

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4288288号
(P4288288)

(45) 発行日 平成21年7月1日(2009.7.1)

(24) 登録日 平成21年4月3日(2009.4.3)

(51) Int.Cl.

H01J 37/317 (2006.01)

F I

H01J 37/317

C

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2007-86525 (P2007-86525)
 (22) 出願日 平成19年3月29日(2007.3.29)
 (65) 公開番号 特開2008-243765 (P2008-243765A)
 (43) 公開日 平成20年10月9日(2008.10.9)
 審査請求日 平成20年10月10日(2008.10.10)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000005902
 三井造船株式会社
 東京都中央区築地5丁目6番4号
 (74) 代理人 110000165
 グローバル・アイビー東京特許業務法人
 (72) 発明者 辻 康之
 岡山県玉野市玉3丁目1番1号 三井造船
 株式会社 玉野事業所内

審査官 松岡 智也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イオン注入装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

処理対象基板に、この処理対象基板の横幅よりも広いビーム幅を有する帯状イオンビームを照射してイオン注入をするイオン注入装置であって、

イオンビームを生成するイオン源を備え、生成したイオンビームを帯状イオンビームに整形するビーム整形部と、

前記帯状イオンビームを処理対象基板に照射する処理部と、

前記帯状イオンビームの前記ビーム幅の方向と直交する帯状イオンビームの厚さ方向に曲率を持つように前記帯状イオンビームの進行方向を曲げる質量分離マグネットと、前記帯状イオンビームの前記ビームの厚さ方向における電流密度の合計値を前記ビーム幅の方向の分布で表した前記帯状イオンビームの電流密度分布を調整する調整ユニットとを備え、前記帯状イオンビームの前記厚さ方向の厚さを薄くして前記帯状イオンビームを収束させた後、前記帯状イオンビームを前記処理部へ進ませるビーム輸送部と、を有し、

前記帯状イオンビームの前記厚さが、所定の領域で前記帯状イオンビームの電流密度分布を調整するように、前記調整ユニットが配置され、

前記所定の領域は、前記帯状イオンビームの収束位置、あるいは、前記帯状イオンビームの収束位置より、帯状イオンビームの下流側の、前記質量分離マグネットを通過するときの前記帯状イオンビームの前記厚さに比べて薄くなっている領域であることを特徴とするイオン注入装置。

【請求項2】

前記質量分離マグネットは、前記帯状イオンビームを前記厚さ方向において収束させ、この収束する位置に所定のイオン粒子を通過させる分離スリットが設けられ、

前記調整ユニットは、前記分離スリットの位置と重なる位置に又は帯状イオンビームの下流側の前記分離スリットの位置と隣接する位置に設けられる請求項 1 に記載のイオン注入装置

【請求項 3】

前記調整ユニットは、前記帯状イオンビームの前記厚さ方向の両側に対を成して、前記幅方向に沿って複数の対が設けられた磁石で構成され、

前記分離スリットは非磁性体で構成されている請求項 2 に記載のイオン注入装置。

【請求項 4】

前記調整ユニットは、前記帯状イオンビームの前記厚さ方向の両側に対を成して、前記幅方向に沿って複数の対が設けられた電極で構成され、前記分離スリットの位置に隣接して設けられ、

前記調整ユニットは、隣接する前記分離スリットの側には、前記電極により形成される電場を遮蔽する電場シールドを備える請求項 2 に記載のイオン注入装置。

【請求項 5】

前記ビーム整形部は、前記帯状イオンビームを生成するイオン源を複数備え、かつこれらのイオン源から生成される帯状イオンビームを前記イオンビームの厚さ方向において一点で収束するように前記複数のイオン源を配置しており、

前記調整ユニットは、前記所定の領域で、前記イオンビームの電流密度分布を調整するように、前記調整ユニットが配置されている請求項 1 に記載のイオン注入装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、処理対象基板に帯状イオンビームを照射してイオン注入を行うイオン注入装置に関する。

【背景技術】

【0002】

今日、液晶方式や有機 LED を用いた平面型表示装置に用いるガラス基板や半導体基板に対してイオン注入装置を用いてイオン注入を行う処理が盛んに行われている。特に、大型の基板に対して効率よく正確にイオン注入を行うには、基板の横幅に対して照射するイオンビームの横幅が広く、電流密度分布が所望の分布に制御された帯状イオンビームを用いることが求められている。

【0003】

イオンビームのビーム幅を基板の幅よりも広くした帯状のイオンビームを用いることにより、基板の幅方向の領域を一度に処理することができ、このとき、基板の幅方向と直交する方向に移動させることにより、基板全体を一度にイオン注入することが可能となり、効率があがる。

一方、帯状イオンビームは、基板の幅方向の同じ位置を、幅方向と直交する方向に処理するので、この帯状イオンビームの電流密度分布が幅方向で均一でない場合、基板上で不均一にイオン注入された部分が線状になって現れ、正確なイオン注入処理が行えない。このため、帯状イオンビームは、所望の電流密度分布になるように、正確に調整することが望まれている。

【0004】

下記特許文献 1 には、上述したように、帯状イオンビームを整形し、被照射体である試料をイオンビームに対して移動することによりイオンビームを試料に対して走査するイオン注入装置が記載されている。当該装置では、縦長の帯状イオンビームをイオン源にて生成し、このイオン源から生成された帯状イオンビームを質量分析磁石の通路を通過させ、この後、所望の範囲の質量数をもつイオン種だけを通過させそれ以外の質量数のイオン種を遮断するスリットを通過したイオンビームを試料に照射させてイオン注入を行う。その

際、帯状イオンビームの幅の広い長手方向と直交する方向に試料を移動させて、試料のイオン注入を行う。

又、イオンビームの分布を調べるための位置検出器が設けられている。

【0005】

同様に、下記特許文献2には、以下のようなイオン注入装置が記載されている。すなわち、当該装置では、磁気シールドしたイオン源において縦長断面の大面积イオンビームを発生させ、ウインドウ・フレーム型のマグネットによりイオンビームを短辺方向に90度近くの大きい中心角をなすように一様に曲げ、縦長開口を持つスリット板を通して不要イオンをのぞき、ビーム短辺方向に並進運動する試料にイオンビームを照射する。

【0006】

10

さらに、下記特許文献3には、以下のようなイオン注入装置が記載されている。すなわち、当該装置では、イオン源から、所望のイオン種を含み基板の短辺幅よりも幅の広いシート状のイオンビームを発生させ、質量分離マグネットにより、シート状のイオンビームをそのシート面に直交する方向に曲げて所望のイオン種を選別して導出し、その際、分離スリットを用いて、質量分離マグネットと協働して所望のイオン種を選別して通過させる。この後、分離スリットを通過したイオンビームの照射領域内で、基板を、イオンビームのシート面に実質的に直交する方向に往復駆動させて、イオン注入を行う。

【0007】

【特許文献1】特開平10-302706号公報

【特許文献2】特開平11-126576号公報

20

【特許文献3】特開2005-327713号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、上記特許文献1～3において、特許文献1に記載される帯状イオンビームの分布を調べる位置検出器を用いてこのイオンビームの電流密度分布を測定し、その結果に応じて帯状イオンビームの電流密度分布を調整しても必ずしも精度の良い調整ができないといった問題があった。

【0009】

30

すなわち、上記調整は、帯状イオンビームの一部分を帯状イオンビームの面内で小さく曲げて電流密度の低い部分の電流密度を補うことにより行われる。帯状イオンビームの一部分を帯状イオンビームの面内で曲げるには、上記イオンビームの一部分の領域に、電場又は磁場を用いて行う。このとき、例えば電場の場合、帯状イオンビームの面内の方向で電場は勾配を持ち、磁場の場合帯状イオンビームの面に対して垂直方向の磁場成分を磁場が持つことが必要である。しかし、このときの帯状イオンビームは厚さを持ち、しかも電場及び磁場が3次元的に分布するため、上記曲げに必要な電場や磁場の成分の影響を受けて帯状イオンビームの厚さは不均一になる。このため、所望のイオン種を選別を分離スリットで行うときの選別性能を低下させ、さらには、曲げようとする帯状イオンビームの前記一部分のみを誤って分離スリットが取り除くことで、処理対象基板である試料に対して不均一な電流密度分布のイオンビームでイオン注入をすることになる。このように、帯状イオンビームの一部分を精度高く所望の方向に小さく曲げることができない。

40

近年、イオン注入の際、イオンビームの注入角度の制御や温度管理が一層必要となっているが、上記帯状イオンビームの厚さの不均一は、この管理をも一層困難なものとしている。

【0010】

そこで、本発明は、上記問題点を解決するために、帯状イオンビームの一部分を帯状イオンビームの面内で小さく曲げて電流密度分布を精度よく調整する、例えば、電流密度分布を精度良く均一に調整することのできるイオン注入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】

【0011】

50

上記目的を達成するために、本発明は、処理対象基板に、この処理対象基板の横幅よりも広いビーム幅を有する帯状イオンビームを照射してイオン注入をするイオン注入装置であって、イオンビームを生成するイオン源を備え、生成したイオンビームを帯状イオンビームに整形するビーム整形部と、前記帯状イオンビームを処理対象基板に照射する処理部と、前記帯状イオンビームの前記ビーム幅の方向と直交する帯状イオンビームの厚さ方向に曲率を持つように前記帯状イオンビームの進行方向を曲げる質量分離マグネットと、前記帯状イオンビームの前記ビームの厚さ方向における電流密度の合計値を前記ビーム幅の方向の分布で表した前記帯状イオンビームの電流密度分布を調整する調整ユニットとを備え、前記帯状イオンビームの前記厚さ方向の厚さを薄くして前記帯状イオンビームを収束させた後、前記帯状イオンビームを前記処理部へ進ませるビーム輸送部と、を有し、

10

前記帯状イオンビームの前記厚さが、所定の領域で前記帯状イオンビームの電流密度分布を調整するように、前記調整ユニットが配置され、

前記所定の領域は、前記帯状イオンビームの収束位置、あるいは、前記帯状イオンビームの収束位置より、帯状イオンビームの下流側の、前記質量分離マグネットを通過するときの前記帯状イオンビームの前記厚さに比べて薄くなっている領域であることを特徴とするイオン注入装置を提供する。

【0012】

その際、前記質量分離マグネットは、前記帯状イオンビームを前記厚さ方向において収束させ、この収束する位置に所定のイオン粒子を通過させる分離スリットが設けられ、前記調整ユニットは、前記分離スリットの位置と重なる位置に又は帯状イオンビームの下流側の前記分離スリットの位置と隣接する位置に設けられることが好ましい。

20

又、前記調整ユニットは、前記帯状イオンビームの前記厚さ方向の両側に対を成して、前記幅方向に沿って複数の対が設けられた磁石で構成され、前記分離スリットは非磁性体で構成されていることが好ましい。

あるいは、前記調整ユニットは、前記帯状イオンビームの前記厚さ方向の両側に対を成して、前記幅方向に沿って複数の対が設けられた電極で構成され、前記分離スリットの位置に隣接して設けられ、前記調整ユニットは、隣接する前記分離スリットの側には、前記電極により形成される電場を遮蔽する電場シールドを備えることも同様に好ましい。

【0013】

30

又、前記ビーム整形部は、前記帯状イオンビームを生成するイオン源を複数備え、かつこれらのイオン源から生成される帯状イオンビームを前記イオンビームの厚さ方向において一点で収束するように前記複数のイオン源を配置しており、前記調整ユニットは、前記所定の領域で、前記イオンビームの電流密度分布を調整するように、前記調整ユニットが配置されている形態も好ましい。

【発明の効果】

【0014】

本発明のイオン注入装置では、帯状イオンビームの厚さ方向の厚さを薄くして帯状イオンビームを収束させた後、帯状イオンビームを処理対象基板に照射させる。このとき、帯状イオンビームの厚さが、質量分離マグネットを通過する帯状イオンビームの厚さに比べて薄くなっている、イオンビームの収束位置近傍の領域で、調整ユニットは、イオンビームの電流密度分布を調整する。このため、厚さの薄くなった帯状イオンビームに対して作用する磁場成分や電場成分は、イオンビームの厚さ方向で略一定の値を持ち、しかも、その値は、帯状イオンビームのビーム厚さ方向の中心位置における値に近い。このため、帯状イオンビーム中のビーム厚さ方向の各部分は一定の磁場の作用を受けて同じ方向に同じ角度で曲げられる。このため、精度の高いイオンビームの電流密度分布、例えば均一な電流密度分布の調整ができる。又、イオンビームの厚さが薄くなっている領域でイオンビームの電流密度分布の調整を行うので、イオンビームの曲げに必要でない電場や磁場の成分が小さい。このため、帯状イオンビームの厚さの不均一さは、従来に比べて低下する。

40

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明のイオン注入装置について、添付の図面に示される好適実施形態を基に詳細に説明する。

【0016】

図1は、本発明のイオン注入装置の一実施形態であるイオン注入装置10の平面図である。図2は、イオン注入装置10の側面図である。

イオン注入装置10は、イオンビームの上流側から順に、イオン源を備えるビーム整形部20と、質量分離マグネット及び調整ユニットを備えるビーム輸送部30と、処理対象基板（以降、処理基板という）にイオン注入する処理部60と、制御部80と、を有する。ビーム整形部20、ビーム輸送部30及び処理部60は、図示されない真空ハウジングに囲まれて、真空ポンプにより一定の真空度（ $10^{-5} \sim 10^{-3}$ Pa）を維持するようになっている。

本発明では、イオン源から処理基板に向かって進むイオンビームの流れに基づいて、イオン源の側を上流側といい、処理基板の側を下流側という。

【0017】

ビーム整形部20は、小型のイオン源22を有する。イオン源22は、イオンビームを生成する部分で、バーナス型又はフリーマン型のプラズマ発生機が用いられ、小型のイオン源22からイオンビームが発散するように引き出される。バーナス型イオン源では、金属チャンバー内にフィラメントと反射板を備え、その外側に磁石を備える。このイオン源22の真空中の金属チャンバー内にイオン注入に用いる原子を含んだガスを供給し、フィラメントに電流を流して熱電子を放出して、金属チャンバーの両側に設けられた反射板間を往復させる。この状態で、金属チャンバーに所定のアーク電圧を印加することによりアーク放電を生じさせ、これにより金属チャンバー内に供給されたガスを電離させて、プラズマを生成する。この生成したプラズマを金属チャンバーの側壁に設けられた取り出し孔から、引き出し電極を用いてプラズマを引き出すことにより、金属チャンバーからイオンビーム24が放射される。

【0018】

本実施形態のイオン源22は、小型のイオン源を用いて発散するイオンビームを生成する。本発明では、小型のイオン源の他に、大型のイオン源から略一定なビーム幅を有する略平行な帯状のイオンビームを生成するように構成してもよい。又、複数のイオン源によりイオンビームを生成してもよい。

【0019】

生成されたイオンビーム24は、イオンビームの端近傍の電流密度の低い領域からイオンビームの主領域となる電流密度の高い領域まで位置により電流密度は連続的に変化するので、本来その境界は明確ではない。しかし、本発明では、+イオンビームの端近傍の電流密度が所定の値を超えた部分をイオンビームの端として、イオンビーム24のラインを定めている。

イオン源22から生成されるイオンビームは、図2に示すようにイオンビームの端25a, 25bで発散する一方、図1に示すようにイオンビームの端25c, 25dでも発散するが、イオンビームの端25c, 25dでの発散の程度は低い。このようなイオンビームの発散の程度の違いは、イオン源22の取り出し孔の形状及び引き出し電極の構成によって定めることができる。

こうして生成されるイオンビームの断面形状は、イオンビームの端25c, 25d間の長さであるビーム厚さが、イオンビームの端25a, 25b間の長さであるビーム幅に比べて小さい形状、すなわち帯状を成す。このイオンビームのビーム幅は、処理基板の横幅よりも広いビーム幅を有するように整形される。

【0020】

なお、イオンビームは、正の電荷を持つ粒子の流れであるため、図1に示すように、処理部70に到達する帯状のイオンビームの端25c, 25dはイオンビームの電荷による

斥力の作用により発散を示している。しかし、本発明においては、このような発散するイオンビームであれ、収束するイオンビームであれ、本発明において適用可能である。

イオン源 2 2 にて生成されたイオンビーム 2 4 は、帯状となってビーム輸送部 3 0 に進む。

【 0 0 2 1 】

ビーム輸送部 3 0 は、質量分離マグネット 3 2、レンズ要素 4 0 及び分離スリット 5 0 を有する。ビーム輸送部 3 0 は、イオンビーム 2 4 のビーム厚さ方向（図 1 における端 2 5 c ~ 2 5 d 間の厚さ方向）の厚さを薄くしてイオンビーム 2 4 を収束させた後、イオンビーム 2 4 を処理部 6 0 の処理基板に照射させるように構成されている。

質量分離マグネット 3 2 は、ヨーク 3 4 で形成された角型の筒構造の内側に、図 2 に示すように、一対の磁極 3 6 を向かい合わせに設置し、磁極 3 6 の周囲にコイル 3 8 を巻いて構成される電磁石である。一対の磁極 3 6 の作る磁場は同じ方向となるように直列にコイル 3 8 は接続され、図示されない電源に接続されて電流が供給される。

イオンビーム 2 4 は、図 1 に示すイオンビームの端 2 5 c、2 5 d の軌道からわかるように、僅かに拡散するイオンビーム 2 4 となって質量マグネット 3 2 に入射される。このイオンビーム 2 4 は、一対の磁極 3 6 の間を通過し、帯状のイオンビームの厚さ方向に曲率を持つようにイオンビーム 2 4 の進行方向は曲げられ、後述する分離スリットの位置で収束するように整形される。

【 0 0 2 2 】

一対の磁極 3 6 間の内側に向く面は、部分的に傾斜させ又その傾斜位置を変更して調整することにより、曲率の異なる円柱面の連続する面あるいはトーラス面等の複雑な連続曲面で構成されている。又磁極 3 6 の一部を稼動するように構成し、イオンビーム 2 4 に対する両側の磁極端面 3 7 の成す角度は調整されている。なお、質量分離マグネット 3 2 には、ヨーク 3 4 からイオンビーム 2 4 の側にコイル 3 8 を越えて延びるフィールドクランプを設けてもよい。又、コイル 3 8 の形状を調整して所望のイオンビーム形状となるように構成してもよい。

【 0 0 2 3 】

質量分離マグネット 3 2 を通過したイオンビーム 2 4 は、イオン源 2 2 のプラズマ密度及び図示されない引き出し電極及び質量分離マグネット 3 2 の磁場の影響下で、電流密度のばらつきが一定以下、例えば 5 % 以下となるように、プラズマ密度及び引き出し電極の電圧及び質量分離マグネット 3 2 の磁場が調整されている。このイオンビーム 2 4 は、後述するレンズ要素 4 0 によって電流密度のばらつきが 1 % 程度にまで低減される。

ここで、イオンビームの電流密度とは、イオンビーム 2 4 の厚さ方向、すなわち、イオンビームの端 2 5 c、2 5 d 間の長さの方向であるビーム厚さ方向に沿って電流密度を積分した積分値、すなわち合計した合計値である。電流密度のばらつきとは、電流密度のビーム幅方向（図 2 における端 2 5 a ~ 2 5 b 間の長さ方向）の分布である電流密度分布が目標とする分布（例えば均一な分布）に対するずれ幅の標準偏差の程度をいい、より具体的には、ばらつき 1 % 以下とは、ずれ幅の標準偏差の、平均電流密度の値に対する比が 1 % 以下であることをいう。

なお、本発明では、電流密度分布は均一な分布の他に、不均一な所望の分布であってもよい。例えば、処理基板 6 2 上に C V D 法等により形成した薄膜の不均一や熱処理の不均一に合せて、意図的にイオン注入量を場所に応じて変えるために、電流密度分布を目標とする不均一な分布になるように調整する場合もある。

【 0 0 2 4 】

レンズ要素 4 0 は、帯状のイオンビーム 2 4 の一部分を、この帯状のイオンビーム 2 4 の面内でビーム幅の方向に曲げて、イオンビーム 2 4 のビーム幅方向における電流密度分布を調整する調整ユニットである。レンズ要素 4 0 は、イオンビーム 2 4 の厚さが、質量分離マグネット 3 2 を通過するイオンビーム 2 4 の厚さに比べて薄くなっている、イオンビームの収束位置 5 2 近傍の領域に配置されており、この領域でイオンビーム 2 4 の電流密度分布を調整する。

レンズ要素４０は、イオンビーム２４を挟んだ両側のヨーク４２に、電磁石４４が対を成し、かつ、イオンビーム２４のビーム幅方向に列を成して複数設けられている。これらの電磁石４４は、帯状イオンビーム２４のビーム厚さ方向の中心面を中心として両側の対称な位置に設けられている。電磁石４４は、電磁軟鉄で作られた磁極４６と磁極４６の周りに巻きまわされたコイル４８とで構成され、対を成す電磁石４４の一方の電磁石４４の作る磁場が他方の電磁石４４に向くようにコイル４８の線は、一对の電磁石４４に対して直列に接続されている。このように、対向する対を成す電磁石４４がヨーク４２の上に、ビーム幅全体を横断するように複数組設けられる。電磁石４４の対の個数は１０～２０程度である。

【００２５】

なお、図１及び２に示すレンズ要素４０は一例であり、これに限定するものではない。イオンビーム２４は、イオン源２２およびイオン源２２の図示されない引き出し電極、さらに質量分離マグネット３２により、所定の電流密度分布に近くなるようにある程度調整されているので、レンズ要素４０による調整も緩やかな調整でよい。このため、レンズ要素４０による磁場の生成も穏やかなものでよい。

又、レンズ要素４０は、磁場を用いて調整する他、後述するように電場を用いてイオンビーム２４の調整を行うこともできる。しかし、以下の点から、レンズ要素４０は磁場を用いたものが好ましい。すなわち、イオンビーム２４の周りを雲状に取り囲み低速で不揃いに運動する電子が、イオンビーム２４中の正の電荷同士の斥力によってイオンビーム２４自体が発散しようとする特性を抑制しているが、この電子に大きな影響を与えないようにするために、レンズ要素４０は磁場を用いることが好ましい。

【００２６】

レンズ要素４０の対を成す電磁石４４の間には、分離スリット５０が設けられている。分離スリット５０は、図２では示されていないが、イオンビーム２４の端２５ａ，２５ｂを横断するように細長い孔（スリット）が設けられた非磁性体部材で構成されている。質量分離マグネット３２にて曲げられたイオンビーム２４は、質量分離マグネット３２の下流側でビーム厚さ方向において収束位置５２で収束するが、この収束位置５２に分離スリット５０は設けられ、所定の質量と電荷を有するイオン粒子のみを通過させるようになっている。すなわち、分離スリット５０は、イオンビーム２４がビーム厚さ方向において収束する収束位置５２に設けられ、レンズ要素４０は、分離スリット５０と重なる位置に設けられている。

イオンビーム２４のうち、所定の質量及び電荷を持たないイオン粒子は、収束位置で収束しないため、分離スリット５０の壁面に衝突して下流側への移動が阻止される。このため、分離スリット５０は、イオン粒子の衝突による摩耗に対して耐性を有する素材を用いることが必要であり、例えば、グラファイトが好適に用いられる。イオン粒子の衝突は、垂直に対して傾斜角度を持って壁面に衝突すると摩耗が激しいことから、分離スリット５０は、イオン粒子が壁面に対して略垂直に衝突するような形状を備えることが好ましい。

【００２７】

分離スリット５０では、イオン粒子の衝突の際、分離スリット５の材料の一部がイオン粒子の衝突エネルギーを受けて粒子として物理的に飛散し、又熱による気化によりガスとなって飛散する。このとき、ビーム輸送部３０は低圧の雰囲気となっているので、上記飛散は直線的に拡がる虞がある。このため、飛散した粒子やガス等の材料成分が下流側の処理基板に到達しないように、イオン粒子の衝突する部分が処理基板から見えないうに分離スリット５０の形状を定める必要がある。例えば図１に示すように、分離スリット５０の上流側のイオン粒子が衝突する部分には、面積の広い衝突面を有する鰐５４を設け、この鰐５４により、飛散する材料成分が処理基板に到達することを阻止している。又、イオンビーム２４の通過する分離スリット５０の孔の内壁面には、この内壁面でイオン粒子が衝突しても、飛散する材料成分が直接処理基板に到達しないように、イオン粒子が衝突する面が処理基板より見通せない形状となっている。形状は、例えば、上流側に向かうのこぎり状の凹凸形状であることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

分離スリット 5 0 は、レンズ要素 4 0 の作る磁場に影響を与えないように非磁性体であることが必要である。さらに、分離スリット 5 0 はレンズ要素 4 0 の位置に重なるように配置せず、分離スリット 5 0 とレンズ要素 4 0 とが隣接するように配置してもよい。

後述するように、レンズ要素 4 0 の代わりに電場を用いてイオンビーム 2 4 を調整するレンズ要素 9 0 を用いる場合、電場に影響を与えない材料の選定が困難であること、及び分離スリット 5 0 の表面に導電性の膜が堆積し電場に影響を与えることを考慮して、レンズ要素 9 0 は、分離スリット 5 0 と隣接するように配置することが好ましい。この場合、分離スリット 5 0 は、イオンビーム 2 4 の収束位置 5 2 に配置する必要があるので、レンズ要素 9 0 を分離スリット 5 0 に対して隣接するように配置する。

10

【 0 0 2 9 】

さらに、分離スリット 5 0 のイオンビーム 2 4 の厚さ方向のスリットの開口幅は、固定されたものでもよいが、可変調整できるものが好ましい。処理基板に注入すべきイオンの量に応じて、又純度の高いイオンの注入の必要性の有無に応じてスリットの開口幅を調整することができ、これによりイオン粒子の分離性能を適切に調整できる。又、収束位置 5 2 におけるイオンビーム 2 4 の厚さを 1 0 数 mm 程度に薄くする場合がある一方、イオンビーム 2 4 の軌道は、イオンの種類、イオンビームのエネルギー及びイオン粒子の電荷により影響されて常に一定ではない。このため、スリットの開口幅は、状況に応じて調整することが好ましい。

【 0 0 3 0 】

20

分離スリット 5 0 にて不要なイオン粒子と分離され所定のイオン粒子のみで構成され、かつレンズ要素 4 0 にて電流密度分布の調整されたイオンビーム 2 4 は、ビーム厚さを広げつつ、処理部 6 0 へ進む。

【 0 0 3 1 】

処理部 6 0 は、処理基板 6 2 を図 1 中の下側から上側に搬送しつつイオン注入を行う図示されない移動機構と、イオンビーム 2 4 の電流密度分布を計測するファラディカップ 6 4 とを有する。

処理基板 6 2 は、半導体ウエハあるいはガラス基板が例示される。イオンビーム 2 4 のビーム幅は、質量分離マグネット 3 2 による調整により、図 2 に示すように処理基板 6 2 の横幅に比べて広がっている。

30

又、処理基板 6 2 に照射されるイオンビーム 2 4 は、図 2 に示すように下流側の処理基板 6 2 に進むに従って位置が低下するように図中下側に傾斜している。これは、処理基板 6 2 が図示されない基台によって、処理基板 6 2 の背面から重力を生かして保持され、かつ、イオンビーム 2 4 が処理基板 6 2 に対して垂直に入射させるためである。処理基板 6 2 を背面から保持するのは、イオンビームに曝される処理基板 6 2 の前面にクランプ治具等の保持機構を設けることはできないからである。

処理基板 6 2 がガラス板の場合、一辺が 1 m 四方の正方形形状で厚さが 0 . 5 mm の板が多く、容易に撓み易い。さらに、ガラス板の前面には微細な回路素子等のための加工が施されているので、微細な塵や粒子が付着することを避けるために、クランプ等によって処理面の側から接触することもできない。したがって、図 2 に示すように、処理基板 6 2 を傾斜させ重力を利用して背面から保持することが好ましい。

40

【 0 0 3 2 】

処理基板 6 2 の配置位置の下流側には、ファラディカップ 6 4 が設けられている。ファラディカップ 6 4 は、ビーム幅の方向にイオンビーム 2 4 のビーム幅よりも広い範囲に複数個設けられている。各ファラディカップ 6 4 のイオンビーム 2 4 を受ける面のビーム厚さ方向の長さがイオンビーム 2 4 のビーム厚さに比べて長くなっており、イオンビーム 2 4 のビーム厚さ方向に沿った電流密度分布の合計値が一度に計測されるように構成されている。ビーム幅方向には、ファラディカップ 6 4 が隣接して複数並んでおり、したがって、ビーム幅方向では、電流密度の合計値がファラディカップ 6 4 の各位置毎に離散的に計測される。

50

【 0 0 3 3 】

ファラディカップ 6 4 は、イオン粒子を受けるカップ部分と、図示されない 2 次電子捕捉機構とを有する。2 次電子捕捉機構は、ファラディカップ 6 4 内面にイオン粒子が衝突することにより発生した 2 次電子がファラディカップ 6 4 の外へ漏れるのを防止する捕捉機構である。2 次電子がファラディカップ 6 4 の外に漏れると電流密度の計測に誤差を与えるからである。2 次電子捕捉機構は、磁場を用いた捕捉機能のほか電場を用いた捕捉機能のいずれを用いてもよい。

【 0 0 3 4 】

ファラディカップ 6 4 の個数は必要に応じて増やせばよく、計測精度を上げる場合、個数を増やせばよく、レンズ要素 4 0 の電磁極 4 4 の設置個数と無関係である。電流密度の数 % のばらつきを精度良く計測するには、ファラディカップ 6 4 の設置個数は 1 0 0 個程度であることが好ましいが、2 0 ~ 4 0 個程度でも電流密度分布からイオンビーム 2 4 の調整を精度良く行うことができる。

10

ファラディカップ 6 4 は、図 1 , 2 に示されるように複数個並べる形態の他に、単一のファラディカップをイオンビーム 2 4 のビーム幅方向に、端から端まで横断するように移動させて位置と電流密度を対として計測してもよい。この方法では、ファラディカップを 1 つ用いるだけで精度良く計測することができる。

本実施形態の処理部 6 0 は、処理基板 6 2 を上下方向に移動させてイオン注入を行うものであるが、本発明では、この他、処理基板を円弧状に運動させて、あるいは円盤上に載置して回転運動させてイオンビームを照射させる方式でもよい。円弧状の運動や回転運動の場合、回転半径が場所異なるため、処理基板の各位置はイオンビームに対して移動する。したがって、均一なイオン注入を行うためには、処理基板の各位置の移動を考慮して、イオンビームの電流密度分布を調整する必要がある。

20

【 0 0 3 5 】

なお、図 1 , 2 に示すファラディカップ 6 4 のそれぞれは、制御部 8 0 中の計測器 8 2 と接続され、各ファラディカップ 6 4 で計測された電流密度の合計値は計測器 8 2 に送られる。

【 0 0 3 6 】

制御部 8 0 は、計測器 8 2 と、制御器 8 4 と、電源 8 6 とを有する。

計測器 8 2 は、各ファラディカップ 6 4 から送られたデータを用いて、電流密度分布を算出する部分である。得られた電流密度分布の結果は制御器 8 4 にて、どのレンズ要素 4 0 の電磁石 4 4 のコイル 4 8 に電流を流すか、電流値とともに決定する部分である。電流を流すべき電磁石 4 4 の位置とその電流値は、制御器 8 4 にて自動設定されるように構成してもよいし、操作者が手動で入力するようにしてもよい。又、電流密度分布のパターン毎に電流を流すべき電磁石 4 4 の位置とその電流値を定めた情報を、図示されないメモリに記憶しておき、この情報を逐次呼び出して設定するように構成してもよい。

30

電源部 8 6 は、制御器 8 4 で決定された電磁石 4 4 の位置と電流値に基づいて、対応する電磁石 4 4 に電流を供給する部分である。

これにより、電流を流すべき電磁石 4 4 の位置と電流値を決定し、その電磁石 4 4 に電流を流すことによって、イオンビーム 2 4 中の電磁石 4 4 に対応する位置において、イオン粒子の移動方向を磁場によって曲げ電流密度分布を調整することができる。

40

【 0 0 3 7 】

このようなイオン注入装置 1 0 では、イオン源 2 2 で生成されたイオンビーム 2 4 は、質量分離マグネット 3 2 においてビーム幅の広がった帯状のイオンビーム 2 4 が整形され、この後、分離スリット 5 0 にて所定の質量及び電荷を有するイオン粒子からなるイオンビーム 2 4 のみが通過して処理部 6 0 に供給される。処理部 6 0 では、処理基板 6 2 にてイオン注入が行われるが、イオン注入前にファラディカップ 6 4 にてイオンビーム 2 4 の電流密度が計測され、計測器 8 2 にて電流密度分布が求められる。この電流密度分布が所望の分布でない場合、制御器 8 4 は、レンズ要素 4 0 のどの電磁石 4 4 に電流をどの程度流すか決定し、この決定に基づいて、電源 8 6 は電流を決定した電磁石 4 4 に供給する。

50

【 0 0 3 8 】

一方、レンズ要素 4 0 は、イオンビーム 2 4 の収束位置近傍に設けられているので、レンズ要素 4 0 を通過するイオンビーム 2 4 のビーム厚さは、質量分離マグネット 3 2 を通過するときのイオンビーム 3 2 のビーム厚さに比べて薄くなっている。このビーム厚さの薄くなっている収束位置 5 2 の近傍領域でレンズ要素 4 0 は磁場を作るので、厚さの薄くなったイオンビーム 2 4 に対して作用する磁場成分は、イオンビームの厚さ方向で略一定の値を持ち、しかも、その値は、イオンビーム 2 4 のビーム厚さ方向の中心位置における値に近い。このため、イオンビーム 2 4 中のビーム厚さ方向の各部分は一定の磁場の作用を受けて同じ方向に同じ角度で曲げられる。このため、精度の高いイオンビームの電流密度分布の調整ができる。

10

【 0 0 3 9 】

このように、本発明では、レンズ要素 4 0 が作る磁場に作用するイオンビーム 2 4 の厚さが薄くなっているので、ビーム幅方向に曲げる磁場の成分は、イオンビーム 2 4 中の厚さ方向の位置に関わらず一定に近く、イオンビーム 2 4 中のビーム幅方向の所望の位置のイオンビームを目標どおりに曲げることができる。したがって、イオンビーム 2 4 の電流密度分布を精度良く調整することができる。

【 0 0 4 0 】

なお、上記実施形態では、レンズ要素 4 0 は、電磁石 4 4 による磁場を用いたイオンビーム 2 4 の調整であるが、図 3 (a) , (b) に示すように電場を用いたイオンビーム 2 4 の調整であってもよい。

20

図 3 (a) は、レンズ要素 4 0 の替わりに用いるレンズ要素 9 0 の平面図であり、図 3 (b) は、レンズ要素 9 0 の内部を説明する図である。

レンズ要素 9 0 は、イオンビーム 2 4 の収束位置 5 2 の下流側に設けられている。

本発明では、レンズ要素 9 0 は、上流側に位置する質量分離マグネット 3 2 を通過するイオンビーム 2 4 のビーム厚さに比べて薄くなっている、イオンビームの収束位置 5 2 の近傍の領域で、イオンビームの電流密度分布が調整されるように設けられていればよく、図 3 (a) , (b) に示すように、分離スリット 5 0 の位置に隣接する位置に設けられている。

【 0 0 4 1 】

レンズ要素 9 0 は、絶縁導入端子 9 3 を介して真空ハウジング 1 1 0 の外側の端子 9 2 と内側のサポート 9 4 とが接続され、サポート 9 4 の先端側に電極 9 1 が設けられている。端子 9 2 は、図 1 に示す制御部 8 0 の電源 8 6 と接続されている。図 3 (b) に示すように、電極 9 1、端子 9 2、絶縁端子 9 3、サポート 9 4 の組が、イオンビーム 2 4 の端 2 5 a から端 2 5 b まで、ビーム幅方向に複数個並んでいる。この電極 9 1 に対応するように、同一構造をした電極 9 1 がイオンビーム 2 4 を挟んだ反対側の対称な位置に、ビーム幅方向に複数個並んでいる。電極 9 1 の個数は、上述のレンズ要素 4 0 における電磁石 4 4 の対の個数と同様に 1 0 ~ 2 0 程度である。

30

【 0 0 4 2 】

レンズ要素 9 0 の電極 9 1 には、DC 電圧の同極の同電圧が印加され、電極 9 1 の間でイオンビーム 2 4 のビーム厚さ方向の中心面に対して線対称な電場が作られる。例えば、電極 9 1 に正の電圧が印加されることで、イオンビーム 2 4 は、電場を避けるように電場の両側に曲がることを利用してイオンビームの電流密度を調整する。

40

図 3 (a) , (b) に示すように、レンズ要素 9 0 の上流側及び下流側には、真空ハウジング 1 1 0 からシールド電極 9 5 a , 9 5 b が立設している。シールド電極 9 5 a , 9 5 b は、電極 9 1 を中心として対称な位置に設けられており、レンズ要素 9 0 の作る電場が、レンズ要素 9 0 の領域以外でイオンビーム 2 4 に影響を与えないように、電場をシールドするものである。

【 0 0 4 3 】

分離スリット 5 0 の下流側の端面 5 6 の形状をシールド電極 9 5 a と同様の形状に加工して、真空ハウジング 1 1 0 の内面まで延ばすことにより、シールド電極 9 5 a と同様の

50

機能を持たせることもできる。このとき、電極 9 1 を中心として分離スリット 5 0 の端面 5 6 の位置と対称な位置にシールド電極 9 5 b を設けることが好ましい。

【 0 0 4 4 】

さらに、本発明は、図 4 に示すイオン注入装置を構成してもよい。

図 4 に示すイオン注入装置 1 0 0 は、図 1 に示すイオン注入装置 1 0 と同様に、ビーム整形部 2 0 と、質量分離マグネット及び調整ユニットを備えるビーム輸送部 3 0 と、処理基板にイオン注入する処理部 6 0 と、制御部 8 0 と、を有する。ビーム整形部 2 0、ビーム輸送部 3 0 及び処理部 6 0 は、図示されない真空ハウジングに囲まれて、真空ポンプにより一定の真空度 ($10^{-5} \sim 10^{-3}$ Pa) を維持するようになっている。

【 0 0 4 5 】

ビーム輸送部 3 0 は、質量分離マグネット 3 2 と、レンズ要素 4 0 と、分離スリット 5 0 と、を有し、処理部 6 0 は、処理基板 6 2 を図 4 中の下側から上側に搬送しつつイオン注入を行う図示されない移動機構と、イオンビーム 2 4 の電流密度分布を計測するファラディカップ 7 4 とを有する。レンズ要素 4 0 は、質量分離マグネット 3 2 の上流側に設けられている点のみが異なり、これ以外の各部分の構成は同じであるので、説明は省略する。

なお、レンズ要素 4 0 は、磁場を用いたイオンビーム 2 4 の調整を行ってもよいし、図 3 (a) , (b) に示すように電場を用いた調整を行ってもよい。

一方、ビーム整形部 2 0 は、複数の同じ性能を有するイオン源 2 2 a , 2 2 b , 2 2 c を有し、これらのイオン源 2 2 a ~ c から生成されるイオンビーム 2 4 a ~ 2 4 c は位置 4 9 にて収束するように、各イオン源 2 2 a ~ 2 2 c が配置されている。レンズ要素 9 0 は、位置 4 9 の近傍領域でイオンビームを調整する。すなわち、イオン注入装置 1 0 0 では、質量分離マグネット 3 2 の上流側でイオンビーム 2 4 は収束するように構成されているので、位置 4 9 の近傍領域でイオンビームの調整を精度良くすることができる。

【 0 0 4 6 】

この場合、レンズ要素 4 0 と分離スリット 5 0 とが離れているので、レンズ要素 4 0 で作られる磁場又は電場が分離スリット 5 0 に影響を与えず、分離スリット 5 0 の形状や材質等の制限がない点で有利である。さらに、レンズ要素 4 0 を用いてビーム幅方向の所定の位置のイオンビームを曲げようとするとき、レンズ要素 4 0 から処理基板 6 2 までの距離が長いので、レンズ要素 4 0 による電流密度分布の調整の程度も小さく、イオンビーム 2 4 に余分な影響を与えない。しかも、レンズ要素 4 0 に供給する電流も低いので、レンズ要素 4 0 自体の他、電源 8 6 の容量も小さくて済むので、製作コストも低減する。

【 0 0 4 7 】

以上、本発明のイオン注入装置について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更をしてもよいのはもちろんである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 8 】

【図 1】本発明のイオン注入装置の一実施形態であるイオン注入装置の平面図である。

【図 2】図 1 に示すイオン注入装置の側面図である。

【図 3】(a) は、図 1 に示すイオン注入装置に用いるレンズ要素の替わりに用いる別の形態のレンズ要素の平面図であり、(b) は、(a) に示すレンズ要素の内部を説明する図である。

【図 4】図 1 に示す本発明のイオン注入装置とは別の形態のイオン注入装置の平面図である。

【符号の説明】

【 0 0 4 9 】

1 0 イオン注入装置

2 0 ビーム整形部

2 2 , 2 2 a , 2 2 b , 2 2 c イオン源

10

20

30

40

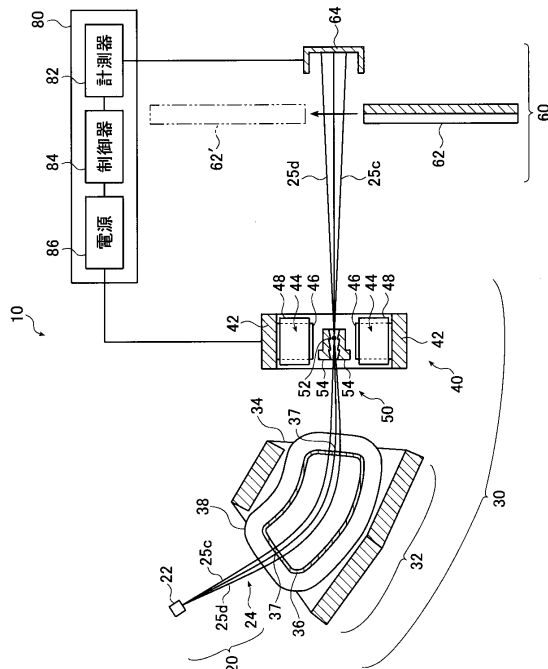
50

2 4 , 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c イオンビーム
2 5 a , 2 5 b , 2 5 c , 2 5 d 端
3 0 ビーム輸送部
3 2 質量分離マグネット
3 4 ヨーク
3 6 磁極
3 7 磁極端面
3 8 コイル
4 0 , 9 0 レンズ要素
4 2 ヨーク
4 4 電磁石
4 6 磁極
4 8 コイル
4 9 , 5 2 収束位置
5 0 分離スリット
5 4 鍔
6 0 処理部
6 2 処理基板
6 4 ファラディカップ
8 0 制御部
8 2 計測器
8 4 制御器
8 6 電源
9 1 電極
9 2 端子
9 3 絶縁端子
9 4 サポート
9 5 a , 9 5 b シールド電極
1 1 0 真空ハウジング

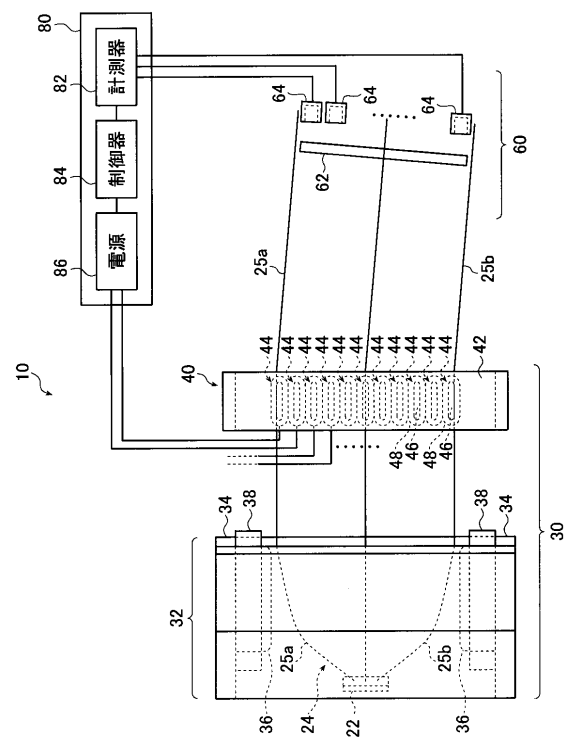
10

20

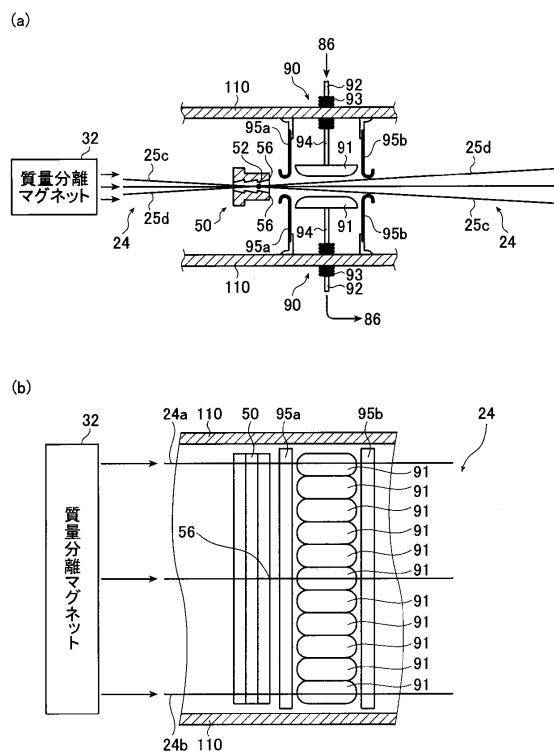
【 図 1 】



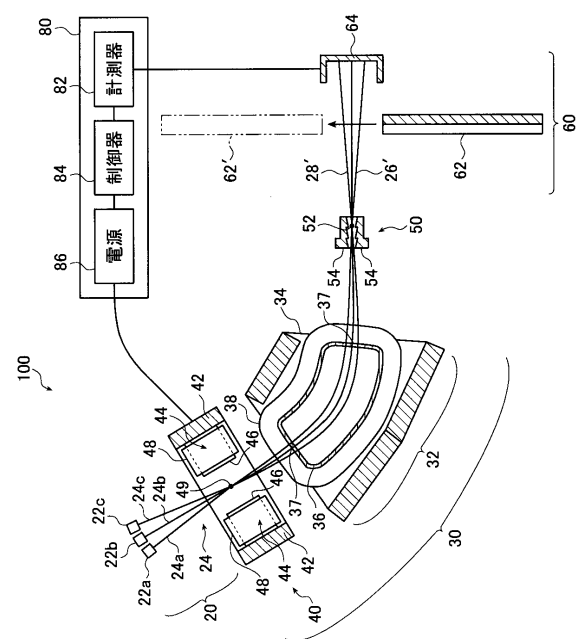
【圖 2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-327713(JP,A)
特開2008-097975(JP,A)
特開2007-273368(JP,A)
国際公開第2008/123421(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01J 37/317
C23C 14/48
H01L 21/265