

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4692695号  
(P4692695)

(45) 発行日 平成23年6月1日(2011.6.1)

(24) 登録日 平成23年3月4日(2011.3.4)

(51) Int.Cl.	F 1
H01J 37/317 (2006.01)	H01J 37/317 C
C23C 14/48 (2006.01)	C23C 14/48 B
H01J 37/09 (2006.01)	H01J 37/09
H01L 21/265 (2006.01)	H01L 21/265 603B

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2000-39407 (P2000-39407)
(22) 出願日	平成12年2月17日 (2000.2.17)
(65) 公開番号	特開2000-243341 (P2000-243341A)
(43) 公開日	平成12年9月8日 (2000.9.8)
審査請求日	平成18年12月27日 (2006.12.27)
(31) 優先権主張番号	253374
(32) 優先日	平成11年2月19日 (1999.2.19)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

(73) 特許権者	500266634 アクセリス テクノロジーズ インコーポ レーテッド アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01 915 ベバリー チェリー ヒル ドラ イブ 108
(74) 代理人	100068618 弁理士 粂 経夫
(72) 発明者	ポール アシュビー ローミス アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01 833 ジョージタウン ピングリー フ ーム ロード 11

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】イオン注入装置における可変開口を操作する方法および装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

イオン注入装置(10)における電流源(14)により出力されたイオンビーム電流を調整するため、イオンビームが通過する開口(44)を調整する方法であつて、

(a) 前記イオンビームを閉じ込めるために第1検出器(31)を開成してこの検出器によりイオンビーム電流を最初に測定する工程と、

(b) (i)前記測定されたイオンビーム電流が特定の範囲内にある場合に、前記第1検出器(31)を開成するとともに、イオンビームが第2検出器(35)を通過できるようにして、工程(d)にスキップするか、または、(ii)前記測定されたイオンビーム電流が特定の範囲内にない場合に、前記開口(44)を粗く調整するかのいずれかを行い、前記測定されたイオンビーム電流が特定の範囲内にあるかを判定する工程と、

(c) さらに続いて、(i)前記測定されたイオンビーム電流が特定の範囲内にある場合に、前記第1検出器(31)を開成するとともに、イオンビームが前記第2検出器(35)を通過できるようにして、工程(d)にスキップするか、または、(ii)前記測定されたイオンビーム電流が特定の範囲内にない場合に、このイオンビーム電流が前記特定の範囲内になるまで前記電流源(14)を調整するかを決定する工程と、

(d) 前記イオンビームを閉じ込めるために前記第2検出器(35)を開成して、この検出器によりイオンビーム電流を測定する工程と、

(e) さらに、前記測定されたイオンビーム電流が第2の特定の範囲内にあるかどうかを決定し、そして、前記イオンビーム電流が前記第2の特定の範囲内にある場合に、前記第

10

20

2 検出器 (35) を開成し、前記第 2 の特定の範囲内にない場合に、前記開口 (44) のギャップ (50) を微調整する工程とを含み、

前記開口 (44) を微調整する前記工程は、

- (f) 前記第 2 検出器 (35) の位置でイオンビーム電流を測定し、
- (g) この測定されたイオンビーム電流を所望のイオンビーム電流と比較し、
- (h) この比較に基づいた制御信号 (126, 128) を出力し、
- (i) 前記開口 (44) を通過するイオンビームのビーム電流の量を制御するための前記制御信号に応答して、対向する第 1, 第 2 の開口プレート (44A, 44B) によって形成される前記開口のギャップ (50) を調整する、各ステップを含んでいることを特徴とする方法。

**【請求項 2】**

10

さらに、イオン注入装置の過去の操作履歴に基づいて、前記開口 (44) のギャップ (50) を予め設定する初期工程を含むことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

**【請求項 3】**

さらに、前記開口プレート (44A, 44B) の開口位置を検出するステップを含み、前記制御信号 (126, 128) を出力するステップは、前記開口プレート (44A, 44B) の開口位置の決定に基づいて行われることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

**【請求項 4】**

前記開口プレート (44A, 44B) の開口位置を検出するステップは、位置センサ (116, 118) を設けるステップを含み、前記制御信号 (126, 128) は、前記開口プレート間のギャップ (50) を調整する機構 (36) の動きを制御するモータ (82) に出力されることを特徴とする請求項 3 記載の方法。

20

**【請求項 5】**

前記測定されたイオンビーム電流と所望のイオンビーム電流との比較に基づいて、誤差信号が生成され、前記制御信号 (126, 128) は、前記誤差信号の大きさに基づいていることを特徴とする請求項 3 記載の方法。

**【請求項 6】**

前記誤差信号が生成されると、前記開口プレート間のギャップ (50) は、前記測定されたイオンビーム電流が前記所望のイオンビーム電流の特定値の範囲内に接近するまで、少なくとも 1 秒間に 1 回繰り返して調整されることを特徴とする請求項 5 記載の方法。

**【請求項 7】**

30

前記誤差信号が生成されて、前記ギャップ (50) が規定の時間間隔で繰り返し調整され、さらに、前記測定されたイオンビーム電流が前記所望のイオンビーム電流の特定値の範囲内となるまで、前記制御信号 (126, 128) によって前記各時間間隔でのギャップを連続的に調整することを特徴とする請求項 5 記載の方法。

**【請求項 8】**

前記ギャップ (50) は、5 ミクロン ( $\mu\text{m}$ ) 毎に増加させて調整されることを特徴とする請求項 5 記載の方法。

**【請求項 9】**

イオン注入装置 (10) における電流源 (14) により出力されるイオンビーム電流を調整するため、イオンビームが通過する開口 (44) を調整する装置であって、

40

(a) 閉鎖位置において前記イオンビームを閉じ込める時に、イオンビーム電流を測定するための第 1 検出器 (31) と、

(b) 前記測定されたイオンビーム電流が特定の範囲内にあるかを決定し、かつ(i)前記測定されたイオンビーム電流が特定の範囲内にある場合に、前記第 1 検出器 (31) を開成するとともに、イオンビームが第 2 検出器 (35) を通過できるようにして、この第 2 検出器 (35) によるイオンビーム電流の測定をスキップするか、または、(ii)前記測定されたイオンビーム電流が特定の範囲内にない場合に、前記開口 (44) を粗く調整するかのいずれかを行なうための手段と、

(c) さらに続いて、(i)前記測定されたイオンビーム電流が特定の範囲内にある場合に、前記第 1 検出器 (31) を開成するとともに、イオンビームが第 2 検出器 (35) を通過で

50

きるようにして、この第2検出器(35)によるイオンビーム電流の測定をスキップするか、または、(ii)前記測定されたイオンビーム電流が特定の範囲内にない場合に、このイオンビーム電流が前記特定の範囲内になるまで前記電流源(14)を調整するかを決定するための手段と、

(d) 閉鎖位置において前記イオンビームを阻止する時に、イオンビーム電流を測定するための第2検出器(35)と、

(e) 前記測定されたイオンビーム電流が第2の特定の範囲内にあるかどうかを決定し、そして、前記測定されたイオンビーム電流が第2の特定の範囲内にある場合に、前記第2検出器(35)を開成し、前記イオンビーム電流が前記第2の特定の範囲内にない場合に、前記開口(44)を通過するイオンビームのビーム電流の量を制御するための制御信号に応答して、対向する第1、第2の開口プレート(44A,44B)によって形成される前記開口(44)のギャップ(50)を微調整するための手段とを含むことを特徴とする装置。10

#### 【請求項10】

前記開口(44)は、開口プレート(44A,44B)によって規定されたギャップ(50)を有し、さらに、イオン注入装置の過去の操作履歴に基づいて、前記開口(44)のギャップ(50)を設定するための手段を含むことを特徴とする請求項9記載の装置。

#### 【請求項11】

前記開口(44)のギャップ(50)を微調整するための手段は、前記開口プレートの開口位置を検出するための位置センサ(116,118)を備え、前記第2検出器(35)から測定されたイオンビーム電流と前記位置センサ(116,118)からのフィードバック信号とに基づいて、前記開口のギャップ(50)を調整するための制御回路(120)を有することを特徴とする請求項9記載の装置。20

#### 【請求項12】

前記ギャップ(50)は、5ミクロン( $\mu\text{m}$ )毎に増加させて調整されることを特徴とする請求項9記載の装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、一般的にイオン注入装置に関し、特に、このような注入装置に使用する可変開口を操作するための方法及び装置に関する。30

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

イオン注入装置は、集積回路の大規模製造において、半導体に不純物を混入させるために、産業界に望ましい技術として発展してきた。高エネルギーイオン注入装置は、基板内に深く注入するために用いられる。このような深い注入は、例えば、レトログレード・ウェル(retrograde wells)を形成するために必要とされる。

##### 【0003】

イートン社のGSD/HE, GSD/VHEイオン注入機は、このような高エネルギーイオン注入装置の一例である。これらの注入装置は、イオンビームを5MeV(100万電子ボルト)までエネルギーレベルを高めることができる。本発明の譲受人であるイートンコーポレーションに譲渡された米国特許第4,667,111号には、このような高エネルギーイオン注入装置が記載され、本明細書において以下で十分に説明するための参考文献として、ここに包含される。40

##### 【0004】

一般的に、イオン注入は、半導体基板に上述した一連の処理または处方を用いて実行される。各一連の工程は、複数の处方を含み、それらは、特定レベルのイオンビーム電流を必要とする。異なる处方のためにイオンビーム電流を調整する方法は、特定レベルのイオンビーム電流に対するイオンビーム源の初期調整を含み、さらに、このイオンビーム源を順次異なるレベルのビーム電流に対して再調整する。

##### 【0005】

10

20

30

40

50

しかし、このような方法は、時間を浪費し、かつ通常のイオン種（例えば、ボロンまたはリン）を含むビーム処理構成が、直列連結で接続されている場合には、大きな損害を発生する。直列接続による処理構成によって短縮できる時間は、処理方法におけるイオンビーム電流源を再調整するのに必要な時間によって相殺される。

#### 【0006】

イオン注入装置のビームラインにおける寸法を可変できる開口を用いて、所望のイオンの同位体を1つまたはそれ以上、この開口を通過させて、基板にイオンを注入する。このような開口は、米国特許第5,130,552号明細書に示されており、ここで開口の寸法は、各イオン注入工程に対して予め決められており、従って調整される。しかし、このような開口を高エネルギー注入装置に設けることは知られていない。

10

#### 【0007】

また、イオンビーム電流をフィードバックさせてダイナミックな調整を可能にするために使用される、このような開口用の制御回路を設けることも知られていない。

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

このような事情に鑑みて、本発明は、イオン注入装置のビームラインに使用するための改良した調整可能な開口を操作する方法および装置を提供することを目的としている。

また、本発明の他の目的は、高エネルギーイオン注入装置に用いる調整可能な開口を設けることである。更なる目的は、イオンビーム電流がフィードバック信号として制御装置に用いられる調整可能な開口を制御する方法を提供することである。

20

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、各請求項に記載の構成を有する。本発明は、イオン注入装置内を通過するイオンビーム電流の量を調整するための可変開口アセンブリを操作する装置及び方法を提供する。この装置及び方法では、以下の手段及び工程を含んでいく。

- (a) イオンビームを電流検出器を用いるイオン注入装置位置で測定すること、
- (b) この測定されたイオンビーム電流と所望のイオンビーム電流と比較すること、
- (c) この比較に基づいた制御信号を出力すること、
- (d) 前記通過するイオンビーム電流の量を制御するための前記制御信号に応答して、対向する第1,第2の開口プレートによって形成され、かつイオンビームがその間を通過するギャップを調整すること、

30

#### 【0010】

また、電流検出器は、イオンビーム電流をフィードバックさせ、位置センサは、開口位置をフィードバックさせる。本発明の装置及び方法は、電流源の再調整を必要とするこなしに、イオンビーム電流に大きな変化を与える迅速、直接、および正確な機構を提供する。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1には、高エネルギーイオン注入装置10の概略的な平面図が示されている。このイオン注入装置10は、5つの部分すなわちサブシステムとして、イオンビームを発生するためのイオン源(電流源)14とイオンビームを質量分析するための質量分析磁石16とを含むインジェクタ12；イオンビームを高エネルギーで加速する複数の共振器モジュール20を含む無線周波(RF)リニア加速器(linac)18；加速されたイオンビームの質量分析を実行するための最終エネルギー磁石(FEM)22；イオンビームの最終分解及び調整のためのリゾルバハウジング23；イオンビームによって注入されるウエハを支持する回転ディスク26を含む端部ステーション24を含んでいる。

40

#### 【0012】

Linac(ライナック)18の入口にある質量分析磁石16の後に連続的に可変できる開口

50

アセンブリが配置されており、この可変開口アセンブリ 3 0 は、質量分析磁石 1 6 からライナック 1 8 に通過するイオンビーム電流の量を制御するように機能する。可変開口アセンブリ 3 0 の直後に第 1 フラッギングファラデー(第 1 電流検出器) 3 1 が配置され、このフラッギングファラデーは、開口アセンブリ 3 0 から出てライナックに入るビーム電流を測定するのに用いられる。

#### 【 0 0 1 3 】

質量分析磁石 1 6 は、適当な電荷質量比を有するイオン源 1 4 によって発生したイオンだけ R F ライナック 1 8 を通過するように機能する。適切な電荷質量比のイオンを発生するのに加えて、所望の電荷質量比より大きいかまたは小さい電荷質量比のイオンを発生する場合に、質量分析磁石が必要とされる。不適当な電荷質量比を有するイオンは、ウエハ内 10 にイオン注入するのに適していない。

#### 【 0 0 1 4 】

質量分析磁石 1 6 を通過するイオンビームは、一般的に、単一の同位体からなり、R F ライナック 1 8 の中を通過して、付加的なエネルギーが与えられる。R F ライナック 1 8 は、粒子を加速する磁界を生じ、時間に対して磁界を周期的に変化させ、その位相は、異なる速度を有する粒子と同様に異なる原子量の粒子を収容するために調整することができる。

#### 【 0 0 1 5 】

R F ライナック 1 8 における複数の共振器モジュール 2 0 の各々は、前のモジュールで達成されるエネルギーを越えるエネルギーでイオンをさらに加速する機能を有する。リゾルブハウジング 2 3 は、ライナック 1 8 の下流に位置する。このハウジングは、第 2 のフラッギングファラデー(第 2 電流検出器) 3 5 を含み、ウエハにイオン注入する前にイオンビームの電流を測定する。

#### 【 0 0 1 6 】

連続的に可変できる開口アセンブリ 3 0 は、質量分析磁石 1 6 と R F ライナック 1 8 の間に配置されており、図 2 において詳細に示されている。開口アセンブリ 3 0 は、取付プレート 3 4 の内側に一般的に置かれる開口サブアセンブリ 3 2 と、取付プレート 3 4 の外側に一般的に置かれる開口駆動機構 3 6 とを含んでいる。取付プレート 3 4 は、イオン注入ビームラインの内部と外部の間の境界を定め、ビームラインの内部は、真空状態で作動し、外部は、周囲の大気圧中に置かれる。取付プレートは、水等の冷却媒体によって冷却され、この冷却媒体は、入口 3 8 と出口 4 0 を介して内部チャネルを介して運ばれる。

#### 【 0 0 1 7 】

開口サブアセンブリ 3 2 は、グラファイト製の固定開口 4 2 と、その後方にあるグラファイト製の可変開口 4 4 とを含み、この可変開口は、開口プレート 4 4 A , 4 4 B を備えている。開口プレート 4 4 A , 4 4 B は、ステンレス製の制御アーム 4 6 A , 4 6 B にそれぞれネジ等の締結手段により取り付けられる。

#### 【 0 0 1 8 】

開口プレート 4 4 A , 4 4 B (図 3 参照) 間のギャップ 5 0 は、長手方向軸線 4 9 を有する空間を定め、図 1 のイオン注入装置の作動中に、このギャップ間をイオンビームが通過する。さらに、以下で説明するように、開口駆動機構 3 6 は、制御アーム 4 6 A , 4 6 B を軸線 5 1 に対して平行な方向に互いに離間接近して開口プレート 4 4 A , 4 4 B 間のギャップの幅を変えるように移動する。軸線 5 1 は、一般的に、イオンビームの移動に沿う軸線に対してほぼ垂直である。

#### 【 0 0 1 9 】

図 2 および図 3 において、開口駆動機構 3 6 は、固定の取付ブロック 5 2 を有し、この取付ブロックは、リニアシャフト(タイバー) 5 4 , 5 6 によって取付プレート 3 4 から所定の距離だけ離れている。タイバー 5 4 , 5 6 は、それぞれマウント 5 8 , 6 0 を介して取付プレート 3 4 に取り付けられている。このタイバーは、これに沿って開口駆動機構の移動部分を摺動させるための手段を与えて、開口プレート 4 4 A , 4 4 B 間のギャップを調整できるようにする。

10

20

30

40

50

**【 0 0 2 0 】**

制御アーム 46 A (これに開口プレート 44 A が取付られている) は、タイバー 56 に沿って両方向に摺動するブロックアセンブリ 62, 64, 66 に連結されている。制御アーム 46 A は、ブロック 62 に取付られており、このブロック 62 はブロック 64 に固定され、ブロック 64 はブロック 66 に固定されている。

**【 0 0 2 1 】**

したがって、軸線 51 に対して平行にブロック 66 を移動することによって、タイバー 56 に沿って摺動するブロック 64 に動きが伝えられ、それによって、ブロック 62 と制御アーム 46 A に対して、対応する軸方向移動が与えられる。こうして、全ブロックアセンブリ 62, 64, 66 は、軸 51 に対して平行な方向に移動する。伸長可能なスチール製のペローズ 70 が、制御アーム 46 A と取付プレート 34 の外側との境界に設けられており、取付プレート 34 の内側を真空状態に保ち、また一方で、制御アーム 46 A が取付プレート 34 を介して移動できるようにする。10

**【 0 0 2 2 】**

同様に、制御アーム 46 B (これに開口プレート 44 B が取付られている) は、タイバー 54 に沿って両方向に摺動するブロックアセンブリ 72, 74, 76 に連結されている。制御アーム 46 B は、ブロック 72 に取付られており、このブロック 72 はブロック 74 に固定され、ブロック 74 はブロック 76 に固定されている。

**【 0 0 2 3 】**

したがって、軸線 51 に対して平行にブロック 76 を移動することによって、タイバー 54 に沿って摺動するブロック 74 に動きが伝えられ、それによって、ブロック 72 と制御アーム 46 B に対して対応する軸方向移動が与えられる。こうして、全ブロックアセンブリ 72, 74, 76 は、軸 51 に対して平行な方向に移動する。伸長可能なスチール製のペローズ 80 が制御アーム 46 B と取付プレート 34 の外側との境界に設けられて取付プレート 34 の内側を真空状態に保ち、また一方で、制御アーム 46 B が取付プレートを介して移動できるようにする。20

**【 0 0 2 4 】**

ブロックアセンブリ 62, 64, 66 及び 72, 74, 76 は、電動化したねじ付きシャフトアセンブリによって、軸線 51 に対して平行で互いに反対方向に離間接近するように移動する。ネジ付きシャフトアセンブリは、直流モータ 82 とネジ付きシャフト 84 とを有する。ネジ付きシャフト 84 は、第 1 ネジ付き部分 84 A を備え、この部分は、軸受マウント 86 によって、取付ブロック 52 に連結された端部を有する。ネジ付きシャフト 84 は、対向する第 2 ネジ付き部分 84 B を備え、この部分は、内部軸受(図示略)によって、取付プレート 52 に連結された端部を有する。30

**【 0 0 2 5 】**

このように、ネジ付きシャフト 84 は、それらの端部が取付ブロック 54 と取付プレート 34 に固定され、また一方、軸線 51 に沿って、両方向に回転できるようになっている。ブロック 76 は、第 1 ネジ付き部分 84 A と噛み合う内側ネジを備え、また、ブロック 66 は、第 2 ネジ付き部分 84 B と噛み合う内側ネジを備えている。40

**【 0 0 2 6 】**

直流モータ 82 は、軸継手 88 によってネジ付きシャフト 84 に連結されている。動力は、リード線 90 を介してモータ 82 に加えられる。逆方向にバイアスされた電圧を直流モータに加えることによって、ネジ付きシャフト 84 は、反対方向に回転する。第 1, 第 2 ネジ付き部分 84 A, 84 B は、反対方向にネジが切られているので、ネジ付きシャフトの回転は、ブロックアセンブリ 62, 64, 66 を軸線 51 に対して平行な一方向に移動する。このブロックアセンブリは、それぞれの制御アーム 46 A, 46 B に連結されている。

**【 0 0 2 7 】**

こうして、直流モータ 82 を作動する電圧の正しい極性を選択することによって、開口ギャップ 50 の幅は、互いに離間接近する開口プレート 44 A, 44 B を移動することによ50

って、大きくまたは小さくすることができる。この方法により、開口 4 4 を介して通過するイオンビーム電流は調整される。開口プレート 4 4 A , 4 4 B は、閉位置において互いに重なりまたは隣接させて、イオンビーム電流を通過させないようにすることもできる。好ましい実施形態では、傾斜角  $\alpha$  は開口 4 4 の軸線 4 9 によって定められ、また、軸線 5 1 は 45° 程度の角度に固定される。

#### 【 0 0 2 8 】

図 2 および図 3 において設けられた電動化したネジ付きシャフトアセンブリに代わるものとして、電動化したラックとピニオンのアセンブリ(図示略)がある。一対のラックバー間に配置されたピニオンをモータ駆動で回転移動させるために、一対のラックバーに対して反対方向の動きを与える。各ラックバーをそれぞれの制御アームに連結することにより、モータによるピニオンの回転移動を開口ギャップを調整するために使用することができる。

10

#### 【 0 0 2 9 】

開口 4 4 を通過するイオンビームは、かなりの熱量を発生するので、制御アーム 4 6 A , 4 6 B は、水等の媒体によって冷却される。制御アーム 4 6 A は、内側シース 9 2 と外側シース 9 4 を用いる同軸構造を備え、内側シースの中に水が入口 9 6 を介して噴射され、外側シースを介して水が出口 9 8 から放出される。同様に、制御アーム 4 6 B は、内側シース 1 0 0 と外側シース 1 0 2 を用いる同軸構造を備え、内側シースの中に水が入口 1 0 4 を介して噴射され、外側シースを介して水が出口 1 0 6 から放出される。

20

#### 【 0 0 3 0 】

制御アーム 4 6 A , 4 6 B の位置は、取り付けプロック 5 2 に取り付けられる近接スイッチ 1 0 8 , 1 1 0 を用いて監視することができる。フィン 1 1 2 , 1 1 4 は、それぞれプロック 7 2 , 6 2 に取り付けられ、フィンがスイッチに密接した状態にあるとき、それぞれのスイッチ 1 0 8 , 1 1 0 がオンする。

#### 【 0 0 3 1 】

スイッチ 1 0 8 が作動すると、開口 4 4 は、最も閉じた位置にあり、スイッチ 1 1 0 が作動すると、開口 4 4 は、最も開いた位置(好適な実施形態では、概略 0.16 インチ (0.41 cm) となる。さらに、線形ポテンショメータは、プランジャー 1 1 6 と受け入れ部分 1 1 8 を含み、この受け入れ部分には、プロックアセンブリ 6 2 , 6 4 , 6 6 および 7 2 , 7 4 , 7 6 間の距離を表示するためにネジ付きシャフトアセンブリを含むこともできる。これにより、開口 4 4 の位置の表示と開口ギャップ 5 0 の幅を与える。このような位置情報を与えるために、上記の代わりに、回転エンコーダを直流モータ軸またはネジ付きシャフト 8 4 に連結することもできる。

30

#### 【 0 0 3 2 】

図 4 は、図 2 及び図 3 の連続的に可変できる開口を制御するのに使用される閉ループ回路、すなわち、制御装置 1 2 0 を概略的に示している。この制御装置(制御回路) 1 2 0 は、ソフトウェアまたはハードウェアのいずれも含ませることができる。特定の工程によって規定されるように所望のイオンビーム電流が回路に入力し、第 2 フラグファラデー 3 5 によって設けられるイオンビーム電流測定およびリニアポテンショメータ(位置センサ) 1 1 6 , 1 1 8 によって与えられる開口位置の表示が実行される。回路 1 2 0 の出力は、制御信号すなわち直流モータ 8 2 に供給される信号であり、制御アームの動きを制御して開口 4 4 のギャップ 5 0 を制御する。

40

#### 【 0 0 3 3 】

比較器 1 2 2 は、所望のイオンビーム電流と、第 2 フラグファラデー 3 5 からの測定されたビーム電流とを比較する。このビーム電流情報は、50 ミリ秒ごとに与えられ、ソフトウェアのデータベースに記憶される。比較器の出力は、モータコントローラ 1 2 4 に入力され、この信号は、測定されたイオンビーム電流が所望のイオンビーム電流よりも大きいか小さいかに基づいてモータ 8 2 を制御する制御論理信号を含んでいる。測定されたイオンビーム電流が所望のイオンビーム電流よりも大きい場合、モータコントローラは、第 1 制御信号 1 2 6 を発生して、直流モータを第 1 方向に回転して、開口プレート 4 4 A , 4

50

4 B が互いに近づくように移動させる。こうして、開口ギャップ 5 0 は狭くなり、イオンビーム電流を少なくしてライナック 1 8 に供給する。

#### 【 0 0 3 4 】

しかし、測定されたイオンビーム電流が、所望のイオンビーム電流よりも少ない場合、モータコントローラは、第 2 制御信号を発生して、直流モータを第 2 方向(第 1 方向とは逆)に回転して、開口プレート 4 4 A , 4 4 B が互いに離れるように移動させる。こうして、開口ギャップ 5 0 は広くなり、イオンビーム電流を多くしてライナック 1 8 に供給する。さらに、モータコントローラ 1 2 4 は、線形ポテンショメータ 1 1 6 , 1 1 8 から開口位置のフィードバック信号が供給される(このように、制御回路 1 2 0 は、閉ループで作動する)。

10

#### 【 0 0 3 5 】

図 4 の開口制御機構は、所望の作動パラメータと感知された作動状態に基づいて、図 1 のイオン注入装置のイオンビーム電流を調整するために使用される全制御アルゴリズムの一部である。概略的なフローチャートは、この全制御アルゴリズム 1 3 0 を表し、このアルゴリズムは、図 5 に示され、ハードウェアまたはソフトウェアを含んでいる。この装置の調整方法の第 1 ステップ 1 3 2 では、イオンビームの経路内にフラッグを配置することによって第 1 フラグファラデー 3 1 を閉じることを含んでおり、このフラッグは、従来技術で知られるように、連続的に可変できる開口アセンブリ 3 0 のすぐ下流に配置されている。

20

#### 【 0 0 3 6 】

次に、ステップ 1 3 4 では、開口 4 4 の位置がプリセットされる。これは、イオン注入装置における過去の作動履歴に基づいて開口のギャップ 5 0 を設定することを含んでいる。次に、ステップ 1 3 6 では、ライナック 1 8 が所望の作動パラメータにプリセットされる。

#### 【 0 0 3 7 】

判定ステップ 1 3 8 は、第 1 フラグファラデー 3 1 を用いてイオンビーム電流を測定することを含んでいる。イオンビーム電流が、受け入れ可能な範囲内にある場合、連続的に可変できる開口アセンブリ 3 0 の微調整が、下流の第 2 フラグファラデー 3 5 で測定された受け入れ可能なビーム電流に生じるので、ステップ 1 4 0 において第 1 フラグファラデー 3 1 は開き、そして、イオンビームは、開口 3 0 を通ることができてライナック 1 8 に入る。

30

#### 【 0 0 3 8 】

しかし、第 1 フラグファラデー 3 1 によって測定されたイオンビーム電流は、受け入れ可能な範囲外にあり、連続的に可変できる開口アセンブリ 3 0 を調整しても、下流の第 2 フラグファラデー 3 5 で測定されたビーム電流も受け入れ可能なビーム電流を生じないので、開口位置は、ステップ 1 4 2 において調整(例えば、粗い調整)されなければならない。

#### 【 0 0 3 9 】

開口 4 4 の位置を粗調整した後、判定ステップ 1 4 4 において、第 1 フラグファラデー 3 1 によって測定されたビーム電流が受け入れ可能範囲にある場合、第 1 フラグファラデー 3 1 は開かれる。しかし、第 1 フラグファラデー 3 1 によって測定されたビーム電流が受け入れ可能範囲外にまだある場合、イオンビーム源 1 4 は、ステップ 1 4 6 において、再調整されなければならない。イオン源 1 4 の再調整後、判定ステップ 1 4 8 において、第 1 フラグファラデー 3 1 によって測定されたビーム電流が受け入れ可能範囲内にある場合、第 1 フラグファラデー 3 1 は開かれる。

40

#### 【 0 0 4 0 】

しかし、第 1 フラグファラデー 3 1 によって測定されたビーム電流がまだ受け入れ可能範囲外にある場合、イオンビーム源 1 4 は、再びステップ 1 4 6 において再調整されなければならない。ステップ 1 4 6 とステップ 1 4 8 によって与えられるループは、タイムアウト機構が設けられているので当然無限ではないが、この場合、イオン源 1 4 が所望の電流

50

出力に対して調整できないことがわかる。

#### 【0041】

次に、ステップ150において、インジェクタ12は、ライナック18内にイオンビームが整列するように調整される。判定ステップ152は、第2フラグファラデー35を用いてイオンビーム電流を測定することを含んでいる。イオンビーム電流が受け入れ可能範囲内にあれば、システム調整は、ステップ154において完了し、第2フラグファラデー35は開かれる。しかし、イオンビーム電流が、受け入れ可能範囲内になければ、開口ギャップ50は、図4の閉ループ回路、すなわち、制御回路120を起動することによってステップ156において微調整を行わなければならない。回路120が閉ループであるので、開口位置は、第2フラグファラデー35での測定ビーム電流が受け入れ可能範囲内となるまで、連続して調整される。この時点で、システム調整は、ステップ154で完了し、第2フラグファラデー35が開かれる。10

#### 【0042】

図5の方法を用いることによって、イオンビーム電流における重要な変化をイオン源の再調整なしで迅速に達成することができる。さもないと、このために、多くの時間を消費する工程が必要となる。さらに、本発明は、イオンビーム電流を変化させる方法がより直接的であり、かつ正確になっている。

#### 【0043】

これに反して、イオン源の再調整は、更なる調整がなされる前に各調整の結果を分析する必要がある、より反動的で間接的な工程を多く含んでおり、これでは、本発明により提供される正確なビーム電流の調整を行うことができない。たとえば、好ましい実施形態では、開口44の位置は、約5ミクロン( $\mu\text{m}$ )の精度で制御することができる(すなわち、各制御アームは、それぞれの開口プレートを2.5ミクロン移動する)。これは、イオンビーム電流に関して単に0.1%に相当する。すなわち、イオンビーム電流が、開口ギャップ50の幅を横切って均質であると仮定して、例えば、開口44が完全に開いた場合に100  $\mu\text{A}$ で放出された電流は、次に続く各ステップにおいて、1  $\mu\text{A}$ 程度の制御が可能になる。20

#### 【0044】

図4の論理回路を用いる作業において、回路120は、所望のイオンビーム電流、測定されたビーム電流(第2フラグファラデー35から)、及び開口位置(リニアポテンショメータまたは回転エンコーダのいずれかから)を調べる。測定されたビーム電流と所望のビーム電流の比較は、好ましい作動モードにおいて、少なくとも1秒間に1回繰り返して行われる。30

#### 【0045】

図6および図7は、図4の論理回路を用いて、開口位置の調整に応答するビーム電流をグラフで示したものである。図6は、漸近法としてここに参照する第1の好ましい制御方法に基づいている。図7は、2分割法としてここに参照する第2の好ましい制御方法に基づいている。

#### 【0046】

漸近法(図6)では、時間 $t_1$ において、所望のビーム電流と実際のビーム電流との間の差に基づいて、誤差信号が回路120により発生する。現在の開口位置がポテンショメータまたはエンコーダのフィードバック信号に基づいて決定される。測定された電流が所望の電流(図示略)より大きい場合、モータ82を一方向に回転させて開口ギャップ50を狭めるために、制御信号126が発生する。また、測定された電流が所望の電流(図6)より小さい場合、モータ82を他方向に回転させて開口ギャップ50を広くするために、制御信号128が発生する。開口位置のフィードバックを用いることにより、制御回路120は、現在の開口位置と評価した必要な開口位置とを決定することができる。40

#### 【0047】

時間 $t_1$ の後で約1秒またはそれより少ない時間が経過した時間 $t_2$ において、第2の誤差信号が発生し、再び制御信号128がモータを駆動して開口ギャップ50を広くさせる。図50

6において、所望のビーム電流と測定されたビーム電流との2つの付加的な比較（時間 $t_3$ と時間 $t_4$ において）がなされる。そして、対応する誤差信号が示される。この手順は、測定されたビーム電流が受け入れ可能な範囲内に入るまで続行される。

#### 【0048】

モータが駆動される時点での速度、および開口が開閉する速度は、誤差信号の大きさと開口位置による。こうして、図6の時間 $t_1$ において、第1(最大振幅)誤差信号が発生するとき、モータは、最も高速度で駆動される。次に続く時間( $t_2 \sim t_4$ )において、誤差信号の振幅は、徐々に小さくなり、モータもより低速で駆動される。また、誤差信号の振幅がゼロに近づくと、モータは、停止するように早急に指示され、システム内の運動量を調整する。このように、図6に示す測定されたビーム電流は、所望のビーム電流目標値を越えないで、このビーム電流目標値に漸近的に近づく。

10

#### 【0049】

2分割法(図7)では、時間 $t_1$ において、所望のビーム電流と実際のビーム電流との比較が回路120によりなされる。現在の開口位置は、ポテンショメータまたはエンコーダのフィードバック信号に基づいて決定される。測定された電流が所望の電流(図示略)よりも大きい場合、モータ82を一方向に回転させて開口ギャップ50を狭めるために、制御信号126が発生する。また、測定された電流が所望の電流(図7)よりも小さい場合、モータ82を他方向に回転させて開口ギャップ50を広くするために、制御信号128が発生する。

20

#### 【0050】

2分割法では、モータ82は、時間 $t_1$ での位置から時間 $t_2$ での位置まで開口を移動するように指示され、最大距離の半分だけ正しい方向に移動できる。こうして、ポテンショメータまたはエンコーダは、開口が位置20の状態(位置0が完全に閉じた状態で、位置100が完全に開いた状態)を示し、かつ測定されたビーム電流が所望のビーム電流よりも小さい場合、モータ82は、位置20(ほぼ閉じた状態)から位置60(少なくとも半分開いた状態)まで移動するように指示される。ギャップが40の増分(位置20から位置60まで)だけ広がることは、現在の位置20と完全に開いた位置100との差の半分を表す。

20

#### 【0051】

時間 $t_2$ において、回路120によって所望のビーム電流と実際のビーム電流との第2の比較がなされる。再び、現在の開口位置(60)が判定される。図7の場合、所望のビーム電流が超過し、モータが、位置40まで閉じるように指示される(現在位置60と元の位置20との間の半分の距離)。時間 $t_3$ において、第3の比較がなされ、開口位置が決定される。図7に示すように、所望のビーム電流に到達しないと、モータ82は、位置50まで開くように指示される(現在位置40と以前の位置60との間の半分の距離)。時間 $t_4$ において、第4の比較がなされ、測定されたビーム電流が今受け入れ可能な範囲内にあるので、開口位置は、位置50に固定のままとなる。

30

#### 【0052】

実際には、本発明の連続的に可変できる開口センブリ30を用いて、ビーム電流は、非常に短い時間、約20秒程度で、特定の方法に対して調整できることが判明した。この時間は、連続的に可変できる開口を使用しない場合に、イオン源を再調整するのに必要となる2分ないし3分程度の時間と対比される。このように、本発明は、イオン注入装置1におけるイオンビーム電流を調整するために効率的かつ急速に作動する機構を提供する。

40

#### 【0053】

以上、イオン注入装置における可変開口を操作するための方法及び装置の好ましい実施形態について説明してきた。しかし、上述の記載は、一例としてのみ作られたものであり、本発明は、ここに記載した特定の実施形態に制限されるものではなく、種々の再構成、修正、置換が、特許請求の範囲およびこれに等価な構成によって限定されるものである限り、本発明の範囲から逸脱しないで作ることができるることは理解されよう。

#### 【図面の簡単な説明】

50

【図1】図1は、本発明の原理に従って構成された、連続的に可変できる開口アセンブリを含むイオン注入装置の断面図である。

【図2】図1に示すイオン注入装置で示された連続的に可変できる開口アセンブリの斜視図である。

【図3】図2の可変開口アセンブリの平面図である。

【図4】図2及び図3の可変開口を制御するために使用される制御ループ機構を示す回路構成図である。

【図5】図4の開口制御機構を含む作動パラメータに基づいて、図1におけるイオンビーム電流を調整するために利用する全制御アルゴリズムを表す概略フローチャート図である。

10

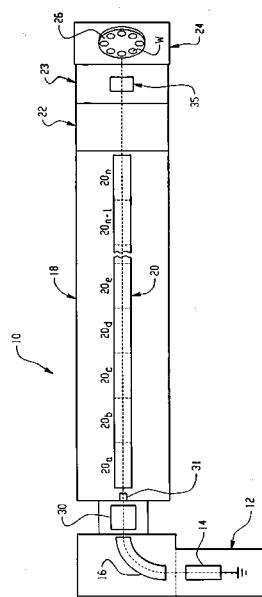
【図6】第1の好ましい制御方法に基づいて図4の制御ループ機構の調整に応答したビーム電流を表すグラフ図である。

【図7】第2の好ましい制御方法に基づいて図4の制御ループ機構の調整に応答したビーム電流を表すグラフ図である。

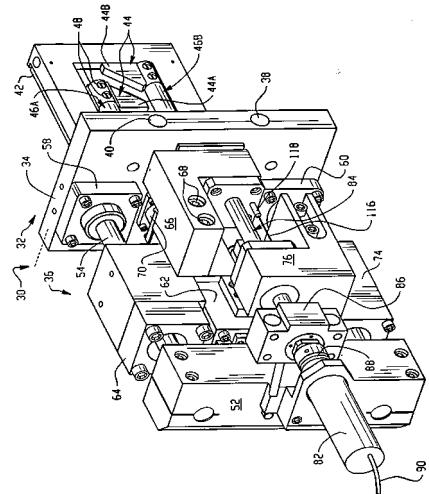
【符号の説明】

1 0	イオン注入装置	
1 2	インジェクタ	
1 4	イオンビーム源	
1 6	質量分析磁石	
1 8	R F ライナック	20
3 0	可変開口アセンブリ	
3 1	第1フラグファラデー(第1検出器)	
3 5	第2フラグファラデー(第2検出器)	
3 6	開口駆動機構	
4 4	可変開口	
4 4 A , 4 4 B	開口プレート	
4 6 A , 4 6 B	制御アーム	
5 0	ギヤップ	
8 2	モータ	
1 1 6 , 1 1 8	ポテンショメータ	30
1 2 0	制御回路	
1 2 6 , 1 2 8	制御信号	

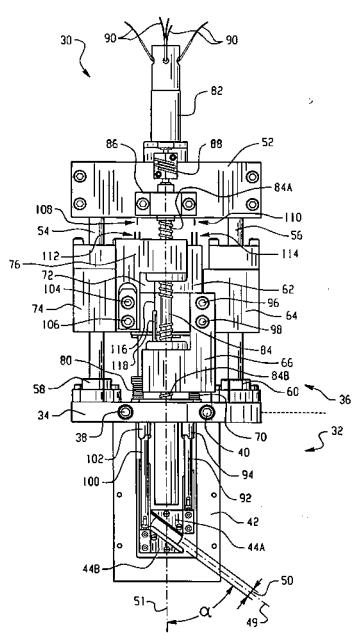
【図1】



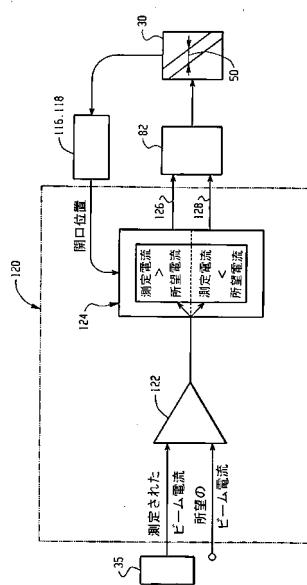
【 四 2 】



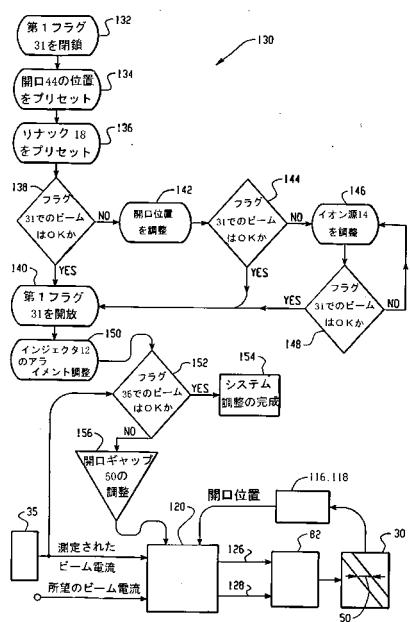
【図3】



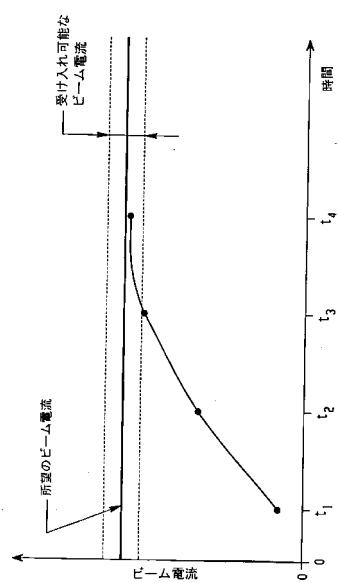
【図4】



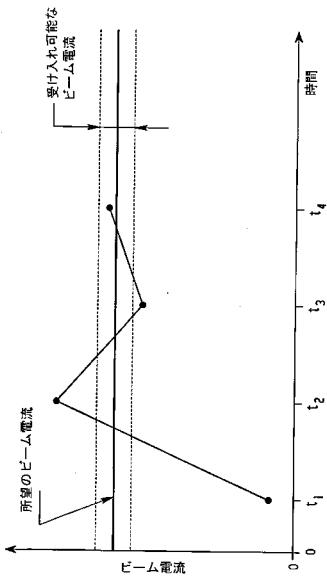
【 図 5 】



【図6】



【 四 7 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ハンス ジュルク ルティスハウザー  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 02420 レキシントン メリマン ストリート 97  
(72)発明者 ジュン ルー  
アメリカ合衆国 マサチューセッツ 01915 ベバーイー フォスター・ドライブ 16  
(72)発明者 杉谷 道朗  
愛媛県新居浜市中村2-15-57  
(72)発明者 村上 享  
愛媛県新居浜市庄内町2-6-5  
(72)発明者 曽我部 博  
愛媛県西条市楳ノ木164-1

審査官 中塚 直樹

(56)参考文献 特開平07-296763(JP,A)  
特開平06-132005(JP,A)  
特開平09-045274(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 37/317  
H01J 37/09