

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5397624号  
(P5397624)

(45) 発行日 平成26年1月22日(2014. 1. 22)

(24) 登録日 平成25年11月1日(2013. 11. 1)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 J 37/317 (2006. 01)

H O 1 J 37/317 Z

H O 1 L 21/265 (2006. 01)

H O 1 L 21/265 6 O 3 B

請求項の数 19 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2009-540410 (P2009-540410)	(73) 特許権者	500324750
(86) (22) 出願日	平成19年12月3日(2007. 12. 3)		バリアン・セミコンダクター・エクイップ
(65) 公表番号	特表2010-512620 (P2010-512620A)		メント・アソシエイツ・インコーポレイテ
(43) 公表日	平成22年4月22日(2010. 4. 22)		ッド
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/086275		アメリカ合衆国マサチューセッツ州019
(87) 国際公開番号	W02008/073747		30, グロスター, ドリー・ロード35
(87) 国際公開日	平成20年6月19日(2008. 6. 19)	(74) 代理人	110000877
審査請求日	平成22年11月9日(2010. 11. 9)		龍華国際特許業務法人
(31) 優先権主張番号	11/568, 000	(72) 発明者	スマトラク、ドナ、エル、
(32) 優先日	平成18年12月7日(2006. 12. 7)		アメリカ合衆国マサチューセッツ州019
(33) 優先権主張国	米国 (US)		30, グロスター, ドリー・ロード35
			バリアン・セミコンダクター・エクイップ
			メント・アソシエイツ・インコーポレイテ
			ッド内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イオン注入機に電子を閉じ込める技術

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イオン注入機に電子を閉じ込める装置であって、

ビームパスの少なくとも一部沿いに配置された第1磁石アレイおよび第2磁石アレイを  
備え、前記第1磁石アレイは前記ビームパスの第1側に配置され、前記第2磁石アレイは前記  
ビームパスの第2側に配置され、前記第1側は前記第2側に対向しており、前記第1磁石アレイの少なくとも1つの磁石は、前記第2磁石アレイの対応する磁石と  
の間で、互いに対向する磁極の極性が反対となるように配置され、前記第1磁石アレイおよび前記第2磁石アレイのうち、少なくとも一部は、複数の前記  
磁石が放射状パターンに配置されて、ビームライン磁石の中を通る前記ビームパスの一部  
をカバーし、前記磁石の少なくとも幾つかは、前記ビームパスの各ビームレットの軌跡が  
、それぞれ通過する前記磁石に対して法線方向となるように、前記磁石自体が湾曲される  
、装置。

【請求項 2】

前記第1磁石アレイおよび前記第2磁石アレイは、共同してカスプ磁場を生じて前記ビ  
ームパスの内部または付近に電子を閉じ込め、前記第1磁石アレイおよび前記第2磁石アレイ間の中央平面上における前記中央平面に  
平行な前記カスプ磁場の成分は、前記中央平面上における前記中央平面に垂直な前記カス  
プ磁場の成分よりも小さい、請求項1に記載の装置。

10

20

## 【請求項 3】

前記第 1 磁石アレイおよび前記第 2 磁石アレイそれぞれ内において磁石の極性が交番しており、前記中央平面上における前記中央平面に垂直な前記カスプ磁場の前記成分に、交番する極性を持たせる、  
請求項 2 に記載の装置。

## 【請求項 4】

前記第 1 磁石アレイおよび前記第 2 磁石アレイは、永久磁石である、請求項 1 から 3 の何れか一項に記載の装置。

## 【請求項 5】

前記第 1 磁石アレイの前記少なくとも 1 つの磁石と、前記第 2 磁石アレイの前記対応する磁石とは、それぞれ前記ビームパスに前記磁石の磁気配向を合わせて並べられる、請求項 1 から 4 の何れか一項に記載の装置。

10

## 【請求項 6】

前記第 1 磁石アレイの前記少なくとも 1 つの磁石と、前記第 2 磁石アレイの前記対応する磁石とは、前記ビームパスを介して対向するように配置される、請求項 1 から 5 の何れか一項に記載の装置。

## 【請求項 7】

前記第 1 磁石アレイの前記少なくとも 1 つの磁石と、前記第 2 磁石アレイの前記対応する磁石とは、前記第 1 磁石アレイおよび前記第 2 磁石アレイ間の中央平面上において前記ビームパスに垂直であり前記中央平面に平行な磁場成分を低減するよう成形される、請求項 1 から 6 の何れか一項に記載の装置。

20

## 【請求項 8】

前記ビームライン磁石は、質量分析器の一部である、請求項 1 から 7 の何れか一項に記載の装置。

## 【請求項 9】

前記ビームライン磁石は、イオンビームコリメータの一部である、請求項 1 から 8 の何れか一項に記載の装置。

## 【請求項 10】

イオン注入機に電子を閉じ込める方法であって、

互いの間の中央平面に平行な成分が前記中央平面と直交する成分よりも実質的に小さいカスプ磁場を共同して生じて、ビームパスの内部または付近に電子を閉じ込める第 1 磁石アレイおよび第 2 磁石アレイを、前記第 1 磁石アレイは前記ビームパスの第 1 側に、前記第 2 磁石アレイは前記第 1 側に対向した前記ビームパスの第 2 側に、前記ビームパスの少なくとも一部に沿って位置決めする段階と、

30

前記第 1 磁石アレイの少なくとも 1 つの磁石を、前記第 2 磁石アレイの対応する磁石との間で、互いに対向する磁極の極性が反対となるように配置する段階と、を備え、

前記第 1 磁石アレイおよび前記第 2 磁石アレイのうち、少なくとも一部は、複数の前記磁石が放射状パターンに配置されて、ビームライン磁石の中を通る前記ビームパスの一部をカバーし、前記磁石の少なくとも幾つかは、前記ビームパスの各ビームレットの軌跡が、それぞれ通過する前記磁石に対して法線方向となるように、前記磁石自体が湾曲される  
方法。

40

## 【請求項 11】

前記第 1 磁石アレイおよび前記第 2 磁石アレイそれぞれ内において磁石の極性を交番させて、前記中央平面上における前記中央平面に垂直な前記カスプ磁場の前記成分に、交番する極性を持たせる段階をさらに備える、請求項 10 に記載の方法。

## 【請求項 12】

前記第 1 磁石アレイおよび前記第 2 磁石アレイは、永久磁石である、請求項 10 または 11 に記載の方法。

## 【請求項 13】

前記第 1 磁石アレイの前記少なくとも 1 つの磁石と、前記第 2 磁石アレイの前記対応す

50

る磁石とは、それぞれ前記ビームパスに前記磁石の磁気配向を合わせて並べられる、請求項 10 から 12 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 14】

前記第 1 磁石アレイの前記少なくとも 1 つの磁石と、前記第 2 磁石アレイの前記対応する磁石とは、前記ビームパスを介して対向するように配置される、請求項 10 から 13 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 15】

前記第 1 磁石アレイの前記少なくとも 1 つの磁石と、前記第 2 磁石アレイの前記対応する磁石とを、前記中央平面上において前記ビームパスに垂直であり前記中央平面に平行な磁場成分を低減するよう成形する段階をさらに備える、請求項 10 から 14 の何れか一項に記載の方法。

10

【請求項 16】

前記ビームライン磁石は、質量分析器の一部である、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記ビームライン磁石は、イオンビームコリメータの一部である、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 18】

前記ビームパスの内部または付近に電子を供給する段階をさらに備える、請求項 10 から 17 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 19】

20

イオン注入機に電子を閉じ込める装置であって、

ビームパスの少なくとも一部に沿って配置された第 1 磁石アレイおよび第 2 磁石アレイを備え、

前記第 1 磁石アレイは前記ビームパスの第 1 側に配置され、前記第 2 磁石アレイは前記ビームパスの第 2 側に配置され、前記第 1 側は前記第 2 側に対向しており、

前記第 1 磁石アレイおよび前記第 2 磁石アレイは、共同してカスプ磁場を生じて前記ビームパスの内部または付近に電子を閉じ込め、

前記第 1 磁石アレイおよび前記第 2 磁石アレイの各磁石は、前記ビームパスに垂直であり前記第 1 磁石アレイおよび前記第 2 磁石アレイ間の中央平面上において、前記中央平面に平行な磁場成分を低減するよう成形され、

30

前記第 1 磁石アレイおよび前記第 2 磁石アレイのうち、少なくとも一部は、複数の前記磁石が放射状パターンに配置されて、ビームライン磁石の中を通る前記ビームパスの一部をカバーし、前記磁石の少なくとも幾つかは、前記ビームパスの各ビームレットの軌跡が、それぞれ通過する前記磁石に対して法線方向となるように、前記磁石自体が湾曲される、装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概してイオン注入に係り、より具体的にはイオン注入機に電子を閉じ込める技術に係る。

40

【背景技術】

【0002】

イオン注入機は幅広く半導体製造に利用されて、選択的に材料の導電性を変更している。典型的なイオン注入機においては、イオン源から生成されたイオンは下流へと、1 以上のアナライザおよび/またはコレクタ磁石および複数の電極を含みうる 1 連のビームラインコンポーネントを介して運搬される。アナライザ磁石は、望ましいイオン種を選択して汚染された種または望ましくないエネルギーを有するイオンをフィルタにかけて除去することに利用されうる。コレクタ磁石は、対象ウェハに到着する前にイオンビーム形状を操作するのに利用されたり、イオンビーム品質を調節するのに利用されたりする。適切に成形された電極を利用してイオンビームの形状およびエネルギーを変更することができる。

50

イオンビームは、この1連のビームラインコンポーネントを介して運搬された後、エンドステーションに送られてイオン注入を行ってよい。

【0003】

図1は、従来のイオン注入機システム100を示す。殆どのイオン注入機にあてはまることであるが、システム100は高真空環境に収容される。イオン注入機システム100は、イオン源102およびイオンビーム10が通る1連のビームラインコンポーネントを含みうる。この1連のビームラインコンポーネントには、例えば、抽出マニピュレータ104、フィルタ磁石106、加速または減速カラム108、アナライザ磁石110、回転マススリット112、スキャナ114、および補正磁石116が含まれうる。光ビームを操作する1連の光学レンズと略同様に、イオン注入機コンポーネントは、イオンビーム10を、対象ウェハ118に向けて導く前にフィルタにかけて焦点を合わせる。

10

【0004】

半導体産業が電子デバイスのフィーチャサイズを低減するにつれ、浅いドーパントプロファイルおよび浅いp-n接合を得るには、低いエネルギーを有するイオンビームが望ましい。一方で、合理的な製造スループットを達成するには比較的高いビーム電流を維持することが望ましい。このようなエネルギーが低く、高い電流のイオンビームは、空間電荷により制約が生じ典型的なイオン注入機内への運搬が難しいことがある。正のイオンビームの「ブローアップ」を避けるには、電子または負のイオンなどの負の荷電粒子を空間電荷中和することが考えられる。空間電荷中和を維持する1方法は、負の荷電粒子を磁気閉じ込めすることである。しかし、既存の磁気閉じ込め法は、イオンビーム歪みを生じさせる磁場成分を特別に導入してしまう傾向にある。

20

【0005】

例えば、図2は、永久磁石202で電子を閉じ込める従来の方法を示す。永久磁石202は、一方がイオンビーム20に関するビームパスの上にあり、他方が該ビームパスの下にある、というように2つの列に配置されてよい。電子が磁場線に纏わりつくおよび巻きつく性向を有するという利点を利用して、永久磁石202は、電子を（または他の荷電粒子を）、ビームパス内部または付近のカスプ磁場内に閉じ込めることができる。概して、永久磁石202が生じる磁場強度は、イオンビーム20の運搬に影響を与えない程度に十分弱い必要がある。しかし、既存の磁気閉じ込め法による永久磁石202は、通常、「極性対称」に配置されており、同様の極がビームパスを介して互いに対向している。つまり、一方の列の磁石のN極が、他方の列の対応する磁石のN極に対向している。同じことがS極についても言える。永久磁石202の極性対称の配置により、永久磁石202の2つの列の間の中央平面に非ゼロ磁場成分( $B_z$ )が生成されうる。非ゼロ磁場成分( $B_z$ )により、イオンビーム20のうちの厳密にはZ方向に沿っていない部分が垂直( $\pm Y$ )方向に偏向されてしまうことで、イオンビーム20が垂直方向に非対称になってしまいかねない。このような垂直方向の非対称性は、通常、他のビームラインコンポーネントによる補正が難しい。

30

【0006】

以上を鑑みると、上述した欠陥および不備を解消するイオン注入機に電子を閉じ込める技術を提供することが望ましい。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

イオン注入機に電子を閉じ込める技術を開示する。ある例示的实施形態においては、技術は、イオン注入機に電子を閉じ込める装置として実現される。装置は、ビームパスの少なくとも一部沿いに配置された第1磁石アレイおよび第2磁石アレイを備え、第1磁石アレイはビームパスの第1側に配置され、第2磁石アレイはビームパスの第2側に配置され、第1側は第2側に対向しており、第1磁石アレイの少なくとも1つの磁石は、第2磁石アレイの対応する磁石との間で、互いに対向する磁極の極性が反対となるように配置され、第1磁石アレイおよび第2磁石アレイのうち、少なくとも一部は、複数の磁石が放射状

50

パターンに配置されて、ビームライン磁石の中を通るビームパスの一部をカバーし、磁石の少なくとも幾つかは、ビームパスの各ビームレットの軌跡が、それぞれ通過する磁石に対して法線方向となるように、磁石自体が湾曲される。

#### 【0008】

本特定の例示的实施形態の他の側面によると、第1磁石アレイおよび第2磁石アレイは、共同してカスプ磁場を生じてビームパスの内部または付近に電子を閉じ込め、第1磁石アレイおよび第2磁石アレイ間の中央平面上における中央平面に平行なカスプ磁場の成分は、中央平面上における中央平面に垂直なカスプ磁場の成分よりも実質的に小さくてよい。第1磁石アレイおよび第2磁石アレイそれぞれ内において磁石の極性が交番しており、中央平面上における中央平面に垂直なカスプ磁場の成分に、交番する極性を持たせてよい。

10

#### 【0009】

本特定の例示的实施形態のさらなる側面によると、第1磁石アレイおよび第2磁石アレイの少なくともいずれかは、永久磁石であってよい。

#### 【0010】

本特定の例示的实施形態の追加的側面によると、第1磁石アレイの少なくとも1つの磁石と、第2磁石アレイの対応する磁石とは、それぞれビームパスに磁石の磁気配向を合わせて並べられる。または、第1磁石アレイの少なくとも1つの磁石と、第2磁石アレイの対応する磁石とは、ビームパスを介して対向するように配置されてよい。

20

#### 【0011】

本特定の例示的实施形態の別の側面によると、第1磁石アレイの少なくとも1つの磁石と、第2磁石アレイの対応する磁石とは、第1磁石アレイおよび第2磁石アレイ間の中央平面上において中央平面上においてビームパスに垂直であり中央平面に平行な磁場成分を低減するよう成形されてよい。

#### 【0012】

本特定の例示的实施形態のまた別の側面によると、1対のビームライン磁石は、質量分析器の一部であってよい。または、1対のビームライン磁石は、イオンビームコリメータの一部であってよい。

30

#### 【0013】

本特定の例示的实施形態のまた別の側面によると、装置は、ビームパスの少なくとも一部の第3側および第4側沿いに配置される第3磁石アレイおよび対応する第4磁石アレイをさらに備えてよい。装置は、ビームパスの内部または付近に電子を供給する電子源をさらに備えてよい。

#### 【0014】

別の特定の例示的实施形態においては、技術は、イオン注入機に電子を閉じ込める方法として実現される。方法は、ビームパスの少なくとも一部沿いに第1磁石アレイおよび第2磁石アレイを配置する段階と、第1磁石アレイの少なくとも1つの磁石が第2磁石アレイの対応する磁石との間で、互いに対向する磁極の極性が反対となるように、磁石を配置する段階と、を備え、第1磁石アレイはビームパスの第1側に配置され、第2磁石アレイはビームパスの第2側に配置され、第1側は第2側に対向しており、第1磁石アレイおよび第2磁石アレイは、共同してカスプ磁場を生じてビームパスの内部または付近に電子を閉じ込め、第1磁石アレイおよび第2磁石アレイ間の中央平面に平行なカスプ磁場の成分は、中央平面と直交するカスプ磁場の成分よりも実質的に小さい。

40

50

## 【 0 0 1 5 】

本特定の例示的实施形態の他の側面においては、方法はさらに、第1磁石アレイおよび第2磁石アレイそれぞれ内において磁石の極性を交番させて、中央平面上における中央平面に垂直なカスプ磁場の成分に、交番する極性を持たせる段階をさらに備えてよい。

## 【 0 0 1 6 】

本特定の例示的实施形態のさらなる側面においては、第1磁石アレイおよび第2磁石アレイの少なくともいずれかは、永久磁石であってよい。

## 【 0 0 1 7 】

本特定の例示的实施形態の追加的側面においては、第1磁石アレイの少なくとも1つの磁石と、第2磁石アレイの対応する磁石とは、ビームパスに磁石の磁気配向を合わせて並べられる。または、第1磁石アレイの少なくとも1つの磁石と、第2磁石アレイの対応する磁石とは、ビームパスを介して対向するように配置されてよい。

10

## 【 0 0 1 8 】

本特定の例示的实施形態の別の側面においては、方法は、第1磁石アレイの少なくとも1つの磁石と、第2磁石アレイの対応する磁石とを、第1磁石アレイおよび第2磁石アレイ間の中央平面上においてビームパスに垂直であり中央平面に平行な磁場成分を低減するよう成形する段階をさらに備えてよい。

20

## 【 0 0 1 9 】

本特定の例示的实施形態のまた別の側面においては、方法は、1対のビームライン磁石は、質量分析器の一部であっても、イオンビームコリメータの一部であってもよい。

## 【 0 0 2 0 】

本特定の例示的实施形態のまた別の側面においては、方法は、ビームパスの少なくとも一部の第3側および第4側沿いに第3磁石アレイおよび対応する第4磁石アレイを配置する段階をさらに備えてよい。

## 【 0 0 2 1 】

本特定の例示的实施形態のさらなる側面によると、第1磁石アレイおよび第2磁石アレイの少なくともいずれかは、永久磁石であってよい。

30

## 【 0 0 2 2 】

また別の特定の例示的实施形態においては、技術は、装置であって、  
ビームパスの少なくとも一部に沿って配置された第1磁石アレイおよび第2磁石アレイを備え、

第1磁石アレイはビームパスの第1側に配置され、第2磁石アレイはビームパスの第2側に配置され、第1側は第2側に対向しており、

第1磁石アレイおよび第2磁石アレイは、共同してカスプ磁場を生じてビームパスの内部または付近に電子を閉じ込め、

40

第1磁石アレイおよび第2磁石アレイの各磁石は、ビームパスに垂直であり第1磁石アレイおよび第2磁石アレイ間の中央平面上において、中央平面に平行な磁場成分を低減するよう成形され、

第1磁石アレイおよび第2磁石アレイのうち、少なくとも一部は、複数の磁石が放射状パターンに配置されて、ビームライン磁石の中を通るビームパスの一部をカバーし、磁石の少なくとも幾つかは、ビームパスの各ビームレットの軌跡が、それぞれ通過する磁石に対して法線方向となるように、磁石自体が湾曲される、

## 【 0 0 2 3 】

以下では、添付図面に示す実施形態例を参照しつつ、本開示をさらに詳細に説明する。

50

実施形態例を参照しつつ以下で本開示を詳述するが、本開示は以下の実施形態例に限定されるものではないことを理解されたい。当業者であれば、本明細書の教示内容に基づき、実施例、変形例および実施形態例、ならびに他の利用分野にさらに想到するであろう。このような実施例、変形例および実施形態例ならびに他の利用分野は、本明細書に記載する本開示の範囲内に含まれるものであって、本開示が大きな有用性を発揮し得るものである。

【図面の簡単な説明】

【0024】

本開示をさらに明らかにするべく、以下では添付図面を説明する。添付図面では、同様の部材には同様の番号を割り当てている。後述する図面は、本開示を限定するものと解されるべきではなく、例示に過ぎない。

【0025】

【図1】従来のイオン注入機を示す。

【0026】

【図2】永久磁石の極性対称配置で電子を閉じ込める従来の方法を示す。

【0027】

【図3】本開示の1実施形態による電子を閉じ込める例示的磁石配置を示す。

【0028】

【図4】本開示の1実施形態による電子を閉じ込める別の例示的磁石配置を示す。

【0029】

【図5】本開示の1実施形態によるラジアルカスプで電子を閉じ込める例示的方法を示す。

【0030】

【図6】本開示の1実施形態による曲線カスプで電子を閉じ込める例示的方法を示す。

【0031】

【図7】本開示の1実施形態による曲線カスプの配置を有する1式のビームライン磁石の透視図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0032】

本開示の実施形態は、イオン注入機に電子または他の荷電粒子を閉じ込める技術を向上させることで、イオン注入機に利用される既存の磁気閉じ込め方法の欠陥および不備を解消する。以前の方法で好まれていた磁石の極性対称配置の代わりに、磁石を軸対称に配置することで、イオンビームを過度に歪ませることなく電子を閉じ込めうる。閉じ込め磁石をさらに配向および成形してイオンビームを歪める不要な磁場成分を低減または取り除くこともできる。

【0033】

ここからの記載は、磁気閉じ込めの対象を電子とするが、本開示の実施形態は、負または正のイオンを含む他の荷電粒子を閉じ込めるのに適合してよい電子に制限されない。ここからは、永久磁石またはその他の磁石は、磁気閉じ込め目的で利用される場合、「閉じ込め磁石」として言及されることもある。

【0034】

図3を参照すると、本開示の1実施形態による電子を閉じ込める例示的磁石配置が示されている。磁石302は、2つのアレイに配置され、1つのアレイ31がイオンビーム30のビームパスの上に配置され、他のアレイ32がビームパスの下に配置されてよい。実施形態によっては、2つのアレイは、互いに実質的に平行であってよい。磁石302は、その磁気配向がイオンビーム30の伝播方向と実質的に位置合わせされている永久磁石であってよい。各アレイ内では、磁石302の極性が交番することで、2つのアレイ間の空間に（イオンビーム30のビームパス内またはその付近に）カスプ磁場が形成されてよい。実施形態によっては、導電金属コイルを永久磁石302の代わりに利用して、必要に応じてカスプ磁場を生成することもできる。

## 【0035】

既存のマルチカスプ磁気閉じ込め法との顕著な差異の1つは、2つのアレイ31および32間の対称性にある。既存の方法で採用された極性対称性よりも、2つのアレイ(31および32)間の中央平面の周りの軸対称性のほうが、イオンビーム30の垂直方向の対称性を維持するのにはより有益でありえることが発見された。つまり、同様の極性がビームパスを介して同様の極性と対向するのではなく、磁石302の2つのアレイを、反対の極同士がビームパスを介して対向するよう配置してよい。例えば、アレイ31の1つの磁石302のN極を、アレイ32の対応する磁石302のS極に対向させてよい。この軸対称配置の結果、磁場の成分 $B_z$ および $B_x$ が中央平面のどこかでゼロ(または無視できるほど小さい値)になる。故に、イオンビーム30の垂直偏向は僅かになる、または存在しなくなりうる。他方、垂直磁気成分 $B_y$ は、ビームパス内部またはその付近の異なるZ位置において非ゼロになってよい。しかし、図3に示すように、 $B_y$ の発振(±)値は、水平イオン偏向(X-Z平面の)収集効果を比較的小さく抑えうる。垂直磁気成分 $B_y$ がイオンビーム30を大幅に水平方向に分岐または変形させたとしても、このような水平方向の非対称性は、例えば静電気レンズまたは電磁気レンズを利用して、垂直方向の非対称性よりも容易に修正が可能である。

10

## 【0036】

図4は、本開示の1実施形態による電子を閉じ込める別の例示的磁石配置を示す。本実施形態でも、磁石402はイオンビーム40に関するビームパスに沿った2つのアレイへと配置されうる。図3に示すものとの差異は、各磁石402が、水平方向ではなくて垂直方向に配向されうる、つまり、N極とS極とを結ぶ中央線がビームパスに対して垂直である、ということである。各アレイ内では、磁石402の極性が変更されて、カスプ磁場が生成されうる。磁石402の配置は依然として軸対称であり、反対の極性が互いにビームパスを介して対向している。故に、水平磁場成分は2つのアレイ間の中央平面で無視できるほど小さく、イオンビーム40に垂直偏向を僅かに起こす、または全く起こさないこともある。

20

## 【0037】

上述の磁石の軸対称配置は、イオン注入機内のビームパスのどの部分に適応されてもよい。幾らかの実施形態によっては、このような磁石の軸対称配置は、補正磁石および/またはアナライザ磁石として既存のビームラインコンポーネントとともに実装されることで有用になりうる。

30

## 【0038】

図5は、本開示の1実施形態によるラジアルカスプで電子を閉じ込める例示的方法を示す。本実施形態においては、複数の閉じ込め磁石502が、ポイントツーパラレル補正器を通るビームパス沿いに配置されてよい。閉じ込め磁石502は、上述のものと同様、2つのアレイ間の中央平面に対して軸対称となるビームパス沿いの2つのアレイとなるように配置されてよい。図5には、例示目的で閉じ込め磁石502のアレイおよび補正磁石504がそれぞれ1つだけ示されている。補正磁石504は、イオンビーム50を、第1方向に分岐したものから第2方向に向かう平行なものへと変更してよい。イオンビーム50の軌跡をカバーすべく、閉じ込め磁石502がビームパス沿いに配置され、イオンビーム50が角を曲がるときに、放射状に配向されてよい。

40

## 【0039】

上述のように、磁石の軸対称配置により、イオンビームの垂直方向の非対称性の低減が促進される。イオンビームがリボンビームであり、直線のビームパスを進む場合、閉じ込め磁石は、互いに平行な真っ直ぐの細片であってよい。図5に既に示したように、曲線のイオンビーム軌跡を1対の補正磁石間に収めるには、各アレイの閉じ込め磁石をそれまでのように互いに平行にするのではなく、放射状パターンに配向してよい。ビーム形状に対する磁場成分の影響をさらに分析すると、磁場の放射成分を最小限に抑えることの利点が明らかになる(つまり、 $B_r$ をゼロまたは無視できるほど小さくすること)。磁場の放射成分を最小限に抑えるには、閉じ込め磁石を個々に成形して、各磁石の中央線がイオン

50



軌跡に対して磁石の位置で法線方向に延びるようにしてよい。つまり、イオン軌跡によっては、少なくとも幾らかの閉じ込め磁石が湾曲していてもよく、多くのより小さな磁石の集合である場合には、湾曲パターンに配置されてよい。

#### 【0040】

図6は、本開示の1実施形態による曲線カスプで電子を閉じ込める例示的方法を示す。図5同様、閉じ込め磁石602のアレイおよび補正磁石604がそれぞれ1つだけ示されている。イオンビーム60の各ビームレットの軌跡がそれぞれ通過する各磁石602に対して法線方向であることを保証すべく、多くの閉じ込め磁石602が様々な度合いで湾曲されている。例えば、イオン軌跡に従って、閉じ込め磁石602は最初から湾曲され同軸パターンに配置されていてよい。イオンビーム60が補正器を通るにつれて、イオンビーム60の外側を内側よりも曲げ、閉じ込め磁石602の他方(内側)より一方(外側)における湾曲のほうを大きくしてよい。イオンビーム60が補正器を通った後で平行になるにつれて、対応する磁石602の湾曲は徐々に小さくなってよい。

10

#### 【0041】

図7は、本開示の1実施形態による曲線カスプの配置を有する1式のビームライン磁石の透視図を示す。1式のビームライン磁石704は、1対の補正器磁石または1対のアナライザ磁石であってよい。明瞭化目的から、図7では閉じ込め磁石702のアレイは1つしか示していない。示されているように、閉じ込め磁石は、ビームライン磁石704間を通るイオンビーム70のビームパス沿いに配置されてよい。各閉じ込め磁石702は、閉じ込め磁石702沿いの様々な点におけるイオン軌跡によって選択される特定の曲率を有してよい。磁石702のアレイは、ビームパスを辿り、ビームライン磁石704のずっと上方に延びてよい。加えて、電子またはプラズマを、ビームライン磁石704の少なくとも1つを介して、または、ビームパス沿いの他の位置で、イオンビーム70に投入してよい。

20

#### 【0042】

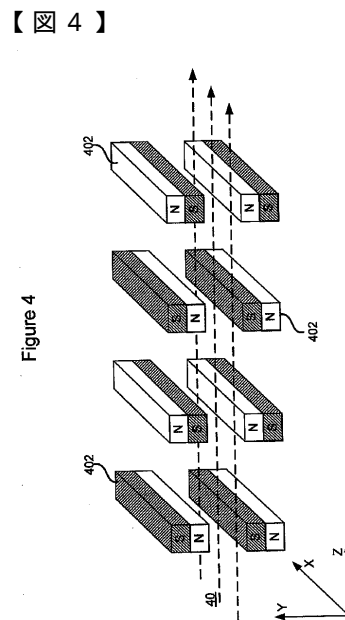
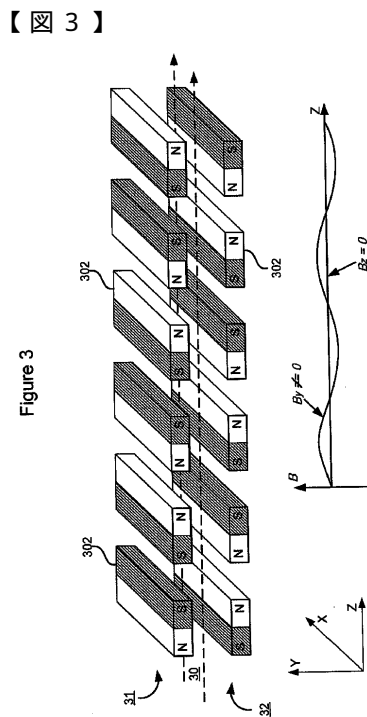
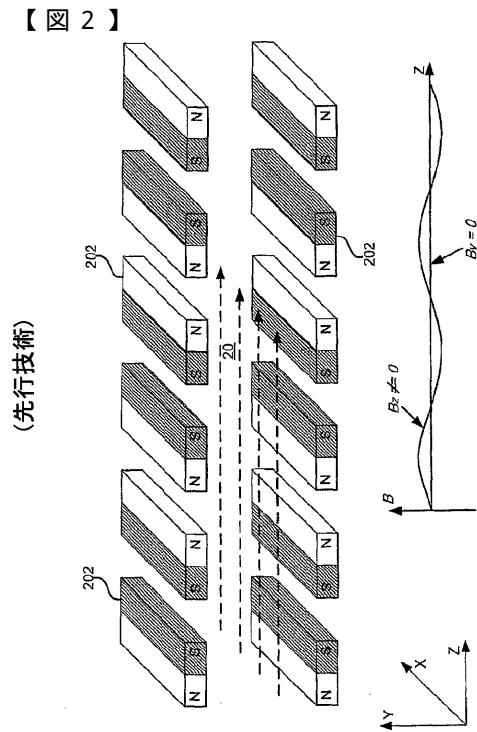
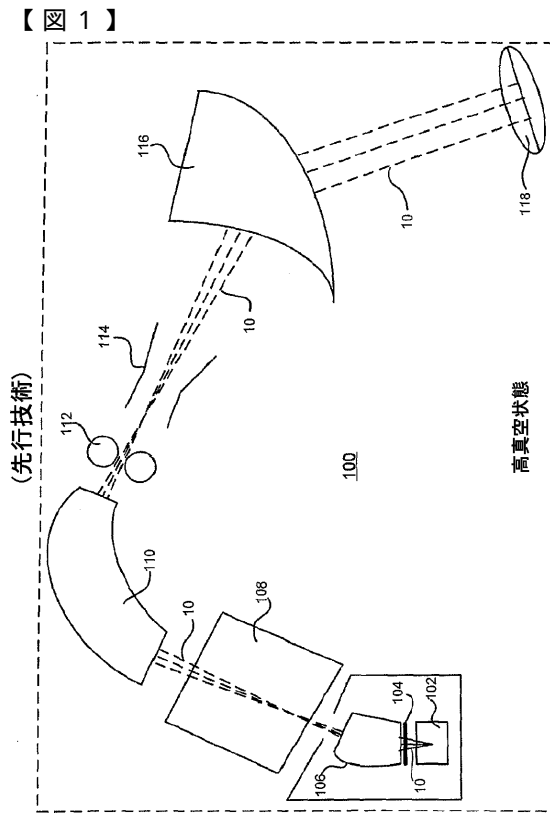
本記載においては閉じ込め磁石の2つのアレイについてしか言及していないが(つまり、1のビームパスの上の1のアレイと該ビームパスの下の他のアレイ)、本開示の実施形態は、閉じ込め磁石の2つのアレイのみの利用に限定されない。例えば、図3に示すような閉じ込め磁石の2つのアレイに加えて、さらに閉じ込め磁石の2つのアレイを、ビームパスのいずれかの側沿いに配置することもできる。閉じ込め磁石のこれらさらなる2つのアレイは、極性対称または軸対称への配置が可能である。また本開示の範囲は、閉じ込め磁石の垂直方向に反対の極性にも制限されない。つまり、閉じ込め磁石の2つのアレイをビームパスの上と下とに配置する代わりに、これら2つのアレイをビームパスの片側沿いに配置する、または、ビームパスの周りに配置することが可能である。

30

#### 【0043】

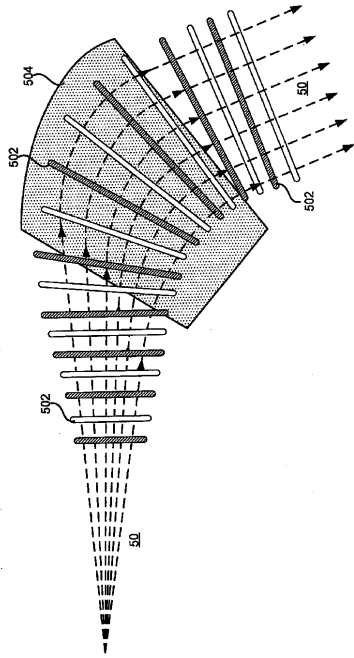
本開示の範囲は、本明細書に記載した具体的な実施形態に限定されるものではない。本明細書に記載した実施形態に加えて、当業者であれば上述の説明および添付図面から、本開示のその他の実施形態および変形は本開示の範囲内に含まれるものとする。さらに、本明細書では特定の目的を達成するための特定の環境化における特定の実施に基づいて本開示を説明したが、当業者であれば、本開示の有用性は本明細書の記載内容に限定されるものではなく本開示の実施はさまざまな目的を達成するためにさまざまな環境化で実施しても効果を奏するものであることが分かるであろう。従って、本願請求項は、本明細書に記載する本開示の内容を最大限広く考慮して、理解されたい。

40



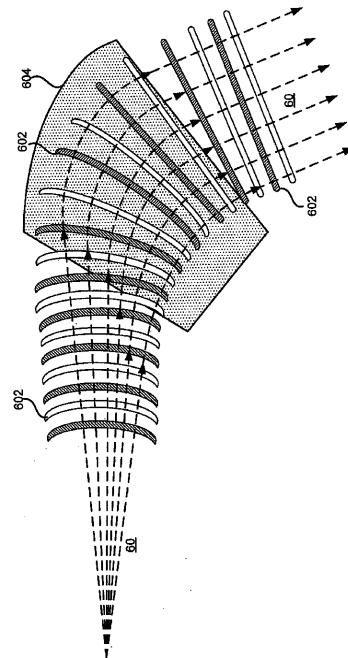
【図 5】

Figure 5



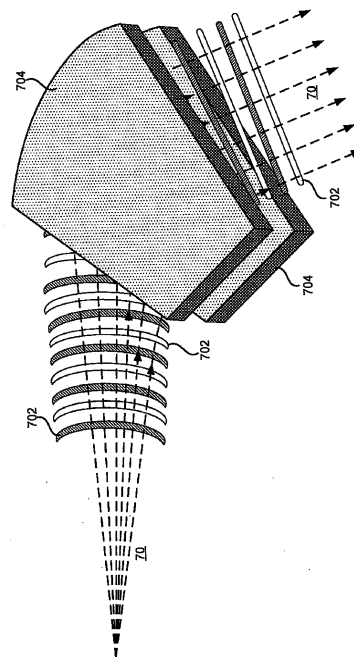
【図 6】

Figure 6



【図 7】

Figure 7



---

フロントページの続き

- (72)発明者 アンヘル、ゴードン、シー .  
アメリカ合衆国マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 , グロスター , ドリー・ロード 3 5 バリアン・セ  
ミコンダクター・エクイップメント・アソシエイツ・インコーポレイテッド内
- (72)発明者 ドレイ、ラジェッシュ  
アメリカ合衆国マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 , グロスター , ドリー・ロード 3 5 バリアン・セ  
ミコンダクター・エクイップメント・アソシエイツ・インコーポレイテッド内

審査官 石田 佳久

- (56)参考文献 国際公開第 2 0 0 4 / 1 1 4 3 5 8 ( W O , A 2 )  
特開平 0 5 - 1 0 9 3 8 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 3 5 2 7 6 5 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 0 4 / 1 0 7 3 8 6 ( W O , A 2 )  
特開 2 0 0 8 - 1 3 5 2 0 7 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H 0 1 J 3 7 / 3 1 7  
H 0 1 L 2 1 / 2 6 5