハ W の所定領域に酸素マイナスイオンラジカルを注入する。なお、制御装置 4 の詳しい動作については後述する。

【0055】

次に、ホットプレート 4 1 が加熱するマイナスイオンソース S の温度、および、高圧電

源 1 2 が印加する電圧の大きさについて説明する。

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 2 5 0 より低いと、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 1 0 0 0 を越えると、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。また、加熱温度が 8 0 0 より高いと、処理室 1 1 内に設置されるホットプレート 4 1 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い。

【 0 0 5 6 】

10

このため、ホットプレート 4 1 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る温度、2 5 0 ~ 1 0 0 0 に設定される。この温度範囲の中でも、一般的な金属などの材質を使用可能な温度、4 0 0 ~ 8 0 0 に設定されるのが好ましい。さらに、マイナスイオンを取り出す際に印加する電圧を比較的強く抑えるために、7 0 0 ~ 8 0 0 の範囲内に設定されるのが好ましい。

【 0 0 5 7 】

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

【 0 0 5 8 】

この際、印加される電界が弱すぎると、処理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。

【 0 0 5 9 】

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 1 1 の内壁および引出電極 4 5 等）において生じるマイナスイオンとの反応が、イオン注入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。

【 0 0 6 0 】

また、イオン注入にかかる時間は、電流量が大きいほど短く、電流量が小さいほど長い。また、半導体ウエハ W のイオンを注入する面積が狭いほど短く、広いほど長い。

30

【 0 0 6 1 】

例えば、高速低電力 L S I (Large Scale Integrated circuit) の製造に使用される低ドーズ量の S I M O X (separation by implanted oxygen) ウエハでは、厚さが 1 0 0 nm の SiO_2 層を形成するために、単位面積あたり 4.4×10^{17} 個/cm² の酸素イオンが必要である。

【 0 0 6 2 】

4.4×10^{17} 個/cm² のドーズ量を得るためには、イオン電流 7 0 mA で約 1 秒かかる。直径が 2 0 0 mm の半導体ウエハ W の全面 (3 1 4 cm²) に、上記ドーズ量でマイナスイオンを注入するためには、イオン電流 7 0 mA で 5 . 3 分かかかる。また、直径が 3 0 0 mm (ウエハ全面の面積が 7 0 7 cm²) の場合は、イオン電流 7 0 mA で 1 1 . 9 分かかかる。

40

【 0 0 6 3 】

さらに、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 の材料とその温度、処理室 1 1 内の圧力によって異なる。

例えば、 10^{-3} Pa の圧力下で、マイナスイオンソース S である C12A7 を 8 0 0 に加熱した場合、4 0 0 0 V/cm の電界を印加することにより、単位面積当たり 1 0 μ A/cm² の電流量を得ることができる。この場合、イオンが取り出される面の面積が 7 8 0 0 cm² (直径が 1 0 0 cm の円板状) であれば、7 8 mA のイオン電流を得ることができる。

【 0 0 6 4 】

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 1 2 が

50

印加する電圧の大きさ)は、マイナスイオンソースSの材質や圧力条件などに応じて設定される。

【0065】

ただし、上記した処理室11内の圧力範囲($10^{-5} \sim 10^{-6}$ Pa)において、印加する電界の大きさが100 V/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、10000 V/cm以上では、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 ~ 10000 V/cm、好ましくは200 ~ 5000 V/cmの範囲内に収まるように設定される。

【0066】

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。

10

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、処理室31の図示せぬ搬送口から、基板ホルダ51上に載置される。

【0067】

制御装置4は、例えばオペレータの処理開始指示に応答して、予め記憶しているプログラムに従ってイオンソース部1、ビームライン部2、および、エンドステーション部3の動作を制御し、以下に示すようにイオン注入処理を行う。

【0068】

初めに、制御装置4は、圧力計47の測定結果を用いてガス排気装置14を制御し、処理室11内の圧力を所定の圧力($10^{-5} \sim 10^{-6}$ Pa)に設定する。

また、制御装置4は、圧力計53の測定結果を用いてガス排気装置32を制御し、処理室31内の圧力を所定の圧力($10^{-5} \sim 10^{-6}$ Pa)に設定する。

20

【0069】

なお、ビームライン部2内の圧力も、図示せぬ排気装置、または、ガス排気装置14、32によって、所定の圧力(例えば $10^{-5} \sim 10^{-6}$ Pa)に設定される。

イオン注入装置内の圧力が所定圧力になると、制御装置4は、基板加熱ヒータ52を制御して処理対象の半導体ウエハWを所定温度に加熱し、基板ホルダ51を制御して、所定温度に加熱した半導体ウエハWを注入位置に配置する。

【0070】

また、制御装置4は、温度計46の測定結果を用いてホットプレート41を制御し、ホットプレート41上に配置されているマイナスイオンソースSを所定の温度(例えば800)に加熱する。

30

【0071】

そして、制御装置4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。この際、制御装置4は、接触電極42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45側における雰囲気ガスの全圧、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。

【0072】

その後、制御装置4は、静電レンズ21、後段加速器22、および、四重極レンズ23を制御し、イオンビームを収束するための、加速するための、および、整形するための電磁界を発生させる。

40

【0073】

そして、制御装置4は、高圧電源12を制御して、例えば4000 V/cmの電界がマイナスイオンソースSに印加されるように、接触電極42と引出電極45との間に所定の電圧を印加する。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引き出され、接触電極42と引出電極45との間の電位差によって加速され、イオンビームとしてビームライン部2に供給される。

【0074】

ビームライン部2に供給されたイオンビームは、静電レンズ21によって収束され、後段加速器22によって所定のエネルギーまで加速され、四重極レンズ23によって、その断面積および断面形状が調整され、注入位置に配置された半導体ウエハW上に照射される

50

。イオンビームの照射中は、制御装置 4 は、基板ホルダ 5 1 を制御して、半導体ウエハ W の配置位置を変化させ、半導体ウエハ W の、イオンを注入する領域全体にイオンビームを照射する。

【 0 0 7 5 】

以上のようにして、半導体ウエハ W の所定領域に、酸素マイナスイオンラジカルが注入される。この際、半導体ウエハ W から二次電子が放出され、これにより、半導体ウエハ W がプラスに帯電する。

【 0 0 7 6 】

しかし、以上のようにマイナスイオンを用いることにより、二次電子の放出による帯電が緩和される。これにより、イオンを打ち込んだ領域と打ち込んでいない領域との間での帯電量の差が小さく、半導体ウエハ W 全体における、電荷分布のばらつきが小さい。また、二次電子による帯電がマイナスイオンによって緩和されるため、除電などの処理を行う必要がない。即ち、除電用の電子ビームを生成するための電子源を設ける必要がない。

【 0 0 7 7 】

また、上記したように、マイナスイオンソース S から生成されるイオンビームは単色性が高いので、目的のイオンを選別するための質量分離器等を設ける必要がない。これにより、イオンソース部 1 からエンドステーション部 3 までイオンビームが真っ直ぐ進むように、即ち、静電レンズ 2 1、後段加速器 2 2、および、四重極レンズ 2 3 の中心軸が一直線に並ぶように構成することができる。

【 0 0 7 8 】

以上のように、質量分離器や電子源等を設ける必要がないので、イオン注入装置の構成を単純で小型なものとすることができる。また、質量分離器や電子源等を設けない分、装置全体のコストを低く抑えることができる。

【 0 0 7 9 】

なお、上記実施の形態では、処理室 1 1 内に 1 枚のマイナスイオンソース S が配置される場合を例として示した。このような、マイナスイオンソース S は、例えば 7800 cm^2 という大面積を有する。しかし、図 3 に示すように、大面積のマイナスイオンソース S を用いる代わりに、例えば 2500 cm^2 程度の小面積を有する複数のマイナスイオンソース S を並列に並べて使用しても良い。

【 0 0 8 0 】

また、上記したイオンソース部 1 の構成は、図 1 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、図 4 (a) に示すように、上記したホットプレート 4 1 の代わりに、被覆ヒータ 6 2 a 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 6 2 b が用いられてもよく、温度差を吸収する、中空の金属管 6 3 上にホットプレート 6 2 b が設置されてもよい。

【 0 0 8 1 】

また、図 4 (b) に示すように、ホットプレート 4 1 の代わりに、複数のランプ 6 4 を設置し、ランプ 6 4 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 4 2 とランプ 6 4 との間には、光を透過する石英窓 6 5 が設置される。また、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 6 4 の光を反射する反射板 6 6 等が設置されてもよい。

【 0 0 8 2 】

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 6 7 と、マイクロ波を伝搬させる導波管 6 8 a および円錐石英ガラス (導波管) 6 8 b 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 6 8 b と接触電極 4 2 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 ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) 等から形成される均熱板 6 9 を設置してもよい。

【 0 0 8 3 】

10

20

30

40

50

以上のようにイオンソース部 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、半導体ウエハ W に注入することができる。

【 0 0 8 4 】

また、ビームライン部 2 に、イオンビームの進行方向を変化させる偏向装置を設けても良い。この場合、制御装置 4 は、偏向装置を制御し、半導体ウエハ W 上の所定領域をイオンビームで走査しても良い。

【 0 0 8 5 】

また、酸素の同位体が、イオンの注入深さ分布に影響を及ぼす場合がある。このような場合は、酸素同位体を排除するための質量分離器を、後段加速器 2 2 の前に設置しても良い。この際、イオンソース部 1 からエンドステーション部 3 までのビーム路を直線に保つためには、 $E \times B$ （電場と直交する磁場）タイプの質量分離器を設けると良い。

【 0 0 8 6 】

また、 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ の品質によっては、 O^- 以外のマイナスイオン（例えば OH^- 等）が取り出される場合がある。このような場合は、イオンソース部 1 とビームライン部 2 との間に質量分離器等を設け、単色化、即ち O^- イオンの選別を行ってもよい。

【 0 0 8 7 】

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 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ 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（ $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ 、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（ $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{10}\text{Si}_4\text{O}_{35}$ ）、マイエナイト型ストロンチウムアルミネート（ $12\text{SrO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sr}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ 、アルミン酸ストロンチウム）や、上記した接触電極 4 2 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）ペロプスカイト型（ 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。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 8 】

【図 1】本発明の実施の形態にかかるイオン注入装置の構成を示す図である。

【図 2】図 1 のイオン注入装置を構成する接触電極の構成を示す図である。

【図 3】本発明の実施の形態にかかるイオン注入装置の他の構成を示す図である。

【図 4】図 1 のイオン注入装置を構成するイオンソース部の他の構成を示す図である。

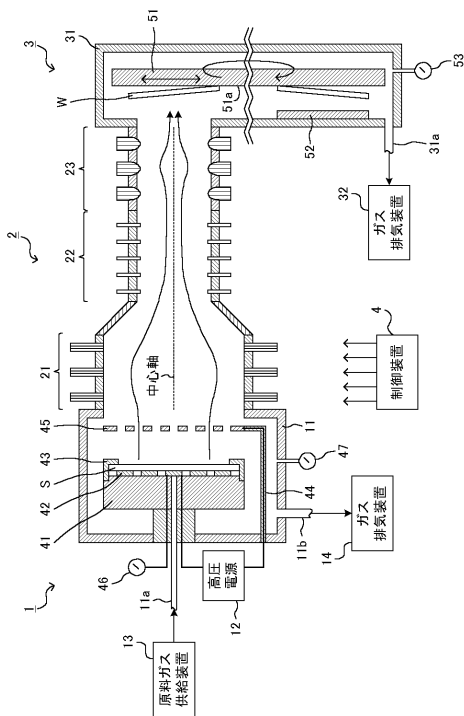
【符号の説明】

【 0 0 8 9 】

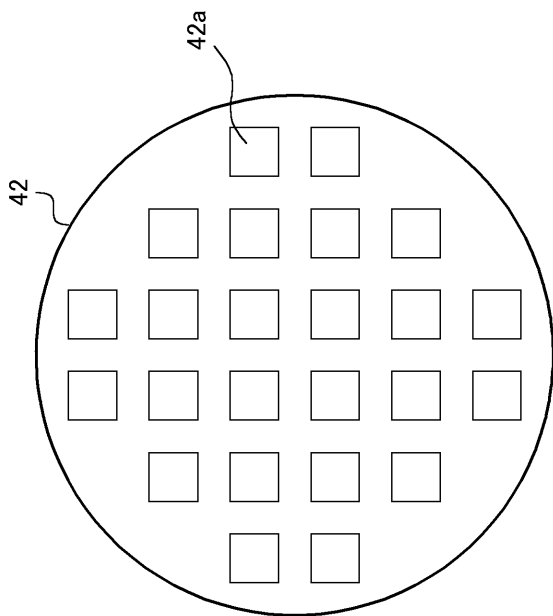
- 1 イオンソース部
- 2 ビームライン部
- 3 エンドステーション部
- 4 制御装置
- 1 1 処理室
- 1 1 a 原料ガス供給管
- 1 1 b ガス排気管
- 1 2 高圧電源
- 1 3 原料ガス供給装置
- 1 4 ガス排気装置
- 2 1 静電レンズ
- 2 2 後段加速器
- 2 3 四重極レンズ
- 3 1 処理室
- 3 1 a ガス排気管
- 3 2 ガス排気装置
- 4 1 ホットプレート
- 4 2 接触電極

- 4 2 a 開口
- 4 3 クランプ
- 4 4 電極支持部材
- 4 5 引出電極
- 4 6 温度計
- 4 7 圧力計
- 5 1 基板ホルダ
- 5 2 基板加熱ヒータ
- 5 3 圧力計

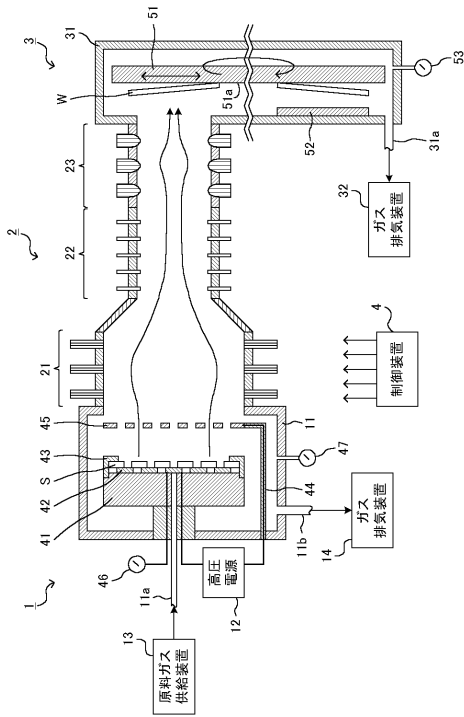
【図 1】



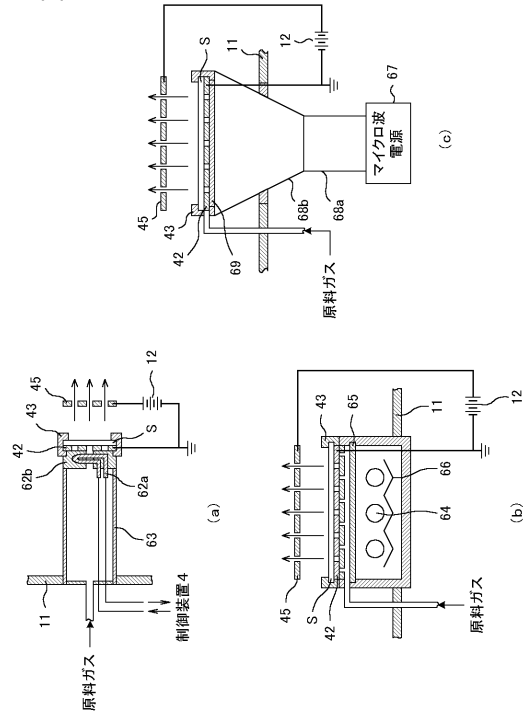
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 21/265 6 0 3 B

H 0 1 L 21/265 J