

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5754579号
(P5754579)

(45) 発行日 平成27年7月29日(2015.7.29)

(24) 登録日 平成27年6月5日(2015.6.5)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 J 27/16 (2006.01) HO 1 J 27/16
 HO 1 J 37/08 (2006.01) HO 1 J 37/08
 HO 5 H 1/46 (2006.01) HO 5 H 1/46 L

請求項の数 1 (全 8 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-177459 (P2010-177459)</p> <p>(22) 出願日 平成22年8月6日(2010.8.6)</p> <p>(65) 公開番号 特開2012-38568 (P2012-38568A)</p> <p>(43) 公開日 平成24年2月23日(2012.2.23)</p> <p>審査請求日 平成25年8月1日(2013.8.1)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 504139662 国立大学法人名古屋大学 愛知県名古屋市千種区不老町1番</p> <p>(73) 特許権者 501111902 株式会社片桐エンジニアリング 神奈川県横浜市鶴見区尻手3-5-34</p> <p>(73) 特許権者 505402581 株式会社イー・エム・ディー 滋賀県野洲市三上2426番1</p> <p>(74) 代理人 100087723 弁理士 藤谷 修</p> <p>(72) 発明者 節原 裕一 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法 人大阪大学内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	---

(54) 【発明の名称】 イオン源

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

真空容器と、

前記真空容器内に配置され、上部に開口した第1開口部と下部に開口した第2開口部とを有し、前記第1開口部が前記真空容器の内壁に接続され、円筒状の金属容器とこの円筒状の金属容器の内壁に被覆された誘電体とから成り、内部において誘導結合プラズマを生成する誘電体容器と、

前記真空容器内でかつ前記誘電体容器の外部の前記第2開口部の側に設けられた被処理体を配置するステージに対面し、前記誘電体容器の前記第2開口部に配置され、前記ステージに向けてイオンを加速する引き出し電極と、

前記誘電体容器内に配置され、前記誘電体容器の内壁面に沿って周回せずに湾曲された線状の導体と前記導体を被膜する誘電体とからなり、前記導体の両端が前記第1開口部を介して前記真空容器の内壁に接続された低インダクタンス内部アンテナと、

前記真空容器の外部において、前記低インダクタンス内部アンテナの前記導体の前記両端に接続する高周波電源と、

所望のイオンを発生させるための金属に対する腐食性の高いガスを、前記誘電体容器の前記第1開口部から該誘電体容器の内部に供給する供給管と、

前記真空容器内部を排気する排気管と、

を有し、

前記低インダクタンス内部アンテナの導体の長さを前記誘電体容器の内周の1/2以下

であって前記誘電体容器内において生成される前記誘導結合プラズマのデバイ長以上とする、

ことを特徴とするイオン源。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、誘導結合プラズマを発生させ、プラズマ中のイオンを引き出し電極によって引き出して照射するイオン源に関する。

【背景技術】

【0002】

従来のイオン源には、プラズマ発生部として、フィラメントを用いてプラズマを発生させる装置（たとえば特許文献1）や、誘電体チャンバーの外側にコイル状の高周波アンテナを配置して誘電体チャンバー内に誘導結合プラズマを発生させる装置（特許文献2）が知られている。

【0003】

また、誘導結合プラズマを発生させるプラズマ発生装置として、特許文献3に記載の装置が知られている。特許文献3には、高周波アンテナとして、真空容器の内周よりも短いコの字型あるいは円弧状の導体と、その導体を誘電体により被膜した構造の低インダクタンス内部アンテナとし、低インダクタンス内部アンテナを真空容器の内壁に設置した構成のプラズマ発生装置が示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2010-108610

【特許文献2】特開2010-62056

【特許文献3】特開2009-123906

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、特許文献1のようにプラズマの生成にフィラメントを用いる場合、フィラメント材と反応するガスを用いることはできないため、発生させることができるイオン種が限定されてしまう。また、フィラメント材がスパッタされて不純物となってしまうことも問題である。

【0006】

また、プラズマの生成にコイル状の高周波アンテナを用いる場合、様々なガス種の放電に対応可能であるが、アンテナからの誘導電界を誘電体を介してチャンバー内に導入するため、誘電体が熱的衝撃や機械的衝撃などによって破損する危険性がある。さらにコイル状の高周波アンテナを用いて生成した放電では、高周波電力の印加に伴いアンテナに発生する電圧が大きくなるため、プラズマ電位の揺動が大きくなり、イオンエネルギーにばらつきが生じてしまうという課題がある。このようなイオンエネルギーのばらつきは、腐食性の高いガスを用いた場合に特に顕著であった。

【0007】

また、特許文献3のプラズマ発生装置に引き出し電極を組み合わせることでイオン源を構成した場合も、真空容器の内壁を腐食させないガスを用いる必要があり、発生させることができるイオン種が限定されてしまう問題がある。

【0008】

そこで本発明の目的は、様々なイオン種を発生させることができ、イオンエネルギーが揃ったイオンを発生させることができるイオン源を実現することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

10

20

30

40

50

第1の発明は、真空容器と、真空容器内に配置され、上部に開口した第1開口部と下部に開口した第2開口部とを有し、第1開口部が真空容器の内壁に接続され、円筒状の金属容器とこの円筒状の金属容器の内壁に被覆された誘電体とから成り、内部において誘導結合プラズマを生成する誘電体容器と、真空容器内であつ誘電体容器の外部の第2開口部の側に設けられた被処理体を配置するステージに対面し、誘電体容器の第2開口部に配置され、ステージに向けてイオンを加速する引き出し電極と、誘電体容器内に配置され、誘電体容器の内壁面に沿って周回せずに湾曲された線状の導体と導体を被膜する誘電体とからなり、導体の両端が第1開口部を介して真空容器の内壁に接続された低インダクタンス内部アンテナと、真空容器の外部において、低インダクタンス内部アンテナの導体の両端に接続する高周波電源と、所望のイオンを発生させるための金属に対する腐食性の高いガスを、誘電体容器の第1開口部から該誘電体容器の内部に供給する供給管と、真空容器内部を排気する排気管と、を有し、低インダクタンス内部アンテナの導体の長さを誘電体容器の内周の1/2以下であつて誘電体容器内において生成される誘導結合プラズマのデバイ長以上とする、ことを特徴とするイオン源である。

10

【0010】

低インダクタンス内部アンテナは、単数であってもよいし、複数有していてもよい。低インダクタンス内部アンテナを複数設ける場合、その配列によって生成される誘導結合プラズマの電子密度やエネルギーを制御することも可能であり、プラズマの安定性を高めることも可能である。また、複数設けることで、被処理体の処理面積を広くすることもできる。

20

【0011】

低インダクタンス内部アンテナを構成する導体は、導電性を有した材料であれば任意の材料でよく、たとえば、銅、タングステンなどの金属導体や、グラファイトなどの電気伝導性の低い材料などを用いることができる。また、導体を被覆する誘電体は、プラズマに対する耐性、絶縁性、物理的強度、化学的安定性を有した任意の材料用いることができ、たとえば、アルミナ、石英、ジルコニア、窒化アルミニウム、窒化ボロン、イットリアなどである。導体の形状は、コの字型、U字型または円弧状とするのが簡便で望ましい。

【0012】

低インダクタンス内部アンテナを構成する導体の長さは、誘電体容器の内壁面の周長の1/2以下とすることが望ましい。よりインダクタンスを低くすることができるためである。さらに望ましいのは、プラズマのデバイ長よりも長く、誘電体容器の内壁面の周長の0.5倍以下であることである。

30

【0013】

誘電体容器は、全体が誘電体で構成されたものであつてもよいし、ステンレスなどの金属容器の内壁を誘電体で被覆した容器であつてもよい。誘電体容器の材料には、石英、アルミナ、窒化アルミニウム、などを用いることができる。

【0014】

所望のイオンを発生させるためのガスには、ハロゲン系ガス、たとえば塩素、三塩化ボロン、四塩化ケイ素、四塩化炭素、フッ素、四フッ化炭素、 CHF_3 、 CH_2F_2 、 $\text{c-C}_4\text{F}_8$ 、 C_3F_6 、 $\text{c-C}_5\text{F}_8$ などの金属に対する腐食性の高いガスや、アルゴンなどの希ガス、窒素、酸素、水素など多種多様なガス種を用いることができる。

40

【0015】

【0016】

【発明の効果】

【0017】

本発明のイオン源は、真空容器内に誘電体容器を配置し、その誘電体容器内に低インダクタンス内部アンテナを配置した構成である。プラズマは、低インダクタンス内部アンテナによって誘電体容器内で生成するため、金属に対する腐食性を有したガス種を用いることが可能であり、様々なイオン種を発生させることができる。また、低インダクタンス内部アンテナを用いるため、高周波電力を効率的にプラズマ生成に利用することができる。

50

また、高周波電力供給時に低インダクタンス内部アンテナに発生するアンテナ電圧が小さいので、プラズマ電位の揺動を小さく抑えることができ、イオンのエネルギーを揃えることができる。特に、特許文献2のような従来の誘導結合プラズマを用いたイオン源では、金属に対する腐食性の高いガスのイオンを発生させるとプラズマが揺動して不安定となり、イオンエネルギーのばらつきが大きかったが、本発明のイオン源では、そのような金属に対する腐食性の高いガスを用いた場合でも、プラズマの揺動を抑制し、イオンエネルギーのばらつきを小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】実施例1のイオン源の構成について示した図。

10

【図2】実施例1のイオン源を用いた場合のイオンエネルギーの分布を示した図。

【図3】比較例のイオン源を用いた場合のイオンエネルギーの分布を示した図。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の具体的な実施例について図を参照に説明するが、本発明は実施例に限定されるものではない。

【実施例1】

【0020】

図1は、実施例1のイオン源の構成を示した図である。イオン源は、低インダクタンス内部アンテナ10と、低インダクタンス内部アンテナ10を内部に保持する誘電体容器11と、誘電体容器11および引き出し電極13を内部に保持する真空容器14と、によって構成されている。

20

【0021】

低インダクタンス内部アンテナ10は、誘電体容器11の内壁に沿って周回しないようコの字型に曲げられた線状の導体100と、導体100を覆う誘電体101とによって構成されている。導体100の両端には、高周波電源15に接続されており、高周波電力が供給される。導体100の一方の端は接地してもよいし、接地しなくてもよい。

【0022】

導体100の長さは、誘電体容器11の内周の1/2倍以下とするのが望ましい。より低インダクタンスとすることができるためである。プラズマのデバイ長よりも長く、誘電体容器の内壁面の周長の0.5倍以下であることである。

30

【0023】

導体100はコの字型以外にも、U字型、円弧状など、誘電体容器11の内壁に沿って周回しないよう湾曲された形状であれば任意の形状でよい。

【0024】

導体100の材料には銅、タングステンなどの金属導体や、グラファイトなどの電気伝導性の低い材料などを用いることができる。誘電体101の材料には、プラズマに対する耐性、絶縁性、物理的強度、化学的安定性を有したものを、たとえばアルミナ、石英、ジルコニア、窒化アルミニウム、窒化ボロン、イットリアなどである。

【0025】

このような低インダクタンス内部アンテナ10は、ループ状、コイル状に誘電体容器11外部を周回する形状のアンテナに比べてインダクタンスが低い。そのため、低インダクタンス内部アンテナ10を誘導結合プラズマの生成に用いた場合、高周波電源15から印加された高周波電力を効率的にプラズマの生成に利用することができる。また、低インダクタンス内部アンテナ10では、導体100を誘電体101によって被膜しているため、高周波電力印加時に低インダクタンス内部アンテナ10に発生するアンテナ電圧が小さく、プラズマ電位の揺動を小さく抑えることができる。

40

【0026】

誘電体容器11は、金属チャンバー12の内壁を溶融石英からなる誘電体16で覆った容器である。誘電体容器11は、上下に開口した円筒状の容器であり、底面開口部11a

50

(本発明の第2開口部)には引き出し電極13が接続されている。誘電体容器11は真空容器14の内部に配置されており、上方開口部11b(本発明の第1開口部)は真空容器14の内壁に接続されている。低インダクタンス内部アンテナ10は、この誘電体容器11の内部に位置し、低インダクタンス内部アンテナ10の両端は、上方の開口11bを介して真空容器14の内壁に接続している。そして、低インダクタンス内部アンテナ10の導体100の両端は、真空容器14の外部へと取り出されていて、高周波電源15に接続されている。

【0027】

金属チャンパー12は、誘電体16を補強し、引き出し電極13を誘電体容器11の底面側に保持するためのものであるが、単に誘電体のみからなる誘電体容器11を用いたり、他の構成の保持具によって引き出し電極13を保持したりしてもよい。

10

【0028】

誘電体容器11の材料は、石英以外にもアルミナ、窒化アルミニウムなどを用いることができる。また、金属チャンパー12の材料は、たとえばステンレス、ハステロイ、ニッケルなどの耐腐食性材料である。

【0029】

また、真空容器14には、誘電体容器11の上方開口11bを介して誘電体容器11内部にガスを供給する供給管17、および真空容器14内のガスを排気する排気管18が接続されている。供給管17により誘電体容器11内部に供給するガスは、生成したいイオン種に対応するガスであり、たとえば、ハロゲン系ガス、たとえば、塩素、三塩化ボロン、四塩化ケイ素、四塩化炭素、フッ素、四フッ化炭素、 CHF_3 、 CH_2F_2 、 $\text{c-C}_4\text{F}_8$ 、 C_3F_6 、 $\text{c-C}_5\text{F}_8$ 、などの金属に対する腐食性の高いガスや、アルゴンなどの希ガス、窒素、酸素、水素など多種多様なガス種を用いることができる。

20

【0030】

また、真空容器14内部で誘電体容器11外部であって、引き出し電極13を挟んで低インダクタンス内部アンテナ10と対向する位置には、被処理体を配置するためのステージ19が設けられている。

【0031】

この真空容器14は、MBE装置などの真空容器14を兼ねるものであってもよい。

【0032】

次に、実施例1のイオン源の動作について説明する。まず、ステージ19上に被処理体を配置して真空容器14を封止し、排気管18から気体を排出して真空容器14内部を真空引きする。次に、供給管から誘電体容器11の内部へ所望のイオンを生成するための原料ガスを導入する。次に、高周波電源15によって低インダクタンス内部アンテナ10に高周波電圧を印加し、誘電体容器11内部に原料ガスの誘導結合プラズマを発生させる。誘導結合プラズマ中のイオンは、引き出し電極13によって誘電体容器11外部へと引き出され、ステージ19上の被処理体に照射される。より詳細には、引き出し電極13の第1の電極に加速電圧を印加し、引き出し電極13の第2の電極に第1の電極とは逆符号の電圧を印加してプラズマのシース形状を調整し、さらに引き出し電極13の第3の電極には第1の電極と同一符号の電圧を印加、または接地電位としてビームの拡がり調整し、さらに引き出し電極13の第4の電極は接地電位とすることで、第1の電極による加速電圧で加速されたイオンがステージ19上の被処理体に照射される。これにより、被処理体表面の全面あるいは一部のエッチングや表面処理、成膜、などを行うことができる。

30

40

【0033】

ここで実施例1のイオン源では、誘導結合プラズマを誘電体容器11内部で発生させるため、金属に対する腐食性の高いガス(たとえばハロゲン系ガス)のイオンも生成することができる。さまざまな種類のイオン生成に対応することができる。

【0034】

また、実施例1のイオン源では、誘導結合プラズマの生成に、低インダクタンス内部アンテナ10を用いている。そのため、高周波電力印加時にアンテナに発生するアンテナ電

50

圧が小さく、プラズマ電位の揺動を小さく抑えることができる。その結果、プラズマからエネルギーの揃ったイオンを引き出すことができる。特に実施例1のイオン源は、金属に対する腐食性の高いガスを用いた場合であっても、生成したガスのイオンエネルギーのばらつきが抑えられている点が、従来の誘導結合プラズマを用いたイオン源に比べて優れている。

【0035】

図2は、実施例1のイオン源を用いて発生させたイオンエネルギー分布、およびイオン電流値を示した図である。イオン種は塩素、引き出し電極13の第1の電極に印加する加速電圧は50Vとした。図2のように、イオンエネルギーの分布は64eVにピークを有した分布であり、プラズマ電位は14V程度であるが、高周波の印加によってプラズマ電位が変動し、イオンエネルギーは拡がりを持っている。この幅は、半値幅にして12eV程度である。

10

【0036】

一方、図3は、比較例のイオン源を用いて発生させたイオンエネルギー分布、およびイオン電流値を示した図である。比較例のイオン源は、従来の誘導結合プラズマによるイオン源であり、誘電体容器の外周に沿ってコイル状の電極を配置した構成のものである。図3のように、比較例のイオン源はピークがなだらかな分布であり、低エネルギー側、高エネルギー側に裾を引いた分布となっている。また、半値幅は20eV程度である。

【0037】

図2、3のイオンエネルギー分布を比較すると、実施例1のイオン源は比較例のイオン源よりもイオンエネルギーの揃ったイオンを生成できることがわかる。

20

【0038】

なお、実施例1のイオン源は、低インダクタンス内部アンテナ10が誘電体容器11内部に1つ配置されたものであるが、複数配置された構成としてもよい。低インダクタンス内部アンテナ10を複数配置する場合、その配列によって生成される誘導結合プラズマの電子密度やエネルギーを制御することも可能であり、プラズマの安定性を高めることも可能である。また、複数配置することで、被処理体の処理面積を広くすることもできる。

【産業上の利用可能性】

【0039】

本発明のイオン源は、非処理基材の表面処理、エッチング、イオン注入などに利用することができる。

30

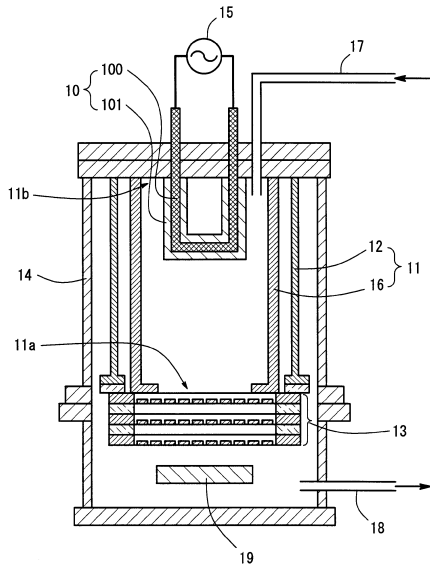
【符号の説明】

【0040】

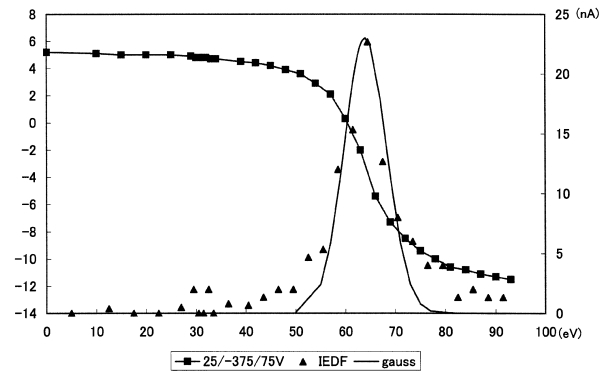
- 10：低インダクタンス内部アンテナ
- 11：誘電体容器
- 12：金属チャンバー
- 13：引き出し電極
- 14：真空容器
- 15：高周波電源
- 16：誘電体
- 17：供給管
- 18：排気管
- 100：導体
- 101：誘電体

40

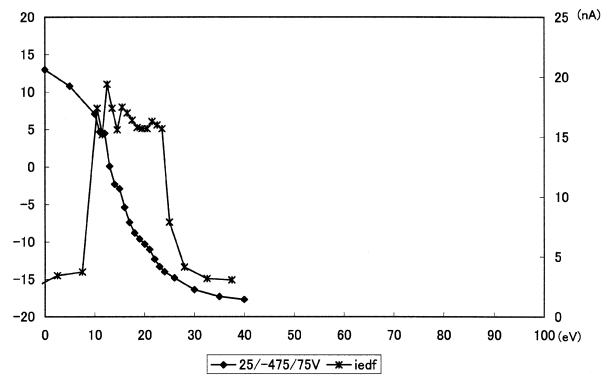
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (72)発明者 石川 健治
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 堀 勝
愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内
- (72)発明者 江部 明憲
京都府京都市右京区西院清水町12番地1 株式会社イー・エム・ディー内
- (72)発明者 田 昭治
神奈川県横浜市鶴見区尻手3-5-34 株式会社片桐エンジニアリング内

審査官 小野 健二

- (56)参考文献 国際公開第2005/094140(WO, A1)
特開2007-052941(JP, A)
特開2007-149638(JP, A)
特開平09-017367(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 27/16, 37/08
H05H 1/46
H01L 21/205