

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4901094号
(P4901094)

(45) 発行日 平成24年3月21日(2012.3.21)

(24) 登録日 平成24年1月13日(2012.1.13)

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

請求項の数 12 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2004-347499 (P2004-347499)	(73) 特許権者	000183196 株式会社 S E N
(22) 出願日	平成16年11月30日(2004.11.30)		東京都品川区大崎二丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2006-156246 (P2006-156246A)	(74) 代理人	100077838 弁理士 池田 憲保
(43) 公開日	平成18年6月15日(2006.6.15)	(72) 発明者	梶澤 光昭 愛媛県西条市今在家1501番地 住友イ ートンノバ株式会社愛媛事業所内
審査請求日	平成19年11月12日(2007.11.12)	(72) 発明者	月原 光国 愛媛県西条市今在家1501番地 住友イ ートンノバ株式会社愛媛事業所内
		(72) 発明者	曾我部 博 愛媛県西条市今在家1501番地 住友イ ートンノバ株式会社愛媛事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ビーム照射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ビーム発生源からのイオンビームまたは荷電粒子ビーム(以下、ビームと総称する)を、前段の質量分析装置ならびにビーム整形装置を通過させた後、ビームを横方向にスキャンする偏向走査装置ならびにビーム平行化装置、加速/減速装置を経て後段のエネルギー分析装置によりエネルギー分析を行なった後、基板に照射するよう構成したビーム照射装置において、

前記後段のエネルギー分析装置として、静電、電磁の両機能を持つハイブリッド型の角度エネルギーフィルターを設け、

前記角度エネルギーフィルターの下流側には、照射されるべきイオン種に対応して切替えられる複数のエネルギースリットを持つマルチサーフェスエネルギースリットを設置することにより、低エネルギーから高エネルギーまでの高電流ビームを、選択的に照射できるようにするとともに、前記マルチサーフェスエネルギースリットは、前記角度エネルギーフィルターによって偏向されたビームが、ビームのスキャン面と直交する面内で当該マルチサーフェスエネルギースリットを通過することにより、所望のエネルギーのイオンのみを通過させるよう構成したことを特徴とするビーム照射装置。

【請求項2】

請求項1に記載のビーム照射装置において、

前記マルチサーフェスエネルギースリットは、三種類のイオン種に対応した三面のエネルギースリットを一体化した三面の回転切替え式の構成を持つことを特徴とするビーム照

射装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のビーム照射装置において、

前記マルチサーフェスエネルギースリットは、三種類のイオン種に対応した三面のエネルギースリットと、ダイバージェンス測定用のマスクとを一体化した四面の回転切替式の構成を持つことを特徴とするビーム照射装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のビーム照射装置において、

回転式または直進式のダイバージェンス測定用のマスクを前記ビーム平行化装置の後方に設けたことを特徴とするビーム照射装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 に記載のビーム照射装置に適用され、

前記後段のエネルギー分析装置と前記マルチサーフェスエネルギースリットによるエネルギー分析のオートチューニングにおいて、前記後段のエネルギー分析装置を調整した後、前記マルチサーフェスエネルギースリットのスリットの幅を変更するよう構成したエネルギー分析のオートチューニング装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のビーム照射装置において、

更に、前記基板の下流側に、当該基板に照射されなかったビームを受けるとともにビーム電流計測機能を持つマルチサーフェスビームダンプを設置したことを特徴とするビーム照射装置。

20

【請求項 7】

請求項 6 に記載のビーム照射装置において、

該マルチサーフェスビームダンプは、照射されるべきイオン種に対応した複数の面を持つ少なくとも 1 つの複数面構造体を有するとともに、照射中のイオン種に対応した面がビームを受けるとして回転によって切替可能な構成とされていることを特徴とするビーム照射装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のビーム照射装置において、

前記マルチサーフェスビームダンプのイオン種に対応した複数面構造体の端部と、隣接する複数面構造体の端部は、照射中のビームを受ける時後方にビームが抜けていかないように互いにオーバーラップするよう構成されていることを特徴とするビーム照射装置。

30

【請求項 9】

請求項 7 または 8 に記載のビーム照射装置において、

前記マルチサーフェスエネルギースリットと前記マルチサーフェスビームダンプは、照射されるべきイオン種に応じて同時に切替えられることを特徴とするビーム照射装置。

【請求項 10】

請求項 1 に記載のビーム照射装置において、

前記前段の質量分析装置の下流側に、照射されるべきイオン種に対応して複数の質量分析スリットが設置され、

40

各質量分析スリットは、通常注入用スリット、高質量分解能を有する高分解能用スリット、及び小径の開口によるビーム中心軸合わせ用スリットの 3 つのスリットが一体的に構成されるとともに、通常注入用、高分解能用、ビーム中心軸合わせ用に切替えられるよう構成されており、しかも各質量分析スリットは、質量分析位置と後退位置との間で進退自在にされているとともに、イオン種に応じて前記質量分析位置がほぼ同じ位置となるよう調整可能に構成されていることを特徴とするビーム照射装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 4、6 ~ 10 のいずれか 1 項に記載のビーム照射装置において、

前記ビームは、その断面が円形あるいは一方向に長い長円形もしくは楕円形のビーム、またはその連続断面がスキャン方向に長い長円形状もしくは楕円形状となるよう偏向走査

50

されるビームであることを特徴とするビーム照射装置。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 4、6 ~ 10 のいずれか 1 項に記載のビーム照射装置において、

前記ビームは、その断面が円形あるいはスキャン方向に長い長円形もしくは楕円形のビーム、またはその連続断面が一方向に長い長円形状もしくは楕円形状となるよう偏向走査されるビームで構成し、前記偏向走査装置より後方のビームラインに設けたアパチャー及び電極をグラフィットにより構成するとともに、スキャン方向に長いビームが、前記偏向走査装置より後方のビームラインの真空側壁に直接照射されないように各アパチャー及び各電極の間隔を接近して配置したことを特徴とするビーム照射装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明はイオン注入装置等のビーム照射装置の改良に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの微細化に伴い、高電流イオン注入プロセスにおいても“注入精度”が重視されるようになってきた。従来は、注入されたイオンの数(ドーズ量)のばらつきが、ウエハ面内、及びウエハ同士でそれぞれ1%以下であれば充分であった。しかし、最先端プロセスでは、このドーズ精度の他に、イオンの注入角度精度、低エネルギーでのエネルギー精度を管理できるようにすることが要求されている。注入角度精度を低下させる要因は、以下のように分けられる。

20

【0003】

(1) 実際に輸送されるイオンビーム(以下、ビームと略称する)の中心軸が、設計中心軌道に対して角度を持ってしまう。これは中心軌道ずれと呼ばれる。

【0004】

(2) イオン集団としてのビームの内部で、個々のイオンの進行方向の中心軌道に対するばらつきが大きくなる。これはビーム発散角度増大である。

【0005】

(3) バッチ式イオン注入装置において、ウエハを搭載したディスクの回転軸とビーム中心軸が平行にならない注入角度の場合、ビーム中心軸に対するウエハの揺動によって、ウエハの中心と左右で注入角度に差が出る。これは注入角度偏差と呼ばれる。

30

【0006】

上記のうち、(1)と(3)は、デバイス特性の上下・左右の非対称化を引き起こす。これは、デバイス特性のばらつきを大きくしていることに他ならず、最先端デバイスでは歩留まりを著しく低下させる。上記(2)のビーム発散角度は、小さければ(1)、(3)の影響を緩和する働きがあるが、大きすぎるとドーパントの横方向の分布を増大させることになり、基本的なデバイス構造の寸法が狂うためデバイス性能が低下する。

【0007】

上記(1)の問題をバッチ式イオン注入装置で緩和するためには、ウエハを回転させて四方向からイオン注入を行う必要がある。しかし、この方法では1回の注入を4回に分けて、毎回十数枚のウエハ全てを90°ずつ回してセッティングし直さなければならない。このため、生産性(スループット)が著しく低下する。

40

【0008】

上記(3)の問題も、ディスクの回転軸とビーム軸を平行にし、ウエハを回して注入することで回避できる。しかし、注入角度(チルト角)のフレキシビリティは無くなる。また、注入角度偏差の小さいディスクを製作することもできるが、そのようなディスクは、必ずウエハ冷却性能が不十分になる。このため、バッチ式高電流イオン注入装置では、現状の装置の性能を落とさずに注入角度の精度を上げることは不可能である。

【0009】

この他に、バッチ式イオン注入装置の欠点として、以下の点があげられる。

50

【 0 0 1 0 】

(A) 7° を大きく超える大注入角度のイオン注入はできない。

【 0 0 1 1 】

(B) ディスクの高速回転に伴い、パーティクルがウエハ上を動くことによってウエハ表面の構造が傷付けられるおそれがある。

【 0 0 1 2 】

(C) 必ず 1 バッチ当たり十数枚のウエハをロードしなければならないので、少数枚のウエハを処理しようとする、多数のダミーウエハが必要になる。

【 0 0 1 3 】

(D) ウエハ冷却系に使用されるエラストマー (ゴム) がウエハとの接触によって削られるため、ウエハ裏面のパーティクル汚染量が大きい。

10

【 0 0 1 4 】

バッチ式イオン注入装置は、ビーム利用効率が高く、生産性が非常に高いという大きなメリットがある。しかし、微細化が進み、高精度が要求される高電流イオン注入装置ではもはや使用することはできない。

【 0 0 1 5 】

以下に、バッチ式に代わる従来の枚葉式イオン注入装置について第 1 ~ 第 3 の例を説明する。第 1 の例はリボンビーム方式の枚葉式高電流イオン注入装置であり、第 2 の例は二次元メカニカルスキャン方式の枚葉式高電流イオン注入装置である。また、第 3 の例はビームスキャン方式の枚葉式中電流イオン注入装置である。なお、ビームスキャン方式の枚葉式高電流イオン注入装置は、まだ提案されていない。

20

【 0 0 1 6 】

図 1 8、図 1 9 を参照して、リボンビーム方式の枚葉式高電流イオン注入装置について説明する。

【 0 0 1 7 】

図 1 8 において、イオン源 1 0 1 から引出電極 1 0 2 を通して引き出したビームを、質量分析電磁石装置 1 0 3 で質量分析した後、横方向に発散させ、加速 / 減速用電極部 1 0 4 を経由して平行化・フィルター兼用の偏向電磁石装置 1 0 5 で再度集束・平行化してリボンビームを形成する。リボンビームはシートビームとも呼ばれ、ビーム断面の横幅がウエハサイズより大きく、上下幅はウエハサイズより遥かに小さい。

30

【 0 0 1 8 】

イオン注入は、ビームを固定し、ウエハをプラテン 1 0 6 により上下に機械的に動かして行う。低エネルギービームは、高いエネルギーで引き出して輸送し、ウエハの近くに配置された減速ステージ 1 0 7 により減速して得るようにしている。

【 0 0 1 9 】

この第 1 の例のイオン注入装置は、以下の利点を持つ。

【 0 0 2 0 】

低エネルギーのビーム電流量を低下させる原因である空間電荷効果 (イオン同士の反発作用) は、ビーム密度に比例する。リボンビームはビーム断面積が大きいいため、他の方式と比べてビーム電流量が同じならば、ビーム密度は低くなる。一方、輸送できるビーム密度が同程度ならば、ビーム電流量が大きくなる。

40

【 0 0 2 1 】

しかし、この第 1 の例のイオン注入装置は以下の欠点を有している。

【 0 0 2 2 】

横方向のビーム密度の均一性が、そのまま横方向のドーズ均一性になる。ビーム密度の均一性を 1 % 以下にするのは非常に難しい。特に、低エネルギーでは空間電荷効果によってビームが自然に広がってしまうため、密度コントロールはほとんど不可能である。

【 0 0 2 3 】

また、ウエハ近傍で減速を行うため、プラズマシャワーガスやレジストアウトガスとの相互作用によって、減速前に中性化されたビームイオンは、減速されずにそのまま注入さ

50

れる。これは、エネルギーコンタミネーションになる。これはまた、ビーム電流としても計測されないため、ドーズにも誤差が入る（オーバードーズ）。

【0024】

更に、後段の偏向電磁石装置105を通過中に、ガスとの衝突で中性化されたイオンは、図19に矢印で示すように、偏向角が不定になるため、ウエハ108に異常な注入角度で注入される。これは、ビームのシート面と偏向面（偏向電磁石装置105中の軌道面）とがどちらも水平面で一致しているために発生する。

【0025】

結局、リボンビーム方式の枚葉式高電流イオン注入装置は、前述したバッチ式と同じで、ビーム電流量が大きいため生産性は高いが、注入精度は悪い。

10

【0026】

図20を参照して、二次元メカニカルスキャン方式の高電流イオン注入装置について説明する。

【0027】

図20において、イオン源201から引出電極202を通して引き出したビームを、質量分析電磁石装置203で質量分析した後、ディファレンシャルレンズ205を經由してプラテン206上のウエハに照射する。本例ではビームは固定であり、メカニカルスキャン、すなわちプラテン206によってウエハを機械的に上下、左右に動かすことにより、ウエハ全面にイオン注入を行う。なお、ビーム断面は、上下・左右共ウエハサイズより遥かに小さい。また、極低エネルギー注入の場合には、減速手段が用いられる。

20

【0028】

この第2の例のイオン注入装置は以下の利点を持つ。

【0029】

低エネルギーでのビーム電流は、比較的多く得られる。

【0030】

ビームラインが短く、比較的安価である。

【0031】

しかし、この第2の例のイオン注入装置は以下の欠点を持つ。

【0032】

ビーム軸ずれ、低エネルギーでのビーム発散角増大、減速時のエネルギーコンタミネーション発生など、バッチ式イオン注入装置のビームラインが持つ欠点はそのまま引き継がれている。

30

【0033】

メカニカルスキャンは、スキャン周波数を高くできない（1Hz程度）ため、ウエハ上の一点をビームが通過する回数（塗り込み回数）が少ない。面内のドーズの不均一性を1%以下に抑えるためには、100回程度は塗り込まなければならない。これをスキャン周波数が低い装置で実現するためには、わざとビームを減らして注入時間を長くしなければならない。要するに、ドーズ精度を上げるためには、生産性を犠牲にしなければならない。

【0034】

結局、二次元メカニカルスキャン方式の高電流イオン注入装置は、生産性が低く、注入角度精度も良くない。

40

【0035】

図21を参照して、ビームスキャン方式の中電流イオン注入装置について説明する（例えば、特許文献1参照）。

【0036】

図21において、イオン源301で発生されたイオンは、図示しない引出電極によりビーム302として引き出される。引き出されたビーム302は、質量分析電磁石装置303により質量分析されて必要なイオン種のみが選択される。必要なイオン種のみから成るビーム302は、ビーム整形装置304により断面形状が整形される。ビーム整形装置3

50

04は、Q (Quadrupole) - 磁極レンズもしくは静電電極レンズ等により構成される。整形された断面形状を持つビームは、偏向走査装置305により図21(a)の面に平行な方向にスキャンされる。

【0037】

スキャンされたビームは、P (Parallel) - レンズ306により再平行化され、偏向角0度の軸に平行にされる。図21(a)では、偏向走査装置305によるビームのスキャン範囲を黒の太い線と破線とで示している。P - レンズ306からのビームは、1つ以上の加速/減速電極307を経由して角度エネルギーフィルター308に送られる。角度エネルギーフィルター308では、ビームのエネルギーに関する分析が行われ、必要なエネルギーのイオン種のみが選択される。図21(b)に示されるように、角度エネルギーフィルター308においては選択されたイオン種のみがやや下方に偏向される。このようにして選択されたイオン種のみから成るビームがプラズマ電子フラッドシステム309を経由してウエハ310に照射される。ウエハ310に照射されなかったビームは、ビームストップ311に入射してエネルギーが消費される。通常、イオン源301からウエハ310が収容されている真空処理室までの間の構成がビームラインと呼ばれる。

10

【0038】

このタイプのイオン注入装置では、イオン源301から引き出されたビームは、質量分析後、偏向走査装置305により横方向に数百Hz～数千Hzのスキャン周波数で振られ、P - レンズ306で平行化される。ビームの断面サイズはウエハ310のサイズより遥かに小さいが、ビームスキャン範囲はウエハ310より大きくなっている。上下方向については、リボンビーム方式と同じく、ウエハ310を動かすメカニカルスキャンが行われる。ビームは再平行化後、加速/減速電極307により加速または減速され、5keV～260keVの広いエネルギー範囲をカバーするようになっている。加速/減速後に電場または磁場による角度エネルギーフィルター308によってエネルギー分析を行うことで、ウエハ310に純粋なビームを注入できるようになっている。なお、図示していないが、角度エネルギーフィルター308の下流側には、エネルギースリットが配置される。

20

【0039】

この第3の例のイオン注入装置は、以下の利点を持つ。

【0040】

ビーム平行度を測定でき、横方向の注入角度を精度良く合わせることができる。

30

【0041】

スキャン周波数が高いため、短時間注入でもウエハ面内のドーズ均一性を高くすることができる。

【0042】

角度エネルギーフィルター308によって、エネルギーコンタミネーションの全てと、ビームラインで発生するパーティクルやメタルコンタミネーションのかなりの部分がウエハ方向に行かなくなる。

【0043】

ビームの平行化と角度エネルギーフィルター308の機能を別々の機器で実現しており、ビームスキャン面(水平)と、角度エネルギーフィルター308の偏向軌道面が直交している。このため、角度エネルギーフィルター308を通過中に中性化され、異常な角度で角度エネルギーフィルター308から出てきたイオンは、下流側の電極の狭いスリットを通過できず、ウエハ310に注入されることがない。

40

【0044】

しかし、この第3の例のイオン注入装置は、以下の欠点を持つ。

【0045】

輸送できるビーム電流量が少ない。特に極低エネルギーでは、ほとんどビームは輸送できない。

【0046】

結局、ビームスキャン方式の中電流イオン注入装置は非常に精度の良い注入ができるが

50

、高電流プロセスに使えるほどのビーム電流をウエハまで輸送することができない。

【0047】

【特許文献1】特開2003-288857号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0048】

本発明の主たる課題は、コンタミネーションを低減できるビーム照射装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0049】

本発明によれば、ビーム発生源からのイオンビームまたは荷電粒子ビーム（以下、ビームと総称する）を、前段の質量分析装置ならびにビーム整形装置を通過させた後、ビームを横方向にスキャンする偏向走査装置ならびにビーム平行化装置、加速/減速装置を経て後段のエネルギー分析装置によりエネルギー分析を行なった後、基板に照射するよう構成したビーム照射装置において、前記後段のエネルギー分析装置として、静電、電磁の両機能を持つハイブリッド型の角度エネルギーフィルターを設け、前記角度エネルギーフィルターの下流側には、照射されるべきイオン種に対応して切替えられる複数のエネルギースリットを持つマルチサーフェスエネルギースリットを設置することにより、低エネルギーから高エネルギーまでの高電流ビームを、中性粒子、異種ドーパント、金属、パーティクル等のコンタミネーションが極めて少ない状態で、選択的に照射できるようにしたことを特徴とするビーム照射装置が提供される。

【0050】

本ビーム照射装置においては、前記マルチサーフェスエネルギースリットは、前記角度エネルギーフィルターによって偏向されたビームが、ビームのスキャン面と直交する面内で当該マルチサーフェスエネルギースリットを通過することにより、所望のエネルギーのイオンのみを通過させるようにされる。

【0051】

本ビーム照射装置においてはまた、前記マルチサーフェスエネルギースリットは、三種類のイオン種に対応した三面のエネルギースリットを一体化した三面の回転切替え式の構成を持つようにしても良い。

【0052】

本ビーム照射装置においてはまた、前記マルチサーフェスエネルギースリットは、三種類のイオン種に対応した三面のエネルギースリットと、ダイバージェンス測定用のマスクとを一体化した四面の回転切替え式の構成を持つようにしても良い。

【0053】

本ビーム照射装置においては更に、回転式または直進式のダイバージェンス測定用のマスクをビーム平行化装置の後方に設けても良い。

【0054】

本発明によればまた、上記ビーム照射装置に適用され、前記後段のエネルギー分析装置と前記マルチサーフェスエネルギースリットによるエネルギー分析のオートチューニングにおいて、前記後段のエネルギー分析装置を調整した後前記マルチサーフェスエネルギースリットで微調整するよう構成したエネルギー分析のオートチューニング装置が提供される。

【0055】

本ビーム照射装置においては、更に、前記基板の下流側に、当該基板に照射されなかったビームを受けるとともにビーム電流計測機能を持つマルチサーフェスビームダンプが設置されても良い。

【0056】

本ビーム照射装置においては更に、該マルチサーフェスビームダンプは、照射されるべきイオン種に対応した複数の面を持つ少なくとも1つの複数面構造体を有するとともに、

10

20

30

40

50

照射中のイオン種に対応した面がビームを受けるように回転によって切替可能な構成とされていても良い。

【0057】

本ビーム照射装置においては更に、前記マルチサーフェスビームダンプのイオン種に対応した複数面構造体の端部と、隣接する複数面構造体の端部は、照射中のビームを受ける時後方にビームが抜けていかないように互いにオーバーラップするよう構成されていても良い。

【0058】

本ビーム照射装置においては更に、前記マルチサーフェスエネルギースリットと前記マルチサーフェスビームダンプは、照射されるべきイオン種に応じて同時に切替えられても良い。

10

【0059】

本ビーム照射装置においては更に、前記前段の質量分析装置の下流側に、照射されるべきイオン種に対応して複数の質量分析スリットが設置され、各質量分析スリットは、通常注入用スリット、高質量分解能を有する高分解能用スリット、及び小径の開口によるビーム中心軸合わせ用スリットの3つのスリットが一体的に構成されるとともに、通常注入用、高分解能用、ビーム中心軸合わせ用に切替えられるよう構成されており、しかも各質量分析スリットは、質量分析位置と後退位置との間で進退自在にされているとともに、イオン種に応じて前記質量分析位置がほぼ同じ位置となるよう調整可能に構成されても良い。

【0060】

20

上記のビーム照射装置においては、前記ビームは、その断面が円形あるいは一方向に長い長円形もしくは楕円形のビーム、またはその連続断面がスキャン方向に長い長円形状もしくは楕円形状となるよう偏向走査されるビームである。

【0061】

上記のビーム照射装置においては、前記ビームが、その断面が円形あるいはスキャン方向に長い長円形もしくは楕円形のビーム、またはその連続断面が一方向に長い長円形状もしくは楕円形状となるよう偏向走査されるビームである場合、偏向走査装置より後方のビームラインに設けたアパチャー及び電極をグラフィイトにより構成するとともに、スキャン方向に長いビームが、偏向走査装置より後方のビームラインの真空側壁に直接照射されないように各アパチャー及び各電極の間隔を接近して配置することが好ましい。

30

【発明の効果】

【0062】

本発明によれば、ドーパントと共に注入されてしまう金属（メタルコンタミネーション）や、異種ドーパント（クロスコンタミネーション）の量をバッチ式装置より少なくできる。また、ウエハ表面、及び裏面に付着または衝突するパーティクル数をバッチ式装置より少なくできる。これにより、微細半導体デバイスの製造のための枚葉式高電流イオン注入装置に適したビーム照射装置を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0063】

本発明の好ましい実施の形態を説明する前に、本発明をイオン注入装置に適用した場合について改良された点をあげれば、以下の通りである。

40

【0064】

高精度でイオン注入ができるビームスキャン方式の枚葉式中電流イオン注入装置におけるビームライン・スキャンシステムのコンセプトを生かしながら、高電流ビームを輸送できるようにした。高電流ビームを輸送するためには、空間電荷効果を克服しなければならない。空間電荷効果の弊害は、ビームを発散させるだけでなく、スキャンされたビームの各軌道の行路差を介して、ウエハ上でのビーム発散角・ビームサイズのばらつきとしても現れる。本イオン注入装置は、これを補正するシステムを搭載した。

【0065】

また、本イオン注入装置は、中電流イオン注入装置では考慮されていない上下方向の注

50

入角度精度も含めて、注入角度精度を上げられるシステムを搭載した。

【0066】

さらに、本イオン注入装置は、ビームが高電流になることに伴う、レジストアウトガスの増大によるドーズずれ・均一性劣化、ウエハチャージアップの増大による半導体デバイスの静電破壊、ビームスパッター生成物の増大による金属汚染・異種ドーパント汚染の増加等に対する対策を盛り込んだ。

【0067】

上記の点をまとめると、改良のための具体的な手段は次のようになる。

【0068】

(1) ビームの引出系、質量分析系として、バッチ式高電流イオン注入装置のものをを用い、高電流ビームの引出し・分析ができるようにした。

10

【0069】

(2) 質量分析電磁石装置と静電式の偏向走査装置との間に、一对の縦方向集束用(QD: Quadrupole Defocusing)と横方向集束用(QF: Quadrupole Focusing)の直流四極電磁石を置いた。これによって、偏向走査装置入り口でのビーム断面を、横方向に長い楕円形に整形する。なお、偏向走査装置は、生成する電界が、断面横長ビームの集束・発散に極力影響を与えないような電極形状にすることが好ましい。

【0070】

(3) 質量分析電磁石装置と静電式の偏向走査装置との間に、一对の縦方向集束用(syQD: synchronized Quadrupole Defocusing)と横方向集束用(syQF: synchronized Quadrupole Focusing)の四極電磁石を置き、静電式の偏向走査装置と同期して作動するようにした。これによって、ウエハ中心に向かうビーム軌道とウエハ左右端に向かうビーム軌道のずれ(内側ビームと外側ビームとの間の空間電荷効果の違いによる、ビーム発散角・ビームサイズのずれ)を補正する。

20

【0071】

(4) 偏向走査装置の下流に静電式の減速P-レンズを置き、その下流に配置した加速・減速部に、一对の正負両用電極(A/Dコラム電極)を置く。減速P-レンズによって、低エネルギー注入時の減速比を比較的小さくすることができ、減速に伴うビームの発散を抑えられる。また、減速P-レンズで発生する上下方向の強い収束力と、A/D(Accel/Decel)コラム電極の収束力とをバランスさせることで、上下方向のビームを、ウエハに向かって緩やかに集束させることができる。

30

【0072】

(5) 質量分析電磁石装置と静電式の偏向走査装置との間に、一对の縦方向中心軌道補正用(STY)と横方向中心軌道補正用(STX)のステアリング電磁石を配置し、加えて、偏向走査装置の直後とウエハ位置に、上下左右のビーム中心位置を測定できるビームプロファイルモニターを置く。これらのモニターと、引出電極(三軸可動)のチルト軸や、質量分析電磁石装置・偏向走査装置の偏向角の微調を組み合わせ、ビームの中心軌道のずれを補正する。これによって、注入角度精度を上げることができる。

40

【0073】

(6) A/Dコラム電極とウエハの間に、ハイブリッド型の角度エネルギーフィルター(AEF: Azimuthal Energy Filter)(以下、AEFと略称することがある)を設置した。また、AEFの下流にエネルギースリットを設け、所望のエネルギーのイオン種のみがこのスリットを通過できるようにする。これによって、ビームライン上流からのエネルギーコンタミネーション(中性粒子)、メタルコンタミネーション、パーティクルなどが取り除かれる。

【0074】

ハイブリッド型のAEFは、電界と磁界の両方を発生することができるエネルギーフィルターであり、低エネルギーのイオン注入では磁界を、高エネルギーのイオン注入では電

50

界を用いる。電界による A E F 領域には、電子が入り込めないため、ビームには正電荷同士の反発による強い発散力が働く（空間電荷効果）。このため、低エネルギーのイオン注入において電界を使用すると、ビームがほとんど無くなる。一方、磁界 A E F は電子をトラップするため、ビームの正電荷をうち消して空間電荷効果を大幅に緩和する。しかし、ビームのスキャン面（水平面）と平行な磁界を発生させなければならぬため、A E F 用偏向電磁石のポールギャップが非常に大きくなり、強い磁界を発生できない。このため、磁界 A E F は、高エネルギーのイオンを偏向させることができない。

【 0 0 7 5 】

ハイブリッド型の A E F は、電界 A E F と磁界 A E F の持つデメリットを補い合うエネルギーフィルターであり、純度の高いビームをウエハに送るという本来の機能を損なわずに、低エネルギーの大電流ビームの輸送もできる。

10

【 0 0 7 6 】

磁界 A E F は、ウエハの帯電防止に必要な低エネルギー電子の運動に悪影響を与えないように、漏れ磁場の少ない構造にしている。

【 0 0 7 7 】

ハイブリッド型の A E F は、具体的には A E F 用偏向電磁石と A E F 用偏向電極で構成される。そして、スキャン面（水平面）と偏向面（鉛直面）とが直交しているため、小さな偏向角でフィルタリングすることができ、偏向中に残留ガスとの荷電変換反応を起こして中性化したイオンが、異常な角度でウエハに注入されることがない。

【 0 0 7 8 】

(7) 磁界 A E F の磁界の中心軸上にプラズマシャワー（ A E F プラズマシャワー）を設けた。このプラズマシャワーから A / D コラム電極と A E F との間、及び磁界 A E F の磁界領域に電子を供給することによって、空間電荷効果を緩和し、低エネルギー大電流ビームの輸送を可能にする。また、A E F 用真空チャンバーの内壁面には、複数の永久磁石を取り付けてコンファインメント用カスプ磁場を形成し、電子の閉じこめ効率を上げた。

20

【 0 0 7 9 】

(8) ウエハの帯電防止と同時に、A E F とウエハとの間のビームに電子を供給して電荷を中和するために、A E F の下流側に上記 A E F プラズマシャワーとは別にプラズマシャワーを設置した。

【 0 0 8 0 】

(9) メタルコンタミネーションを防止するために、スリット、ビームダンプなどビームが当たる部分は全てグラファイト製とする。また、断面横長ビームが壁に当たらないように、P - レンズからエネルギースリットまでの区間の電極開口、真空容器（アルミ製）などの幅を、（ビームスキャン範囲）+ 2 × （ビーム幅）以上の大きさにする。

30

【 0 0 8 1 】

クロスコンタミネーションを防止するために、ウエハ近傍で最もビームが当たるエネルギースリットとビームダンプは、回転式多面構造とし、イオン種毎にビームの当たる面が自動的に切り替わるようにする。

【 0 0 8 2 】

(1 0) エネルギースリットの一面（ダイバージェンスマスク）と、ウエハ近傍のビームプロファイルモニターによって、横方向の全スキャン領域で、ビームとウエハとが成す角度が一定であることを確認できるようにする。また、同時にビームの横方向の発散角が測れるようにする。これらが不十分なときは、直流四極電磁石 Q D , Q F , シンクロナイズド四極電磁石 s y Q D , s y Q F , ステアリング電磁石 S T X , S T Y , A / D コラム電極の電圧を微調整する。

40

【 0 0 8 3 】

(1 1) 電子を吸収する正電圧の電極の前後、及び電子を加速する方向の電界ができる電極の手前全てに、電子サプレッション電極を配置する。これによって、空間電荷を中和するための電子が不足する領域を短くする。

【 0 0 8 4 】

50

(12) 高電圧電源の接続形態を、イオン源に印加する高電圧のみによって注入エネルギーが決まるような接続形態とする。また、イオン源の高圧電源を、高エネルギー用と低エネルギー用に分けて切り替えて使う。このように、ダイナミックレンジを分割し、それぞれ高精度の電源を使うことによって、全領域での注入エネルギー精度が確保される。また、注入エネルギーが、イオン源の高圧電源のみで決まるため、P-レンズ電源、A/Dコラム電極電源、ターミナル電源など、他の高圧電源の精度を厳しくする必要がない。

【0085】

(13) 高電流ビームによるイオン注入時に、ウエハ上のフォトリソグラフィから大量にガスが発生すると、ビームイオンとの間で荷電交換反応が起こり、イオンが中性化してビーム電流として計測できなくなる。これによってドーズ誤差が大きくなることを防ぐために、プロセスチャンバー（真空処理室）内の真空度で、計測されたビーム電流を補正するプレッシャーコンペーションシステムを導入する。

【0086】

次に、図1を参照して、本発明を枚葉式イオン注入装置に適用した実施の形態について説明する。本枚葉式イオン注入装置の構成を、イオン源1を起点とする上流側から説明すると以下の通りである。イオン源1の出口側には引出電極2が設けられている。引出電極2の下流側には質量分析電磁石装置3が設置されている。質量分析電磁石装置3の下流側には、順に、水平方向中心軌道補正用のステアリング電磁石(STX)13、上下方向集束用の直流四極電磁石(QD)5、上下方向集束用のシンクロナイズド四極電磁石(syQD)8、鉛直方向中心軌道補正用のステアリング電磁石(STY)14、横方向集束用のシンクロナイズド四極電磁石(syQF)9、横方向集束用の直流四極電磁石(QF)6が設置されている。なお、引出電極2の下流側近傍には電子サプレッション電極26が設けられ、直流四極電磁石(QD)5とシンクロナイズド四極電磁石(syQD)8の間には三段切替式の質量分析スリット4が設置されている。

【0087】

直流四極電磁石(QF)6の下流側には偏向走査装置7が設置され、その上流側、下流側にはそれぞれ電子サプレッション電極27、28が配置されている。電子サプレッション電極28の下流側には、二線式のビームプロファイルモニター（以下では第1のモニターと呼ぶことがある）15、インジェクションファラデーカップ16が順に設置されている。

【0088】

引出電極2からインジェクションファラデーカップ16までの要素はターミナル37に收容され、高電圧が印加されている。

【0089】

インジェクションファラデーカップ16の下流側には、静電式の減速P-レンズ（パラレル平行化レンズ）10、減速P-レンズ出口側電極10'、第1のA/Dコラム電極11、第2のA/Dコラム電極12、グランド電極12'、ハイブリッド型の角度エネルギーフィルター（以下、AEFと呼ぶ）18が順に設置されている。静電式の減速P-レンズ10は3枚の電極で構成され、中間電極を電子サプレッション電極29として上流側電極と共用する構成としたことで、従来は4枚の電極で構成されていたものを3枚にしている。AEF18はその上流側、下流側にそれぞれ電子サプレッション電極30、31を有する。AEF18にはまた、左右の両側にAEFプラズマシャワー20が設けられ、AEFチャンバー38の壁体にはプラズマ閉込め用のカスプ磁場を形成するために複数の永久磁石21が設置されている。カスプ磁場を形成するために、各永久磁石21は磁極をAEFチャンバー内に向け、かつ隣り合う磁極が互いに反対になるように配置される。なお、AEFチャンバー38の出口側には、AEF18で偏向されずに直進する金属原子、パーティクル等を受けるストライカープレート38-1が設けられている。

【0090】

AEFチャンバー38はプロセスチャンバー（真空処理室）39と連通している。プロセスチャンバー39内にはトリプルサーフェスエネルギーリット19とダイバージェン

10

20

30

40

50

スマスク 25 との組合わせ体、プラズマシャワー 22 が順に配置されるとともに、ウエハ 23、トリプルサーフェスビームダンプ 24 が設置されている。ウエハ 23 の近傍には、ビームプロファイルモニター（第 2 のモニターと呼ぶことがある）17 が、ビームのスクリーン範囲内に出没自在に設置されている。ビームラインは高真空で維持されていることは言うまでも無い。

【0091】

上記各要素への各種電源の接続形態は以下の通りである。

【0092】

イオン源 1 とグラウンドとの間にはイオン源高圧電源 32 が接続され、引出電極 2 とターミナル 37 との間には引出電源 41 が接続されている。ターミナル 37 とグラウンドとの間にはターミナル高圧電源 33 が接続され、ターミナル 37 と電子サプレッション電極 29 との間にはサプレッション電源 42 が接続されている。ターミナル 37 と静電式の減速 P-レンズ 10 及びその出口側電極 10' との間には P-レンズ高圧電源 34 が接続されている。第 1 の A/D コラム電極 11 とグラウンド間、第 2 の A/D コラム電極 12 とグラウンド間にはそれぞれ、第 1 の A/D コラム高圧電源 35、第 2 の A/D コラム高圧電源 36 が接続されている。実際には、後述されるように、第 1 の A/D コラム高圧電源 35、第 2 の A/D コラム高圧電源 36 は、それぞれ正負の電圧を切替えて印加できるようになっている。

10

【0093】

続いて、各構成要素の具体的構成、機能について説明する。

20

【0094】

[イオン源 1、引出電極 2、質量分析電磁石装置 3、三段切替式の質量分析スリット 4]

これらは、基本的にバッチ式高電流イオン注入装置において使用されているものと同じものを用い、高電流ビームの引出し・分析ができるようにしている。但し、引出電極 2 は、上下・左右・水平チルト軸による前後の傾きを調整できる三軸調整構造とし、ビーム中心軸合わせに使えるようにした。図 11 に示されるように、引出電極 2 は、三軸駆動機構 2-1 により前後方向の移動、左右方向の移動、及びチルト軸に関して前後に傾動可能にされている。

【0095】

30

質量分析スリット 4 は三段自動切替式である。つまり、質量分析スリット 4 は、図 2 に示すように、通常の高電流注入用スリット（質量分解能 50 程度で 50 amu のイオンと 51 amu のイオンの分離が可能）4-1 と、高分解能・低ドーズ注入用スリット（質量分解能 200 程度）4-2 と、小孔によるビーム軸出し用スリット 4-3 とを用途に応じて切替え可能にしている。なお、質量分析スリット 4 を通過する際のビームの位置は固定である。

【0096】

[上下方向集束用の直流四極電磁石 (QD) 5、左右方向集束用の直流四極電磁石 (QF) 6、偏向走査装置 7]

直流四極電磁石 (QD) 5 及び直流四極電磁石 (QF) 6 によって、偏向走査装置 7 から下流側でのビーム断面を横（水平）方向に長い楕円形に整形する。偏向走査装置 7 より下流側では、ビームがスキャンされるので横方向のビーム通過領域が非常に広く、横方向にビームを収束する機器を置くことができない。従って、偏向走査装置 7 より下流側では、空間電荷効果によるビーム発散力が横方向にはあまり働かないようにしなければならない。これは、ビームの断面形状を横長にすることによって実現される。

40

【0097】

空間電荷効果による水平方向、垂直方向のビーム発散力の強さ K_x 、 K_y （焦点距離の逆数）は、次の数式（1-1）、数式（1-2）による式で近似できる。

【数 1 - 1】

$$K_x = -\frac{qm^{0.5}I}{\sqrt{2\pi\epsilon_0}E_B^{1.5}} \frac{1-\eta}{\sigma_x(\sigma_x + \sigma_y)} \quad (1-1)$$

【数 1 - 2】

$$K_y = -\frac{qm^{0.5}I}{\sqrt{2\pi\epsilon_0}E_B^{1.5}} \frac{1-\eta}{\sigma_y(\sigma_x + \sigma_y)} \quad (1-2)$$

数式(1-1)、数式(1-2)において、 ϵ_0 は真空の誘電率、 q はイオンの電荷、 m はイオンの質量、 E_B はビームのエネルギー、 I はビーム電流、 η は空間電荷の中和係数($0 \leq \eta < 1$, $\eta = 0$ は電子欠乏状態、 $\eta = 1$ は完全中和状態)である。また、左右方向のビームサイズを $2\sigma_x$ 、上下方向のビームサイズを $2\sigma_y$ としている。

【0098】

これらの式から、左右方向のビームサイズ σ_x が上下方向のビームサイズ σ_y より充分大きいときは、水平方向のビーム発散力の強さ K_x が、垂直方向のビーム発散力の強さ K_y に比べて非常に小さくなるのが分かる。

【0099】

[上下方向集束用のシンクロナイズド四極電磁石(syQD)8、横方向集束用のシンクロナイズド四極電磁石(syQF)9、静電式の減速P-レンズ10]

数式(1-1)、(1-2)から分かるように、空間電荷効果は、ビームエネルギーの1.5乗に反比例して弱くなる。そこで、大電流ビームを輸送するためには、ビームエネルギーはできるだけ高い方が良い。しかし、ビームスキャン方式のイオン注入装置においては、ウエハ面内全体に同じ角度でビームを注入するためには、何らかの方法でスキャン後のビーム中心軌道を平行化しなければならない。減速P-レンズ10の電界は、イオンに、外側の軌道ほど内側に大きく曲がるような横方向の力を働かせる。このとき、同時にビーム軸方向にイオンを減速させる力が働く。このため、ビームエネルギーは、減速P-レンズ10を通過するときに数分の1に低下する。さらに、減速P-レンズ10から第1のA/Dコラム電極11の区間には強い電界がかかっているため、これらで挟まれた区間には電子がほとんど存在しない。このため、この区間ではビームに強い空間電荷効果が働く。

【0100】

図3に示すように、ゼロ次近似で減速P-レンズ10を円弧形とすると、一点鎖線で示すビームの中心軌道とスキャン角 θ の軌道とで、電子欠乏領域の行路差が、(焦点距離) $\times(1 - \cos\theta)$ になる。このため、 $(1 - \cos\theta)$ に比例して、外側の軌道ほどビームの発散傾向が強くなる。もしも、この中心軌道と外側の軌道の収束力の差を放置すると、図4(a)、図6(a)に示すように、外側の軌道でビームがほとんど通らなくなり、横方向の注入均一性が極めて悪化する。これは、この行路差で生じた収束力の差がわずかでも、第1のA/Dコラム電極11、第2のA/Dコラム電極12でそれが大きく増幅されるためである。

【0101】

この問題は、スキャン角 θ に応じてシンクロナイズド四極電磁石(syQD)8、シンクロナイズド四極電磁石(syQF)9の磁場勾配を変化させることで解決できる。つまり、図4(a)、図6(a)の例の場合、図5のように、 $(1 - \cos\theta)$ に逆比例させて、一对のシンクロナイズド四極電磁石(syQD)8、シンクロナイズド四極電磁石(syQF)9の磁場勾配を変化させる。その結果、図4(b)、図6(b)に示すように、外側の軌道においても中心付近の軌道と同じ量のビーム電流を輸送でき、ビームサイズやビーム発散角もほぼ揃えることができる。この働きをするのがシンクロナイズド四極電磁石(syQD)8、(syQF)9である。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 2 】

本形態では、偏向走査装置 7 の偏向電極電圧に同期させて、シンクロナイズド四極電磁石 (s y Q D) 8 とシンクロナイズド四極電磁石 (s y Q F) 9 のコイル電流を制御する。スキャン角 θ と偏向走査電圧 V の関係は、ほぼ次の数式 (2) で与えられる。

【 0 1 0 3 】

$$V = a \cdot V_{e x t} \cdot \tan \theta \quad (2)$$

数式 (2) において、 $V_{e x t}$ は引出電圧 (イオン源 1 とターミナル 3 7 との間の電位差)、 a は比例定数である。シンクロナイズド四極電磁石のコイル電流 I_Q は、その磁場勾配に比例し、磁場勾配は図 5 に見られるように、 $(1 - \cos \theta)$ に逆比例する。これらの比例係数と切片を b 、 c とすると、

$$I_Q = b \cdot (1 - \cos \theta) + c \quad (3)$$

となる。

【 0 1 0 4 】

スキャン角 θ は小さいので、数式 (2)、(3) をスキャン角 θ についてテーラー展開し、第一項を取って、数式 (2) の V を数式 (3) に代入すると次の数式 (4) を得る。

【 0 1 0 5 】

$$I_Q = A \cdot V^2 + B \quad (4)$$

数式 (4) では、定数部分を整理して新たに係数 A 、 B で表してある。

【 0 1 0 6 】

このように、シンクロナイズド四極電磁石のコイル電流 I_Q は、偏向走査電圧 V に対して、数式 (4) で与えられる二次式の形で追従させれば良い。

【 0 1 0 7 】

偏向走査電圧 V の波形 (スキャン速度) は、ウエハ上でスキャンビームが横方向に均一になるように、イオン注入前に決定される。係数 A 、 B も、中心軌道と外側軌道でビームプロファイルモニター 1 7 のビーム像を比較することによって、適正值が決定される。

【 0 1 0 8 】

このようなシステムを搭載することにより、ビームスキャンの中心軌道と外側軌道でビームの量・質に差がなくなり、低エネルギー・大電流ビームでビームスキャンを行うことが可能になる。

【 0 1 0 9 】

なお、減速 P - レンズ 1 0 の減速比は、整数比、例えば 4 : 1 程度が好ましい。また、A E F 1 8 における下流側の偏向電極と減速 P - レンズ 1 0 との距離を短くし、減速比を大きくするために減速 P - レンズ 1 0 の曲率を小さく構成するのが好ましい。

【 0 1 1 0 】

[第 1 の A / D コラム電極 1 1、第 2 の A / D コラム電極 1 2、第 1 の A / D コラム高圧電源 3 5、第 2 の A / D コラム高圧電源 3 6]

静電式の減速 P - レンズ 1 0 は、水平方向の収束作用でスキャンビームを平行化するが、鉛直方向にもかなり強い収束力を持つ。減速 P - レンズ 1 0 通過後のビームは、放置すると、オーバーフォーカスによって、鉛直方向に急激に発散してしまう。この作用は、低エネルギービームで特に大きい。

【 0 1 1 1 】

そこで、減速 P - レンズ 1 0 の直近に、上下方向のみに強い収束レンズ効果を持ち、横方向ではビームに作用しない一対の電極を置く。これが、第 1 の A / D コラム電極 1 1、第 2 の A / D コラム電極 1 2 である。減速 P - レンズ 1 0 によって発生した上下方向の発散を、第 1、第 2 の A / D コラム電極 1 1、1 2 の上下方向のレンズ効果でうち消し、ウエハ上での上下方向のビームサイズと発散角を適切な値にすることができる。レンズ効果は、低エネルギーになるほど強くなる。減速 P - レンズ 1 0 の下流側電極と、A / D コラム電極 1 2 の下流側のグランド電極 1 2 ' との間では、低エネルギー注入のとき減速 (A / D コラム電極の減速側)、高エネルギー注入のとき加速 (A / D コラム電極の加速側) が行われる。つまり、減速 P - レンズ 1 0 の出口側電極 1 0 ' は、A / D コラム電極 1 2

10

20

30

40

50

の下流側のグラウンド電極 1 2 ' に対して、減速のときは負電位、加速のときは正電位になる。これに対応して、二つの A / D コラム電極 1 1 , 1 2 にレンズ効果を持たせるために、二つの A / D コラム電極 1 1 , 1 2 に、それぞれ独立に正・負の高電圧が印加できるようになっている。電極に正の高電圧が印加されているときに、イオンビームが電極を叩くと、第 1 の A / D コラム高圧電源 3 5 は逆電流を流せないため、電圧が不安定になってしまうか電源が故障してしまう。そこで、図 8 に示すように、第 1 の A / D コラム高圧電源 3 5、第 2 の A / D コラム高圧電源 3 6 は、それぞれ切替え可能な正負 2 つの電源を備え、それぞれの電源には帰還抵抗 3 8 を並列に接続して逆電流を流せるように構成してある。また、この電極は、A E F プラズマシャワー 2 0 の近くにあるので、プラズマのイオンや電子も流入しやすい。そこで、負電圧をかけているときの逆電流に対しても同様な対策を実施している。

10

【 0 1 1 2 】

図 1 2 a に、電子サプレッション電極 2 9 を含む減速 P - レンズ 1 0 と、P - レンズ出口側電極 1 0 '、第 1、第 2 の A / D コラム電極 1 1 , 1 2、グラウンド電極 1 2 ' の組み合わせの一例を下側の部分について示す。

【 0 1 1 3 】

図 1 2 b には、P - レンズ出口側電極 1 0 '、第 1、第 2 の A / D コラム電極 1 1 , 1 2、グラウンド電極 1 2 ' と A E F 1 8 との組み合わせを示す。A E F 1 8 は、P - レンズ出口側電極 1 0 '、第 1、第 2 の A / D コラム電極 1 1 , 1 2、グラウンド電極 1 2 ' の組み合わせ体の下流側に配置される。A E F 1 8 は、分析電磁石 1 8 - 1 と、その略中央の空間部に挿入配置された A E F チャンパー 1 8 - 2 と、A E F チャンパー 1 8 - 2 のビーム入射側及びビーム出射側にそれぞれ配置された磁気シールド 1 8 - 3、1 8 - 4 とを有している。A E F 1 8 は、A / D コラム電極側とプロセスチャンパー 3 9 との間に配置固定されている。

20

【 0 1 1 4 】

なお、減速 P - レンズ 1 0 と A / D コラム電極 1 1 , 1 2 との距離を短くして減速 P - レンズ 1 0 における下流側の電極の幅をできるだけ小さくすることが望ましい。

【 0 1 1 5 】

[水平方向中心軌道補正用のステアリング電磁石 (S T X) 1 3、鉛直方向中心軌道補正用のステアリング電磁石 (S T Y) 1 4、二線式ビームプロファイルモニター (第 1 のモニター) 1 5、インジェクションファラデーカップ 1 6、ビームプロファイルモニター (第 2 のモニター) 1 7]

30

電極や電磁石などのビームライン上の機器は、実際には設計通りの位置には設置されず、必ずわずかなアライメントエラーが生じている。例えば、質量分析電磁石装置 3 が、ビーム軸を回転軸として、わずかに回転していると、本来無いはずの水平方向の磁場成分が現れ、ビームをわずかに上下方向に偏向させる。四極電磁石のビーム軸と垂直な面内での平行移動誤差、電極のビーム軸に対する傾き、ビーム軸回りの回転誤差等も、ビームの中心軌道をわずかに曲げ、本来の設計軌道からビームを外す作用がある。これを放置すると、ウエハへのイオン注入角度が狂うだけでなく、ひどい場合には、輸送できるビーム電流が大幅に低下することになる。この問題に対する対策として、以下の中心軌道補正システムを搭載した。

40

【 0 1 1 6 】

これは、ビーム中心位置が測定できる精密にアライメントした二つのビームプロファイルモニター 1 5、1 7 と、一対のステアリング電磁石 (S T X) 1 3 及び (S T Y) 1 4、引出電極 2 の三軸駆動機構 2 - 1 (特に、チルト軸)、質量分析電磁石装置 3 の微調機能及び質量分析スリット 4 のビーム軸出し用スリット 4 - 3 で構成される。

【 0 1 1 7 】

図 1 3 (a)、(b) に二線式ビームプロファイルモニター 1 5 の一例を示す。このビームプロファイルモニター 1 5 は、内側にビームを内包できる大きさの空間を囲むフレーム 1 5 - 1 と、このフレーム 1 5 - 1 と図示しない駆動機構とを連結する支持部 1 5 - 2

50

を有する。フレーム 15 - 1 の内側空間には 2 本のワイヤ 15 - 3、15 - 4 が直交するように張られており、各ワイヤにビームが当たると、ワイヤにはビームの強度に応じた電流が流れる。このために、図 13 (b) に示すように、ビームプロファイルモニター 15 は、ビーム通過領域に斜めに出し入れされる。なお、本形態では、ビームプロファイルモニター 15 は偏向走査装置 7 の下流側に配置しているが、上流側に配置されても良い。

【0118】

図 14 には、ビーム (リア) プロファイルモニター 17 の一例を示す。ビーム (リア) プロファイルモニター 17 は、上下方向に配列された 2 列のマルチホール 17 - 1 と、上下方向に延びるスリット 17 - 2 とを持つ。マルチホール 17 - 1 は、図中一点鎖線で示す断面横長のビームの上下方向のプロファイルを検出するためのものであり、一列目のマルチホール 17 - 1 の間に 2 列目のマルチホールが位置する配置形態とすることで見かけ上連続した検出データを得ることができる。一方、スリット 17 - 2 はビーム電流の測定に用いられる。このビーム (リア) プロファイルモニター 17 は、図示しない駆動機構により、図中矢印で示す方向に進退自在にされている。

10

【0119】

なお、インジェクションファラデーカップ (フロントファラデーカップ) 16 は周知のもので良く、本形態ではインジェクションファラデーカップ 16 は偏向走査装置 7 とビーム平行化装置としての減速式 P - レンズ 10 との間に配置されるが、偏向走査装置 7 の上流側に配置されても良い。また、インジェクションファラデーカップ 16 はビームだけを途中で遮断させる場合にも用いられる。更に、ビームプロファイルモニター 15 とインジェクションファラデーカップ 16 とを一組として偏向走査装置 7 と減速式 P - レンズ 10 との間に配置しても良いし、偏向走査装置 7 の上流側に配置しても良い。

20

【0120】

ところで、ビームの中心軌道は、設計中心軌道からの位置のずれと、設計中心軌道に対する角度のずれという二つの補正量を持つので、水平・鉛直方向それぞれに対して、二つずつ補正用の機器を置かなければならない。

【0121】

本形態では、水平方向に対しては、質量分析電磁石装置 3 の微調整と水平方向中心軌道補正用のステアリング電磁石 (STX) 13、鉛直方向については、引出電極 2 のチルト軸と鉛直方向中心軌道補正用のステアリング電磁石 (STY) 14 をそれぞれ用いる。ステアリング電磁石は、出力の小さな偏向電磁石である。

30

【0122】

今、ビームプロファイルモニター 15 で水平方向に x_1 のビーム中心ずれが検出され、ビームプロファイルモニター 17 で水平方向に x_2 のビーム中心ずれが検出されたとする。このようなずれを補正するために、質量分析電磁石装置 3 の微調整により偏向角を θ_1 だけ変化させ、水平方向のステアリング電磁石 (STX) 13 の偏向角を θ_2 に設定したとする。このとき、次の連立方程式が成り立つ。

【0123】

$$b_{11} \theta_1 + b_{21} \theta_2 = -x_1$$

$$b_{12} \theta_1 + b_{22} \theta_2 = -x_2$$

(5)

40

ここで、 b_{11} 、 b_{21} 、 b_{12} 、 b_{22} は、それぞれ質量分析電磁石装置 3 からビームプロファイルモニター 15 まで、水平方向のステアリング電磁石 (STX) 13 からビームプロファイルモニター 15 まで、質量分析電磁石装置 3 からビームプロファイルモニター 17 まで、水平方向のステアリング電磁石 (STX) 13 からビームプロファイルモニター 17 までの輸送行列の 1 行 2 列成分で、ビーム光学の計算によって理論的に求められる係数である。数式 (5) を解けば、必要な偏向角 θ_1 が以下の数式 (6 - 1)、(6 - 2) で求められる。

【0124】

$$\theta_1 =$$

$$(b_{21} x_2 - b_{22} x_1) / (b_{11} b_{22} - b_{12} b_{21})$$

(6 - 1)

50

$${}_2 = (b_{12} x_1 - b_{11} x_2) / (b_{11} b_{22} - b_{12} b_{21}) \quad (6-2)$$

これは、鉛直方向についても同様である。

【0125】

ビームプロファイルモニター15とビームプロファイルモニター17の間には、大きな誤差を発生させる機器がないので、二つのモニターで中心を合わせることにより、自動的に角度の誤差も補正されることになる。

【0126】

図7にアライメントがずれている場合と、上記の方法で補正した場合のビーム中心軌道を示す。横方向の調整要素として、質量分析電磁石装置3による偏向角の微調整の代わりに、偏向走査装置7にオフセット電圧を持たせても良い。

【0127】

また、上記のステップは、自動制御で行っても良い。これが実現されるためには、少なくともビームがウエハ近傍にあるビームプロファイルモニター17まで輸送できなければならない。そのようになっていないときは、三段切替式の質量分析スリット4のビーム軸出し用スリット4-3とビームプロファイルモニター15を用いて、質量分析電磁石装置3と4つの四極電磁石(QD)5、(QF)6、(syQD)8、(syQF)9のアライメント調整を1つずつ行わなければならない。適正にアライメントしてあれば、上記4つの各四極電磁石を励磁しても、ビームプロファイルモニター15上のビーム位置は動かない。

【0128】

インジェクションファラデーカップ16は、ビームプロファイルモニター15を使用中にビームを止める働きがある。ビームプロファイルモニター15は、2本のタングステンワイヤーでビームをスキャンする方式を取っているので、ビームによってスパッターされたタングステンが下流に行かないように、受け止める必要がある。また、インジェクションファラデーカップ16は、イオン源や質量分析系のチューニング中に、高電流ビームがプロセスチャンバー39まで通って、ウエハ周囲を汚すのを防止する働きもある。

【0129】

図15に、4つの四極電磁石(QD)5、(QF)6、(syQD)8、(syQF)9とステアリング電磁石(STX)13、(STY)14の組み合わせの一例を示す。

【0130】

なお、ステアリング電磁石(STX)13は、質量分析電磁石装置3と質量分析スリット4との間に配置しているが、質量分析磁石装置3と偏向走査装置7との間であってビームが収束もしくは収束に近い状態となる位置に配置されれば良い。一方、ステアリング電磁石(STY)14は、質量分析スリット4と偏向走査装置7との間、特にシンクロナイズド四極電磁石(syQD)8と(syQF)9との間に配置しているが、質量分析磁石装置3と偏向走査装置7との間であってビームが収束もしくは収束に近い状態となる位置に配置されれば良い。

【0131】

[ハイブリッド型のAEF18、トリプルサーフェスエネルギー・スリット19]

角度エネルギーフィルターとエネルギー・スリットは、枚葉式中電流イオン注入装置でも使われているが、AEF18は低エネルギー・高電流ビームの発散防止のため、電界と磁界とを切替え可能なハイブリット型にしてある。一方、エネルギー・スリット19は、図9に示すように、高電流ビームのスパッターによるクロスコンタミネーション防止のために、回転による三面自動切替式(実際は、ダイバージェンスマスク25がもう1面を使うので、回転による四面自動切替式)とし、B(またはBF₂)、P、Asの各イオン種が同じ面を打たないようにしてある。なお、ダイバージェンスマスクは、直進式のものを用いても良い。

【0132】

AEF18は、これまでのものと同様、ビームスキャン面(水平面)と直交する面内(

10

20

30

40

50

鉛直面)でビームを偏向し、エネルギースリット19は、所望のエネルギー・価数・質量のイオンのみウエ八方向へ通すタイプのものである。中性化してビーム電流として計測できないドーパント粒子(ドーズ誤差の原因)や上流でスパッターされた金属原子、上流の電極などで発生したパーティクルは、直進してストライカープレート38-1によるグラフィックプレートに当たる。また、価数、質量、エネルギーの異なるイオンは、偏向角が異なるため、エネルギースリット19の壁に当たる。このように、従来の中電流イオン注入装置が持つ、フィルタリングによってビームの純度を高める機能は、低エネルギー・大電流ビームに対しても、維持されなければならない。これは、中電流イオン注入装置と同等以上のエネルギー分解能を持つことで保証される。

【0133】

10

低エネルギーの場合、磁界AEFに切り替えることで、ビーム電流の低下を抑えているが、磁界による偏向では、電界による偏向よりも分解能が下がってしまう。偏向電極と、偏向電磁石からそれぞれLだけ離れた位置でのエネルギー分解能 $E/\Delta E$ は、次の数式(7)、(8)で与えられる。

【数7】

$$\text{電界: } \frac{E}{\Delta E} = \frac{\frac{2}{3}\rho[1 - \cos(\sqrt{3}\theta)] + \frac{2\sqrt{3}}{3}L\sin(\sqrt{3}\theta)}{2h} \quad (7)$$

【数8】

20

$$\text{磁界: } \frac{E}{\Delta E} = \frac{\rho[1 - \cos\theta] + L\sin\theta}{2h} \quad (8)$$

【0134】

ここで、 R は曲率半径(AEF18による曲げ角度)、 θ は偏向角である。 θ が小さいときは、テーラー展開してみれば、電界の方が2倍程エネルギー分解能が大きくなることが分かる(電界: $E/dE \sim L/h$, 磁界: $E/dE \sim L/2h$)。

【0135】

この問題を解決するために、AEF18の偏向角 θ を従来の中電流イオン注入装置より大きくしてある(θ が小さいときは、エネルギー分解能は θ に比例する)。これによって、磁界AEFでも、従来以上のエネルギー分解能を得ることができる。電界AEFは、この分だけエネルギー分解能に余裕ができるので、スリット幅 h を広げて、エネルギーの高いところでのビーム電流を増やすようにしている。

30

【0136】

なお、エネルギースリット19の幅は可変であり、ビームラインで解離が起こる BF_2^+ イオンについてのみ狭く設定し、他のイオンに対しては広く設定している。この設定によって、解離で生成した BF^+ イオンが、異常な角度でウエ八に注入されることが防がれる。

【0137】

40

ビームがよく当たるスリットやストライカープレートの表面には、前に当たった異種イオンが注入されている。イオン種を切り替えたとき、そのビームがまた同じ所に当たると、スパッタリングによって前のイオン種が叩き出される。そして、それがウエ八表面に付着する。これがクロスコンタミネーションの発生原理である。これは、各イオン種が別々の面を叩くようにすることで防止することができる。これは、スパッターレートが高くなる大電流の比較的エネルギーの高いビームで特に有効である。

【0138】

[AEFプラズマシャワー20、コンファイメント磁場形成用の永久磁石21]

これは、磁界AEFの水平方向の磁場を利用して、AEFプラズマシャワー20から引出した電子をビームに供給する(ノーマルモード)ことによって、減速後の低エネルギー

50

ビームのイオン電荷を中和するシステムである。あるいはまた、引出した電子を一次電子とし、電界 A E F の電極をプラズマアーク室の壁、磁界 A E F の磁界をプラズマ閉じこめ磁場として用い、ビームが通過する領域にプラズマを生成して多量に電子を供給する（プラズマボックスモード）ことによって、減速後の低エネルギービームのイオン電荷を中和するシステムでも良い。

【 0 1 3 9 】

このシステムを搭載し、前述した 4 つの四極電磁石や A / D コラム電極 1 1 , 1 2 の集束作用を調整することによって、低エネルギー・大電流ビームをウエハに輸送することができる。

【 0 1 4 0 】

[プラズマシャワー 2 2、ウエハ 2 3]

プラズマシャワー 2 2 は、ウエハ 2 3 の帯電防止と同時に、A E F 1 8 とウエハ 2 3 間のビームに電子を供給してイオンの電荷を中和し、空間電荷効果を弱くする働きがある。

【 0 1 4 1 】

[トリプルサーフェスビームダンプ 2 4]

ビームダンプ 2 4 は、ウエハ近傍で最も多くのビームが当たる場所なので、汚染源としてのリスクが最も高い場所である。そこで、図 1 6 に示すように、ビームダンプ 2 4 を 3 つの回転式の三面構造体 2 4 - 1 , 2 4 - 2 , 2 4 - 3 で構成し、B (または B F₂)、P、A s のイオン種毎にビームの当たる面が自動的に切り替わるようにして、汚染を防止する。例えば、B (または B F₂) イオンを注入している時には三面構造体 2 4 - 1、2 4 - 2、2 4 - 3 の面 2 4 - 1 a、2 4 - 2 a、2 4 - 3 a がビーム照射方向を向き、P イオンを注入している時には三面構造体 2 4 - 1、2 4 - 2、2 4 - 3 の面 2 4 - 1 b、2 4 - 2 b、2 4 - 3 b がビーム照射方向を向くようにしている。なお、図示の状態において三面構造体の隣接する頂点は重なり合うようにしてウエハに照射されなかったビームがビームダンプの底部に漏れないようにしている。このようなシステムを搭載することにより、高電流注入プロセスのクロスコンタミネーションレベルを低く抑えられる。

【 0 1 4 2 】

また、ビームダンプ 2 4 にはファラデーカップと同様の原理によるビーム電流計測機能があり、最終的なビーム調整時にその値が参照される。更に、図 9 で説明したトリプルサーフェスエネルギーリット 1 9 とビームダンプ 2 4 における三面構造体 2 4 - 1 ~ 2 4 - 3 は、照射されるイオン種に応じて同時に自動切替えされるように構成されている。

【 0 1 4 3 】

[ダイバージェンスマスク 2 5]

ダイバージェンスマスク 2 5 とビームプロファイルモニター 1 7 とで、水平方向のスキャン軌道の平行度と、ビームの発散角の測定系を構成している。図 9 に示すように、ダイバージェンスマスク 2 5 は、トリプルサーフェスエネルギーリット 1 9 と共に、羽板付きの二本の四角柱における第四面を使用している。ダイバージェンスマスク 2 5 の羽板の先端には凹凸が付いており、回転によって二枚の羽板の端が最も接近したとき、凸部 2 5 - 1 は符合してビームを遮断し、凹部 2 5 - 2 のみビームが通過できるようになっている。この状態で上流から下流を見ると、1 0 個程度 (図 9 では 7 個) の穴が一枚の板に明いているように見える。

【 0 1 4 4 】

これらの穴を通過してきたビームの像を後方のビームプロファイルモニター 1 7 で測定すると、穴の数だけピークが現れる。このピークの間隔と、穴の中心間隔が全て同じであれば、ビームは全ウエハ領域で平行である。また、各ピークの基部 (ピークの 9 0 %) の幅 2 W、穴の直径 2 r、ダイバージェンスマスク 2 5 とビームプロファイルモニター 1 5 の距離 D₁ から、(W - r) / D₁ を求めれば、これがそのスキャン位置でのビーム発散角 (負の場合は集束角) である。これが全ピークで同じ値ならば、ビーム発散角はウエハ全面で揃っていることになる。

【 0 1 4 5 】

10

20

30

40

50

平行度が悪いときには、減速 P - レンズ 10 の印加電圧を調整する。発散角が大きすぎたり、揃っていないときは、直流四極電磁石 (Q D) 5 , 直流四極電磁石 (Q F) 6 , シンクロナイズド四極電磁石 (s y Q D) 8 , シンクロナイズド四極電磁石 (s y Q F) 9 , ステアリング電磁石 (S T X) 13 , A / D コラム電極 11、12 の電圧を微調整する。

【 0 1 4 6 】

このシステムを搭載することにより、水平方向の角度精度を保証することができる。

【 0 1 4 7 】

[電子サブレーション電極 26 ~ 31]

電子サブレーション電極を、電子を吸収する正電圧の電極の前後、及び電子を加速する方向の電界ができる電極の手前に置いて、裸のイオンビームの持つポテンシャルより高い負電圧を印加する。これによって、電子を跳ね返し、ビームラインから電子が流失することを防ぐ。電子は、プラズマシャワーなどの積極的な供給系が無くとも、イオンがアパチャー周縁部に当たったり、残留ガスと衝突することによってある程度発生する。これをビームラインに保持し、ビーム電荷の中和に用いることで、輸送できるビーム電流が増える。

10

【 0 1 4 8 】

[イオン源高圧電源 32、ターミナル高圧電源 33、減速 P - レンズ高圧電源 34]

一般にイオン源とその電源はターミナル 37 の中 (ターミナル電位の上) に置かれ、注入エネルギーは、イオン源電圧とターミナル電圧との和になる。この場合、エネルギー精度を上げようとする、ターミナル高圧電源 33 及びターミナル 37 における全ての高圧電源の精度を上げなければならない。ターミナル 37 中で発生する放電も、直接注入エネルギーを変化させる。そこで、イオン源 1 をターミナル 37 の外に出し、アース電位から高電圧を印加すると、注入エネルギーがイオン源 1 の電位のみで決まるようにできる。この場合、このイオン高圧電源 32 の精度のみ上げれば、注入エネルギー精度が確保されることになる。ダイナミックレンジが 1桁を大きく超える範囲で、電源精度を保証することは難しい。そこで、イオン源電圧を高エネルギー用と低エネルギー用に分け、それぞれ精度の良い電源装置を用いて自動切替えすることにより、0.2 keV ~ 80 keV の全エネルギー領域で、精度が保証されることになる。

20

【 0 1 4 9 】

一方、減速 P - レンズ高圧電源 34 は、ビーム平行度を定める電源であるが、これは、偏向走査装置 7 通過後のビームエネルギーで決まる。特に、低エネルギーでは、このビームエネルギーがほとんどターミナル電圧で決まるので、減速 P - レンズ高圧電源 34 は、ターミナル電位の上に置いた方が平行度の精度を出すことができる。

30

【 0 1 5 0 】

各部の電圧とビームエネルギーの関係を図 10 に示す。これらの電源接続形態を用いることにより、低エネルギー大電流ビームのエネルギー精度を確保することができる。

【 0 1 5 1 】

なお、ビームが、その断面が円形あるいはスキャン方向に長い長円形もしくは楕円形のビーム、またはその連続断面が一方向に長い長円形状もしくは楕円形状となるよう偏向走査されるビームで構成される場合、偏向走査装置より後方のビームラインに設けられる複数のアパチャー (開口) 及び電極をグラフィイトにより構成するとともに、スキャン方向に長いビームが、偏向走査装置より後方のビームラインの真空側壁に直接照射されないように各アパチャー及び各電極の間隔を接近して配置することが望ましい。

40

【 0 1 5 2 】

以上、本発明を好ましい実施の形態について説明したが、本発明は上記の形態に限られるものではなく、様々な変更が可能である。

【 0 1 5 3 】

図 17 には、図 2 で説明した三段階切替式の質量分析スリット 4 の他の形態を示す。この質量分析スリット 4 ' は三連三組切替式であり、図 2 で説明したような質量分析スリッ

50

トを三組備えている。これら三組の質量分析スリット4 A、4 B、4 Cは、B（または $B F_2$ ）、P、Asのイオン種別に使用される。各質量分析スリット4 A、4 B、4 Cは、進退駆動機構4 - 5 A、4 - 5 B、4 - 5 Cによって進退自在にされるとともに、前後方向の駆動機構4 - 6により図中波線で示す質量分析位置に置かれるように駆動される。つまり、質量分析スリット4 A、4 B、4 Cは、前後方向に位置がずれることなく必ず同じ位置に置かれる。

【0154】

以上のようなビームラインを用いてビームを輸送することによって、低エネルギーでも生産性が高く、注入角度精度・ドーズ精度・ビーム純度の高い枚葉式高電流イオン注入装置を実現できる。

【産業上の利用可能性】

【0155】

本発明によるビーム照射装置は、半導体デバイス製造、一般的素材の表面改質、TF T液晶表示装置の製造等に利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0156】

【図1】本発明をイオン注入装置に適用した場合の概略構成を示した図である。

【図2】図1のイオン注入装置に使用される質量分析スリットの一例を示した図である。

【図3】図1のイオン注入装置に使用される減速P - レンズの作用を説明するための図である。

【図4】図4 (a) は図1のイオン注入装置におけるシンクロナイズド四極電磁石による補正が無い場合の内側、外側のビームサイズについて説明するための図、図4 (b) は図1のイオン注入装置におけるシンクロナイズド四極電磁石による補正を行う場合の内側、外側のビームサイズについて説明するための図である。

【図5】図1のイオン注入装置におけるシンクロナイズド四極電磁石による補正を行う場合に必要な電磁石の強さについて説明するための特性図である。

【図6】図6 (a) は図1のイオン注入装置におけるシンクロナイズド四極電磁石による補正を行わない場合の内側、外側のビーム軌道について説明するための図であり、図6 (b) は図1のイオン注入装置におけるシンクロナイズド四極電磁石による補正を行う場合の内側、外側のビーム軌道について説明するための図である。

【図7】図1のイオン注入装置におけるシンクロナイズド四極電磁石による補正を行わない場合と行った場合のビーム中心軌道について説明するための図である。

【図8】図1のイオン注入装置におけるA / Dコラム電極のためのA / Dコラム高圧電源回路の一例を示した図である。

【図9】図1のイオン注入装置におけるエネルギースリットとこれに組み合わされるダイバージェンスマスクについて説明するための図である。

【図10】図1のイオン注入装置の各部に印加される電圧とビームエネルギーについて説明するための図である。

【図11】図1のイオン注入装置における引出電極を三軸に関して可動とするための機構について説明するための図である。

【図12 a】図1のイオン注入装置における減速P - レンズとA / Dコラム電極との設置形態の一例を示した斜視図である。

【図12 b】図1のイオン注入装置におけるA / Dコラム電極とA E Fとの設置形態の一例を示した断面図である。

【図13】図1のイオン注入装置におけるビームプロファイルモニターの一例を示した図である。

【図14】図1のイオン注入装置におけるビーム（リア）プロファイルモニターの一例を示した図である。

【図15】図1のイオン注入装置における4つの四極電磁石（Q D）、（Q F）、（s y Q D）、（s y Q F）とステアリング電磁石（S T X）、（S T Y）の組み合わせの一例

10

20

30

40

50

を示した斜視図である。

【図16】図1のイオン注入装置におけるトリプルサーフェスビームダンプの一例を示した図である。

【図17】図2に示された質量分析スリットの他の形態を示した図である。

【図18】従来例の第1の例としてリボンビーム方式の枚葉式高電流イオン注入装置の概略構成を示した図である。

【図19】図18のイオン注入装置におけるビーム平行化・フィルター兼用電磁石でのコンタミネーションの発生メカニズムを説明するための図である。

【図20】従来例の第2の例として二次元メカニカルスキャン方式の枚葉式高電流イオン注入装置の概略構成を示した図である

10

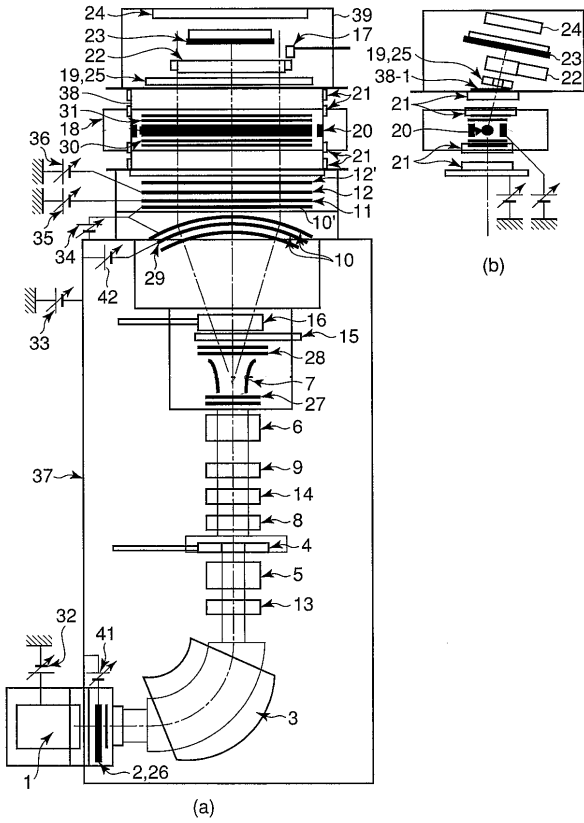
【図21】従来例の第3の例としてビームスキャン方式の枚葉式中電流イオン注入装置の概略構成を示した図である。

【符号の説明】

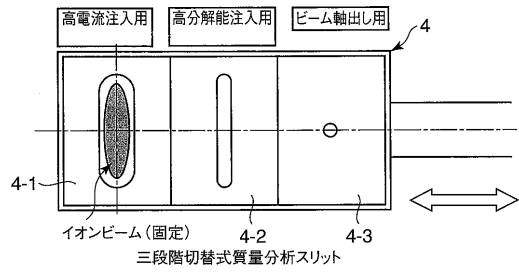
【0157】

- | | | |
|-------|-------------------------------|----|
| 1 | イオン源 | |
| 2 | 引出電極 | |
| 3 | 質量分析電磁石装置 | |
| 4 | 質量分析スリット | |
| 5 | 上下方向集束用の直流四極電磁石(QD) | |
| 6 | 横方向集束用の直流四極電磁石(QF) | 20 |
| 7 | 偏向走査装置 | |
| 8 | 上下方向集束用のシンクロナイズド四極交流電磁石(syQD) | |
| 9 | 横方向集束用のシンクロナイズド四極交流電磁石(syQF) | |
| 10 | 減速式P-レンズ | |
| 11、12 | 第1、第2のA/Dコラム電極 | |
| 13 | 水平方向中心軌道補正用のステアリング電磁石(STX) | |
| 14 | 鉛直方向中心軌道補正用のステアリング電磁石(STY) | |
| 15 | 二線式のビームプロファイルモニター | |
| 16 | インジェクションファラデーカップ | |
| 17 | ビームプロファイルモニター | 30 |
| 18 | 角度エネルギーフィルター(AEF) | |
| 19 | トリプルサーフェスエネルギースリット | |
| 20 | AEFプラズマシャワー | |
| 21 | 永久磁石 | |
| 22 | プラズマシャワー | |
| 23 | ウエハ | |
| 24 | トリプルサーフェスビームダンプ | |
| 37 | ターミナル | |
| 38 | AEFチャンバー | |
| 39 | プロセスチャンバー(真空処理室) | 40 |

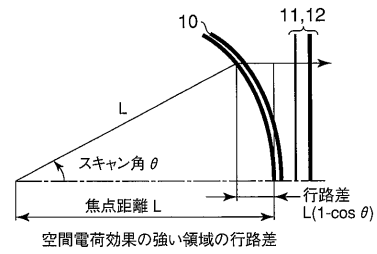
【図1】



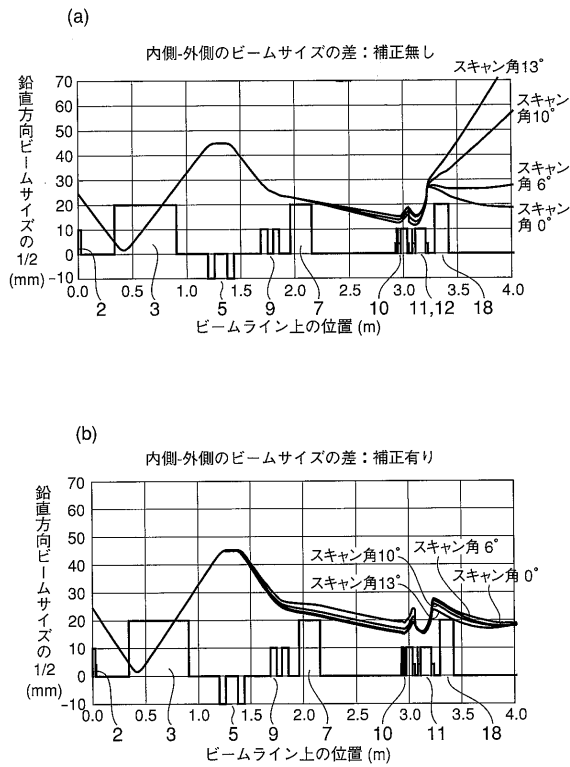
【図2】



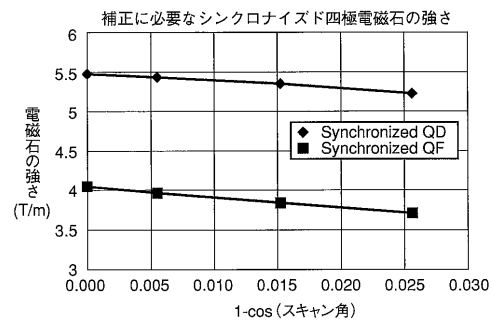
【図3】



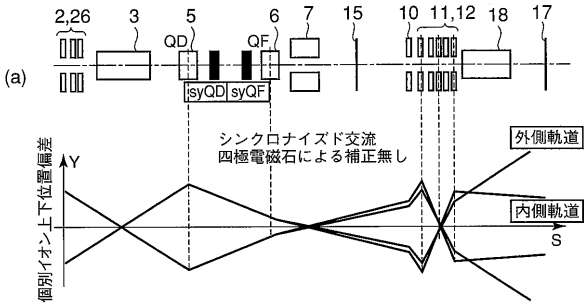
【図4】



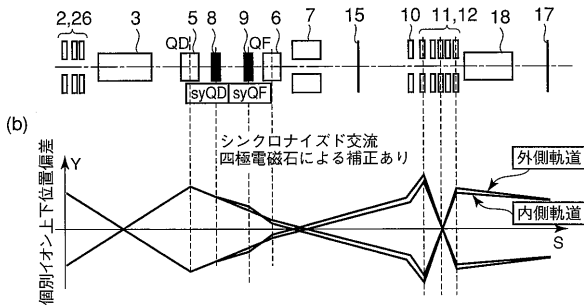
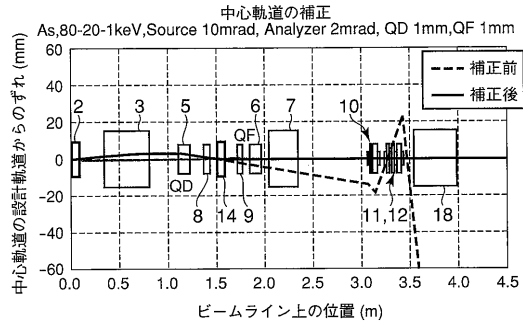
【図5】



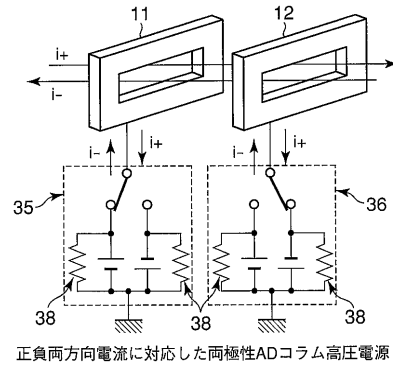
【図6】



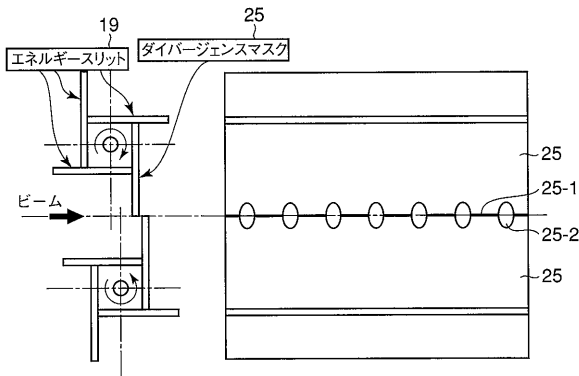
【図7】



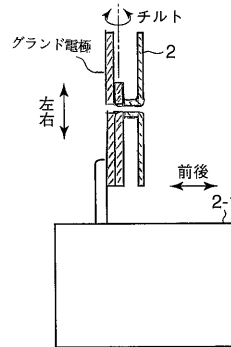
【図8】



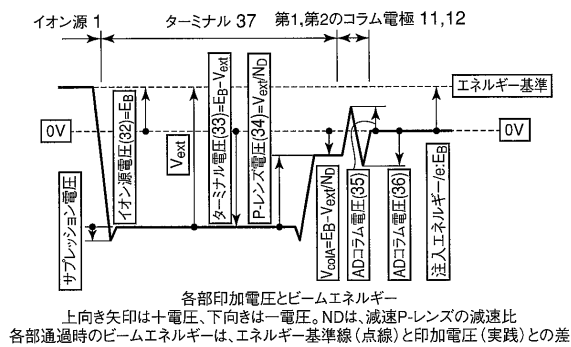
【図9】



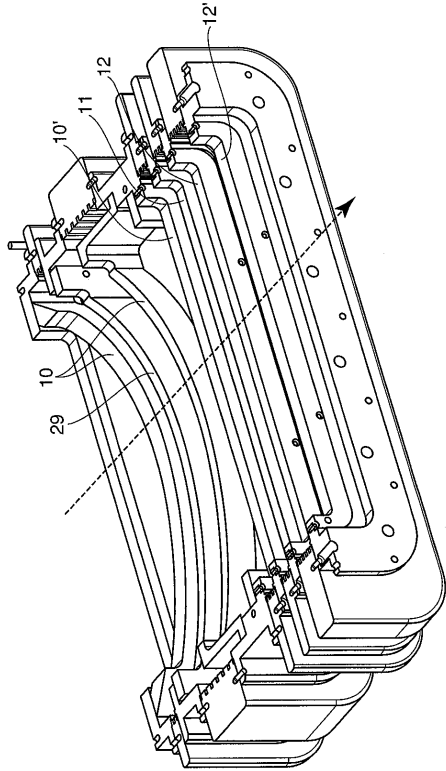
【図11】



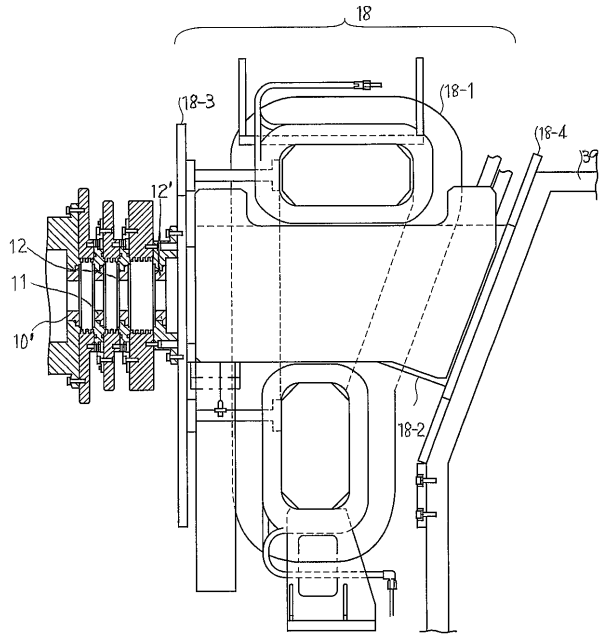
【図10】



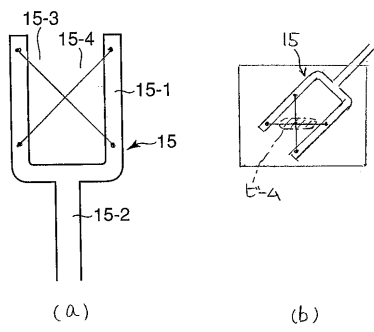
【図12a】



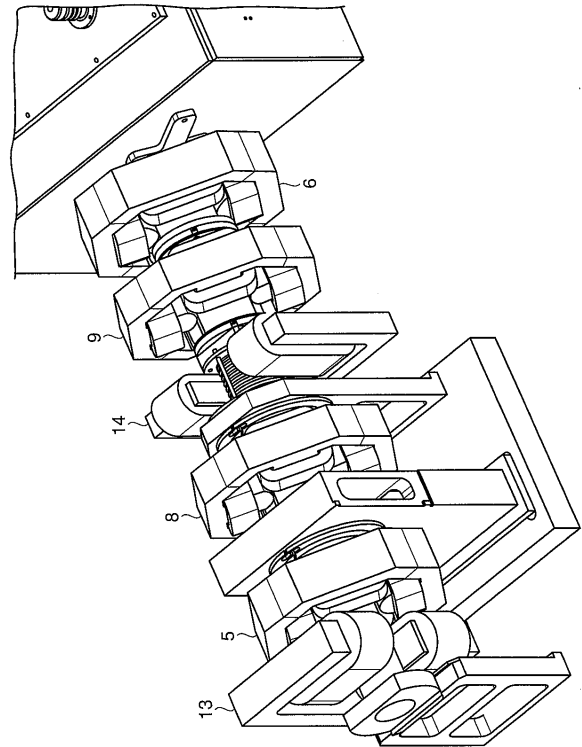
【図12b】



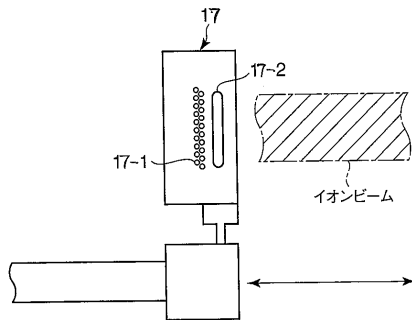
【図13】



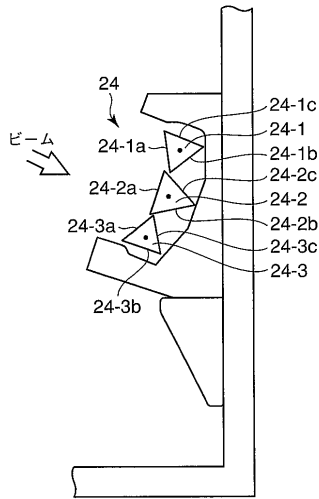
【図15】



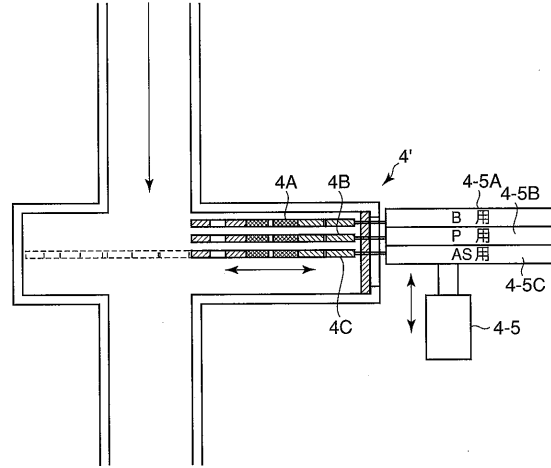
【図14】



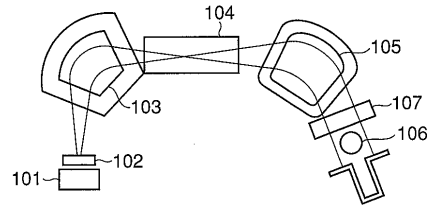
【図16】



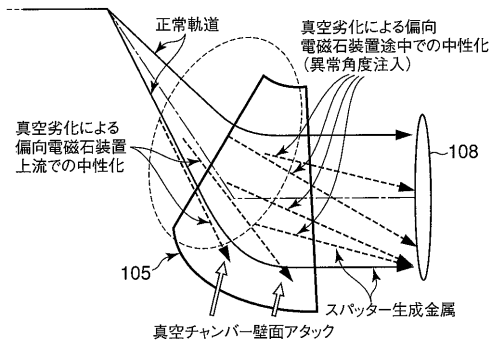
【図17】



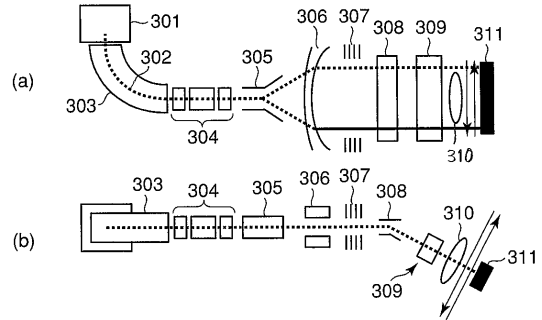
【図18】



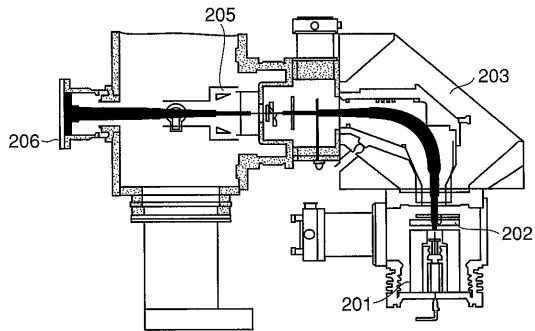
【図19】



【図21】



【図20】



フロントページの続き

審査官 石田 佳久

- (56)参考文献 特開2002-025488(JP,A)
特開平09-312144(JP,A)
特開平04-093800(JP,A)
特開2003-288857(JP,A)
米国特許出願公開第2004/0227105(US,A1)
特開平10-208687(JP,A)
特開平05-325873(JP,A)
特開2004-281212(JP,A)
特開平08-315766(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01J 37/317
H01L 21/265
H01J 37/09