

(11) 特許出願公開番号

特開2010-80429

(P2010-80429A)

(43) 公開日 平成22年4月8日(2010.4.8)

(51) Int.Cl.
H01J 27/14

F I
H O 1 J 27/14

テーマコード (参考)
5C030

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2009-122675 (P2009-122675)	(71) 出願人	302054866
(22) 出願日	平成21年5月21日 (2009. 5. 21)		日新イオン機器株式会社
(11) 特許番号	特許第4428467号 (P4428467)		京都府京都市南区久世殿城町575番地
(45) 特許公報発行日	平成22年3月10日 (2010. 3. 10)	(74) 代理人	100088661
(31) 優先権主張番号	特願2008-218090 (P2008-218090)		弁理士 山本 恵二
(32) 優先日	平成20年8月27日 (2008. 8. 27)	(72) 発明者	山下 貴敏
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		京都府京都市南区久世殿城町575番地
			日新イオン機器株式会社内
		(72) 発明者	池尻 忠司
			京都府京都市南区久世殿城町575番地
			日新イオン機器株式会社内
		(72) 発明者	井合 哲也
			京都府京都市南区久世殿城町575番地
			日新イオン機器株式会社内
		Fターム(参考)	5C030 DD03 DD05 DE01 DE02 DE10

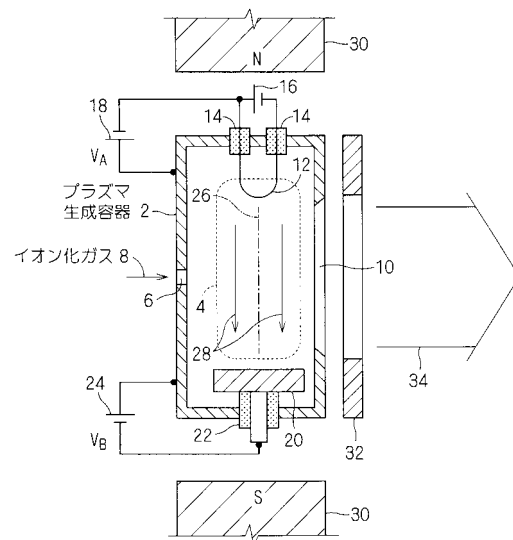
(54) 【発明の名称】 イオン源

(57) 【要約】

【課題】 アルミニウムイオンを含むイオンビームを発生させるイオン源において、部品点数の削減および構造の簡素化を可能にする。

【解決手段】 このイオン源は、フッ素を含むイオン化ガス 8 が導入されるプラズマ生成容器 2 と、この容器 2 内の一方側に設けられた熱陰極 1 2 と、プラズマ生成容器 2 内の他方側に設けられていて、バイアス電源 2 4 から当該容器 2 に対して負電圧 V_B が印加されて電子を反射する対向反射電極 2 0 と、プラズマ生成容器 2 内に、熱陰極 1 2 と対向反射電極 2 0 とを結ぶ線に沿う磁界 2 8 を発生させる磁石 3 0 とを備えている。対向反射電極 2 0 はアルミニウム含有物質から成る。

【選択図】 図1



1 2 : 熱陰極
2 0 : 対向反射電極
3 0 : 磁石

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アルミニウムイオンを含むイオンビームを発生させるイオン源であって、
陽極を兼ねていて内部でプラズマを生成するための容器であって、フッ素を含むイオン化ガスが導入されるプラズマ生成容器と、

前記プラズマ生成容器内の一方側に、前記プラズマ生成容器から電氣的に絶縁して設けられた熱陰極と、

前記プラズマ生成容器内の他方側に、前記プラズマ生成容器から電氣的に絶縁して、かつ前記熱陰極に対向させて設けられていて、前記プラズマ生成容器の電位を基準にして負電圧が印加される電極であって、前記プラズマ生成容器内の電子を反射させる機能を有しており、かつアルミニウム含有物質から成る対向反射電極と、

前記プラズマ生成容器内に、前記熱陰極と前記対向反射電極とを結ぶ線に沿う磁界を発生させる磁石とを備えていることを特徴とするイオン源。

【請求項 2】

アルミニウムイオンを含むイオンビームを発生させるイオン源であって、
陽極を兼ねていて内部でプラズマを生成するための容器であって、フッ素を含むイオン化ガスが導入されるプラズマ生成容器と、

前記プラズマ生成容器内の一方側に、前記プラズマ生成容器から電氣的に絶縁して設けられた熱陰極と、

前記プラズマ生成容器内の他方側に、前記プラズマ生成容器から電氣的に絶縁して、かつ前記熱陰極に対向させて設けられた浮遊電位の電極であって、前記プラズマ生成容器内の電子を反射させる機能を有しており、かつアルミニウム含有物質から成る対向反射電極と、

前記プラズマ生成容器内に、前記熱陰極と前記対向反射電極とを結ぶ線に沿う磁界を発生させる磁石とを備えていることを特徴とするイオン源。

【請求項 3】

前記プラズマ生成容器内であって前記熱陰極の電子放出部の背後に、前記対向反射電極に対向させて、かつ前記プラズマ生成容器から電氣的に絶縁して設けられていて、前記プラズマ生成容器の電位を基準にして負電圧が印加される電極であって、前記プラズマ生成容器内の電子を反射させる機能を有しており、かつアルミニウム含有物質から成る背後反射電極を更に備えている請求項 1 または 2 記載のイオン源。

【請求項 4】

前記プラズマ生成容器内であって前記熱陰極の電子放出部の背後に、前記対向反射電極に対向させて、かつ前記プラズマ生成容器から電氣的に絶縁して設けられた浮遊電位の電極であって、前記プラズマ生成容器内の電子を反射させる機能を有しており、かつアルミニウム含有物質から成る背後反射電極を更に備えている請求項 1 または 2 記載のイオン源。

【請求項 5】

前記熱陰極は、加熱されることによって熱電子を放出する陰極部材および当該陰極部材を加熱するフィラメントを有している傍熱型の熱陰極であって、当該陰極部材は、前記プラズマ生成容器の開口部内に配置されており、

前記プラズマ生成容器の前記開口部を含んでいる壁面を、電気絶縁性のアルミニウム含有物質で構成している請求項 1 または 2 記載のイオン源。

【請求項 6】

前記熱陰極は、加熱されることによって熱電子を放出する陰極部材および当該陰極部材を加熱するフィラメントを有している傍熱型の熱陰極であって、当該陰極部材は、前記プラズマ生成容器の開口部内に配置されており、

前記プラズマ生成容器の前記開口部を含んでいる壁面を、アルミニウム含有物質で構成し、かつ絶縁物を介在させて前記プラズマ生成容器の他の壁面から電氣的に絶縁して浮遊電位にしている請求項 1 または 2 記載のイオン源。

【請求項 7】

前記熱陰極は、加熱されることによって熱電子を放出する陰極部材および当該陰極部材を加熱するフィラメントを有している傍熱型の熱陰極であって、当該陰極部材は、前記プラズマ生成容器の開口部内に配置されており、

前記プラズマ生成容器の前記開口部を含んでいる壁面を、アルミニウム含有物質で構成し、かつ絶縁物を介在させて前記プラズマ生成容器の他の壁面から電氣的に絶縁しており、

かつ前記アルミニウム含有物質で構成された壁面には前記プラズマ生成容器の電位を基準にして負電圧が印加される請求項 1 または 2 記載のイオン源。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、例えば、アルミニウムイオンを炭化ケイ素（SiC）基板等のターゲットに注入するイオン注入装置等に用いられるものであって、アルミニウムイオンを含むイオンビームを発生させるイオン源に関する。

【背景技術】

【0002】

この種のイオン源の一例が特許文献 1 に記載されている。

【0003】

この特許文献 1 に記載の従来のイオン源は、イオン化室内に、プラズマの生成・閉じ込め用の部品である電極（陰極）および反跳プレートとは別に、アルミニウム含有物質（例えば酸化アルミニウム）のプレートを設けておき、フッ化物ガス（例えば四フッ化ケイ素）を電離させて生成したプラズマによって当該アルミニウム含有物質のプレートを浸食させて、アルミニウムイオンをプラズマ中に放出させるものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 3 3 2 5 3 9 3 号公報（段落 0 0 0 6－0 0 1 1、0 0 1 6－0 0 2 1、図 1、図 2）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記従来のイオン源においては、プラズマの生成・閉じ込め用の部品とは別に、アルミニウムイオン生成専用のアルミニウム含有物質のプレートを特別に設ける必要があるため、そのぶん部品点数が増えると共に構造が複雑になるという課題がある。

【0006】

そこでこの発明は、アルミニウムイオンを含むイオンビームを発生させるイオン源において、部品点数の削減および構造の簡素化を可能にすることを主たる目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明に係るイオン源の一つは、アルミニウムイオンを含むイオンビームを発生させるイオン源であって、陽極を兼ねていて内部でプラズマを生成するための容器であって、フッ素を含むイオン化ガスが導入されるプラズマ生成容器と、前記プラズマ生成容器内の一方側に、前記プラズマ生成容器から電氣的に絶縁して設けられた熱陰極と、前記プラズマ生成容器内の他方側に、前記プラズマ生成容器から電氣的に絶縁して、かつ前記熱陰極に対向させて設けられていて、前記プラズマ生成容器の電位を基準にして負電圧が印加される電極であって、前記プラズマ生成容器内の電子を反射させる機能を有しており、かつアルミニウム含有物質から成る対向反射電極と、前記プラズマ生成容器内に、前記熱陰極と前記対向反射電極とを結ぶ線に沿う磁界を発生させる磁石とを備えていることを特徴としている。

10

20

30

40

50

【0008】

このイオン源においては、アルミニウム含有物質から成る対向反射電極は、フッ素を含むイオン化ガスを電離させて生成されたプラズマに曝される。そしてこのプラズマ中のフッ素イオン、フッ素ラジカル等による浸食や、当該プラズマ中のフッ素イオン等のイオンによるスパッタリング等によって、対向反射電極から、アルミニウムイオン等のアルミニウム粒子がプラズマ中に放出され、プラズマ中にアルミニウムイオンが含まれるようになる。その結果、アルミニウムイオンを含むイオンビームを発生させることができる。

【0009】

対向反射電極に負電圧を印加する代わりに、対向反射電極を浮遊電位にしても良い。浮遊電位にしても、対向反射電極にはプラズマ中のイオンよりも軽くて移動度の高い電子がイオンよりも遥かに多く入射するので、対向反射電極は負に帯電し、対向反射電極に負電圧を印加した場合と同様の作用を奏することができる。

10

【0010】

前記プラズマ生成容器内であって前記熱陰極の電子放出部の背後に、前記対向反射電極に対向させて、かつ前記プラズマ生成容器から電氣的に絶縁して設けられていて、前記プラズマ生成容器の電位を基準にして負電圧が印加される電極であって、前記プラズマ生成容器内の電子を反射させる機能を有しており、かつアルミニウム含有物質から成る背後反射電極を更に備えていても良い。また、この背後反射電極に負電圧を印加する代わりに、当該背後反射電極を浮遊電位にしても良い。

【0011】

20

上記背後反射電極も、イオン源の運転中は、フッ素を含むイオン化ガスを電離させて生成されたプラズマに曝されるので、対向反射電極について上述したのと同様の作用によって、即ちプラズマ中のフッ素イオン等による浸食やスパッタリング等によって、背後反射電極からもアルミニウム粒子がプラズマ中に放出されるようになる。つまり、プラズマ中のフッ素イオン等による浸食やスパッタリングを受けるアルミニウム含有物質の面積を増やすことができる。従って、プラズマ中に放出されるアルミニウム粒子の量を増大させて、イオンビーム中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることができる。

【0012】

前記熱陰極は、加熱されることによって熱電子を放出する陰極部材および当該陰極部材を加熱するフィラメントを有している傍熱型の熱陰極であって、当該陰極部材は、前記プラズマ生成容器の開口部内に配置されており、前記プラズマ生成容器の前記開口部を含んでいる壁面を、電気絶縁性のアルミニウム含有物質で構成している、という構成を採用しても良い。

30

【0013】

前記プラズマ生成容器の前記開口部を含んでいる壁面を、アルミニウム含有物質で構成しても良い。また、前記アルミニウム含有物質で構成された壁面を浮遊電位にしても良いし、当該壁面に前記プラズマ生成容器の電位を基準にして負電圧が印加されるようにしても良い。

【0014】

上記アルミニウム含有物質で構成された壁面も、イオン源の運転中は、フッ素を含むイオン化ガスを電離させて生成されたプラズマに曝されるので、対向反射電極等について上述したのと同様の作用によって、即ちプラズマ中のフッ素イオン等による浸食やスパッタリング等によって、上記アルミニウム含有物質で構成された壁面からもアルミニウム粒子がプラズマ中に放出されるようになる。つまり、プラズマ中のフッ素イオン等による浸食やスパッタリングを受けるアルミニウム含有物質の面積を増やすことができる。従って、プラズマ中に放出されるアルミニウム粒子の量を増大させて、イオンビーム中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることができる。

40

【発明の効果】

【0015】

請求項1、2に記載の発明によれば、プラズマ生成容器内の電子を反射させる機能を有

50

する対向反射電極からアルミニウムイオン等のアルミニウム粒子をプラズマ中に放出させて、プラズマ中にアルミニウムイオンを含ませることができるので、従来例のイオン源のようにアルミニウムイオン生成専用のプレートを特別に設けなくて済む。従って、部品点数の削減および構造の簡素化が可能である。

【0016】

しかも、熱陰極と対向反射電極とを結ぶ線に沿う磁界を発生させる磁石を備えているので、プラズマ生成容器内の電子は熱陰極と対向反射電極との間を往復運動するようになり、熱陰極と対向反射電極との間において密度の高いプラズマを生成することができる。対向反射電極は、そのような密度の高いプラズマの端部に位置しており、しかもプラズマは上記磁界に沿う方向には移動しやすくその移動しやすい方向の端部に對向反射電極が位置しているため、対向反射電極は密度の高いプラズマに効率良く曝される。従って、対向反射電極からアルミニウムイオン等のアルミニウム粒子を効率良くプラズマ中に放出させることができる。その結果、イオンビーム中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることが容易になる。

10

【0017】

請求項3、4に記載の発明によれば次の更なる効果を奏する。即ち、プラズマ中のフッ素イオン等による浸食やスパッタリング等によって、対向反射電極からだけでなく、背後反射電極からもアルミニウム粒子がプラズマ中に放出されるようになるので、プラズマ中に放出されるアルミニウム粒子の量を増大させて、イオンビーム中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることができる。

20

【0018】

また、背後反射電極は、熱陰極が近傍にあってそれからの放射熱によって高温になる結果、スパッタ率の向上およびアルミニウム含有物質の蒸気圧の上昇が期待でき、それによってプラズマ中に放出されるアルミニウム粒子の量が増大するので、この観点からもイオンビーム中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることができる。

【0019】

しかもこの発明の場合も、プラズマ生成容器内の電子を反射させる機能を有する背後反射電極をアルミニウム粒子放出用に兼用しているため、従来のイオン源のようにアルミニウムイオン生成専用のプレートを特別に設けなくて済み、それを特別に設ける場合に比べて部品点数の削減および構造の簡素化が可能である。

30

【0020】

請求項5、6、7に記載の発明によれば次の更なる効果を奏する。即ち、プラズマ中のフッ素イオン等による浸食やスパッタリング等によって、対向反射電極からだけでなく、プラズマ生成容器のアルミニウム含有物質で構成された壁面からもアルミニウム粒子がプラズマ中に放出されるようになるので、プラズマ中に放出されるアルミニウム粒子の量を増大させて、イオンビーム中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることができる。

【0021】

また、上記アルミニウム含有物質で構成された壁面は、熱陰極が近傍にあってそれからの放射熱によって高温になる結果、スパッタ率の向上およびアルミニウム含有物質の蒸気圧の上昇が期待でき、それによってプラズマ中に放出されるアルミニウム粒子の量が増大するので、この観点からもイオンビーム中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることができる。

40

【0022】

しかもこの発明の場合も、プラズマ生成容器を構成する壁面の内の一部の壁面を、即ち上記開口部を含んでいる壁面を、アルミニウム粒子放出用に兼用しているため、従来のイオン源のようにアルミニウムイオン生成専用のプレートを特別に設けなくて済み、それを特別に設ける場合に比べて部品点数の削減および構造の簡素化が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0023】

50

【図 1】この発明に係るイオン源の一実施形態を示す概略断面図である。

【図 2】この発明に係るイオン源の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 3】熱陰極が傍熱型である場合の一実施形態を示す概略断面図である。

【図 4】この発明に係るイオン源の更に他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 5】熱陰極が傍熱型である場合の他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 6】熱陰極が傍熱型である場合の更に他の実施形態を示す概略断面図である。

【図 7】熱陰極が傍熱型である場合の更に他の実施形態を示す概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

図 1 は、この発明に係るイオン源の一実施形態を示す概略断面図である。このイオン源は、アルミニウムイオンを含むイオンビーム 3 4 を発生させる（引き出す）イオン源であり、アーク放電の陽極を兼ねていて内部でプラズマ 4 を生成するためのプラズマ生成容器 2 を備えている。このプラズマ生成容器 2 は、例えば直方体状をしているが、この形状に限られるものではない。

【0025】

プラズマ生成容器 2 内には、ガス導入口 6 を通して、フッ素を含むイオン化ガス 8 が導入される。ガス導入口 6 の位置は、図示例の位置に限定されるものではない。フッ素を含むイオン化ガス 8 を用いるのは、フッ素は化学作用が非常に強く他の物質との反応性が強いので、フッ素を含むイオン化ガス 8 を電離させたプラズマ 4 によって、後述する対向反射電極 20 から、アルミニウムイオン等のアルミニウム粒子を放出させる作用が強いからである。

【0026】

フッ素を含むイオン化ガス 8 は、例えば、フッ化ホウ素 (BF_3)、四フッ化ケイ素 (SiF_4)、フッ化ゲルマニウム (GeF_4) 等のフッ化物ガスまたはフッ素 (F_2) を含むガスである。このフッ素を含むイオン化ガス 8 は、例えば、フッ化物ガスそのものまたはフッ素そのものでも良いし、それらを適当な希釈ガス（例えばヘリウムガス）で希釈したガスでも良い。

【0027】

プラズマ生成容器 2 内の一方側には、プラズマ生成容器 2 から電氣的に絶縁して、プラズマ生成容器 2 内に熱電子を放出する熱陰極 1 2 が設けられている。

【0028】

熱陰極 1 2 は、この実施形態のように直熱型のものでも良いし、後述する実施形態（図 3 等参照）のように傍熱型のものでも良い。

【0029】

熱陰極 1 2 は、この実施形態では、U 字状のフィラメントであり、絶縁物 1 4 によってプラズマ生成容器 2 から電氣的に絶縁されている。なお、このフィラメントの向きは、加熱電源 1 6 との接続を明らかにするために便宜的に示したものであり、実際は、U 字状に曲げたフィラメントを含む面が、後述するイオン引出し口 1 0 にほぼ平行になるように配置されている。図 2 に示す実施形態においても同様である。但し、フィラメントの形状は U 字状以外でも良い。

【0030】

熱陰極 1 2 の両端には、当該熱陰極 1 2 を加熱する直流の加熱電源 1 6 が接続されている。熱陰極 1 2 の一端とプラズマ生成容器 2 との間には、両者 1 2、2 間にアーク電圧 V_A を印加して両者 1 2、2 間でアーク放電を生じさせて、プラズマ生成容器 2 内に導入されたイオン化ガス 8 を電離させてプラズマ 4 を生成するための直流のアーク電源 1 8 が、プラズマ生成容器 2 を正極側にして接続されている。

【0031】

プラズマ生成容器 2 内の他方側（熱陰極 1 2 とは反対側）に、熱陰極 1 2 に対向させて、プラズマ生成容器 2 内の電子（主として、熱陰極 1 2 から放出された熱電子。以下同様）を反射させる（換言すれば、跳ね返す、または追い返す。以下同様）機能を有する対向

反射電極 20 が設けられている。この対向反射電極 20 は、絶縁物 22 によって、プラズマ生成容器 2 から電氣的に絶縁されている。

【0032】

対向反射電極 20 には、この実施形態では、直流のバイアス電源 24 から、プラズマ生成容器 2 の電位を基準にして負のバイアス電圧 V_B が印加される。バイアス電圧 V_B の大きさは、対向反射電極 20 によって電子を反射させる作用、対向反射電極 20 からアルミニウムイオン等のアルミニウム粒子を放出させる作用、プラズマ 4 中のイオンによって対向反射電極 20 の表面をスパッタする作用等の兼ね合いで決めれば良い。このような観点から、バイアス電圧 V_B の大きさは、例えば、40 V ~ 150 V 程度が好ましい。その内でも、イオン化ガス 8 がフッ化ホウ素 (BF_3) を含むガスである場合は、60 V ~ 120 V 程度がより好ましい。

10

【0033】

公知のイオン源における対向反射電極は、チタン (Ti)、タンタル (Ta)、モリブデン (Mo) 等の高融点金属またはそれらの合金から成るが、上記対向反射電極 20 は、アルミニウム含有物質から成る。アルミニウム含有物質は、例えば、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、窒化アルミニウム (AlN) 等のアルミニウム化合物である。温度制御を行えば、アルミニウム (Al) を用いることもできる。

【0034】

プラズマ生成容器 2 の外部には、プラズマ生成容器 2 内に、熱陰極 12 と対向反射電極 20 とを結ぶ線 26 に沿う磁界 28 を発生させる磁石 30 が設けられている。磁石 30 は、例えば電磁石であるが、永久磁石でも良い。磁界 28 の向きは図示例とは逆向きでも良い。

20

【0035】

上記のような対向反射電極 20 および磁界 28 の存在によって、プラズマ生成容器 2 内の電子は、磁界 28 の方向を軸として磁界 28 中で旋回しながら熱陰極 12 と対向反射電極 20 との間を往復運動するようになり、その結果、当該電子とイオン化ガス 8 のガス分子との衝突確率が高くなってイオン化ガス 8 の電離効率が高まるので、プラズマ 4 の生成効率が高まる。より具体的には、熱陰極 12 と対向反射電極 20 との間において密度の高いプラズマ 4 を生成することができる。

【0036】

プラズマ生成容器 2 の壁面には、プラズマ 4 からイオンを引き出すためのイオン引出し口 10 が設けられている。イオン引出し口 10 は、この実施形態では、上記線 26 に沿う方向に長い形状をしている。より具体的には、上記線 26 に沿う方向に長いスリット状をしている。但し、イオン引出し口 10 の形状はこれに限られるものではない。

30

【0037】

イオン引出し口 10 の出口付近には、プラズマ生成容器 2 内から（より具体的にはそこに生成されるプラズマ 4 から）イオンビーム 34 を引き出す引出し電極系 32 が設けられている。引出し電極系 32 は、図示例では 1 枚の電極で構成されているが、それに限られるものではなく、複数枚の電極で構成されていても良い。

【0038】

このイオン源においては、アルミニウム含有物質から成る対向反射電極 20 は、フッ素を含むイオン化ガス 8 を電離させて生成されたプラズマ 4 に曝される。そしてこのプラズマ 4 中のフッ素イオン、フッ素ラジカル等による浸食や、当該プラズマ 4 中のフッ素イオン等のイオンによるスパッタリング等によって、対向反射電極 20 から、アルミニウムイオン等のアルミニウム粒子がプラズマ 4 中に放出され、プラズマ 4 中にアルミニウムイオンが含まれるようになる。対向反射電極 20 から放出されるアルミニウム粒子には、アルミニウムイオンとして放出されるものもあるし、中性のアルミニウム原子として放出されるものもある。中性のアルミニウム原子も、ある程度の割合で、プラズマ 4 中の電子と衝突することによって電離されてアルミニウムイオンになる。このようにして、プラズマ 4 中にアルミニウムイオン（例えば Al^+ 、 Al^{2+} 、 Al^{3+} 。以下同様）が含まれるように

40

50

なる。その結果、当該アルミニウムイオンを含むイオンビーム 3 4 を発生させることができる。

【0039】

このようにこのイオン源によれば、プラズマ生成容器 2 内の電子を反射させる機能を有する対向反射電極 20 からアルミニウムイオン等のアルミニウム粒子をプラズマ 4 中に放出させて、プラズマ 4 中にアルミニウムイオンを含ませることができるので、即ちプラズマ生成容器 2 内の電子を反射させる対向反射電極 20 をアルミニウム粒子放出用に兼用しているので、前述した従来例のイオン源のようにアルミニウムイオン生成専用のプレートを特別に設けなくて済む。従って、部品点数の削減および構造の簡素化が可能である。

【0040】

10

しかも、熱陰極 1 2 と対向反射電極 20 とを結ぶ線 26 に沿う磁界 28 を発生させる磁石 30 を備えているので、前述したようにプラズマ生成容器 2 内の電子は熱陰極 1 2 と対向反射電極 20 との間を往復運動するようになり、熱陰極 1 2 と対向反射電極 20 との間において密度の高いプラズマ 4 を生成することができる。対向反射電極 20 は、そのような密度の高いプラズマ 4 の端部に位置しており、しかもプラズマ 4 は上記磁界 28 に沿う方向には移動しやすくその移動しやすい方向の端部に對向反射電極 20 が位置しているので、対向反射電極 20 は密度の高いプラズマ 4 に効率良く曝される。従って、対向反射電極 20 からアルミニウムイオン等のアルミニウム粒子を効率良くプラズマ 4 中に放出させることができる。その結果、イオンビーム 3 4 中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることが容易になる。

20

【0041】

前述した従来例のイオン源では、アルミニウム含有物質のプレートは、イオン化室の底面に取り付けられている。このような位置のプレートよりも、上記対向反射電極 20 の方が上記磁界 28 との関係で密度の高いプラズマに効率良く曝されるので、より効率良く、アルミニウムイオン等のアルミニウム粒子をプラズマ 4 中に放出することができる。ひいては、アルミニウムイオンをより多量に含むイオンビーム 3 4 を発生させることができる。

【0042】

なお、このイオン源の運転に伴って、即ちプラズマ 4 の生成に伴って、通常は、プラズマ 4 に曝される面に、対向反射電極 20 の表面も含めて、不要なパーティクルが堆積する。ここで対向反射電極 20 に着目すると、対向反射電極 20 はプラズマ生成容器 2 に対して負のバイアス電圧 V_B が印加されるので、上述した電子を反射させる作用に加えて、プラズマ 4 中のイオンをバイアス電圧 V_B で加速して引き込む作用をも奏する。この加速されたイオンによって、対向反射電極 20 の表面に堆積したパーティクルをスパッタして対向反射電極 20 の表面をクリーニングすることができるので、対向反射電極 20 の表面そのものを露出させてその表面からアルミニウム粒子を放出させる作用を、より長時間に亘って安定して維持することができる。

30

【0043】

これに対して、前述した従来例のイオン源では、アルミニウム含有物質のプレートに、イオン化室に対して負電圧を印加する（あるいは当該プレートを浮遊電位にする）ように構成されていないので、当該プレートの表面に堆積したパーティクルを、加速されたイオンによってスパッタして当該プレートの表面をクリーニングする作用は期待できない。従って、当該プレートからアルミニウム粒子を放出させる機能は早く低下する。

40

【0044】

対向反射電極 20 からアルミニウム粒子を放出させることによって対向反射電極 20 は消耗するので、必要に応じて対向反射電極 20 を交換すれば良い。この点は、前述した従来例のイオン源におけるプレートの場合と同様である。

【0045】

ところで、このイオン源をイオン注入装置に用いて、炭化ケイ素基板等のターゲットにアルミニウムイオンを注入する場合は、必要に応じて、このイオン源とターゲットとの間

50

に、イオンビーム 34 の運動量（例えば質量）分離を行って、必要な運動量のアルミニウムイオンを選別する質量分離器を設ければ良い。以下に述べる実施形態のイオン源を用いる場合も同様である。

【0046】

次に、この発明に係るイオン源の他の実施形態の幾つかを説明する。なお、以下の各実施形態の説明においては、それよりも先に説明した実施形態（例えば図 1 に示した実施形態）と同一または相当する部分には同一符号を付し、先に説明した実施形態との相違点を主体に説明する。

【0047】

上記バイアス電源 24 を設ける代わりに、図 2 に示す実施形態のように、対向反射電極 20 を熱陰極 12 に接続して陰極電位に固定しても良い。より具体的には、対向反射電極 20 を、（a）図 2 に示す例のように加熱電源 16 の負極と熱陰極 12 の一端との接続部 a に接続しても良いし、（b）加熱電源 16 の正極と熱陰極 12 の他端との接続部 b（即ちアーク電源 18 の負極）に接続しても良い。いずれにしても、対向反射電極 20 に、プラズマ生成容器 2 の電位を基準にして負電圧を印加することができる。具体的には、上記（a）の場合は $V_A + V_H$ の大きさの負電圧を、上記（b）の場合は V_A の大きさの負電圧を、それぞれ印加することができる。 V_A は前述したアーク電源 18 の出力電圧であるアーク電圧、 V_H は加熱電源 16 の出力電圧である。アーク電圧 V_A の大きさは例えば 40 V ~ 120 V 程度、出力電圧 V_H の大きさは例えば 2 V ~ 4 V 程度である。

【0048】

上記（a）の場合は、加熱電源 16 およびアーク電源 18 が、対向反射電極 20 に負電圧を印加する直流電源を兼ねており、上記（b）の場合は、アーク電源 18 が、対向反射電極 20 に負電圧を印加する直流電源を兼ねている。加熱電源 16 は交流電源でも良くその場合は、上記（b）を採用すれば良い。

【0049】

この実施形態の場合も、対向反射電極 20 に、プラズマ生成容器 2 を基準にして負電圧を印加することができるので、対向反射電極 20 に関して、図 1 に示した実施形態の場合とほぼ同様の作用効果を奏することができる。

【0050】

対向反射電極 20 に負電圧を印加する代わりに、対向反射電極 20 をどこにも電氣的に接続せずに浮遊電位にしても良い。浮遊電位にしても、対向反射電極 20 にはプラズマ 4 中のイオンよりも軽くて移動度の高い電子がイオンよりも遥かに多く入射するので、対向反射電極 20 は負に帯電し、対向反射電極 20 に負電圧を印加した場合と同様の作用を奏することができる。即ち、対向反射電極 20 に関して、図 1、図 2 に示した実施形態の場合とほぼ同様の作用効果を奏することができる。

【0051】

（a）図 1 に示した実施形態のようにバイアス電源 24 を設ける場合、（b）図 2 に示した実施形態のように対向反射電極 20 を熱陰極 12 に接続する場合、（c）対向反射電極 20 をどこにも接続せずに浮遊電位にする場合を比べると、（a）の場合は、バイアス電圧 V_B を自由に選べるので、対向反射電極 20 に、アルミニウムイオン発生等に最適な電圧を印加することが容易である。（b）の場合は、アーク電源 18 等が、対向反射電極 20 に負電圧を印加する電源を兼ねていて、対向反射電極 20 専用の電源が不要になるので、電源構成を簡素化することができる。しかも対向反射電極 20 の電位を固定することができる。（c）の場合は、対向反射電極 20 専用の電源が不要になるので、電源構成を簡素化することができる。これと同様のことは、後述する他の実施形態についても言える。

【0052】

熱陰極 12 は、前述したように、傍熱型のものでも良い。その一例を図 3 に示す。

【0053】

この熱陰極 12 は、加熱されることによって熱電子を放出する陰極部材 36 と、この陰

極部材 36 を加熱するフィラメント 38 とを有している。なお、プラズマ生成容器 2 に対して陰極部材 36 およびフィラメント 38 を配置するより具体的な構造は、図 3 では簡略化して示しているが、例えば特許第 3758667 号公報等に記載されているような公知の構造を採用すれば良い。図 5～図 7 に示す実施形態においても同様である。

【0054】

フィラメント 38 には、それを加熱する直流の加熱電源 40 が接続されている。フィラメント 38 と陰極部材 36 との間には、フィラメント 38 から放出された熱電子を陰極部材 36 に向けて加速して、当該熱電子の衝撃を利用して陰極部材 36 を加熱する直流のボンバード電源 42 が、陰極部材 36 を正極側にして接続されている。陰極部材 36 とプラズマ生成容器 2 との間には、前述したアーク電源 18 が接続されている。

10

【0055】

この傍熱型の熱陰極 12 を設ける場合も、上記対向反射電極 20 には上記バイアス電圧 V_B を印加しても良いし、上記対向反射電極 20 を当該熱陰極 12 に接続して陰極電位に固定しても良い。より具体的には、対向反射電極 20 を、(a) 加熱電源 40 の負極とフィラメント 38 の一端との接続部 c に接続しても良いし、(b) 加熱電源 40 の正極とフィラメント 38 の他端との接続部 d に接続しても良いし、(c) 図 3 中に二点鎖線で示すように、陰極部材 36 とアーク電源 18 との接続部 e (即ちアーク電源 18 の負極) に接続しても良い。いずれにしても、対向反射電極 20 に、プラズマ生成容器 2 の電位を基準にして負電圧を印加することができる。具体的には、上記 (a) の場合は $V_A + V_D + V_F$ の大きさの負電圧を、上記 (b) の場合は $V_A + V_D$ の大きさの負電圧を、上記 (c) の場合は V_A の大きさの負電圧を、それぞれ印加することができる。 V_A は前述したアーク電圧、 V_D はボンバード電源 42 の出力電圧、 V_F は加熱電源 40 の出力電圧である。アーク電圧 V_A の大きさは前述したように例えば 40 V～120 V 程度、出力電圧 V_F の大きさは例えば 2 V～4 V 程度、出力電圧 V_D の大きさは例えば 300 V～600 V 程度である。

20

【0056】

上記 (a) の場合は、アーク電源 18、ボンバード電源 42 および加熱電源 40 が、対向反射電極 20 に負電圧を印加する直流電源を兼ねており、上記 (b) の場合は、アーク電源 18 およびボンバード電源 42 が、対向反射電極 20 に負電圧を印加する直流電源を兼ねており、上記 (c) の場合は、アーク電源 18 が、対向反射電極 20 に負電圧を印加する直流電源を兼ねている。加熱電源 40 は交流電源でも良くその場合は、上記 (b) または (c) を採用すれば良い。

30

【0057】

ところで、イオン源には、例えば特許第 3797160 号公報にも記載されているように、対向反射電極に加えて、熱陰極側にも反射電極 (背後反射電極) を備えているものもある。但し、公知のイオン源における両反射電極は、前述したように高融点金属またはその合金から成り、アルミニウム含有物質から成るものではない。この背後反射電極に相当する背後反射電極を更に備えているイオン源の実施形態を図 4 に示す。

【0058】

この実施形態のイオン源は、プラズマ生成容器 2 内であって熱陰極 12 の電子放出部の背後に、対向反射電極 20 に対向させて、かつプラズマ生成容器 2 から電氣的に絶縁して設けられていて、プラズマ生成容器 2 の電位を基準にして負電圧が印加される (または後述するように浮遊電位にされる) 電極であって、プラズマ生成容器 2 内の電子を反射させる機能を有している背後反射電極 44 を更に備えている。そしてこの背後反射電極 44 を、前述したようなアルミニウム含有物質で構成している。

40

【0059】

背後反射電極 44 をプラズマ生成容器 2 内にプラズマ生成容器 2 から電氣的に絶縁して支持する手段には、公知のものが採用できる。この実施形態では一例として、電流導入端子を兼ねる絶縁物 48 で支持しているが、これに限られるものではない。図 5 に示す実施形態では、背後反射電極 44 の上記支持手段の図示を省略している。

50

【0060】

熱陰極12の電子放出部というのは、熱陰極12の内でも特に多くの熱電子を放出する部分のことであり、具体的には熱陰極12の先端部分（プラズマ生成容器2内側の先端部分）のことである。図5に示す傍熱型の熱陰極12の場合は、その陰極部材36の先端部分（プラズマ生成容器2内側の先端部分）のことである。

【0061】

背後反射電極44は、この実施形態では、熱陰極12（より具体的にはその脚部）を電氣的に絶縁して通す穴46を有している。熱陰極12と背後反射電極44との間には、例えば3mm程度の間隔がある。従って、背後反射電極44は熱陰極12の近傍に設けられているとすることができる。

10

【0062】

背後反射電極44には、(a)図4に示す例のように、上記バイアス電源24を対向反射電極20と共用して当該バイアス電源24からプラズマ生成容器2の電位を基準にして負のバイアス電圧 V_B を印加しても良いし、(b)バイアス電源24とは別の直流のバイアス電源によってプラズマ生成容器2の電位を基準にして負のバイアス電圧を印加しても良いし、(c)図2に示した対向反射電極20の場合と同様に、背後反射電極44を上記接続部aまたはbに接続することによって、背後反射電極44にプラズマ生成容器2の電位を基準にして負電圧を印加するようにしても良い。

【0063】

あるいは、背後反射電極44に負電圧を印加する代わりに、背後反射電極44をどこにも電氣的に接続せずに浮遊電位にしても良い。浮遊電位にしても、前述した浮遊電位の対向反射電極20の場合と同様に、背後反射電極44にはプラズマ4中のイオンよりも軽くて移動度の高い電子がイオンよりも遥かに多く入射するので、背後反射電極44は負に帯電し、背後反射電極44に負電圧を印加した場合と同様の作用を奏することができる。

20

【0064】

即ち、背後反射電極44は、上記対向反射電極20の場合と同様に、プラズマ生成容器2内の電子を反射させる作用を奏する。

【0065】

しかも、この背後反射電極44も、当該イオン源の運転中は、フッ素を含むイオン化ガス8を電離させて生成されたプラズマ4に曝されるので、しかもこの背後反射電極44もアルミニウム含有物質から成るので、対向反射電極20について上述したのと同様の作用によって、即ちプラズマ4中のフッ素イオン、フッ素ラジカル等による浸食や、プラズマ4中のフッ素イオン等のイオンによるスパッタリング等によって、背後反射電極44からもアルミニウム粒子がプラズマ4中に放出されるようになる。つまり、対向反射電極20だけをアルミニウム含有物質で構成する場合よりも、プラズマ4中のフッ素イオン等による浸食やスパッタリングを受けるアルミニウム含有物質の面積を増やすことができる。従って、プラズマ4中に放出されるアルミニウム粒子の量を増大させて、イオンビーム34中に含まれるアルミニウムイオンの量を、即ちアルミニウムイオンビームの量を増大させることができる。

30

【0066】

また、背後反射電極44は、前述したように熱陰極12が近傍に設けられていてそれからの放射熱によって高温になる結果、スパッタ率の向上およびアルミニウム含有物質の蒸気圧の上昇が期待でき、それによってプラズマ4中に放出されるアルミニウム粒子の量が増大するので、この観点からもイオンビーム34中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることができる。

40

【0067】

高温になると背後反射電極44のスパッタ率の向上が期待できるのは、簡単に言えば、背後反射電極44を構成するアルミニウム含有物質を構成しているアルミニウム原子や他の原子等の格子振動が高温になると活発になり、これらの原子等の化学結合が切れやすくなって、アルミニウム粒子が飛び出しやすくなるからである。

50

【0068】

高温になるとアルミニウム含有物質の蒸気圧の上昇が期待できると言っているのは、背後反射電極44を構成するアルミニウム含有物質から前記作用によって放出されるアルミニウム粒子は厳密には蒸気とは言えないかも知れないけれども、高温になると蒸気圧が高まるのに似た現象によって、アルミニウム含有物質からアルミニウム粒子が雰囲気中（即ちプラズマ生成容器2内の真空雰囲気中）へ放出されやすくなるので、これを蒸気の場合と同様に蒸気圧の上昇と言っているのである。

【0069】

しかもこの実施形態の場合も、プラズマ生成容器2内の電子を反射させる機能を有する背後反射電極44をアルミニウム粒子放出用に兼用しているので、従来のイオン源のようにアルミニウムイオン生成専用のプレートを特別に設けなくて済み、それを特別に設ける場合に比べて部品点数の削減および構造の簡素化が可能である。

【0070】

対向反射電極20に加えて上記のような背後反射電極44を備えており、かつ熱陰極12が傍熱型の場合の実施形態を図5に示す。

【0071】

この熱陰極12は、図3に示した熱陰極12とほぼ同じ構造をしているが、この実施形態では、陰極部材36はプラズマ生成容器2内に配置されている。そしてこの熱陰極12の電子放出部（即ち前述したように陰極部材36の先端部分）の背後に、上記対向反射電極20（図4等参照）に対向させて、かつプラズマ生成容器2から電氣的に絶縁して上記背後反射電極44を設けている。背後反射電極44は、言い方を変えれば陰極部材36の先端部分の側方後方に設けられているということもできるが、それもこの明細書では上記「背後」に含めている。

【0072】

背後反射電極44は、この実施形態では、陰極部材36を電氣的に絶縁して通す穴46を有している。陰極部材36と背後反射電極44との間には、例えば3mm程度の間隔がある。従ってこの背後反射電極44も、熱陰極12の、より具体的にはその陰極部材36の近傍に設けられていると言うことができる。

【0073】

この実施形態における背後反射電極44にも、図4に示した実施形態の場合とほぼ同様にして、プラズマ生成容器2の電位を基準にして負電圧を印加しても良いし、背後反射電極44をどこにも電氣的に接続せずに浮遊電位にしても良い。負電圧を印加する場合は、（a）上記バイアス電源24から負のバイアス電圧 V_B を印加しても良いし、（b）バイアス電源24とは別の直流のバイアス電源から負のバイアス電圧を印加しても良いし、（c）図3に示した実施形態の場合と同様に背後反射電極44を上記接続部e、dまたはcに接続しても良い。もっとも、背後反射電極44が図4の実施形態で説明した作用と同様の作用を奏するためには、背後反射電極44に上記出力電圧 V_D が含まれているほどの大きな負電圧を印加する必要はないので、背後反射電極44を接続部eに接続してそれに上記アーク電圧 V_A を印加すれば大きさとしては十分である。

【0074】

この実施形態の場合も、背後反射電極44に関して、図4の実施形態について説明したのとほぼ同様の作用効果を奏することができる。即ち、プラズマ生成容器2内の電子を反射させる作用に加えて、プラズマ4中に放出されるアルミニウム粒子の量を増大させてイオンビーム34（図4参照）中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることができる。熱陰極12が近傍にあるために背後反射電極44が高温になり、プラズマ4中に放出されるアルミニウム粒子の量が増大することも前記と同様である。また、背後反射電極44をアルミニウム粒子放出用に兼用しているので、部品点数の削減および構造の簡素化が可能である。

【0075】

図6に示す実施形態では、上記熱陰極12の陰極部材36は、プラズマ生成容器2の開

口部 3 内に配置されている。そしてこのプラズマ生成容器 2 の上記開口部 3 を含んでいる壁面 2 a（より具体的には開口部 3 を含んでいる一つの側面）を、電気絶縁性のアルミニウム含有物質で構成している。電気絶縁性のアルミニウム含有物質は、例えば、前述した酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）、窒化アルミニウム（ AlN ）等のアルミニウム化合物である。

【0076】

上記アルミニウム含有物質で構成された壁面 2 a は、電気絶縁性のものであるので、浮遊電位にある。この壁面 2 a には、前述した浮遊電位の背後反射電極 4 4 の場合と同様に、イオン源運転中はプラズマ 4 中のイオンよりも軽くて移動度の高い電子がイオンよりも遥かに多く入射するので、当該壁面 2 a は負に帯電する。

10

【0077】

従ってこの壁面 2 a も、上記背後反射電極 4 4 の場合と同様に、プラズマ生成容器 2 内の電子を反射させる作用を奏する。それに加えて、プラズマ 4 中に放出されるアルミニウム粒子の量を増大させてイオンビーム 3 4 中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させる作用効果も奏するが、これについては図 7 に示す実施形態と共に説明する。

【0078】

図 7 に示す実施形態では、プラズマ生成容器 2 の上記開口部 3 を含んでいる壁面 2 a を、アルミニウム含有物質で構成し、かつ絶縁物 5 0 を介在させてプラズマ生成容器 2 の他の壁面から電氣的に絶縁している。この実施形態では、アルミニウム含有物質は電気絶縁性でも良いし導電性でも良い。

20

【0079】

上記アルミニウム含有物質で構成された壁面 2 a には、図 5 に示した実施形態における背後反射電極 4 4 の場合とほぼ同様にして、プラズマ生成容器 2 の電位を基準にして負電圧を印加しても良いし、当該壁面 2 a をどこにも電氣的に接続せずに浮遊電位にしても良い。負電圧を印加する場合は、（a）上記バイアス電源 2 4 から負のバイアス電圧 V_B を印加しても良いし、（b）バイアス電源 2 4 とは別の直流のバイアス電源から負のバイアス電圧を印加しても良いし、（c）上記壁面 2 a を上記接続部 e、d または c に接続しても良い。例えば前記と同様の理由から接続部 e に接続すれば良い。

【0080】

上記壁面 2 a を浮遊電位にしても、図 6 に示した実施形態における壁面 2 a の場合と同様の作用によって上記壁面 2 a は負に帯電するので、上記壁面 2 a に負電圧を印加した場合と同様の作用効果を奏することができる。

30

【0081】

即ち、上記壁面 2 a は、上記背後反射電極 4 4 等の場合と同様に、プラズマ生成容器 2 内の電子を反射させる作用を奏する。

【0082】

しかも、図 6、図 7 に示したいずれの実施形態の場合も、上記アルミニウム含有物質で構成された壁面 2 a は、イオン源の運転中は、フッ素を含むイオン化ガス 8 を電離させて生成されたプラズマ 4 に曝されるので、対向反射電極 2 0 や背後反射電極 4 4 について上述したのと同様の作用によって、即ちプラズマ 4 中のフッ素イオン、フッ素ラジカル等による浸食や、プラズマ 4 中のフッ素イオン等のイオンによるスパッタリング等によって、上記アルミニウム含有物質で構成された壁面 2 a からアルミニウム粒子がプラズマ 4 中に放出されるようになる。つまり、対向反射電極 2 0 だけをアルミニウム含有物質で構成する場合よりも、プラズマ 4 中のフッ素イオン等による浸食やスパッタリングを受けるアルミニウム含有物質の面積を増やすことができる。従って、プラズマ 4 中に放出されるアルミニウム粒子の量を増大させて、イオンビーム 3 4 中に含まれるアルミニウムイオンの量を、即ちアルミニウムイオンビームの量を増大させることができる。

40

【0083】

また、上記アルミニウム含有物質で構成された壁面 2 a も、熱陰極 1 2 が（具体的にはその陰極部材 3 6 等が）近傍にあってそれからの放射熱によって高温になる結果、前記背

50

後反射電極 4 4 の場合と同様に、当該壁面 2 a のスパッタ率の向上およびアルミニウム含有物質の蒸気圧の上昇が期待でき、それによってプラズマ 4 中に放出されるアルミニウム粒子の量が増大するので、この観点からもイオンビーム 3 4 中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることができる。

【0084】

しかも図 6、図 7 いずれの実施形態の場合も、プラズマ生成容器 2 を構成する壁面の内の一部の壁面を、即ち上記開口部 3 を含んでいる壁面 2 a を、アルミニウム粒子放出用に兼用しているので、従来のイオン源のようにアルミニウムイオン生成専用のプレートを特別に設けなくて済み、それを特別に設ける場合に比べて部品点数の削減および構造の簡素化が可能である。

10

【0085】

図 6、図 7 の両実施形態を比べると、絶縁物 5 0 が不要であるので図 6 の実施形態の方がより構造が簡単であり、逆に絶縁物 5 0 を有している分、図 7 の実施形態の方が上記壁面 2 a とプラズマ生成容器 2 の他の壁面との間の電気絶縁を確実に取ることが容易になる。

【0086】

なお、プラズマ生成容器 2 内側の絶縁物 5 0 の表面に、例えば溝を設ける等によって、沿面距離を増大させる構造を採用しても良く、そのようにすれば絶縁物 5 0 の表面の汚れによって絶縁性能が低下するのを抑制することができる。

【符号の説明】

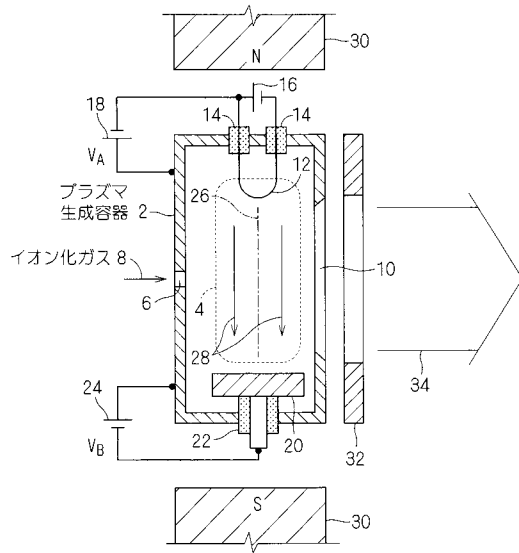
20

【0087】

- 2 プラズマ生成容器
- 2 a アルミニウム含有物質で構成された壁面
- 4 プラズマ
- 8 イオン化ガス
- 1 2 熱陰極
- 2 0 対向反射電極
- 2 4 バイアス電源
- 2 8 磁界
- 3 0 磁石
- 3 4 イオンビーム
- 3 6 陰極部材
- 4 4 背後反射電極

30

【図 1】

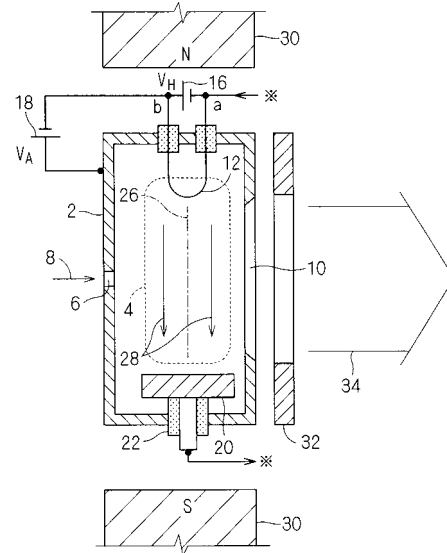


12 : 熱陰極

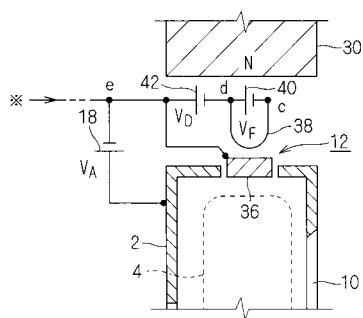
20 : 対向反射電極

30 : 磁石

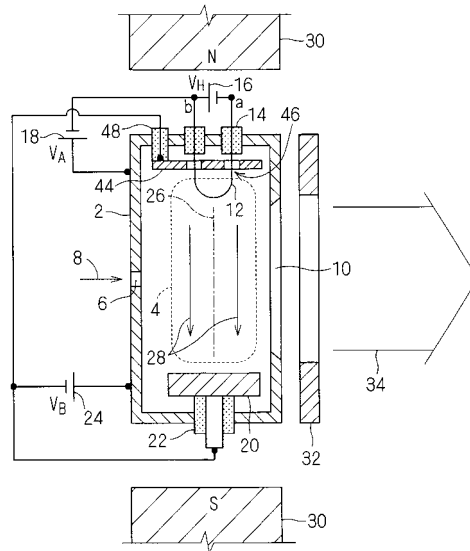
【図 2】



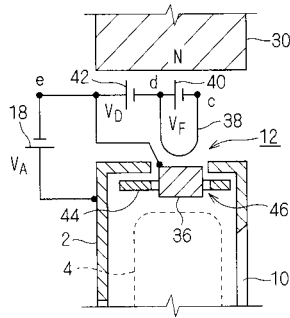
【図 3】



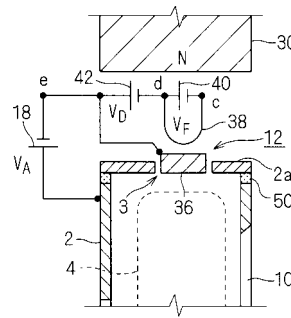
【図 4】



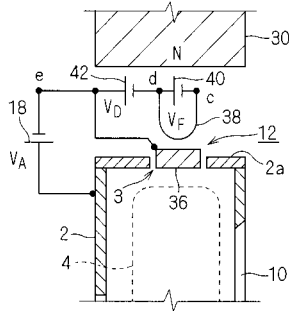
【図 5】



【図 7】



【図 6】



【手続補正書】

【提出日】平成21年10月21日(2009.10.21)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

しかも、熱陰極と対向反射電極とを結ぶ線に沿う磁界を発生させる磁石を備えているので、プラズマ生成容器内の電子は熱陰極と対向反射電極との間を往復運動するようになり、熱陰極と対向反射電極との間において密度の高いプラズマを生成することができる。対向反射電極は、そのような密度の高いプラズマの端部に位置しており、しかもプラズマは上記磁界に沿う方向には移動しやすくその移動しやすい方向の端部に対向反射電極が位置しているので、対向反射電極は密度の高いプラズマに効率良く曝される。従って、対向反射電極からアルミニウムイオン等のアルミニウム粒子を効率良くプラズマ中に放出させることができる。その結果、イオンビーム中に含まれるアルミニウムイオンの量を増大させることが容易になる。

また、この発明に係るイオン源の運転に伴って、即ちプラズマ生成容器内でのプラズマの生成に伴って、通常は、プラズマに曝される面に、対向反射電極の表面も含めて、不要なパーティクルが堆積する。ここで対向反射電極に着目すると、対向反射電極はプラズマ生成容器に対して負のバイアス電圧が印加されるので（請求項1記載の発明の場合。請求項2記載の発明の場合は負に帯電するので）、上述した電子を反射させる作用に加えて、プラズマ中のイオンをバイアス電圧（請求項1記載の発明の場合。請求項2記載の発明の場合は負の帯電電圧）で加速して引き込む作用をも奏する。この加速されたイオンによって、対向反射電極の表面に堆積したパーティクルをスパッタして対向反射電極の表面をク

リーニングすることができるので、対向反射電極の表面そのものを露出させてその表面からアルミニウム粒子を放出させる作用を、より長時間に亘って安定して維持することができる。