

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5046641号
(P5046641)

(45) 発行日 平成24年10月10日(2012.10.10)

(24) 登録日 平成24年7月27日(2012.7.27)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 J 37/317 (2006.01)	HO 1 J 37/317 Z
HO 1 J 37/20 (2006.01)	HO 1 J 37/20 H

請求項の数 17 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2006-513892 (P2006-513892)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成17年5月24日(2005.5.24)		パナソニック株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2005/009460		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02005/117059	(74) 代理人	100105647
(87) 国際公開日	平成17年12月8日(2005.12.8)		弁理士 小栗 昌平
審査請求日	平成20年2月14日(2008.2.14)	(74) 代理人	100108589
(31) 優先権主張番号	特願2004-183112 (P2004-183112)		弁理士 市川 利光
(32) 優先日	平成16年5月25日(2004.5.25)	(74) 代理人	100119552
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 橋本 公秀
		(72) 発明者	伊藤 裕之
			大阪府守口市八雲中町3丁目1番1号 株
		(72) 発明者	作道 訓之
			石川県金沢市泉本町5-40-1-101
			1

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電荷中和装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電荷中和装置であって、
マイクロ波発生手段と、
前記マイクロ波発生手段で発生せしめられたマイクロ波によって電子プラズマを発生するプラズマ生成手段と、

前記プラズマ生成手段で生成された電子プラズマを、イオンビームを含むビームプラズマ領域に対し、前記イオンビームを取り囲むプラズマチューブを介して、接触させる接触手段とを備え、

前記プラズマチューブ内に配置されたバイアスワイヤを介して電源から、バイアスを制御するための電位が、供給され、

イオンビームに供給される電子プラズマ量を制御するように構成され、

前記プラズマチューブは、イオンビームをリング状に取り囲み、

前記プラズマ生成手段は、前記プラズマチューブの外側を取り囲むように配置された導波管を備え、前記マイクロ波発生手段から前記導波管を介して前記プラズマチューブ内にマイクロ波を導入するとともに前記プラズマチューブ内にガスを供給することにより、前記プラズマチューブ内にプラズマを発生させ、

前記導波管は、前記導波管中のマイクロ波の伝搬方向が、前記イオンビームの流れ方向に直交する面で、前記イオンビームを囲むように配設され、

前記導波管は、前記導波管中のマイクロ波伝搬方向の下流側から上流側に向かって前記

10

20

プラズマチューブへのガスの供給がなされるように構成された電荷中和装置。

【請求項 2】

電荷中和装置であって、
マイクロ波発生手段と、

前記マイクロ波発生手段で発生せしめられたマイクロ波によって電子プラズマを発生するプラズマ生成手段と、

前記プラズマ生成手段で生成された電子プラズマを、イオンビームを含むビームプラズマ領域に対し、前記イオンビームを取り囲むプラズマチューブを介して、接触させる接触手段とを備え、

前記プラズマチューブ内に配置されたバイアスワイヤを介して電源から、バイアスを制御するための電位が、供給され、

イオンビームに供給される電子プラズマ量を制御するように構成され、

マイクロ波励起を用いて低温プラズマを維持し、それによって 2 e V 以下の低エネルギーの電子を供給する電荷中和装置。

10

【請求項 3】

請求項 2 に記載の電荷中和装置であって、

前記プラズマチューブは、イオンビームをリング状に取り囲む電荷中和装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の電荷中和装置であって、

前記接触手段は、前記イオンビームの形状もしくは前記イオンビームのスキャンエリアに対応して、前記イオンビームもしくは前記スキャンエリアの外周を取り囲むように配置されたプラズマチューブを含むことを特徴とする電荷中和装置。

20

【請求項 5】

請求項 3 または 4 に記載の電荷中和装置であって、

前記プラズマ生成手段は、前記プラズマチューブの外側を取り囲むように配置された導波管を備え、前記マイクロ波発生手段から前記導波管を介して前記プラズマチューブ内にマイクロ波を導入するとともに前記プラズマチューブ内にガスを供給することにより、前記プラズマチューブ内にプラズマを発生させることを特徴とする電荷中和装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の電荷中和装置であって、

前記導波管は、前記導波管中のマイクロ波の伝搬方向が、前記イオンビームの流れ方向に直交する面で、前記イオンビームを囲むように配設されたことを特徴とする電荷中和装置。

30

【請求項 7】

請求項 6 に記載の電荷中和装置であって、

前記導波管は、前記導波管中のマイクロ波伝搬方向の下流側から上流側に向かって前記プラズマチューブへのガスの供給がなされるように構成されたことを特徴とする電荷中和装置。

【請求項 8】

請求項 1 および 5 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の電荷中和装置であって、

前記プラズマ生成手段は、同軸ケーブルであることを特徴とする電荷中和装置。

40

【請求項 9】

請求項 1 および 5 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の電荷中和装置であって、

前記ガスは不活性ガスであることを特徴とする電荷中和装置。

【請求項 10】

請求項 1 および 5 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の電荷中和装置であって、

前記プラズマチューブと前記導波管との間にはそれぞれ位置をあわせた少なくともひとつのスリットを有することを特徴とする電荷中和装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の電荷中和装置であって、

50

前記プラズマチューブと前記導波管との間にはそれぞれ位置をあわせた複数のスリットを有することを特徴とする電荷中和装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 および 3 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載の電荷中和装置であって、前記プラズマチューブの前記イオンビームに近接する側にひとつの開口部を有することを特徴とする電荷中和装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 および 3 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の電荷中和装置であって、前記プラズマチューブの前記イオンビームに近接する側に複数の開口部を有することを特徴とする電荷中和装置。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の電荷中和装置であって、マイクロ波励起を用いてプラズマを発生させて、前記イオンビームを含むビームプラズマ中に電子を供給することを特徴とする電荷中和装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の電荷中和装置であって、マイクロ波励起を用いてプラズマを発生させて、前記イオンビームを照射する固体基体近傍の少なくとも 1 つに電子を供給することを特徴とする電荷中和装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 乃至 1 5 のいずれか 1 項に記載の電荷中和装置を備えたイオン注入装置。

20

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至 1 5 のいずれか 1 項に記載の電荷中和装置を有するビームライン装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、電荷中和装置にかかり、特に半導体製造プロセスにおいて、半導体基板に不純物層を形成する際に用いられるイオン注入装置などに用いられる、電荷中和器、およびそれを用いて製造される半導体装置、これら半導体装置を搭載した液晶パネルなどの電子素子に関する。

【背景技術】

30

【0002】

従来の半導体製造技術では、ボロン(B)、リン(P)、ヒ素(As)等の各種導電型の不純物を固体基体としての半導体基板表面に、イオン注入を行う方法が広く用いられている。イオン注入プロセス等に用いられるビームライン型イオン注入機では、ウェハ上のデバイスのチャージ破壊を防ぐため、またイオンビームの空間電荷効果によるビームの発散を防ぐために、低エネルギーの電子をビームプラズマ中またはウェハ表面上に供給することによって電荷の蓄積を緩和する電荷中和装置が多く用いられている。

【0003】

図10はイオン注入装置の中でも大電流イオン注入機と呼ばれている、メカニカルスキャン方式の従来装置の一例を示す概略図である。このイオン注入装置1は大きく3つに分けられ、それぞれ、イオン源部2、ビームライン部3、エンドステーション部4である。イオン源部2は、アーク放電によって高密度プラズマを生成するイオン源5とイオンを静電的に引き出し、加速する引き出し電極系6とで構成されている。ビームライン部3はイオン源部2より出射されたイオンビーム7から必要なドーパントイオンのみ選択する磁場偏向型の質量分析器8と、イオンビーム7の形状を整える成形スリット9や分析マグネットの焦点に位置し、必要とするドーパントイオンを選択するための分析スリット10から成る。エンドステーション部4は、ビーム電流を計測するファラデーゲージ11とビームキャッチ12、半導体基板13を載置しイオンビーム7が基板に均一に注入されるようにスキャンするディスク14、さらに電荷中和器として働く電子銃15から成る。

40

【0004】

50

このように構成されたイオン注入装置を用いて次のようにしてイオン注入が行われる。まず、イオン源5に必要なドーパントガスあるいは固体蒸気を用い高密度プラズマを生成する。ついで、引き出し電極系6でイオンを引き出すと同時に、所望の加速エネルギーを与える。加速されたイオンビーム7は質量分析器8で必要なドーパントイオンに選択され、成形スリット9や分析スリット10でイオンビームの形状を整えターゲットは導かれる。一方、基板13はディスク14に搬送されてきて、所定位置に載置される。このとき、基板13は通常複数枚載置される。

【0005】

次に、初期位置にあったディスク14が図示Aのように所定回転数で回転するとともに、並進運動Bが行われる。このような方式をメカニカルスキャン方式と呼び、これにより複数の基板13の全面にイオン注入が行われる。なお、並進運動は注入均一性を良くするため複数回行われる。

10

【0006】

ところで、このイオン注入が行われる際、基板13上には、通常すでにゲート電極のパターンが形成されている。図11にパターンニングされたものの一例を示す。同図は、基板23(13)が例えばP型であり、この基板13の主面上に厚いフィールド絶縁膜20が形成され、これら絶縁膜20に挟まれた活性領域の一部にゲート絶縁膜となる薄い絶縁膜21が形成され、この薄い酸化膜21上にゲート電極22が形成されている。この状態でイオン注入を行うことによりゲート電極22の両側の基板13上にソース・ドレインとなる不純物領域を形成するものである。この場合、ソース・ドレインをN型に形成すべく、イオンビーム7は例えばリン、ヒ素等のイオンビームとなっている。

20

【0007】

このように絶縁膜上にイオン注入を行う場合、特に1mA以上のビーム電流でイオン注入する際にはゲート絶縁膜21の絶縁破壊が発生する可能性が大となる。この絶縁破壊を防止するために、従来は図12に示すような電荷中和器が用いられている。この電荷中和器の作用は電子銃15から放出される一次電子を300V程度の電界で加速し対面するファラデーケージ11に照射し、二次電子23を発生させる。この二次電子23の一部が基板13に供給され、ゲート電極22上に蓄積された正電荷を中和する。このようにして、ゲート絶縁膜21の絶縁破壊を防止することができる。

【0008】

30

このように、従来、一般に使われている電荷中和装置では、電子源もしくはプラズマ源をビームライン上の一側面からビームに近接する形に設置し、そこから出て来る電子流をビームおよびビームプラズマに重ね合せるという方式を用いている。

【0009】

しかし、この方法では、電子源に近い側では電荷中和効果が働いてもその反対側(電子源から最も遠い側)まで効果が及ばないという現象が発生し易く、デバイスのチャージ破壊やビームの発散を引起してしまう。

【0010】

また、ビームをスキャンするタイプのイオン注入機では、供給する電子流とビームプラズマとのカップリング効率が悪く、従来電荷中和装置で高電流のイオン注入を実現することは極めて難しかった。

40

さらに、上記のイオン注入装置では、上述のように、電子銃15から放出した一次電子の照射によりファラデーケージ11表面から発生する二次電子23でゲート電極22上に蓄積された正電荷を中和するものであるが、一次電子の一部も反射によって基板13に到達する。このため300eVのエネルギーをもつ高速電子が基板13を負にチャージアップさせ、負電荷による絶縁破壊を起こし、また絶縁破壊に至らずとも、ゲート絶縁膜22を劣化させるという問題点があった。

【0011】

これに対して、図13および図14に示すように被処理基板の前面に、プラズマより電子を引き出す引き出し電極と、この引き出し電極により引き出された電子を減速する減速

50

電極とを有し、エネルギーが50eV以下の電子を供給する磁気多極型プラズマ発生器を配設するようにした電荷中和器が開示されている（特許文献1）。これによると、磁気多極型プラズマ発生器をエレクトロンソースとしており、この磁気多極型プラズマ発生器はプラズマ内に磁場がないカスプ磁場を形成しているため、電場を印加するだけで電子温度が数eVの高密度プラズマを容易に引き出すことができる。この低エネルギー電子をターゲットとなる半導体基板前面に供給し、電子雲を発生させる。このため半導体基板上の正に帯電した部分にのみ電子が供給され電荷中和を行うことができる。このため、イオン注入条件やデバイス条件によってチャージアップ量が異なる場合でも最適な電荷中和が行えるとされている。さらに、磁気多極型プラズマ発生器を配設することで、大面積でしかも均一な電子雲を生成することができる。とされている。

10

【0012】

【特許文献1】特公平8-21361

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

従来の図12に示す電荷中和器を有するイオン注入装置では、上述のように、300eVのエネルギーをもつ高速電子が基板13を負にチャージアップさせ、負電荷による絶縁破壊を起こし、また絶縁破壊に至らずとも、ゲート絶縁膜22を劣化させるといった問題点があった。さらに、電子源に近い側では電荷中和効果が働いてもその反対側（電子源から最も遠い側）まで効果が及ばないという現象が発生し易く、デバイスのチャージ破壊やビームの発散を引起してしまう。

20

【0014】

また、ビームをスキャンするタイプのイオン注入機では、供給する電子流とビームプラズマとのカップリング効率が悪く、従来の電荷中和装置で高電流のイオン注入を実現することは極めて困難であった。

【0015】

一方、図14に示すようなエネルギーが50eV以下の電子を供給する磁気多極型プラズマ発生器を配設するようにした電荷中和器を有するイオン注入装置では、上記課題はある程度解決され、さらに大面積でしかも均一な電子雲を生成することができる。

【0016】

しかし、デバイスの集積度の増加と共にチャージ破壊に対する許容電圧は減少し、同時にイオン注入の低エネルギー化と共にビームに対する空間電荷効果が増大するため、電荷中和装置には更なる性能の向上が求められている。上記の電荷中和装置では、特に耐圧1V以下を要求される最先端デバイスでは十分な効果が得られないという課題があった。

30

【0017】

本発明は前記実情に鑑みてなされたもので、5eV以下望ましくは2eVの水準の低エネルギーの電子を供給することで最先端デバイスに対してもイオン注入によるチャージアップと電子によるダメージをなくし、且つ、大面積の基板13に対応できる電荷中和器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

40

【0018】

本発明の第1の電荷中和装置は、マイクロ波発生手段と、前記マイクロ波発生手段で発生せしめられたマイクロ波によって電子プラズマを発生するプラズマ生成手段と、前記プラズマ生成手段で生成された電子プラズマを、イオンビームを含むビームプラズマ領域に対し、前記イオンビームを取り囲むプラズマチューブを介して、接触させる接触手段とを備え、前記プラズマチューブ内に配置されたバイアスワイヤを介して電源から、バイアスを制御するための電位が、供給され、イオンビームに供給される電子プラズマ量を制御するように構成され、前記プラズマチューブは、イオンビームをリング状に取り囲み、前記プラズマ生成手段は、前記プラズマチューブの外側を取り囲むように配置された導波管を備え、前記マイクロ波発生手段から前記導波管を介して前記プラズマチューブ内にマイ

50

クロ波を導入するとともに前記プラズマチューブ内にガスを供給することにより、前記プラズマチューブ内にプラズマを発生させ、前記導波管は、前記導波管中のマイクロ波の伝搬方向が、前記イオンビームの流れ方向に直交する面で、前記イオンビームを囲むように配設され、前記導波管は、前記導波管中のマイクロ波伝搬方向の下流側から上流側に向かって前記プラズマチューブへのガスの供給がなされるように構成されたことを特徴とする

【0019】

この構成により、マイクロ波によってプラズマを発生するようにしているため、効率的に、低圧でかつ高密度のプラズマを発生させ、そこから低エネルギーの電子をとりだすことができる。この装置は、通常用いられている直流放電プラズマあるいはRFプラズマなどに比べて大幅に低エネルギーのプラズマを得ることができることからきわめて有効な電荷中和手段である。そして、バイアスを制御するための電位は、プラズマチューブ内に配置されたバイアスワイヤを介して電源から供給され、イオンビームに供給される電子プラズマ量を制御するように構成されており、電子流れを増やすことができる。従って、1nm程度の薄いゲート絶縁膜をもつFETのような微細デバイスの製造に際しても、絶縁破壊が抑制され、高歩留まり化をはかることができる。

また、これにより、イオンビームを取り囲む全ての方向から電子を供給することができ、電荷中和の位置によるむらを大幅に低減することができる。

また、これにより、プラズマチューブ内に均一にプラズマを発生させ易いので望ましい

。また、この構成により、マイクロ波の減衰部により多くのガス供給がなされるためより高効率で均一なプラズマ生成が可能となる。

【0020】

また、本発明の第2の電荷中和装置は、マイクロ波発生手段と、前記マイクロ波発生手段で発生せしめられたマイクロ波によって電子プラズマを発生するプラズマ生成手段と、前記プラズマ生成手段で生成された電子プラズマを、イオンビームを含むビームプラズマ領域に対し、前記イオンビームを取り囲むプラズマチューブを介して、接触させる接触手段とを備え、前記プラズマチューブ内に配置されたバイアスワイヤを介して電源から、バイアスを制御するための電位が、供給され、イオンビームに供給される電子プラズマ量を制御するように構成され、マイクロ波励起を用いて低温プラズマを維持し、それによって2eV以下の低エネルギーの電子を供給するように構成されたことを特徴とする。

また本発明の第2の電荷中和装置は、前記接触手段がイオンビームをリング状に取り囲むプラズマチューブを有することを特徴とする。これにより、イオンビームを取り囲む全ての方向から電子を供給することができ、電荷中和の位置によるむらを大幅に低減することができる。

【0021】

また本発明の第2の電荷中和装置は、イオンビームの形状もしくはイオンビームのスキャンエリアにあわせて、前記イオンビームもしくは前記スキャンエリアの外周を取り囲む構成のプラズマチューブを有することを特徴とする。これにより、イオンビームの形状やスキャンエリアが複雑な形状をしていても、電荷中和の位置によるむらを大幅に低減することができる。

【0022】

さらに、本発明の第2の電荷中和装置は、前記プラズマチューブの外側を取り囲む形状の導波管を配置してマイクロ波を導入することにより、前記プラズマチューブ内にプラズマを発生させることを特徴とする。これにより、プラズマチューブ内に均一にプラズマを発生させ易いので望ましい。

さらに本発明の第2の電荷中和装置は、前記導波管が、前記導波管中のマイクロ波伝搬方向の下流側から上流側に向かって前記プラズマチューブへのガスの供給がなされるように構成されるものを含む。

この構成により、マイクロ波の減衰部により多くのガス供給がなされるためより高効率

10

20

30

40

50

で均一なプラズマ生成が可能となる。

【 0 0 2 3 】

本発明の電荷中和装置は、前記プラズマ生成手段が、同軸ケーブルであるものを含む。

【 0 0 2 5 】

また本発明の電荷中和装置は、前記プラズマチューブ内にガスを供給してプラズマを発生させることを特徴とする。これにより、高効率のプラズマ照射を実現できる。

さらに前記プラズマ発生用のガスの種類は、希ガスなどの不活性ガスであることを特徴とする。これにより、半導体などのターゲットに与える影響をほとんど無視できる水準にすることができる。

10

【 0 0 2 6 】

また本発明の電荷中和装置は、前記プラズマチューブと前記導波管との間にはそれぞれ位置をあわせた単数、もしくは複数のスリットを有することを特徴とする。これにより、スリットからマイクロ波を伝播させることによって低圧でかつ高密度のプラズマをチューブ内に発生させることが出来るので望ましい。

【 0 0 2 7 】

さらに本発明の電荷中和装置は、前記プラズマチューブのビームに近接する側に複数のスリットもしくは開口部を有することを特徴とする。これにより、ビームなどに均一に電子を供給し易くなり、電荷中和の均一性を得やすいので望ましい。

【 0 0 2 9 】

さらに本発明の電荷中和装置は、マイクロ波励起を用いてプラズマを発生させて、前記イオンビームを含むビームプラズマ中に電子を供給するものを含む。

20

【 0 0 3 0 】

また本発明の電荷中和装置は、マイクロ波励起を用いてプラズマを発生させてイオンビーム中、イオンビームを含むビームプラズマ中、固体基体近傍の少なくとも1つに電子を供給することを特徴とする。ビームやビームプラズマだけでなく、半導体基板などの固体基体のチャージアップを中和することができる。

【 0 0 3 1 】

また本発明の電荷中和装置は、マイクロ波励起を用いて低温プラズマを維持し、それによって低エネルギーの電子を大量に供給することを特徴とする。これにより、低エネルギーで高いビーム電流のイオン注入を用いた微細デバイスのプロセスなどにも対応できる。

30

【 0 0 3 2 】

また本発明の電荷中和装置は、マイクロ波の定在波を導波管内に作ってプラズマを発生させることを特徴とする。定在波を作ることによって、効率的に安定したプラズマを発生させることができるので、効率的に安定した電荷中和機能を維持できるため望ましい。

【 0 0 3 3 】

本発明の電荷中和装置を搭載したイオン注入装置は、半導体ウェハの大型化に対応して電荷中和の均一性を維持しつつ、5eVあるいは2eV程度以下の低エネルギーの電子を供給できるので、非常に有効である。

40

同様に、本発明の電荷中和装置を搭載したビームライン装置にも有効であることは明らかである。

【 0 0 3 4 】

本発明の電荷中和装置、イオン注入装置、ビームライン装置を用いて歩留まり良く耐圧1V以下の半導体デバイスを製造できる。

【 0 0 3 5 】

なお、本発明のマイクロ波プラズマはオフECR (Off ECR) で生成させることがもうひとつの特徴である。この理由は、ECRモードではプラズマ中に発生させる電子のエネルギーが高くなり、低エネルギー電子によってデバイスの静電破壊を防ぐという目的にそぐわないためである。これに対し、オフECRモードではプラズマ密度は高く維持しつつ

50

電子エネルギーは低く留めることが可能となり、ウェハの電荷中和のために最適な特徴を持つことができる。

【0036】

E C Rモードでは、マイクロ波を導入する際に、電子がそのマイクロ波の周波数と同じ値のサイクロトロン周波数を持つような磁場を印加することによって電子のエネルギーを効率的に増加させることになるため、本発明では、プラズマを発生させる系がE C R条件を満たさないように設定するのが望ましい。具体的には、例えば2.45 GHzのマイクロ波を使った場合、それに等しいサイクロトロン周波数を電子に与える磁場強度は875 Gaussであるため、系の中に875 Gaussの磁場を存在させないようにするのが望ましい。

従って磁場を用いる場合には、マグネットの与える磁場強度はE C Rポイントを外すように設定する。現実には、カスプ磁場を使う際の磁場強度は、大抵500 Gauss以下の弱い磁場であるため、問題となることはない。

【発明の効果】

【0037】

以上説明してきたように、本発明によれば、低エネルギーでかつ高密度のプラズマを生成することができる。

さらには、本発明の電荷中和装置、イオン注入装置、ビームライン装置を用いて製造した耐圧1V以下の半導体デバイスは、高信頼性を得ることができる。

同様に、本発明の電荷中和装置、イオン注入装置、ビームライン装置を用いて製造した電子デバイスなどの被処理物は、電荷中和が有効にできており、信頼性が高いので長期の使用や、宇宙開発用ロケットなどの特に高い信頼性を要する用途に有効である。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明の実施の形態1の電荷中和装置のイオンビームに平行な方向の断面概要図である。

【図2】本発明の実施の形態1の電荷中和装置のイオンビームに垂直な方向の断面概要図である。

【図3】本発明の実施の形態2の電荷中和装置のイオンビームに平行な方向の断面概要図である。

【図4】本発明の実施の形態2の電荷中和装置のイオンビームに垂直な方向の断面概要図である。

【図5】本発明の実施の形態2の電荷中和装置のイオンビームに垂直な方向の断面概要図である。

【図6】本発明の実施の形態3の電荷中和装置のイオンビームに垂直な方向の断面概要図である。

【図7】本発明の実施の形態4の電荷中和装置のイオンビームに垂直な方向の断面概要図である。

【図8】本発明の実施の形態5の電荷中和装置のイオンビームに垂直な方向の断面概要図である。

【図9】本発明の実施の形態6の電荷中和装置の斜視図である。

【図10】従来のイオン注入装置の構成を示す概略図である。

【図11】半導体基板へのイオン注入を説明する図である。

【図12】従来の電荷中和器を示す説明図である。

【図13】従来のイオン注入装置の構成を示す概略図である。

【図14】従来の電荷中和器を示す説明図である。

【符号の説明】

【0039】

I B イオンビーム

P ビームプラズマ

100 導電チューブ

10

20

30

40

50

1 0 1	プラズマチューブ	
1 0 2	導波管	
1 0 3	ウェハ支持台	
1 0 4	マグネトロン	
1 0 6	スリット	
1 0 7	開口部	
1 0 8	第 2 の電源	
1 0 9	第 1 の電源	
1 1 0	バイアスワイヤ	
1 1 0 C	カスプマグネット	10
1 2 0	カスプマグネット	
1 3 0	カスプマグネット	
1 1 3	シリコンウェハ	
1	イオン注入装置	
2	イオン源部	
3	ビームライン部	
4	エンドステーション部	
5	イオン源	
6	引き出し電極系	
7	イオンビーム	20
8	質量分析器	
9	成形スリット	
10	分析スリット	
11	ファラデーケージ	
13	基板	
14	ディスク	
15	電子銃	
20	フィールド絶縁膜	
21	ゲート絶縁膜	
22	ゲート電極	30
23	2 次電子	
31	エレクトロンソース	
40	アークチャンバー	
41	陰極	
42	永久磁石	
43	ガスポンペ	
44	ガス導入口	
45	引き出し電極	
46	減速電極	
47	真空ポンプ	40

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

次に、本発明の実施の形態について説明する。

(実施の形態 1)

本実施の形態の電荷中和装置は、図 1 に断面概要図、図 2 に図 1 の A - A 断面概要図を示すように、図示しないプラズマ発生器から供給されるイオンビーム I B を含むビームプラズマ P を、ウェハ支持台 1 0 3 に載置された被処理基板であるシリコンウェハ 1 1 3 に照射するもので、シリコンウェハのチャージアップを防止するものである。

【0041】

この電荷中和装置は、イオンビーム I B の通過経路となる導電チューブ 1 0 0 の所定の

位置で、この導電チューブの管軸と垂直な面内で外周を取り囲むように配置されたプラズマチューブ101と、このプラズマチューブ101の外側を取り囲むように配置された導波管102を備え、このプラズマチューブ101内で電子プラズマを生成し、この電子プラズマによってイオンビームIBを取り巻くビームプラズマPの電子不足を同時進行的に補うことによりチャージアップを防止するように構成されている。

【0042】

この装置では、マイクロ波発生手段としてのマグネトロン104から導波管102を介してプラズマチューブ101内にマイクロ波を導入するとともにプラズマチューブ101内にガスを供給することにより、プラズマチューブ101内に電子プラズマを発生させ、イオンビームIBで構成される系内に電子不足が発生し、+にチャージアップされると、プラズマチューブ101の内壁に設けられた開口部107を介して、電子(プラズマ)を供給し、イオンビームIBの電荷が中和される。

10

【0043】

ここでマグネトロン104から導波管102を伝搬してきたマイクロ波は、導波管102とプラズマチューブ101との当接面に設けられたスリット106を介してプラズマチューブ内に導入され、プラズマチューブ101のプラズマ流に対して下流側に設けられたガス供給口105から供給されたガスをイオン化し、電子プラズマを生成する。

【0044】

そしてプラズマチューブ101内の電子は、内側の導電チューブ内に開口する開口部107を介してビームプラズマPに供給される。

20

【0045】

この導電チューブ100表面の電位 V_c は第1の電源109によって0~10Vに可変である。

この導波管102表面の電位 V_g は第2の電源108によって0~100Vに可変である。

そしてイオンビームP系内に電子不足が発生すると、瞬時にそれを補うべくプラズマチューブ101から電子が流入する。

この電子の流入量は V_c と V_g を調整することによって調整可能である。

このように、電子はビームプラズマ中でわずかでも少なくなると、瞬時に開口部107を介してビームプラズマ中に供給されるように構成されている。

30

【0046】

次に、この電荷中和装置を用い、ゲート酸化膜の形成されたシリコンウェハ表面に、ゲート電極をマスクとしてイオン注入を行うイオン注入方法について説明する。

まず、基板支持台103に被処理基板113として、ゲート酸化膜およびゲート電極を形成したシリコンウェハを載置する。

そして、イオンビームを含むビームプラズマPをこのシリコンウェハ上に照射する。このときビームプラズマはウェハチャージングが発生しない安定した定常状態では、正のイオンと、負の電子との間で電荷のほぼ中和状態が保たれる(Plasma neutralityと言う)。

【0047】

しかしながら、この例のようにシリコンウェハ上にFETのような絶縁性膜を備えたデバイスが形成され、表面にゲート酸化膜のような絶縁性膜を有する場合、イオンビームによって運ばれる電荷によってチャージングと呼ばれる現象を引き起こす。

このように、ウェハ上のチャージングが絶縁性膜の耐圧限界を超えるとデバイスが破壊されるため、それを防ぐためにウェハ上の正電荷を負の電子電荷によって中和されることが必要になる。

40

【0048】

その際、電子のエネルギーが高いと電子による負のチャージングによってやはりデバイスが静電破壊を起こしてしまうため、電子のエネルギーはデバイスの耐圧限界より低くなければならない。

50

【 0 0 4 9 】

例えば、膜厚 1 nm のゲート絶縁膜の場合耐圧限界は約 1 V 以下である。

シリコンウェハにビームによる正のチャージングが起こると、先ず近傍のビームプラズマ中に存在する低エネルギーのプラズマ電子がウェハ上の正電荷部位に流れ込み、チャージを中和する。

【 0 0 5 0 】

これによってビームプラズマの電荷中和状態が崩され、正に偏る。

そしてこの状態がさらに進むとビームプラズマが壊れてビーム中の電位が極めて高くなり、ウェハ上のチャージング破壊が進行して、ビームも自身の正電荷によって発散してしまい、イオン注入は不可能になる。

10

【 0 0 5 1 】

そこでこの状態を避けるため、正のチャージングが生じるとプラズマチューブから低エネルギーの電子が同時進行的にビームプラズマ系内に供給されることによって、ウェハのチャージングを防止すると共に、ビームプラズマの中和状態を常に保ち、安定で、デバイス収率の高いイオン注入プロセスを維持することになる。

【 0 0 5 2 】

その際、ウェハへの電子流の総和をデバイスやプロセスの条件によって制御することができるため、いくつかのコントロールパラメータを使うことができる。

【 0 0 5 3 】

その一つは導電チューブ上に印加する負電圧で、電圧をより負にすることによってウェハへの電子流を増やす。

20

【 0 0 5 4 】

一つはプラズマチューブ自体、もしくはプラズマチューブ内に浮かした導体に印加する負電圧で、電圧をより負にすることによってウェハへの電子流を増やす。

【 0 0 5 5 】

また、一つは導波管中を伝播させるマイクロ波の強度で、強度を上げることによってプラズマチューブ内のプラズマ密度を上げ、電子の絶対量を増やす。

【 0 0 5 6 】

このように、本発明によれば、ビームプラズマ中で電子が被処理基板（ウェハ）113 上に引き寄せられて、電子が不足した状態になると、プラズマチューブから低エネルギーの電子が同時進行的にビームプラズマ系内に供給されることによって、ウェハのチャージングを防止すると共に、常にビームプラズマの中和状態を保ち、安定で、デバイス収率の高いイオン注入プロセスを維持することができる。

30

【 0 0 5 7 】

（実施の形態 2）

前記実施の形態 1 では、導電チューブの管軸と垂直な面内で外周を取り囲むように配置されたプラズマチューブ 101 と、このプラズマチューブ 101 の外側を取り囲むように配置された導波管 102 を備え、このプラズマチューブ 101 内で電子プラズマを生成するものについて説明したが、本実施の形態の電荷中和装置は、図 3 に断面概要図、図 4 および図 5 に図 3 の A - A 断面概要図および B - B 断面図を示す。本実施の形態では、基本的には導電チューブ 100 を囲むようにプラズマチューブ 101 と導波管 102 とが並置された点で前記実施の形態 1 と異なる。この例では進行波によるプラズマ励起を行っている。

40

【 0 0 5 8 】

またこの場合バイアスを調整するための電位はプラズマチューブ 101 内に配設されたバイアスワイヤ 110 を介して第 2 の電源 108 から供給される。

他については基本的には実施の形態 1 と同様に形成されている。

【 0 0 5 9 】

この場合についても図 8 に示したようなシリコンウェハにソースドレイン形成のためのイオン注入を行った場合にもチャージアップが抑制され、効率よくイオン注入がなされる

50

ことから、1 nm程度の薄いゲート絶縁膜をもつFETの場合にも絶縁破壊が抑制され2 eV以下の耐圧のFETに対しても絶縁破壊なしに高歩留まりでFETを得る事が可能となる。

【0060】

この電荷中和装置は、イオンビームIBの通過経路となる導電チューブ100の所定の位置で、この導電チューブの管軸と垂直な面内で外周を取り囲むように配置されたプラズマチューブ101と、このプラズマチューブ101の外側を取り囲むように配置された導波管102を備え、このプラズマチューブ101内で電子プラズマを生成し、この電子プラズマによってイオンビームIBを取り巻くビームプラズマPの電子不足を同時進行的に補うことによりチャージアップを防止するように構成されている。

10

【0061】

この装置では、マイクロ波発生手段としてのマグネトロン104から導波管102を介してプラズマチューブ101内にマイクロ波を導入するとともにプラズマチューブ101内にガスを供給することにより、プラズマチューブ101内に電子プラズマを発生させ、イオンビームIBで構成される系内に電子不足が発生し、+にチャージアップされると、プラズマチューブ101の内壁に設けられた開口部107を介して、電子(プラズマ)を供給し、イオンビームIBの電荷が中和される。

【0062】

ここでマグネトロン104から導波管102を伝搬してきたマイクロ波は、導波管102とプラズマチューブ101との当接面に設けられたスリット106を介してプラズマチューブ内に導入され、プラズマチューブ101のプラズマ流に対して下流側に設けられたガス供給口105から供給されたガスをイオン化し、電子プラズマを生成する。

20

【0063】

(実施の形態3)

前記実施の形態2では、進行波によるプラズマ励起を行う例について説明したが、定在波を用いる場合も有効である。

この場合、図6にビームに垂直方向の断面図を示すように導波管102が定在波を形成し得るように閉管構造をとる点が異なるのみで他は前記実施の形態2と同様である。

ビームに平行な方向の断面図は図3に示したものと同様である。

本実施の形態では、基本的には導電チューブ100を囲むようにプラズマチューブ101と導波管102とが並置され、定在波によるプラズマ励起を行っている。

30

【0064】

(実施の形態4)

本実施の形態では、図7に示すように、カスプ磁場を生成するカスプマグネット110Cをプラズマチューブ102の側面に配設したことを特徴とするものである。カスプマグネット110Cはプラズマチューブ102の側面の両側でも良いし片側でもよい。

この場合も、図7にビームに垂直方向の断面図を示すようにカスプマグネットを配設した点が異なるのみで他は前記実施の形態2と同様である。

ビームに平行な方向の断面図は図3に示したものと同様である。

【0065】

具体的には、プラズマチューブを構成する導波管102の側面に交互に所定の間隔で磁場方向を逆にした磁石を配設し、プラズマチューブ101内にカスプ磁場を生じさせる。そして、このカスプ磁場に起因した磁気勾配及びこれによってもたらされる磁気力によって、低エネルギーの電子をプラズマチューブ内に高密度に閉じ込めるようにしたものである。

40

【0066】

なおここで用いるカスプ磁場は磁場強度自体が500 Gauss以下の弱い磁場であるため、ECRポイントはおのずから外れることになるため、問題はないが、本発明ではプラズマ密度を高くしつつ電子エネルギー密度をために、ECR条件をはずすように磁場強度を設定する必要がある。

50

本実施の形態では、基本的には導電チューブ100を囲むようにプラズマチューブ101と導波管102とが並置され、定在波によるプラズマ励起を行っている。

【0067】

(実施の形態5)

前記実施の形態4では、カスプマグネット120をプラズマチューブ102の側面に配設したが、本実施の形態では、カスプマグネット120をプラズマチューブ102の外周面上に配設したことを特徴とする。

すなわち本実施の形態では、図8に示すように、カスプ磁場を生成するカスプマグネット120をプラズマチューブ102の外周面上に配設したことを特徴とするものである。

この場合も、図8にビームに垂直方向の断面図を示すようにカスプマグネットを配設した点が異なるのみで他は前記実施の形態2と同様である。

ビームに平行な方向の断面図は図3に示したものと同様である。

【0068】

具体的には、プラズマチューブを構成する導波管102の外周面に交互に所定の間隔で磁場方向を逆にした磁石を配設し、プラズマチューブ101内にカスプ磁場を生じさせる。そして、このカスプ磁場に起因した磁気勾配及びこれによってもたらされる磁気力によって、低エネルギーの電子をプラズマチューブ内に高密度に閉じ込めるようにしたものである。

【0069】

(実施の形態6)

前記実施の形態4, 5では、カスプマグネット110C、または120をプラズマチューブ102の側面または外周面に配設したが、本実施の形態では、カスプマグネット130を内側と外側とで、プラズマチューブ102をはさむように配設したことを特徴とする。

すなわち本実施の形態では、図9に示すように、カスプ磁場を生成するカスプマグネット130をプラズマチューブ102の内周面と外周面上とに配設したことを特徴とするものである。

この場合も、図9に斜視図を示すようにカスプマグネットを配設した位置が異なるのみで他は前記実施の形態2と同様である。

ビームに平行な方向の断面図は図3に示したものと同様である。

【0070】

具体的には、プラズマチューブを構成する導波管102の内周および外周面に交互に所定の間隔で磁場方向を逆にした磁石を配設し、プラズマチューブ101内にカスプ磁場を生じさせる。そして、このカスプ磁場に起因した磁気勾配及びこれによってもたらされる磁気力によって、低エネルギーの電子をプラズマチューブ内に高密度に閉じ込めるようにしたものである。

【0071】

前記実施の形態1乃至6では導波管を用いたプラズマ発生装置について説明したが、導波管に限定されることなく同軸ケーブルを用いてプラズマ励起を行うようなものについても適用可能である。

【産業上の利用可能性】

【0072】

本発明は、低エネルギーの電子を効率良く均一に供給してイオン注入によるチャージアップと電子によるダメージ、低エネルギーイオンビームの空間電荷を効果的に中和することができ、大面積の基板に対応可能な電荷中和器を提供できるので有効である。

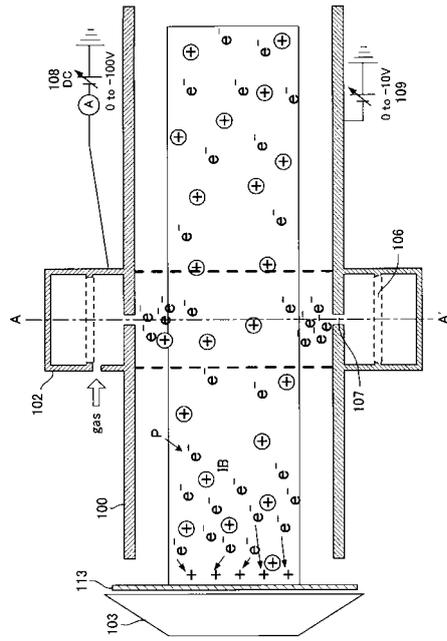
10

20

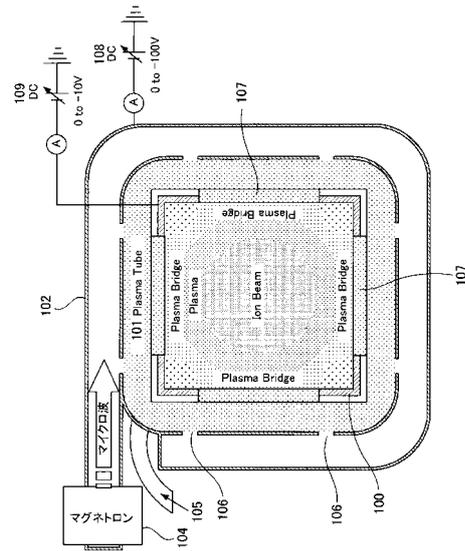
30

40

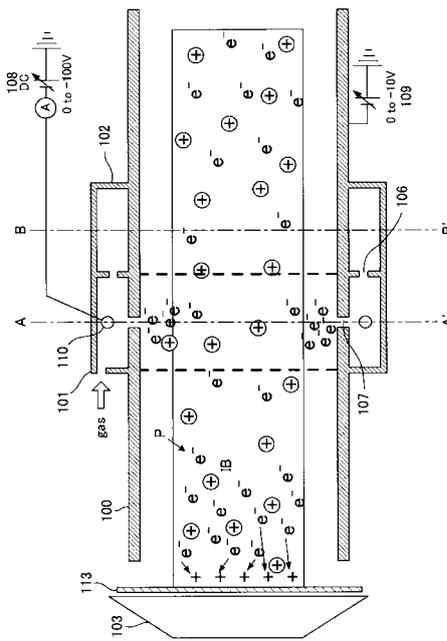
【図1】



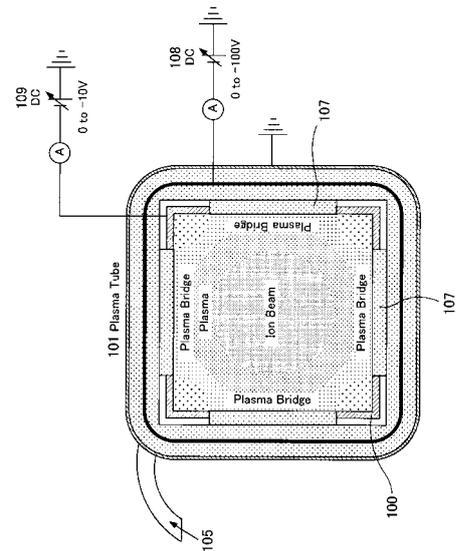
【図2】



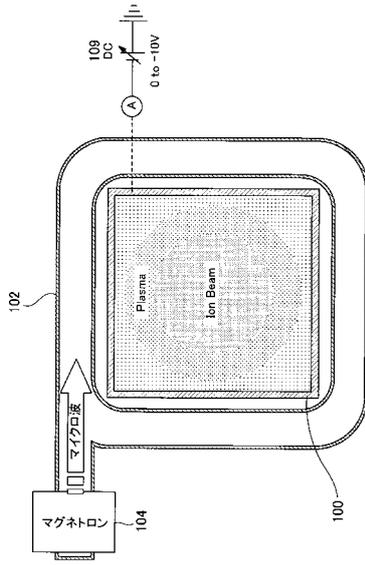
【図3】



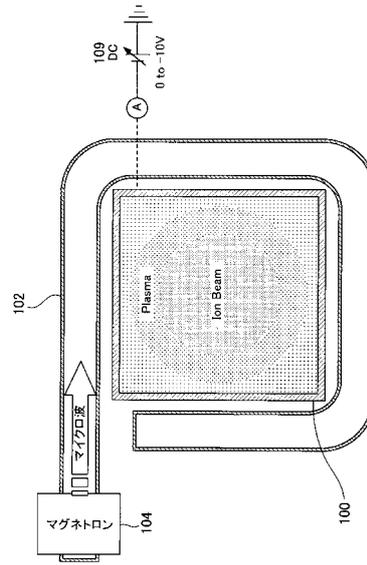
【図4】



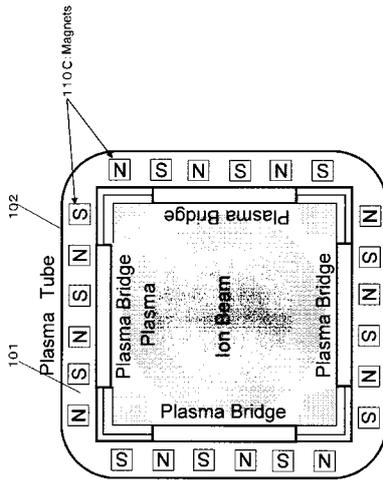
【 図 5 】



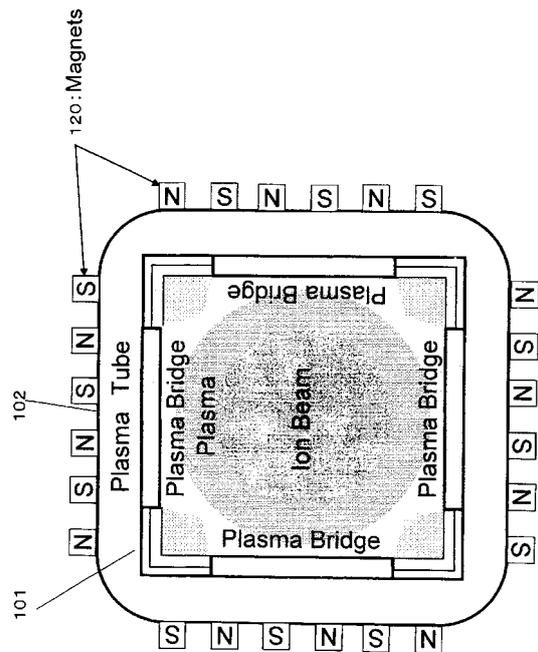
【 図 6 】



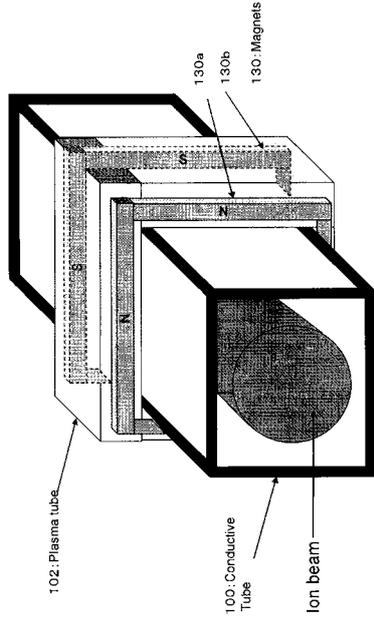
【 図 7 】



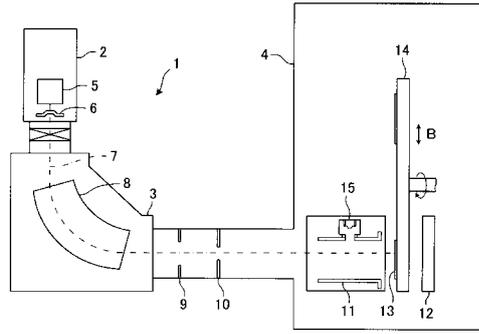
【 図 8 】



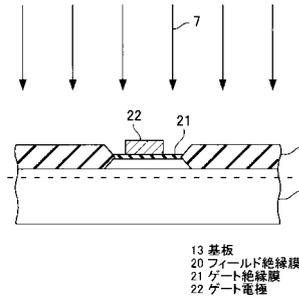
【図9】



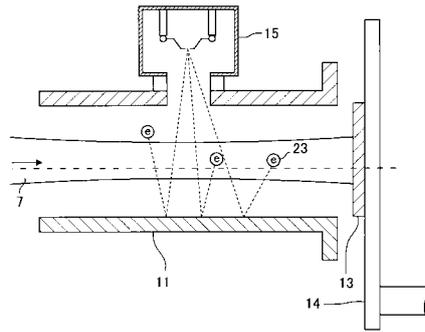
【図10】



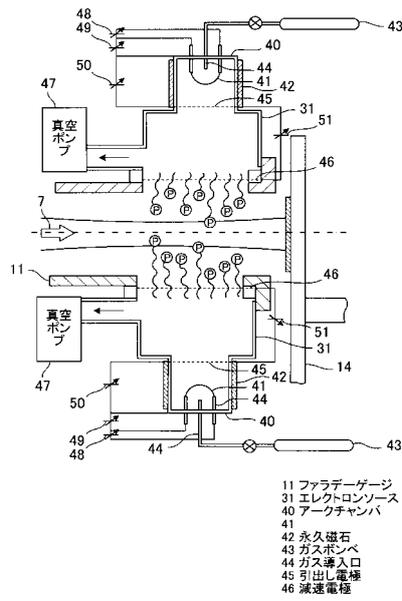
【図11】



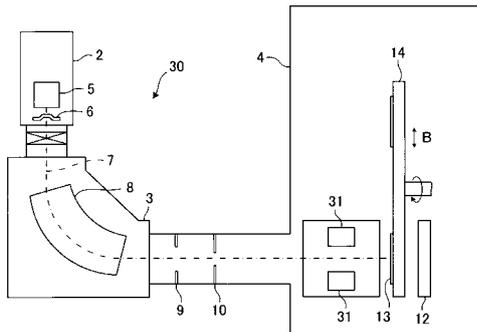
【図12】



【図14】



【図13】



- 2 イオン源部
- 3 ビームライン部
- 4 エンドステーション部
- 5 イオン源
- 6 引き出し電極系
- 7 イオンビーム
- 8 質量分析器
- 9 成形スリット
- 10 分析スリット
- 13 基板
- 14 ディスク
- 30 イオン注入装置
- 31 エレクトロンソース

フロントページの続き

- (72)発明者 佐々木 雄一朗
大阪府守口市八雲中町3丁目1番1号 株式会社ユー・ジェー・ティー・ラボ内
- (72)発明者 水野 文二
大阪府守口市八雲中町3丁目1番1号 株式会社ユー・ジェー・ティー・ラボ内

審査官 堀部 修平

- (56)参考文献 特開平06-088225(JP,A)
特開昭61-283116(JP,A)
特開2004-131759(JP,A)
特開平06-283131(JP,A)
特開平06-283121(JP,A)
特開平05-290790(JP,A)
特開2002-352761(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 37/317
H01J 37/20
H01L 21/265
H05H 1/24