

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5963662号
(P5963662)

(45) 発行日 平成28年8月3日(2016.8.3)

(24) 登録日 平成28年7月8日(2016.7.8)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 J 37/317 (2006.01) HO 1 J 37/317 Z
 HO 1 L 21/265 (2006.01) HO 1 L 21/265 6 O 3 Z

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2012-265844 (P2012-265844)	(73) 特許権者	000183196
(22) 出願日	平成24年12月4日 (2012.12.4)		住友重機械イオンテクノロジー株式会社
(65) 公開番号	特開2014-110236 (P2014-110236A)		東京都品川区大崎二丁目1番1号
(43) 公開日	平成26年6月12日 (2014.6.12)	(74) 代理人	100105924
審査請求日	平成27年2月10日 (2015.2.10)		弁理士 森下 賢樹
		(74) 代理人	100109047
			弁理士 村田 雄祐
		(74) 代理人	100109081
			弁理士 三木 友由
		(74) 代理人	100116274
			弁理士 富所 輝観夫
		(72) 発明者	梶澤 光昭
			愛媛県西条市今在家1501番地 株式会社SEN愛媛事業所内

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】

イオン源で生成したイオンビームを加速する複数のユニットと、スキャンビームを調整してウェハに注入する複数のユニットとを備えたイオン注入装置であって、

スキャンビームを調整する複数のユニットの長さを、イオン源及びイオンビームを加速する複数のユニットとほぼ同じ長さの長直線部に構成することによって、

対向する長直線部を有する水平のU字状の折り返し型ビームラインを構成するようにし

前記複数のユニットに対する作業を可能とする作業スペースを、対向する長直線部を有するU字状の折り返し型ビームラインの中央領域に設け、該中央領域をメンテナンスエリアとして有するレイアウトとし、

前記複数のユニットは、

高エネルギー加速部と、

ビーム輸送ライン部と、

ビームラインの上流側に設けられている、イオンビームを発生させるイオンビーム発生ユニットと、

ビームラインの下流側に設けられている、イオンが注入される基板を供給し処理する基板処理供給ユニットと、

前記イオンビーム発生ユニットから前記基板処理供給ユニットへ向かうビームラインの途中に設けられている、イオンビームの軌道を偏向する偏向ユニットと、を含み、

前記高エネルギー加速部および前記ビーム輸送ライン部は、前記U字状の折り返し型ビームラインの前記作業スペースを挟んで対向するように配置されており、

前記イオンビーム発生ユニットおよび前記基板処理供給ユニットをビームライン全体の一方の側に配置し、

前記偏向ユニットをビームライン全体の他方の側に配置する、
ことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項2】

前記イオンビーム発生ユニットは、イオン源、引き出し電極および質量分析装置を含み、

前記偏向ユニットは、エネルギーフィルター分析器を含み、

前記ビーム輸送ライン部は、ビーム整形器、ビーム走査器、ビーム平行化器および最終エネルギーフィルター分析器を含み、

前記イオンビーム発生ユニットにて生成したイオンビームを、前記高エネルギー加速部にて加速するとともに、前記偏向ユニットにより方向転換し、前記ビーム輸送ライン部の終端に設けられている前記基板処理供給ユニットにある基板に照射する、

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】

前記偏向ユニットは、エネルギーフィルター磁石、軌道調整レンズ、エネルギースリットおよび角度偏向磁石を含むことを特徴とする請求項1または2に記載のイオン注入装置。

【請求項4】

前記エネルギーフィルター磁石および前記角度偏向磁石は、合計の偏向角度が180度となるように構成されていることを特徴とする請求項3に記載のイオン注入装置。

【請求項5】

前記エネルギーフィルター磁石および前記角度偏向磁石は、それぞれ偏向角度が90度となるように構成されていることを特徴とする請求項3に記載のイオン注入装置。

【請求項6】

静電偏向式の平行化レンズ装置の使用によるスキャンビームの平行化レイアウトを有する請求項1乃至5のいずれか1項に記載のイオン注入装置。

【請求項7】

前記作業スペースと外部との間で作業者の移動を可能とする連通路が前記U字状の折り返し型ビームラインの入り口部に設けられていることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のイオン注入装置。

【請求項8】

イオンビーム発生ユニットおよび高エネルギー多段直線加速部による長い軌道を有する第1セクションと、エネルギーフィルター分析器を含む偏向ユニットによる方向変換のための第2セクションと、ビーム整形装置およびスキャナー装置、静電平行化レンズ装置、最終エネルギーフィルターを含むビーム輸送ライン部による長い軌道を有する第3セクションとにより、高エネルギーイオン注入ビームラインを構成し、前記第1セクションと前記第3セクションとを対向させて配置して、高エネルギー高精度注入を実現する対向する長直線部を有するU字状の装置レイアウトを構成したことを特徴とするイオン注入装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、イオン注入装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体素子製造工程では、真空中で半導体ウェハにイオンを打ち込んで半導体ウェハの結晶に不純物を添加することにより導電性を変化させ、半導体ウェハを半導体素子化させるための重要な工程が標準的に実施されている。この工程で使用される装置は、一般に半

10

20

30

40

50

導体素子化させるための不純物原子をイオンとして加速して、半導体ウェハに打ち込むイオン注入装置と呼ばれる。

【 0 0 0 3 】

近年、半導体素子の高集積化・高性能化に伴い、イオン注入装置には、より深く半導体ウェハに打ち込むための高エネルギーのイオン注入を実現するより高い性能が求められている。このような高い性能を実現するために、例えば、イオンビームの加速系をタンデム型加速装置で構成する方法がある（特許文献1参照）。

【 0 0 0 4 】

また、従来の枚葉式高エネルギーイオン注入機では、加速部にバンデグラフ型タンデム加速装置または重イオンリナック（直線式）加速装置を用い、その下流にフィルタリングマグネット（タンデムの場合は価数分離用、リナックの場合はエネルギー分析用）、ビームスキャナー（低周波電場または磁場によって走査ビームを生成する装置）、磁場平行化パラレルマグネット（中心軌道からスキャンされたビームのスキャン軌道を中心軌道方向に揃えて平行化する電磁石）を用いて、ウェハ全表面に一樣な角度で均一な量の高エネルギーイオンを注入しようとしている。イオンのエネルギーは、3～4 MeV程度までである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献1】特許第3374335号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

フォトリジスト付きウェハに高エネルギーイオンを注入すると、大量のアウトガスが発生し、このアウトガスのガス分子とビームイオンとが相互作用し、一部のイオンの価数が増える。磁場平行化パラレルマグネット通過中にこの価数変化が起こると、平行化の偏向角が変わるので、ウェハへの注入角が一樣ではなくなる。また、注入されるイオンの量（個数）は、ウェハ付近に置かれたファラディカップで、ビーム電流値を測定することによって求められるが、価数変化によってその計測値が狂い、予定の注入量から外れ、半導体素子の特性が予定された通りにならない。さらに、磁場（パラレルマグネット）による平行化は、内側の軌道と外側の軌道で、偏向角と軌道長が異なるため、外側の軌道ほど価数変化するイオンの割合が増え、ウェハ面内の注入均一性も悪化する。

【 0 0 0 7 】

また、磁場平行化パラレルマグネットは、スキャン方向に幅の広い磁極とある程度長い平行化区間を必要とし、エネルギーが高くなるとさらに磁極が長く大きくなるので、重量が非常に大きくなり、装置を安全に据え付けし維持するために、半導体工場自体の強度設計を強化する必要が出てくるうえに、消費電力も非常に大きくなる。

【 0 0 0 8 】

一方、枚葉式高エネルギーイオン注入装置よりも比較的エネルギーの低い（枚葉式）中電流イオン注入機の一部では、平行化電磁石が持つ上記の欠点を避けるために、静電場平行化（電極式）パラレルレンズと、静電場（電極式）エネルギーフィルター（AEF: Angular Energy Filter）が使われている。静電場平行化パラレルレンズは、軌道の対称性を保ちながらスキャン軌道を中心軌道方向に揃えて平行化し、AEFは、ウェハ直前で価数変化したイオンを除去する。これによって、アウトガスが多いときでも、エネルギーコンタミネーションのないビームを得ることができ、磁場平行化パラレルマグネットのようなスキャン方向の注入角度のバラツキも発生せず、結果として、正確な深さ方向の注入分布と注入量（ドーズ）のイオンを均一に注入できるとともに、注入角度も一樣になって、非常に精度の高いイオン注入が実現している。また、軽量の電極部材で構成され、電磁石と比べて、消費電力も少ない。

【 0 0 0 9 】

しかし、ビームイオンを同じ角度に偏向する場合、必要な磁場はエネルギーの平方根に比例するのに対して、必要な電場はエネルギーそのものに比例する。したがって、磁場平行化における偏向磁極の長さはエネルギーの平方根に比例するのに対して、電場平行化における偏向電極はエネルギーに比例して長くなるため、高エネルギーイオン注入で、上記の高精度角度注入を実現しようとする、ビーム輸送系（スキャナーからウェハまでの距離）が相対的に長くなる。また、高角度精度注入のためには、電極に非常に精度と安定度の高い電圧を供給する必要があるが、低エネルギーから高エネルギーまでの注入エネルギー範囲をカバーするために電場平行化における電極電源に要求される電圧ダイナミックレンジは、磁場平行化における電磁石電源に要求される電流ダイナミックレンジより、はるかに広がる。

10

【0010】

このような電場平行化機構を備える中電流機が持つ平行化角度精度の良さを高エネルギーイオン注入に導入する場合、例えば、イオン源、質量分析磁石、タンデム型加速装置若しくは高周波直線（リニアック）加速装置、エネルギーフィルターを含むビームトランスポート系である後段ビームライン、ビームスキャナー、平行化装置、最終エネルギーフィルター、注入処理室および基板搬送機器（エンドステーション）等の構成機器を、それぞれ独立にほぼ直線状に据え付ける構造が考えられる。しかしこの場合、装置の全長がかなり長くなり、設置場所の設定と準備、設置作業等が大がかりとなつて、しかも設置面積も大きくなる。また、各機器の据付けアライメントの調整、装置稼働後のメンテナンスや修理、調整のための作業スペースも必要である。このような大がかりなイオン注入機は、半

20

【0011】

本発明はこうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、充分な作業領域を確保しつつ設置場所の設定と準備、設置作業を簡略化し、設置面積を抑える技術を実現することによって、平行化電極・エネルギーフィルター電極を備えた高精度の高エネルギーイオン注入装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】**【0012】**

上記課題を解決するために、本発明のある態様の高エネルギーイオン注入装置は、イオン源で生成したイオンビームを加速する複数のユニットと、スキャンビームを調整してウェハに注入する複数のユニットとを備えたイオン注入装置であつて、スキャンビームを調整する複数のユニットの長さを、イオン源及びイオンビームを加速する複数のユニットとほぼ同じ長さの長直線部に構成することによって、対向する長直線部を有する水平のU字状の折り返し型ビームラインを構成するようにした。このようなレイアウトは、イオン源からイオンを加速するユニット群の長さに合わせて、スキャナー、パラレルレンズ、エネルギーフィルターなどのユニット群の長さをほぼ同じ長さに構成することで実現している。

30

【0013】

なお、以上の構成要素の任意の組合せや本発明の構成要素や表現を、方法、装置、システムなどの間で相互に置換したものもまた、本発明の態様として有効である。

40

【発明の効果】**【0014】**

本発明によれば、イオン注入装置に対する作業性を確保しつつ設置場所の設定と準備、設置作業を簡略化し、設置面積を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】**【0015】**

【図1】図1は、本実施の形態に係るイオン注入装置の概略レイアウトとビーム経路であるビームラインを示す上面図である。

【図2】図2(a)は、イオンビーム発生ユニットの概略構成を示す平面図、図2(b)

50

は、イオンビーム発生ユニットの概略構成を示す側面図である。

【図3】高エネルギー多段直線加速部の概略構成を含む全体レイアウトを示す平面図である。

【図4】複数の高周波線形加速器からなる高エネルギー多段直線加速部及び収束発散レンズの制御系の構成を示すブロック図である。

【図5】図5(a)、図5(b)は、E.F.M.(Energy Filter Magnet)/エネルギー分析/BM、ビーム整形器、ビーム走査器(スキャナー)の概略構成を示す平面図である。

【図6】図6(a)は、ビーム走査器からビーム平行化器以降のビームラインから基板処理供給ユニットまでの概略構成を示す平面図、図6(b)は、ビーム走査器からビーム平行化器以降のビームラインから基板処理供給ユニットまでの概略構成を示す側面図である。

10

【図7】ビーム走査器の一例の主要部を上方から見た横断面図である。

【図8】ビーム走査器の着脱自在構造の一例を示した斜視図である。

【図9】ビーム走査器の一例をイオンビームラインの途中経路に着脱自在に装着した構成を下流側から見た正面断面図である。

【図10】角度エネルギーフィルターの偏向電極の他の態様を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

高いエネルギー(例えば1~4MeV)を持ったイオンを基板へ注入することが可能な高エネルギーイオン注入装置は、例えば、イオン源、質量分析磁石、高周波直線(リニアック)加速装置、エネルギーフィルターを含むビームトランスポート系、ビームスキャナー、ビーム平行化装置、最終エネルギーフィルター、注入処理室、基板搬送機器等の多数の構成機器からなる。そのため、各構成機器を、それぞれ独立にほぼ直線上に据え付けると、全長が非常に長くなり、各装置の据付けアライメント、稼働後のメンテナンスや修理、調整、に多大な労力を要するものとなる。

20

【0017】

また、高エネルギーイオン注入装置の各構成機器を、それぞれ独立に架台に搭載して据付け調整すると、主要装置全体では、例えば、幅約7m全長約20mの大きさとなることもある。最近では、CCDやCMOS撮像素子を製造する際に、超高エネルギー(3~10MeV)を有するイオンを基板の深部に注入する工程が採用されており、このような注入では、超高エネルギーイオン注入装置が使用されている。このような超高エネルギーのビームラインを実現するためには、長い高周波加速部を中心として、多くのビームライン部材を連ねる必要があり、さらに長大な総延長のビームラインとなりうる。この場合、ビームライン両側にメンテナンス用スペースを広く取らざるを得ず、またビームラインの長さがそのまま装置の長さに、ビームライン両側のメンテナンス用スペースがそのまま装置の幅になってしまう。

30

【0018】

半導体素子製造工程では、数多くの種類の半導体製造装置からなっており、イオン注入装置も他の装置と同様、省スペースと、装置長さの制限が求められる。しかし、装置内部の各機器の大きさだけでなく、それらのメンテナンススペースの確保などで、装置サイズが大きくなり、またビームラインの長さがそのまま装置の長さとなるため、ビームライン方向に長くなる傾向がある。

40

【0019】

そこで、本実施の形態では、以下に示す構成の高エネルギーイオン注入装置によって、イオン注入装置に対する作業性を確保しつつ設置面積を抑えることができる。

【0020】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を適宜省略する。また、以下に述べる構成は例示であり、本発明の範囲を何ら限定するものではない。

50

【 0 0 2 1 】

(高エネルギーイオン注入装置)

はじめに、本実施の形態に係る高エネルギーイオン注入装置の構成を簡単に説明する。イオンは荷電粒子の種類の一つであり、本明細書の内容は、イオンビームのみならず荷電粒子ビームの装置にも適用できるものである。

【 0 0 2 2 】

図1は、本実施の形態に係るイオン注入装置100の概略レイアウトとビームラインを模式的に示したものである。

【 0 0 2 3 】

本実施の形態に係るイオン注入装置100は、高エネルギーイオンビームラインを有する高周波直線(線形)加速方式のイオン注入装置であり、イオン源10で発生したイオンを加速し、対向する長直線部を有するU字状のビームラインに沿ってウェハ(基板)200までイオンビームとして輸送し、ウェハ200に注入するイオン注入装置である。U字状のビームラインは、複数のユニットで構成されている。ここで、「対向する長直線部を有するU字状」とは、例えば、イオン注入装置全体の配置が長方形の場合、後述する高エネルギー多段直線加速部の長手方向が長方形配置の長辺となるようなレイアウトと捉えることができる。

【 0 0 2 4 】

複数のユニットのそれぞれは、同一の面を基準にほぼ水平に配置されている。また、複数のユニットのほぼ全てのユニットに対する作業を可能とする作業スペースR1が、U字状のビームラインの中央領域に設けられている。更に作業スペースR1と外部との間で作業者の移動を可能とする連通路Pが設けられている。これにより、作業者はU字の中央部に設けられた作業スペースR1の奥まで容易に入ることができ、メンテナンスや調整の作業効率が向上する。

【 0 0 2 5 】

イオン注入装置100は、イオンビーム発生ユニット12と、高エネルギー多段直線加速部14と、偏向ユニット16と、ビーム輸送ライン部18と、基板処理供給ユニット20と、を備える。イオンビーム発生ユニット12は、イオン源10と、引き出し電極40と、質量分析装置22と、を有する。イオンビーム発生ユニット12では、イオン源10から引き出し電極を通してビームが引き出されると同時に加速され、引出加速されたビームは質量分析装置22により質量分析される。質量分析装置22は、質量分析磁石22a、質量分析スリット22bを有している。一般に、質量分析スリット22bは、質量分析磁石22aの直後に配置するものであるが、実施例では、その次の構成である高エネルギー多段直線加速部14の入り口部内に配置している。

【 0 0 2 6 】

質量分析装置22による質量分析の結果、注入に必要なイオン種だけが選別され、選別されたイオン種のイオンビームは、次の高エネルギー多段直線加速部14に導かれる。高エネルギー多段直線加速部14により、さらに多段加速されたイオンビームは、偏向ユニット16により方向が変化させられる。偏向ユニット16は、エネルギーフィルター分析器24と、軌道調整レンズである軌道調整四重極レンズ26と、エネルギー制限スリット28と、角度偏向磁石30と、を有する。なお、エネルギーフィルター分析器24は、例えば、エネルギーフィルター偏向磁石(E.F.M.)である。

【 0 0 2 7 】

ビーム輸送ライン部18は、偏向ユニット16から出たイオンビームを輸送するものであり、収束/発散レンズ群から構成されるビーム整形器32と、ビーム走査器34と、ビーム平行化器36と、最終エネルギーフィルター分析器(AEF)38(最終エネルギー分離スリットを含む)と、を有する。ビーム輸送ライン部18の下流側の終端には、イオンビームによりイオンが注入されるウェハ200が配置される注入処理室である基板処理・基板搬送供給ユニット20が設けられている。

【 0 0 2 8 】

このように各ユニットをU字状に配置したイオン注入装置100は、設置面積を抑えつつ良好な作業性が確保されている。また、イオン注入装置100においては、各ユニットや各装置をモジュール構成とすることで、ビームライン基準位置に合わせて着脱、組み付けが可能となっている。

【0029】

次に、イオン注入装置100を構成する各ユニット、各装置について更に詳述する。

【0030】

(イオンビーム発生ユニット)

図2(a)は、イオンビーム発生ユニットの概略構成を示す平面図、図2(b)は、イオンビーム発生ユニットの概略構成を示す側面図である。

10

【0031】

図2(a)、図2(b)に示すように、ビームラインの最上流に配置されているイオン源10の出口側には、イオンチャンバ内で生成されたプラズマからイオンビームを引き出す引き出し電極40が設けられている。引き出し電極40の下流側近傍には、引き出し電極40から引き出されたイオンビーム中に含まれる電子が引き出し電極40に向かって逆流するのを抑制する引き出しサプレッション電極42が設けられている。

【0032】

イオン源10は、イオン源高圧電源46と接続されている。引き出し電極40とターミナル48との間には、引き出し電源50が接続されている。引き出し電極40の下流側には、入射するイオンビームから所定のイオンを分離し、分離したイオンビームを取り出すための質量分析装置22が配置されている。

20

【0033】

(高エネルギー多段直線加速部)

図3は、高エネルギー多段直線加速部14の概略構成を示す平面図である。高エネルギー多段直線加速部14は、イオンビームの加速または減速を行う複数の線形加速装置、すなわち、一つ以上の高周波共振器14aを備えている。換言すると、高エネルギー多段直線加速部14は、高周波(RF)電場の作用により、イオンを加速あるいは減速することができる。図3において、高エネルギー多段直線加速部14は、高エネルギーイオン注入用の基本的な複数段の高周波共振器14aを備えた第1直線加速器15aと、さらに、超高エネルギーイオン注入用の追加の複数段の高周波共振器14aを備えた第2直線加速器15bとから構成されている。

30

【0034】

通常の加速系を備えたイオン注入装置においては、加速に関わる運転パラメータは解析的に容易に決めることができる。例えば、ほとんどのイオン注入装置で用いられている静電場を用いた加速方法では、静電場を作り出す電源の設定電圧V[kV]は、所望のイオンの価数nと所望のエネルギーE[keV]とから、以下の式(1)により簡単に決められる。

$$V = E / n \cdots \text{式(1)}$$

【0035】

複数段の静電場を用いる場合には、その合計の電圧をVにすればよい。一方、高周波(RF)加速を用いたイオン注入装置においては、高周波のパラメータとして電圧の振幅V[kV]、周波数f[Hz]を考慮しなければならない。更に、複数段の高周波加速を行う場合には、お互いの高周波の位相[deg]がパラメータとして加わる。加えて、加速の途中や加速後にイオンビームの横方向への広がりを収束・発散効果によって制御するための磁場レンズ(例えば、四極電磁石)や静電場レンズ(例えば、静電四極電極)がある場合には、それらの運転パラメータは、そこを通過する時点でのイオンのエネルギーによって最適値が変わることに加え、加速電界の強度が収束・発散に影響を及ぼすため、高周波のパラメータを決めた後にそれらの値を決めることになる。

40

【0036】

静電場を用いた加速方法では、静電場を作り出す電源電圧V[kV]と引き出すイオン

50

の電価数 n とで一意にイオンビームのエネルギー E [k e V] が決まる。この場合、イオンのエネルギーは、

$$E = n \cdot V \cdots \text{式 (2)}$$

で表される。

【 0 0 3 7 】

したがって、エネルギー分析電磁石の磁場測定そのものには、エネルギーを決める上での直接的な役割はない。

【 0 0 3 8 】

しかし、例えば高周波 (R F) 加速を用いたイオン注入装置においては、加速後のイオンビームのエネルギーがある広がりを持つ。このため、イオンをシリコンウェハ等の基板に注入する前に、電場または磁場によりエネルギーを分析して所望のエネルギーを持つイオンビームのみを選別する必要がある。一般的には、分析には取扱いの容易さから電磁石が用いられるが、この場合イオンビーム側のエネルギーがある幅を持つため、電磁石の磁場からエネルギーを算出しなければならない。

【 0 0 3 9 】

イオンのエネルギー E [k e V] は、

$$E = 4.824265 \times 10^4 \times (B^2 \cdot r^2 \cdot n^2) / m \cdots \text{式 (3)}$$

で表される。ここで、 m [a m u] はイオンの質量数、 n はイオンの電価数、 r [m] は電磁石内のビーム軌道の曲率半径、 B [T] は磁場 (磁束密度) である。このうち、 m と n は注入条件から既知であり、 r は一定である。したがって、磁場 B の測定がエネルギー E を測定することに直接的につながる。

【 0 0 4 0 】

また、近年開発が進んでいる非常に低いエネルギーのイオン注入装置においては、プラズマの電位の影響がイオンのエネルギーに与える影響が無視できなくなっている。このため、単に引き出し電圧だけでは正確なイオンビームのエネルギーを決めるのが難しくなっているが、このような場合でも最終的なエネルギー分析電磁石の精密な磁場測定に基づくエネルギーの算出が有効である。

【 0 0 4 1 】

(高エネルギー多段直線加速部)

図 4 は、複数の高周波線形加速器からなる高エネルギー多段直線加速部及び収束発散レンズの制御系の構成を示すブロック図である。

【 0 0 4 2 】

高エネルギー多段直線加速部 1 4 には一つ以上の高周波共振器 1 4 a が含まれている。高エネルギー多段直線加速部 1 4 の制御に必要な構成要素としては、オペレータが必要な条件を入力するための入力装置 5 2、入力された条件から各種パラメータを数値計算し、更に各構成要素を制御するための制御演算装置 5 4、高周波の振幅を調整するための振幅制御装置 5 6、高周波の位相を調整するための位相制御装置 5 8、高周波の周波数を制御するための周波数制御装置 6 0、高周波電源 6 2、収束発散レンズ 6 4 のための収束発散レンズ電源 6 6、運転パラメータを表示するための表示装置 6 8、決定されたパラメータを記憶しておくための記憶装置 7 0 が必要である。また、制御演算装置 5 4 には、あらかじめ各種パラメータを数値計算するための数値計算コード (プログラム) が内蔵されている。

【 0 0 4 3 】

静電圧でイオンを加速するイオン注入装置では、解析的に容易に加速パラメータを決定できる。そのため、加速条件 (イオンの価数) や所望のエネルギー等をオペレータが入力するか、あるいは上位のコンピュータから指示するだけで、必要な加速パラメータ (電圧) はイオン注入装置の制御装置で計算され、自動的に設定される。そして、目的のエネルギーのビームを得るためのパラメータの組合せが見つけられる。すなわち、目的のエネルギーのビームを得るために、オペレータが若しくは上位のコンピュータから、入力装置 5 2 に所望のイオンの種類、イオンの価数、イオン源の引き出し電圧、最終的に必要なエネ

10

20

30

40

50

ルギー値が入力される。

【 0 0 4 4 】

一方、高周波線形加速器では、制御演算装置 5 4 では、内蔵している数値計算コードによって、入力された条件を基にイオンビームの加速や減速並びに収束・発散をシミュレーションし、最適な輸送効率が得られるよう高周波パラメータ（振幅、周波数、位相）を算出する。また同時に、効率的にイオンビームを輸送するための収束発散レンズ 6 4 のパラメータ（電流、電圧の少なくとも一方）も算出する。計算された各種パラメータは、表示装置 6 8 に表示される。高エネルギー多段直線加速部 1 4 の能力を超えた加速・減速条件に対しては、解がないことを意味する表示が表示装置 6 8 に表示される。

【 0 0 4 5 】

振幅パラメータは、制御演算装置 5 4 から振幅制御装置 5 6 に送られ、振幅制御装置 5 6 が、高周波電源 6 2 の振幅を調整する。位相パラメータは、位相制御装置 5 8 に送られ、位相制御装置 5 8 が、高周波電源 6 2 の位相を調整する。周波数パラメータは、周波数制御装置 6 0 に送られる。周波数制御装置 6 0 は、高周波電源 6 2 の出力周波数を制御するとともに、高エネルギー多段直線加速部 1 4 の高周波共振器 1 4 a の共振周波数を制御する。制御演算装置 5 4 はまた、算出された収束発散レンズパラメータにより、収束発散レンズ電源 6 6 を制御する。

【 0 0 4 6 】

複数段の高周波共振器 1 4 a には交互に発散レンズまたは収束レンズが備えられているが、第 2 直線加速器 1 5 b の終端の収束レンズ 6 4 a の後方には追加の発散レンズ 6 4 b が配置され、高エネルギー多段直線加速部 1 4 を通過する高エネルギー加速イオンビームの収束量と発散量を調整して、後段の偏向ユニットに最適な二次元ビームプロファイルのイオンビームを入射させるようにしている。

【 0 0 4 7 】

高エネルギー多段直線加速部 1 4 通過後のイオンビームは、高周波電界の影響でエネルギー分布に広がりが出てしまう。そこで、後述の偏向ユニット 1 6 により所望のエネルギーのイオンのみが通過できるように分析・制限・分離を行う。なお、符号 L は、イオンビームの中心軌道を示している。

【 0 0 4 8 】

（偏向ユニット）

図 1 に示すように、偏向ユニット 1 6 は、エネルギーフィルター偏向磁石（E.F.M.）であるエネルギーフィルター分析器 2 4 と、軌道調整四重極レンズ 2 6 と、エネルギー制限スリット 2 8 と、角度偏向磁石 3 0 を含む。本実施の形態に係る偏向ユニット 1 6 においては、用いられる複数の電磁石を以下のように構成する。

【 0 0 4 9 】

偏向ユニット 1 6 は、複数の電磁石装置を、エネルギー分析装置及び横方向のベンディング（ビーム進路変更）装置として用いるとともに、エネルギー制限スリット 2 8 をエネルギーフィルター分析器 2 4 と角度偏向磁石 3 0 との間に配置する。そして、エネルギー制限スリット 2 8 より上流の電磁石のうち少なくとも一つをエネルギー分析装置（エネルギーフィルター分析器 2 4）として構成し、エネルギー制限スリットより下流の電磁石のうち少なくとも一つを横方向のベンディング装置（角度偏向磁石 3 0）として用いる。

【 0 0 5 0 】

また、エネルギー制限スリット 2 8 の上流側であって、エネルギー制限スリット 2 8 とエネルギーフィルター分析器 2 4 との間に、横収束レンズとして軌道調整四重極レンズ 2 6 が配置されている。軌道調整四重極レンズ 2 6 は、例えば、四重極レンズ（静電式もしくは磁場式）で構成することができる。また、真空ポンプを安定して運用するために、エネルギーフィルター分析器 2 4 や角度偏向磁石 3 0 の電磁石の漏れ磁場の影響を受けない位置に真空ポンプを配置することが有効である。例えば、エネルギー制限スリット 2 8 の近傍に、アウトガス排出用の真空ポンプを配置してもよい。

【 0 0 5 1 】

10

20

30

40

50

このように、偏向ユニット16は、複数の磁石を用いることで、イオンビームを180°偏向させることができる。これにより、ビームラインがU字状のイオン注入装置100を簡易な構成で実現できる。

【0052】

また、エネルギー制限スリット28より上流側に設けられている、電磁石を含むエネルギーフィルター分析器24は、上流の高エネルギー多段直線加速部14に対して着脱したり連結したりできるように構成してもよい。また、後述するビーム輸送ライン部18をモジュール型のビームラインユニットで構成した場合、エネルギー制限スリット28より下流側に設けられている、角度偏向磁石30は、下流のビーム輸送ライン部18に対して着脱したり連結したりできるように構成してもよい。

10

【0053】

後述する図5(a)に示すように、偏向ユニット16は、高エネルギー多段直線加速部14から出たイオンビームを、エネルギーフィルター分析器24で90°偏向する。高エネルギー多段直線加速部14から出たイオンビームは、エネルギー分布にある幅の広がりを持っているので、エネルギーの幅の広がりに対してエネルギー分析器によりビーム軌道を横分散させて(エネルギーの違いによる)、エネルギー制限スリット28にて横方向に必要なエネルギーのイオンビームのみを通過させて、エネルギー分析を行うよう構成し、角度偏向磁石30によりビーム進路を90°偏向し、後述するビーム輸送ライン部18のビーム整形器32に入射させる。ビーム整形器32は、入射したビームを整形してビーム走査器34に供給する。また、後述する図5(b)に示すように、軌道調整四重極レンズ26のレンズ作用により、ビームエネルギーの微小分布によるイオンビーム軌道のずれを調整して、ウェハに到達するビームがほぼ一つの軌道になるよう構成している。

20

【0054】

上述のように、偏向ユニット16は、イオン源で発生したイオンを加速してウェハまで輸送して打ち込むイオン注入装置において、高エネルギー多段直線加速部14とビーム輸送ライン部18との間において、イオンビームの180°の偏向を複数の磁石で行っている。つまり、エネルギーフィルター分析器24の磁石および角度偏向磁石30は、それぞれ偏向角度が90度となるように構成されており、その結果、合計の偏向角度が180度となるように構成されている。なお、一つの磁石で行う偏向量は90°に限られず、以下の組合せでもよい。

30

- (1) 偏向量が90°の磁石が1つ+偏向量が45°の磁石が2つ
- (2) 偏向量が60°の磁石が3つ
- (3) 偏向量が45°の磁石が4つ
- (4) 偏向量が30°の磁石が6つ
- (5) 偏向量が60°の磁石が1つ+偏向量が120°の磁石が1つ
- (6) 偏向量が30°の磁石が1つ+偏向量が150°の磁石が1つ

【0055】

(ビーム輸送ライン部)

図5(a)、図5(b)は、EFM/エネルギー分析/BM、ビーム整形器、ビーム走査器(スキャナー)の概略構成を示す平面図である。図6(a)は、ビーム走査器からビーム平行化器以降のビームラインから基板処理供給ユニットまでの概略構成を示す平面図、図6(b)は、ビーム走査器からビーム平行化器以降のビームラインから基板処理供給ユニットまでの概略構成を示す側面図である。

40

【0056】

偏向ユニット16によって必要なイオン種のみが分離され、必要なエネルギー値のイオンのみとなったビームは、ビーム整形器32により所望の断面形状に整形される。図5、図6に示すように、ビーム整形器32は、Q(四重極)-レンズ等(静電式もしくは磁場式)の収束/発散レンズ群により構成される。整形された断面形状を持つビームは、ビーム走査器34により図1(a)の面に平行な方向にスキャンされる。例えば、縦収束(横発散)レンズQF/縦発散(横収束)レンズQD/縦収束(横発散)レンズQFからなる

50

トリプレットQレンズ群として構成される。ビーム整形器32は、必要に応じて、縦収束横発散レンズQF、縦発散横収束レンズQDをそれぞれ単独で、あるいは複数組み合わせで構成することができる。

【0057】

ビーム走査器34は、周期変動する電場により、イオンビームの進行方向と直交する水平方向にイオンビームを周期的に往復走査させる偏向走査装置（ビームスキャナーとも呼ばれる）である。

【0058】

ビーム走査器34が、静電式（電場式）偏向走査装置である場合は、ビーム進行方向に関して、イオンビームの通過域を挟むようにしてギャップを介して対向配置された一対（2枚）の対向走査電極（二極式偏向走査電極）を備え、数Hz～数kHzの周期変動する三角波に近似の正負の電圧変更制御を行う走査電圧が2枚の対向電極にそれぞれ逆符号の電圧で印加される。この走査電圧は、ギャップ内において、そこを通過するビームを偏向させる電場を生成する。そして、走査電圧を変化させることにより、ギャップを通過するビームが水平方向にスキャンされる。

【0059】

ビーム走査器34の下流側には、イオンビームの通過域に開口を有するサブレーション電極74が2つのグラウンド電極78a、78bの間に配置されている。上流側には、走査電極の前方にグラウンド電極76aを配置しているが、必要に応じてサブレーション電極をグラウンド電極の直後に配置することができる。サブレーション電極は、正電極へ電子の侵入を抑制する。

【0060】

図5に示すように、高エネルギー多段直線加速部14の直線加速部ハウジング内の最前部と、スキャナーハウジング内の最前部のビーム整形器32の直前部とは、それぞれ、イオンビームの総ビーム電流値を計測するためのインジェクタフラグファラデーカップ80a、80bが配置されている。それぞれのインジェクタフラグファラデーカップ80a、80bは、駆動機構によりビームライン上に上下方向（または水平方向）から出し入れ可能に構成され、また、水平方向に長い長方形の柵形状で開口部をビームライン上流側に向けて構成されており、開口部に入射するイオンビームの総ビーム電流を計測する目的の他、ビームライン下流に到達するイオンビームを必要に応じてビームライン上で完全に遮断するために用いられる。また、インジェクタフラグファラデーカップ80a、80b、ビーム走査器34及びサブレーション電極74、グラウンド電極76a、78a、78bは、スキャナーハウジング82に収容されている。さらに、インジェクタフラグファラデーカップ80aの直前の高エネルギー多段直線加速部14の入り口部内には、前述の通り、質量分析スリット22bが配置されており、単一の質量分析スリット、あるいは、質量の大きさにより、幅の異なる多数スリットの選択方式、または質量スリット幅を無段階または多段に変更できる方式の構成としている。

【0061】

スキャンハウジング内において、ビーム走査器34の下流側には、ビーム走査空間部が長い区間設けられ、ビーム走査角度が狭い場合でも十分なスキャン幅を得られるように構成されている。ビーム走査空間部の下流であるスキャンハウジングの後方には、偏向されたイオンビームを、ビーム走査偏向前のイオンビームの方向になるように、つまり、ビームラインに平行となるように再偏向するビーム平行化器36が設けられている。

【0062】

ビーム平行化器36には、平行化レンズ84が配置されている。図6に示すように、平行化レンズ84は、上部ユニットと下部ユニットの上下対の組体で構成され、上部ユニットと下部ユニットの間にイオンビームが通過する空間部が設けられ、上部ユニットと下部ユニットの上下対の組体が、それぞれ、弓形、非円形曲線形、略円弧形状、くの字形等の複数枚の電極で構成されており、上流側から最初の電極（1枚目）と最後の電極（3枚目）は、接地電位に保たれている。中間の電極には、平行化電源（可変式の負電源（n段の

10

20

30

40

50

時は負正負、負正負正負・・・) 90が接続されており、1枚目の電極と2枚目の電極および2枚目の電極と3枚目の電極の間にビームの軌道を変更させる方向の偏向電界(ビーム収束作用を持つ)が発生することで、イオンビームはビームライン軌道方向と平行な方向に段階的に向いていく作用を与えられ、水平方向に偏向されたイオンビームが偏向走査前のイオンビーム進行方向(ビームライン軌道方向)に平行なイオンビームとなる。なお、最初の電極(1枚目)と最後の電極(3枚目)のそれぞれの直前か直後に、電子の流入を防ぐサブレーション電極をそれぞれ別に配置してもよい。なお、上記のような電場による平行化を行う場合、各電極の間では加速または減速が生じており、イオンのエネルギーも変化することになるが、平行化ユニットの入り口と出口の電位は同一であるので、全体としてのエネルギー変化は生じない構成としている。

10

【0063】

このように、ビーム走査器34によりスキャンされたビームは、平行化レンズ等を含むビーム平行化器36により平行化され、スキャン前のイオンビーム進行方向(ビームライン軌道方向)に平行な偏向角0度の軸に対して平行になる。

【0064】

平行化レンズ84から出たイオンビームは、最終エネルギーフィルター分析器38を構成する角度エネルギーフィルター(AEF)94に送られる。角度エネルギーフィルター94では、ウエハに注入する直前のイオンビームのエネルギーに関する最終的な分析が行われ、必要なエネルギー値のイオン種のみが選択されるとともに、合わせて、中性化した価数のない中性粒子や、イオン価数の異なるイオンの除去が行われる。この電界偏向による角度エネルギーフィルター(AEF: Angular Energy Filter)94は、ビームライン軌道方向の上下方向に対向する一对の平面もしくは曲面からなる板状の偏向電極により構成され、ビームライン軌道方向の上下方向において角度エネルギーフィルター(AEF)94自身の偏向作用により下方に曲がっていくイオンビーム軌道に合わせて屈曲している。

20

【0065】

図6(a)、図6(b)に示すように、電界偏向用電極は、一对のAEF電極104から構成され、イオンビームを上下方向より挟み込むように配置されている。一对のAEF電極104のうち、上側のAEF電極104には正電圧を、下側のAEF電極104には負電圧をそれぞれ印加している。電界による偏向時には、一对のAEF電極104間で発生する電界の作用によって、イオンビームを下方に約10~20度偏向させ、目的エネルギーのイオンビームのみが選択されることとなる。図6(b)に示されるように、角度エネルギーフィルター94においては選択されたエネルギー値からなるイオンビームのみが設定した軌道角度で下方に偏向される。このようにして選択されたイオン種のみからなるビームが被照射物であるウエハ200に照射される。

30

【0066】

なお、図10に示すように、上下方向に対向する一对の板状の偏向電極204は、イオンビーム軌道に合わせて屈曲させるときに、前後にn分割されて、それぞれの上部電極および下部電極が各々同電位に保たれた板状の電極としているものでもよい。また、前後にn分割された板状の偏向電極は、上部電極および下部電極を各々同電位に保つ構成のほか、n分割の上下一对の板状電極として、それぞれ別の電位設定(固定もしくは可変電位)とすることも可能である。

40

【0067】

また、角度エネルギーフィルター94は、角度エネルギーフィルター94の上流側にグラウンド電極108、および下流側の2つのグラウンド電極の間にAEFサブレーション電極110を設けた電極セットを備えている。このAEFサブレーション電極110は、正電極へ電子の侵入を抑制する。

【0068】

角度エネルギーフィルター94の最下流側のグラウンド電極の左右端に配置されたドーズカップ122により、ドーズ量の目安とする注入注のビーム電流量を測定する。なお、A

50

E Fチャンバ102の出口側には、角度エネルギーフィルター94で偏向されずに直進する中性の粒子などを受けるストライカープレート114を設けてもよい。

【0069】

なお、図6(a)においてウェハ200に隣接して示した矢印はビームがこれらの矢印の方向にスキャンされることを示し、図6(b)においてウェハ200に隣接して示した矢印はウェハ200がこれらの矢印の方向に往復移動、すなわち機械走査されることを示している。つまり、ビームが、例えば一軸方向に往復スキャンされるものとする、ウェハ200は、図示しない駆動機構により上記一軸方向に直角な方向に往復移動するように駆動される。

【0070】

ウェハ200を所定の位置に搬送供給し、イオン注入による処理を行う基板処理供給ユニット20は、プロセスチャンバ(注入処理室)116を備えている。プロセスチャンバ116は、AEFチャンバ102と連通している。プロセスチャンバ116内には、エネルギー制限スリット(EDS: Energy Defining Slit)118が配置されている。エネルギー制限スリット118は、所用以外のエネルギー値と価数を持つイオンビームの通過を制限することにより、AEFを通過した所用のエネルギー値と価数を持つイオンビームだけを精密に分離するために、スキャン方向に横長のスリットで構成されている。また、エネルギー制限スリット118は、スリットの分離の間隔を調整するために上下方向から可動式の部材でスリット体を構成しても良い。さらに、可動式の上下の切替えスリット部材のは複数のスリット面を備えて、これらのスリット面を切り替えた後、さらに上下スリットの軸を上下方向に調整させたり、回転させたりすることによって、所望のスリット幅に変更するよう構成しても良い。これら複数のスリット面をイオン種に応じて順次切り替えることにより、クロスコンタミネーションを低減する構成とすることも可能である。

【0071】

プラズマシャワー120は、低エネルギー電子をイオンビームのビーム電流量に応じて軌道上のイオンビームとウェハ200の前面に供給し、イオン注入で生じる正電荷のチャージアップを中和するとともに抑制する。なお、角度エネルギーフィルター94の最下流側のグランド電極の左右端に配置されたドーズカップ122の代わりに、プラズマシャワー120の左右端にドーズ量を測定するドーズカップ(不図示)を配置しても良い。具体的には、電流測定回路に接続されている左右のドーズカップに入ってくるイオンビームが、GND準位からその回路を流れてくる電子により中性化されるので、この電子の流れを測定することによってイオンビームの測定を行うことも可能である。

【0072】

ビームプロファイラ124は、イオン注入位置でのビーム電流の強弱測定を行うためのビームプロファイラカップ(図示省略)を備えている。ビームプロファイラ124は、イオン注入前などに水平方向へ移動させながら、イオン注入位置のイオンビーム密度を、ビームスキャンと同じ方向に測定する。ビームプロファイル測定の結果、イオンビームの予想不均一性(PNU: Predicted Non Uniformity)がプロセスの要求に満たない場合には、ビーム走査器34の印加電圧の制御関数を補正して、プロセス条件を満たすように自動的に調整する。また、ビームプロファイラ124に、パーティカルプロファイルカップ(図示省略)を併設して、ビーム形状・ビームX-Y位置を測定して、注入位置でのビーム形状を確認し、ビーム幅やビーム中心位置の確認を行うよう構成することも可能である。

【0073】

ビームラインの最下流には、スキャン範囲のイオンビームをウェハ領域においてすべて計測できるビーム電流計測機能を有する横長ファラデーカップ126が配置されており、最終セットアップビームを計測するよう構成されている。なお、クロスコンタミネーションを低減するために、横長ファラデーカップ126は、イオン種に応じて三角柱の3面を切り替えることができるトリプルサーフェス構造のファラデーカップの切替式底面とすることも可能である。

【0074】

10

20

30

40

50

前述のように、イオン注入装置100は、図1に示すように、作業スペースR1を囲むように、各ユニットがU字状に配置されている。そのため、作業スペースR1にいる作業者は、最小限の移動により、多くのユニットに対して部品の交換やメンテナンス、調整を行うことができる。以下では、ビーム走査器を例に、ユニット内部へのアクセスを可能とする開閉機構について説明する。

【0075】

図7は、ビーム走査器の一例の主要部を上方から見た横断面図である。図8は、ビーム走査器の着脱自在構造の一例を示した斜視図である。図9は、ビーム走査器の一例をイオンビームラインの途中経路に着脱自在に装着した構造を下流側から見た正面断面図である。

10

【0076】

ビーム走査器134は、図7、図8に示すように、一对の偏向電極128、130とこれらの上流側近傍、下流側近傍に組み付けられたグラウンド電極132、133とが箱体150内に収容、設置されている。箱体150の上流側側面及び下流側側面であって、グラウンド電極132、133の開口部に対応する箇所には、それぞれ、上流側開口部(図示省略)、グラウンド電極133の開口部より大きめの開口部152A(図8参照)が設けられている。

【0077】

偏向電極と電源との接続は、フィードスルー構造にて実現されている。一方、箱体150の上面には偏向電極128、130と電源とを接続するためのターミナル155、156とグラウンド用のターミナル157が設けられている。また、箱体150には、ビーム軸に平行な2つの側面に、着脱や持ち運びに都合のよい取っ手151が設けられている。なお、図7に示される排気口170A-3は、ビーム走査器134内の圧力を下げるための真空排気用であり、図示しない真空排気装置に接続されている。

20

【0078】

図9に示すように、箱体150は、架台160上に固定設置されたビームガイドボックス170内にスライド自在に設置されている。ビームガイドボックス170は箱体150より十分に大きく、底部には箱体150をスライド可能にするための2本のガイドレールが敷設されている。ガイドレールは、ビーム軸に直交する方向に延びており、その一端側のビームガイドボックス170の側面は扉172により開閉自在にされている。これにより、ビーム走査器134の保守・点検時には、箱体150をビームガイドボックス170から簡単に取り出すことができる。なお、ビームガイドボックス170内に押し込まれた箱体150をロックするために、ガイドレールの他端には係止機構(不図示)が設けられている。ビームガイドボックス170の上流側側面及び下流側側面であって、箱体150の上流側開口部、下流側開口部152Aに対応する箇所にはそれぞれ、開口部170A-1、170A-2が設けられている。

30

【0079】

開口部170A-2は出射するビームが偏向されるので開口部152Aより大きくする必要があり、ターミナル153~157にはリード線(図示省略)が接続されているが、箱体150の着脱時には取り外される。

40

【0080】

これらのスキャナ周辺のユニット部材は、ビームラインのメンテナンス時の作業対象であり、メンテナンス作業は作業スペースR1から容易に実施することが出来る。高エネルギー多段直線加速部14のメンテナンス作業時にも、同様に、作業スペースR1から容易に実施することが出来る。

【0081】

以上、本実施の形態に係るイオン注入装置100は、イオンビーム発生ユニット12にて生成したイオンビームを、高エネルギー多段直線加速部14にて加速するとともに、偏向ユニット16により方向転換し、ビーム輸送ライン部18の終端に設けられている基板処理供給ユニット20にある基板に照射する。

50

【 0 0 8 2 】

また、イオン注入装置 1 0 0 は、複数のユニットとして、高エネルギー多段直線加速部 1 4 と、ビーム輸送ライン部 1 8 と、を含んでいる。そして、高エネルギー多段直線加速部 1 4 およびビーム輸送ライン部 1 8 は、図 1 に示す作業スペース R 1 を挟んで対向するように配置されている。これにより、直線として配置することが好ましい高エネルギー多段直線加速部 1 4 と、ビーム輸送ライン部 1 8 とが別々に配置されるため、イオン注入装置 1 0 0 の全長を抑えることができる。また、高エネルギー多段直線加速部 1 4 とビーム輸送ライン部 1 8 との間に挟まれた作業スペース R 1 において、高エネルギー多段直線加速部 1 4 やビーム輸送ライン部 1 8 の各装置に対する作業が可能となる。

【 0 0 8 3 】

また、イオン注入装置 1 0 0 を構成する複数のユニットは、ビームラインの上流側に設けられている、イオンビームを発生させるイオンビーム発生ユニット 1 2 と、ビームラインの下流側に設けられている、イオンが注入される基板を供給し処理する基板処理供給ユニット 2 0 と、イオンビーム発生ユニット 1 2 から基板処理供給ユニット 2 0 へ向かうビームラインの途中に設けられている、イオンビームの軌道を偏向する偏向ユニット 1 6 とを含んでいる。そして、イオンビーム発生ユニット 1 2 および基板処理供給ユニット 2 0 をビームライン全体の一方の側に配置し、偏向ユニット 1 6 をビームライン全体の他方の側に配置している。これにより、メンテナンスの必要なイオン源 1 0 や、基板の供給、取り出しが必要な基板処理供給ユニット 2 0 が隣接して配置されるため、作業者の移動が少なくすむ。

【 0 0 8 4 】

また、高エネルギー多段直線加速部 1 4 は、イオンの加速を行う複数の一連の線形加速装置を備えており、複数の一連の線形加速装置のそれぞれは、共通の連結部を有していてもよい。これにより、基板へ注入するイオンに必要とされるエネルギーに応じて、線形加速装置の数や種類を容易に変更できる。

【 0 0 8 5 】

また、スキャナー装置であるビーム走査器 3 4 および平行化レンズ装置であるビーム平行化器 3 6 は、隣接するユニットとの連結部として標準化された形状を有していてもよい。これにより、線形加速装置の数や種類を容易に変更できる。そして、ビーム走査器 3 4 やビーム平行化器 3 6 は、高エネルギー多段直線加速部 1 4 が備える線形加速装置の構成および数に応じて選択されていてもよい。

【 0 0 8 6 】

また、イオン注入装置 1 0 0 において、各装置のフレームと真空チャンバとを一体化し、装置フレームまたは真空チャンバの基準位置に合わせて組付けを行うことにより、ビームの芯出し（位置調整）が可能となるように構成してもよい。これにより、煩雑な芯出し作業が最小限となり、装置立ち上げ時間が短縮でき、作業間違いによる軸ズレの発生が抑制できる。また、連続する真空チャンバ同士の芯出しを、モジュール単位で実施してもよい。これにより、作業負荷を低減できる。また、モジュール化された装置の大きさを、装置の移動がし易い大きさ以下にしてもよい。これにより、モジュールやイオン注入装置 1 0 0 の移設負荷を低減できる。

【 0 0 8 7 】

また、イオン注入装置 1 0 0 は、高エネルギー多段直線加速部 1 4、ビーム輸送ライン部 1 8、排気装置等を含む構成機器を一体の架台に組み込んでよい。また、イオン注入装置 1 0 0 は、高エネルギー多段直線加速部 1 4 や偏向ユニット 1 6、ビーム輸送ライン部 1 8 を平面基盤上にほぼ一水平面に含まれるようにしている。これにより、イオン注入装置 1 0 0 を一水平面の平面基盤上に固定された状態で調整しブロック毎にそのまま運搬することも出来るので、輸送中に調整ズレを生ずることが少なく、現地で再調整する手間が大いに省ける。そのため、現場に多数の熟練者を送り込んで長期間滞在させる不経済を避けることができる。

【 0 0 8 8 】

10

20

30

40

50

また、上記の平面基盤を架台の床でなく中間に形成すると、平面基盤上に、イオンビーム軌道に直接的に関係する上述の機器のみを搭載するようにできる。そして、これらに対する補助的な機器である高周波立体回路等の部材を、全て平面基盤の下に形成される空間中に組み込むことで、空間利用率を向上させ、よりコンパクトなイオン注入装置を実現することも可能になる。

【0089】

したがって、上述のイオン注入装置100は、設置場所に余裕がない場所でも設置でき、製作工場内で組み付け調整したままの状態が必要箇所に輸送して、現地に据え付け、最終調整により使用ができる。また、イオン注入装置100は、標準的な半導体製造工場の半導体製造装置ラインの水準の利用に耐えられる以上の高エネルギーのイオン注入を実現

10

【0090】

また、イオン注入装置100は、各ユニットや各装置のレイアウトを工夫することで、従来と比較して大いに小型化され、従来の半分程度の設置長さに納めることができる。また、本実施の形態に係るイオン注入装置は、製造工場内で各構成要素を基盤上に組み込み、基盤上で位置調整してイオンビーム軌道を確立したまま輸送車に搭載して現地に輸送し、架台ごと据え付けた上で輸送中に生じたくいを微調整して除去することにより稼働させることができる。そのため、熟練者でなくとも現場調整が格段に容易かつ確実に実施でき、また立ち上げ期間を短縮できる。

【0091】

20

また、長いU字状の折り返し型ビームラインのようなレイアウトを取ることによって、最高5～8MeVの高エネルギーイオンを高精度で注入できるイオン注入装置を実現することができる。また、このイオン注入装置は、中央通路（中央領域）を持つこのレイアウトによって、小さな設置面積で十分なメンテナンスエリアを持つ。また、イオン注入装置の運転時においては、静電パラレルレンズや静電スキャナー、静電AEF等の使用による低消費電力運転によって、消費電力を少なくできる。換言すると、本実施の形態に係るイオン注入装置は、静電偏向式の平行化レンズ装置の使用によるスキャンビームの平行化機構を有することで、低消費電力運転が可能となる。

【0092】

以上、本発明を上述の実施の形態を参照して説明したが、本発明は上述の実施の形態に限定されるものではなく、実施の形態の構成を適宜組み合わせたものや置換したものについても本発明に含まれるものである。また、当業者の知識に基づいて各実施の形態における組合せや処理の順番を適宜組み替えることや各種の設計変更等の変形を各実施の形態に対して加えることも可能であり、そのような変形が加えられた実施の形態も本発明の範囲に含まれる。

30

【符号の説明】

【0093】

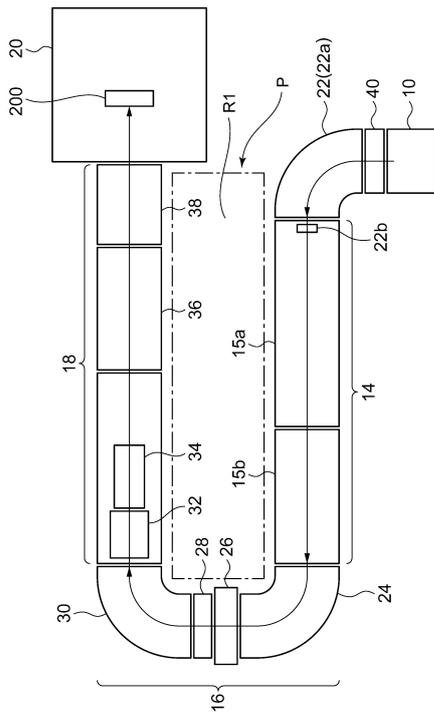
10 イオン源、 12 イオンビーム発生ユニット、 14 高エネルギー多段直線加速部、 14a 高周波共振器、 15a 第1直線加速器、 15b 第2直線加速器、 16 偏向ユニット、 18 ビーム輸送ライン部、 20 基板処理供給ユニット、 22 質量分析装置、 24 エネルギーフィルター分析器、 26 軌道調整四重極レンズ、 28 エネルギー制限スリット、 30 角度偏向磁石、 32 ビーム整形器、 34 ビーム走査器、 36 ビーム平行化器、 38 最終エネルギーフィルター分析器、 42 サプレッション電極、 46 イオン源高圧電源、 62 高周波電源、 64 収束発散レンズ、 74 サプレッション電極、 82 スキャナーハウジング、 84 平行化レンズ、 94 角度エネルギーフィルター、 100 イオン注入装置、 102 AEFチャンバ、 104 AEF電極、 108 グランド電極、 110 AEFサプレッション電極、 116 プロセスチャンバ、 118 エネルギー制限スリット、 120 プラズマシャワー、 124 ビームプロファイラ、 128 偏向電極、 132 グランド電極、 133 グランド電極、 134 ビ

40

50

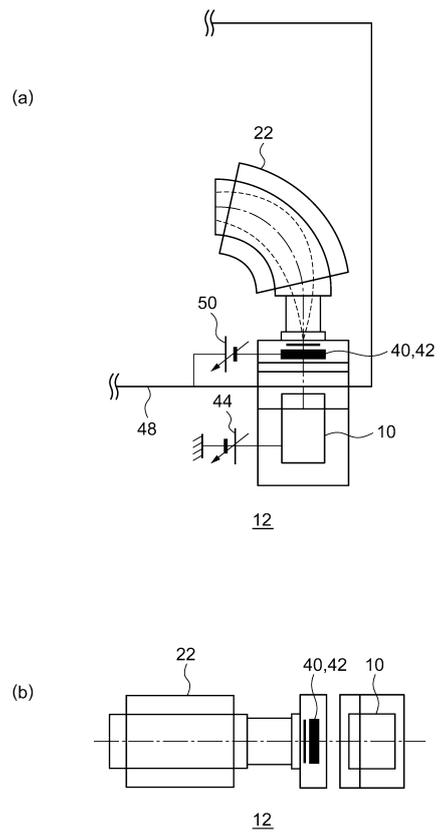
ーム走査器、 150 箱体、 160 架台、 170 ビームガイドボックス、 172 扉、 200 ウェハ。

【図1】

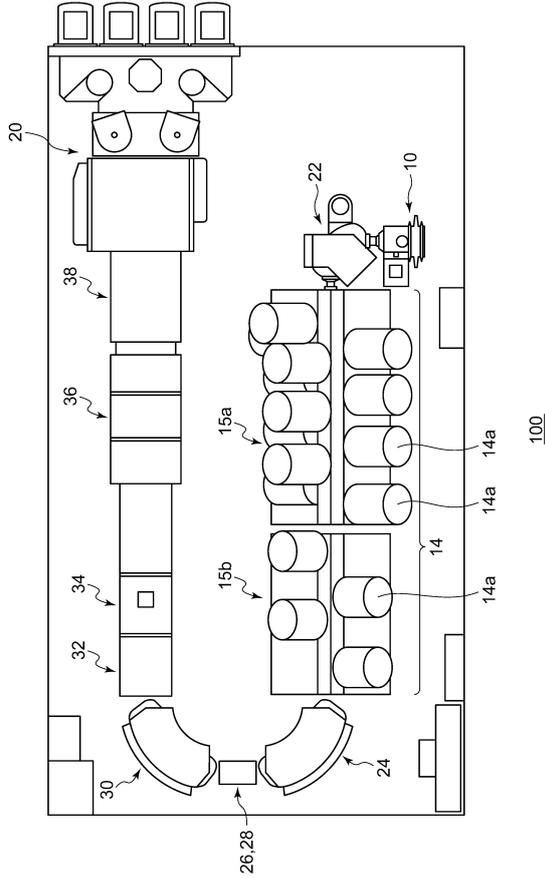


100

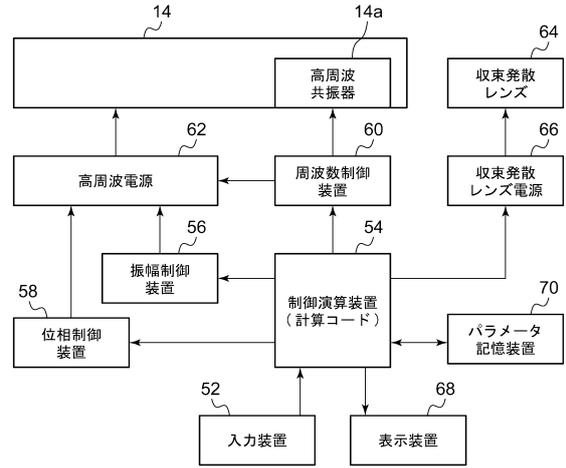
【図2】



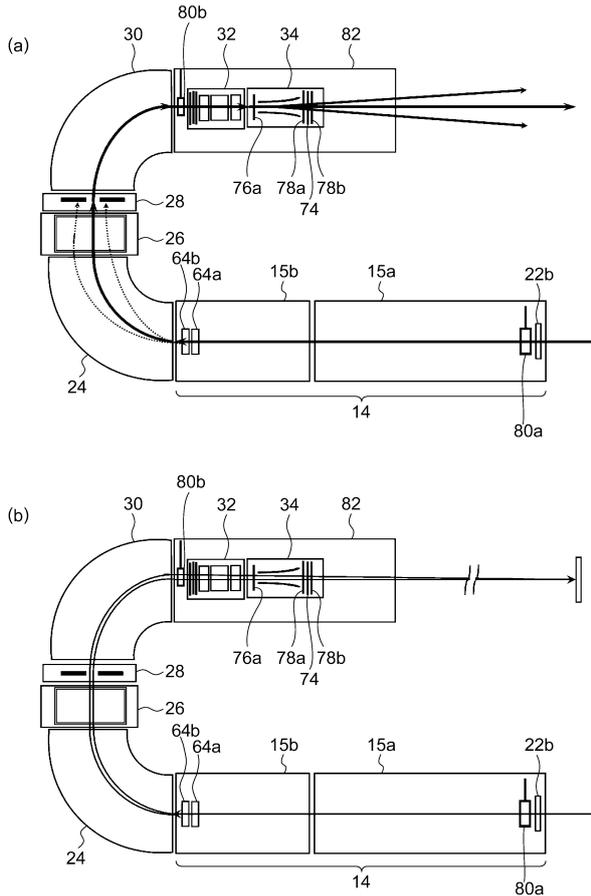
【図3】



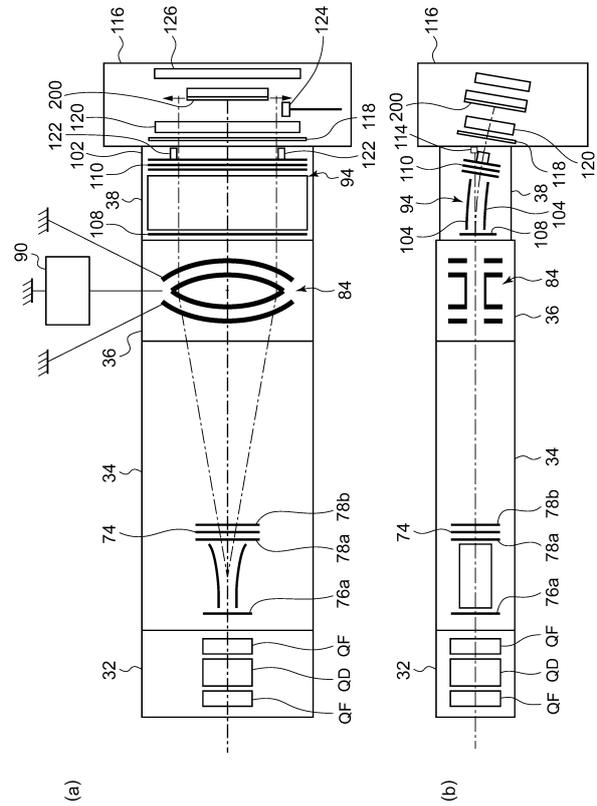
【図4】



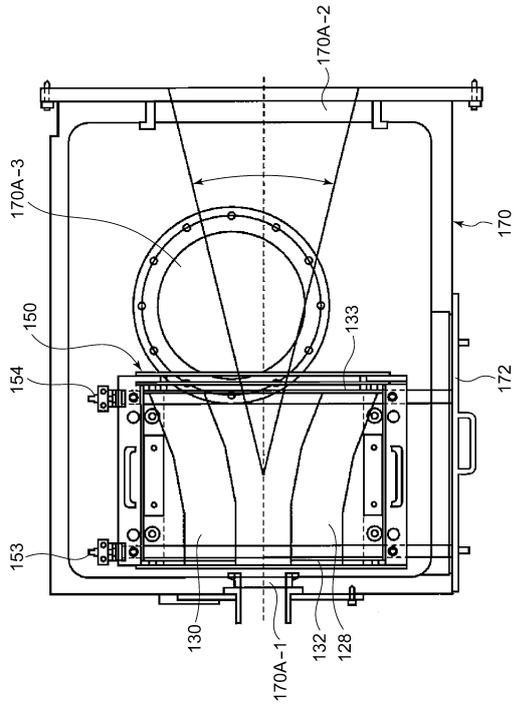
【図5】



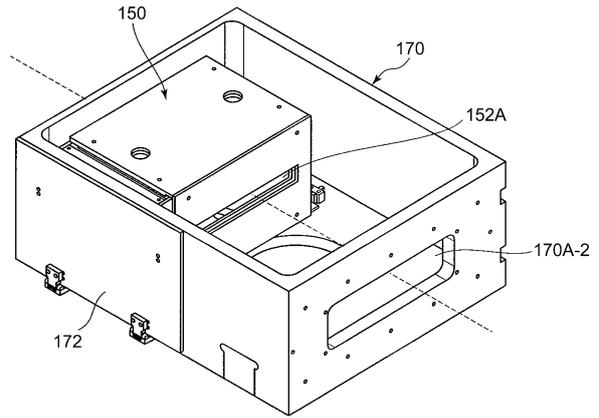
【図6】



【 図 7 】

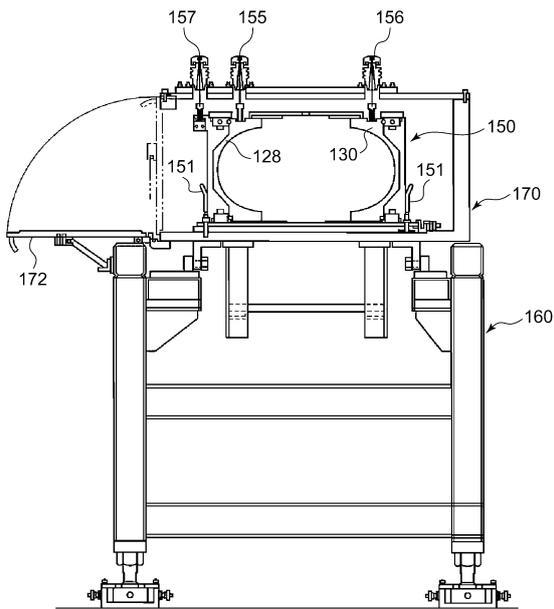


【 図 8 】



134

【 図 9 】



フロントページの続き

- (72)発明者 渡邊 一浩
愛媛県西条市今在家1501番地 株式会社SEN愛媛事業所内
- (72)発明者 安藤 一志
愛媛県西条市今在家1501番地 株式会社SEN愛媛事業所内
- (72)発明者 稲田 耕二
愛媛県西条市今在家1501番地 株式会社SEN愛媛事業所内
- (72)発明者 山田 達也
愛媛県西条市今在家1501番地 株式会社SEN愛媛事業所内

審査官 植木 隆和

- (56)参考文献 特開平10-283977(JP,A)
特開2006-202546(JP,A)
特開昭50-009898(JP,A)
特開2002-231178(JP,A)
特開2011-258353(JP,A)

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