

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4992885号
(P4992885)

(45) 発行日 平成24年8月8日(2012.8.8)

(24) 登録日 平成24年5月18日(2012.5.18)

(51) Int. Cl.	F I				
HO5H 1/46 (2006.01)	HO5H	1/46		C	
HO1J 27/16 (2006.01)	HO1J	27/16			
HO1J 37/317 (2006.01)	HO1J	37/317		Z	
HO1J 37/08 (2006.01)	HO1J	37/08			
HO1L 21/265 (2006.01)	HO1L	21/265		N	

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-297518 (P2008-297518)
 (22) 出願日 平成20年11月21日(2008.11.21)
 (65) 公開番号 特開2010-123467 (P2010-123467A)
 (43) 公開日 平成22年6月3日(2010.6.3)
 審査請求日 平成23年2月17日(2011.2.17)

(73) 特許権者 302054866
 日新イオン機器株式会社
 京都府京都市南区久世殿城町575番地
 (74) 代理人 100088661
 弁理士 山本 恵二
 (72) 発明者 藤田 秀樹
 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 篠原 己拔
 神奈川県横浜市緑区中山町1119 日本
 高周波株式会社内
 審査官 山口 敦司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ発生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板にイオンビームを照射して処理を施すイオンビーム照射装置においてイオンビーム照射の際の基板表面の帯電を抑制することに用いられる装置であって、真空に排気されると共にガスおよび高周波が導入されるプラズマ室と、当該プラズマ室の一方側に設けられていて1以上の孔を有する出口電極とを有して、前記プラズマ室内で電子サイクロトロン共鳴を利用して前記ガスを電離させてプラズマを生成して、当該プラズマを前記出口電極を通して外部に放出するプラズマ発生装置において、

前記プラズマ室に隣接して設けられていて真空に排気されるアンテナ室と、

前記アンテナ室内に設けられていて高周波を放射するアンテナと、

絶縁物から成り、前記プラズマ室と前記アンテナ室との間を前記ガスを阻止するように仕切ると共に、前記アンテナから放射された高周波を前記プラズマ室内へ通す仕切り板と

、
前記プラズマ室の外部に設けられていて、前記プラズマ室内に、前記電子サイクロトロン共鳴を起こす磁界を、前記出口電極からのプラズマの放出方向と交差する方向に発生させる磁石装置とを備えており、

かつ前記出口電極は、

複数の孔を有する第1出口電極と、

前記第1出口電極よりも前記プラズマの放出方向側に設けられていて、前記第1出口電極の複数の孔に対応する位置に複数の孔を有する第2出口電極と、

10

20

前記第1出口電極と第2出口電極との間に設けられていて、両電極の隣り合う孔間を仕切る仕切り壁とを備えている、ことを特徴とするプラズマ発生装置。

【請求項2】

前記アンテナは、前記仕切り板に沿って伸びた形状をしており、
前記磁石装置は、前記アンテナが伸びた方向に沿って伸びた構造をしており、
前記出口電極は、前記アンテナが伸びた方向に沿って配列された複数の孔を有している請求項1記載のプラズマ発生装置。

【請求項3】

前記アンテナを前記仕切り板に当接させている請求項1または2記載のプラズマ発生装置。

10

【請求項4】

前記磁石装置は、
前記プラズマ室を挟んで相対向するように配置された第1および第2の磁石と、
前記第1および第2の磁石の背面間を接続する接続部、ならびに、前記第1および第2の磁石よりも前記プラズマの放出方向側において前記出口電極の横付近で内側に張り出して相対向する張り出し部を有していて、前記第1および第2の磁石の外側を、前記張り出し部間を除いて囲んでいるヨークとを備えている請求項1、2または3記載のプラズマ発生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

この発明は、例えば、基板にイオンビームを照射してイオン注入等の処理を施すイオンビーム照射装置においてイオンビーム照射の際の基板表面の帯電（チャージアップ）を抑制すること等に用いられるECR（電子サイクロトロン共鳴。以下同様）型のプラズマ発生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

上記のような基板表面の帯電抑制に用いられるプラズマ発生装置の一例として、特許文献1には、真空中に排気されると共にガスおよび高周波が導入されるプラズマ室と、当該プラズマ室の一方側（出口側）に設けられていて1以上の孔を有する出口電極とを有していて、プラズマ室内で高周波放電によって、より具体的には電子サイクロトロン共鳴を利用して、上記ガスを電離させてプラズマを生成して、当該プラズマを前記出口電極を通して外部に放出するプラズマ発生装置が記載されている。

30

【0003】

プラズマ室内には、上記高周波を放射する棒状のアンテナが、プラズマ室の長手方向に沿って配置されている。プラズマ室内のアンテナ全体は、絶縁物から成るアンテナカバーで覆われている。このアンテナカバーは、プラズマによるスパッタリングによってアンテナからそれを構成する金属粒子が放出されてプラズマを汚染すること（即ち金属汚染あるいはメタルコンタミネーション）が発生するのを防止することが主目的で設けられている。

40

【0004】

電子サイクロトロン共鳴条件は、周知のように、例えば高周波の周波数が2.45GHzの場合に磁界の強さは87.5mTである。プラズマ室の外部に設けられた磁石によって、プラズマ室内には、上記電子サイクロトロン共鳴を起こさせる磁界が、上記アンテナを含む領域に当該アンテナに沿う方向に与えられる。

【0005】

【特許文献1】特許第4001185号公報（段落0020 - 0030、図1、図2）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

50

上記従来のプラズマ発生装置においては、アンテナは電子サイクロトロン共鳴条件が成立している場所を貫通しているため、アンテナの近傍で濃いプラズマが生成される。そしてこの濃いプラズマによって、アンテナカバーに大きな熱入力と強いスパッタリングが起これるので、アンテナカバーが消耗する。

【0007】

アンテナカバーが消耗して仮にそれに穴があくと、プラズマが直接アンテナをスパッタしてアンテナを構成している金属粒子が放出されるので、上述したメタルコンタミネーションが発生する原因になる。従ってアンテナカバーの寿命が、プラズマ発生装置の寿命を決める要因の一つになっている。

【0008】

そこでこの発明は、アンテナを有するECR型のプラズマ発生装置において、プラズマによるアンテナカバーの消耗の課題を解決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】

【0009】

この発明に係るプラズマ発生装置は、基板にイオンビームを照射して処理を施すイオンビーム照射装置においてイオンビーム照射の際の基板表面の帯電を抑制することに用いられる装置であって、真空に排気されると共にガスおよび高周波が導入されるプラズマ室と、当該プラズマ室の一方側に設けられていて1以上の孔を有する出口電極とを有していて、前記プラズマ室内で電子サイクロトロン共鳴を利用して前記ガスを電離させてプラズマを生成して、当該プラズマを前記出口電極を通して外部に放出するプラズマ発生装置において、

前記プラズマ室に隣接して設けられていて真空に排気されるアンテナ室と、
前記アンテナ室内に設けられていて高周波を放射するアンテナと、
絶縁物から成り、前記プラズマ室と前記アンテナ室との間を前記ガスを阻止するように仕切ると共に、前記アンテナから放射された高周波を前記プラズマ室内へ通す仕切り板と、

前記プラズマ室の外部に設けられていて、前記プラズマ室内に、前記電子サイクロトロン共鳴を起こす磁界を、前記出口電極からのプラズマの放出方向と交差する方向に発生させる磁石装置とを備えており、

かつ前記出口電極は、

複数の孔を有する第1出口電極と、

前記第1出口電極よりも前記プラズマの放出方向側に設けられていて、前記第1出口電極の複数の孔に対応する位置に複数の孔を有する第2出口電極と、

前記第1出口電極と第2出口電極との間に設けられていて、両電極の隣り合う孔間を仕切る仕切り壁とを備えている、ことを特徴としている。

【0010】

このプラズマ発生装置においては、真空に排気されるアンテナ室と、ガスが導入されるプラズマ室とを仕切り板で仕切っているため、プラズマはプラズマ室内でのみ生成され、アンテナ室内では生成されない。従って、アンテナはプラズマに曝されないため、アンテナをプラズマから保護するアンテナカバーが不要になり、プラズマによるアンテナカバーの消耗の課題を解決することができる。

【0011】

仕切り板はプラズマ室内のプラズマに曝されるけれども、当該仕切り板はプラズマ室の端にあって濃いプラズマからは離れているため、上記従来技術のアンテナカバーに比べて、プラズマによる熱入力およびスパッタリングは小さい。従って仕切り板は、上記従来技術のアンテナカバーに比べて消耗が少なくなり、長寿命になる。

【0012】

前記アンテナは、前記仕切り板に沿って伸びた形状をしており、前記磁石装置は、前記アンテナが伸びた方向に沿って伸びた構造をしており、前記出口電極は、前記アンテナが伸びた方向に沿って配列された複数の孔を有している、という構造を採用しても良い。前

10

20

30

40

50

記アンテナを前記仕切り板に当接させていても良い。

【 0 0 1 3 】

前記磁石装置は、前記プラズマ室を挟んで相対向するように配置された第 1 および第 2 の磁石と、前記第 1 および第 2 の磁石の背面間を接続する接続部、ならびに、前記第 1 および第 2 の磁石よりも前記プラズマの放出方向側において前記出口電極の横付近で内側に張り出して相対向する張り出し部を有して、前記第 1 および第 2 の磁石の外側を、前記張り出し部間を除いて囲んでいるヨークとを備えていても良い。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 5 】

請求項 1 に記載の発明によれば、真空中に排気されるアンテナ室と、ガスが導入されるプラズマ室とを仕切り板で仕切っているため、プラズマはプラズマ室内でのみ生成され、アンテナ室内では生成されない。従って、アンテナはプラズマに曝されないため、アンテナをプラズマから保護するアンテナカバーが不要になり、プラズマによるアンテナカバーの消耗の課題を解決することができる。

10

【 0 0 1 6 】

仕切り板はプラズマ室内のプラズマに曝されるけれども、当該仕切り板はプラズマ室の端にあって濃いプラズマからは離れているため、上記従来技術のアンテナカバーに比べて、プラズマによる熱入力およびスパッタリングは小さい。従って仕切り板は、上記従来技術のアンテナカバーに比べて消耗が少なくなり、長寿命になる。その結果、当該プラズマ発生装置の寿命を長くすることができる。

20

【 0 0 1 7 】

また、磁石装置は、出口電極からのプラズマの放出方向と交差する方向に磁界を発生させるため、外部に放出されるプラズマ中の電子は、低エネルギーの電子が主体になり、放出プラズマ中に高エネルギーの電子が含まれるのを防止することができる。その結果、当該プラズマ中の電子を用いてイオンビーム照射に伴う基板の帯電を抑制する際に、基板の負のチャージアップ電圧を小さく抑えることができる。

更に、出口電極は、上記構成をしているため、上記磁石装置が発生させる磁界を利用して、上記プラズマ中のエネルギーの高い電子およびイオンを阻止して、低エネルギーの電子を選択して通過させることができる。その結果、当該低エネルギーの電子を用いてイオンビーム照射に伴う基板の帯電を抑制することができるので、基板の負のチャージアップ電圧をより一層小さく抑えることができる。また、出口電極を通過したイオンが、基板を処理するためのイオンビームのビームラインに流入して、当該イオンビームの測定等に悪影響が生じることを抑制することができる。

30

【 0 0 1 8 】

請求項 2 に記載の発明によれば次の更なる効果を奏する。即ち、アンテナおよび磁石装置が上記方向に伸びており、かつ出口電極の複数の孔が上記方向に配列されているため、当該方向において幅が広くかつ均一性の良いプラズマを生成しかつ放出することができる。その結果、例えば、上記プラズマ中の電子を用いて、走査されたイオンビームまたはリボン状のイオンビームの照射に伴う基板の帯電を抑制する場合に、当該イオンビームにプラズマを均一性良く供給して、基板の帯電抑制を均一性良く行うことができる。

40

【 0 0 1 9 】

請求項 3 に記載の発明によれば次の更なる効果を奏する。即ち、アンテナを仕切り板に当接させていて、アンテナをプラズマ室に最大限近づけることができるため、アンテナから放射した高周波を仕切り板を通してプラズマ室内に効率良く導入することができる。その結果、プラズマ室内におけるプラズマの発生効率をより向上させることができる。

【 0 0 2 0 】

また、アンテナと仕切り板との間に電界が生じて両者間で不要な放電が発生するのを防止することができる。その結果、放電によって仕切り板が損傷を受ける等の不具合発生を防止することができる。

【 0 0 2 1 】

50

更に、アンテナへの伝熱によって仕切り板の熱を逃がして仕切り板を冷却することができる。その結果、仕切り板の温度上昇を抑えて仕切り板の寿命をより長くすることができる。

【0022】

請求項4に記載の発明によれば次の更なる効果を奏する。即ち、磁石装置のヨークが、第1および第2の磁石の外側を、張り出し部間を除いて囲んでいるので、漏れ磁界を、特にプラズマの放出領域への漏れ磁界を少なくすることができる。その結果、外部に放出されるプラズマ中の電子の密度分布が漏れ磁界によって乱されて不均一になることを抑制することができる。その結果、例えば、上記プラズマ中の電子を用いてイオンビーム照射に伴う基板の帯電を抑制する場合に、当該帯電抑制の均一性を高めることができる。

10

【0023】

また、ヨークに張り出し部を設けたことによって、当該張り出し部と第1および第2の磁石とで囲まれる領域の磁界が強くなり、プラズマ中の電子が当該磁界を横切るときにガス分子との衝突がより頻繁に起こって電子のエネルギーがより低下するので、外部に放出されるプラズマ中に含まれる低エネルギー電子の割合をより大きくすることができる。その結果、例えば、上記プラズマ中の電子を用いてイオンビーム照射に伴う基板の帯電を抑制する場合に、基板の負のチャージアップ電圧をより小さく抑えることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

図1は、この発明に係るプラズマ発生装置の一実施形態を示す断面図である。図2は、図1の線A-Aに沿う断面図である。

20

【0026】

このプラズマ発生装置10は、後でより詳しく説明するけれども、真空中に排気されると共にガス28および高周波（これは後述する仕切り板54を通して導入される）が導入されるプラズマ室20と、プラズマ室20の一方側（出口側）に設けられていて1以上の孔を有する出口電極80とを有して、プラズマ室20内で電子サイクロトロン共鳴を利用してガス28を電離させてプラズマ24を生成して、当該プラズマ24を出口電極80を通して外部に放出するものである。

【0027】

このプラズマ発生装置10は、更に、プラズマ室20に隣接して設けられていて真空中に排気されるアンテナ室40と、アンテナ室40内に設けられていて高周波48を放射するアンテナ42と、絶縁物から成り、プラズマ室20とアンテナ室40との間をガス28を阻止するように仕切ると共に、アンテナ42から放射された高周波48をプラズマ室20内へ通す仕切り板54と、プラズマ室20の外部に設けられていて、プラズマ室20内に、上記電子サイクロトロン共鳴を起こす磁界Bを、出口電極80からのプラズマ24の放出方向（後述するY方向）と交差する方向（この例では後述するZ方向だが、その逆方向でも良い）に発生させる磁石装置60とを備えている。アンテナ室40内にはガスを導入しない。

30

【0028】

磁石装置60がプラズマ室20内に発生させる磁界Bの強さは、電子サイクロトロン共鳴条件を成立させるものである。例えば、高周波48の周波数が2.45GHzのマイクロ波の場合は、約87.5mTである。

40

【0029】

磁石装置60は、例えば、永久磁石でも良いし、永久磁石とヨークとの組み合わせでも良いし、電磁石でも良い。あるいは、後述する構造を採用しても良い。

【0030】

出口電極80は、例えば、1枚の電極でも良いし、複数枚の電極でも良い。1枚の電極の場合は、プラズマ室20を形成する容器（例えば後述する真空容器22）の一部として当該容器と一体で形成しても良い。出口電極80の孔は、1以上で任意であり、スリット状の孔でも良い。あるいは、この出口電極80に後述する構造を採用しても良い。

50

【 0 0 3 1 】

このプラズマ発生装置 1 0 においては、ガスが導入されることなく真空に排気されるアンテナ室 4 0 と、ガス 2 8 が導入されるプラズマ室とを仕切り板 5 4 で仕切っているので、プラズマ 2 4 はプラズマ室 2 0 内でのみ生成され、アンテナ室 4 0 内では生成されない。従って、アンテナ 4 2 はプラズマ 2 4 に曝されないので、アンテナ 4 2 をプラズマ 2 4 から保護するアンテナカバーが不要になり、プラズマ 2 4 によるアンテナカバーの消耗の課題を解決することができる。

【 0 0 3 2 】

仕切り板 5 4 はプラズマ室 2 0 内のプラズマ 2 4 に曝されるけれども、当該仕切り板 5 4 はプラズマ室 2 0 の端にあって濃いプラズマ 2 4 からは離れているので、前述した従来技術のアンテナカバーに比べて、プラズマ 2 4 による熱入力およびスパッタリングは小さい。従って仕切り板 5 4 は、前述した従来技術のアンテナカバーに比べて消耗が少なくなり、長寿命になる。その結果、当該プラズマ発生装置 1 0 の寿命を長くすることができる。

10

【 0 0 3 3 】

また、磁石装置 6 0 は、出口電極 8 0 からのプラズマ 2 4 の放出方向と交差する方向に磁界 B を発生させるので、外部に放出されるプラズマ 2 4 中の電子は、低エネルギーの電子が主体になり、放出プラズマ 2 4 中に高エネルギーの電子が含まれるのを防止することができる。これは、プラズマ室 2 0 内で生成されるプラズマ 2 4 中の電子には、電子サイクロトロン共鳴によって加速されたエネルギーの高い電子が含まれているけれども、当該電子は、プラズマ 2 4 の放出方向と交差する方向の磁界 B に沿って運動するので、プラズマ室の壁面（例えば後述する絶縁物 3 0 ）に衝突して消滅することになる。従って、外部に放出されるプラズマ 2 4 中の電子は、ガス分子と衝突を繰り返してエネルギーが低下した低エネルギーの電子が主体になるからである。

20

【 0 0 3 4 】

その結果、例えば、次に述べる実施形態のように、上記プラズマ 2 4 中の電子によって、イオンビーム 2 の照射に伴う基板 4 の帯電を抑制する際に、基板 4 の負のチャージアップ電圧を小さく抑えることができる。これは、基板 4 に電子を過剰に供給すると基板 4 は負にチャージアップするけれども、そのチャージアップ電圧は、電子のエネルギー相当電圧までしか大きくならないからである。

30

【 0 0 3 5 】

次に、プラズマ発生装置 1 0 のより具体的な実施形態を説明する。

【 0 0 3 6 】

図 1、図 2 に示すプラズマ発生装置 1 0 は、真空容器 6 内において基板（例えば半導体基板）4 にイオンビーム 2 を照射して、基板 4 にイオン注入等の処理を施すイオンビーム照射装置（この装置は、イオン注入を行う場合はイオン注入装置と呼ばれる）に用いられている場合の例である。プラズマ発生装置 1 0 は、基板 4 の上流側近傍に位置する真空容器 6 の外部に、絶縁物 9 0 を介して取り付けられている。

【 0 0 3 7 】

イオンビーム 2 の進行方向を Z 方向とし、この Z 方向と実質的に直交する平面内において互いに実質的に直交する 2 方向を X 方向（例えば水平方向）および Y 方向（例えば垂直方向）とすると、この例では、イオンビーム 2 は、矢印 G で示すように X 方向に電界または磁界によって往復走査される。基板 4 は、矢印 H で示すように Y 方向に機械的に往復走査される。両走査の協働（ハイブリッドスキャン）によって、基板 4 の全面にイオンビーム 2 を均一性良く照射して均一性の良いイオン注入を行うことができる。

40

【 0 0 3 8 】

もっとも、イオンビーム 2 は、走査を経ることなく X 方向の幅が広いリボン状のイオンビームでも良い。以下においては、プラズマ発生装置 1 0 についての説明を、イオンビーム 2 が X 方向に走査される場合を例に説明しているけれども、イオンビーム 2 が上記リボン状のイオンビームの場合も同様である。

50

【0039】

基板4にイオン注入を行う際に、プラズマ発生装置10から放出したプラズマ24をイオンビーム2または基板4の近傍に供給して、プラズマ24中の電子を用いて、イオンビーム照射に伴う正電荷を中和して、基板4の表面の帯電を抑制することができる。

【0040】

プラズマ発生装置10は、この実施形態では、イオンビーム2の上記X方向の走査に対応することができるように、X方向に長く伸びた構造をしている。それによって、X方向の幅が広いプラズマ24を放出して、X方向に走査されるイオンビーム2付近にプラズマ24を万遍なく供給して、基板4の表面において帯電を万遍なく抑制することができる。

【0041】

プラズマ発生装置10は、真空容器22を有しており、その内部に、プラズマ室20とアンテナ室40とが、仕切り板54を挟んで、互いに上下に隣接して形成されている。真空容器22は、X方向に沿って伸びた(換言すればX方向を長辺とする)角筒状をしている。従って、プラズマ室20およびアンテナ室40も、X方向に沿って伸びた形状をしている。

【0042】

磁石装置60の近くにある物体は、例えばこの真空容器22(但しその上蓋23を除く)、アンテナ42、出口電極80等は、磁石装置60が発生する磁界Bを乱さないように、非磁性体で構成されている。真空容器22の上蓋23は、この実施形態では、磁石装置60の後述するヨークの一部を兼ねているので、磁性体(より具体的には強磁性体)で形成されている。磁性体の表面は、高周波損失を減少させるために銀メッキ等で覆っていても良い。

【0043】

プラズマ室20は、出口電極80側から(即ち出口電極80を通して)、図示しない真空排気装置によって真空排気されると共に、ガス導入口26からガス28が導入される。ガス28は、例えばキセノンガスであるが、これに限られるものではない。

【0044】

プラズマ室20内には、更に、アンテナ42から放射された高周波48が、仕切り板54を通して導入される。この高周波48と、磁石装置60が発生させる磁界Bとによって、プラズマ室20内において、電子サイクロトロン共鳴を利用して、ガス28を電離させてプラズマ24を生成することができる。

【0045】

プラズマ室20を囲む壁面は、できるだけ広く絶縁物で覆っておくのが好ましい。それによって、プラズマ24によるスパッタリングによって、真空容器22等からそれを構成する粒子(例えば金属粒子)が放出されてプラズマ24を汚染するのを抑制することができる。この実施形態では、プラズマ室20の上面は絶縁物から成る仕切り板54であるので、プラズマ室20の側面および下面(出口面)を絶縁物30および32でそれぞれ覆っている。両絶縁物30、32は、例えば、石英、アルミナ等から成る。

【0046】

絶縁物32は、プラズマ24を通すものであってX方向に配列された複数の孔33を有している。この孔33は、出口電極80の後述する孔83、85に対応した位置に設けられている。

【0047】

絶縁物32の下面側に近接または当接させて、プラズマ電極34を設けている。このプラズマ電極34は、プラズマ24を通すものであって上記孔33に対応する位置に設けられた複数の孔35を有している。このプラズマ電極34は、例えばカーボンから成る。

【0048】

このプラズマ電極34は、プラズマ24と接してプラズマ24の電位を確保するためのものであり、真空容器22と同電位にされている。即ち、プラズマ室20を絶縁物で完全に囲むと、プラズマ24に接する導体がなくなってプラズマ24に電位が与えられなくな

10

20

30

40

50

り、プラズマ 2 4 に電流が流れなくなるとプラズマ 2 4 から電子を引き出すことが困難になるけれども、これをプラズマ電極 3 4 によって防止することができる。この作用と、プラズマ 2 4 の上記汚染抑制とを両立させるために、絶縁物 3 2 の孔 3 3 をプラズマ電極 3 4 の孔 3 5 よりも若干大きくして（図 5 も参照）、プラズマ 2 4 に接するプラズマ電極 3 4 の面積を必要最小限にして、プラズマ電極 3 4 からの金属粒子によるプラズマ 2 4 の汚染を最小限に抑えるようにしている。

【 0 0 4 9 】

もっとも、プラズマ電極 3 4 を設ける代わりに、出口電極 8 0 を絶縁物 3 2 に近接または当接させて配置して、この出口電極 8 0 に上記プラズマ電極 3 4 と同様の作用をさせても良い。

10

【 0 0 5 0 】

アンテナ室 4 0 は、排気口 5 0 を通して、図示しない真空排気装置（例えばプラズマ室 2 0 を真空排気する真空排気装置と同一の真空排気装置）によって、真空に排気される。排気口 5 0 の入口には、アンテナ 4 2 から放射された高周波 4 8 が漏れ出すのを抑制する金属製のグリッド 5 2 が設けられている。このアンテナ室 4 0 内には、ガスは導入しない。従って、プラズマ室 2 0 とアンテナ室 4 0 との間の差圧は、プラズマ室 2 0 内におけるガス 2 8 の圧力程度であり、これは例えば $10^{-3} \sim 10^{-2}$ Pa 程度と非常に小さい。

【 0 0 5 1 】

仕切り板 5 4 は、例えば、石英、アルミナ等の絶縁物から成る。この仕切り板 5 4 は、プラズマ室 2 0 内に導入されたガス 2 8 がアンテナ室 4 0 へ漏れるのを阻止する働きをするが、必ずしも完全に（即ち 100%）阻止する必要はない。例えば端部から若干漏れても構わない。要は、アンテナ室 4 0 内でプラズマが生じない程度にガス 2 8 を阻止すれば良い。

20

【 0 0 5 2 】

また、仕切り板 5 4 は、プラズマ室 2 0 とアンテナ室 4 0 との間の上記差圧や、この実施形態のようにアンテナ 4 2 を当接させている場合はその押圧力に耐える程度の強度は必要であるが、大気圧に耐えるほどの厚さは必要でない。従って、この仕切り板 5 4 を薄くすることができるので、アンテナ 4 2 から放射された高周波 4 8 を低損失でプラズマ室 2 0 へ通すことができる。例えば仕切り板 5 4 の厚さは、1 mm ~ 3 mm 程度でも良い。

【 0 0 5 3 】

アンテナ 4 2 は、この実施形態では、細長い板状をしており、かつ仕切り板 5 4 に沿って X 方向に伸びた形状をしている。このアンテナ 4 2 には、図示しない高周波電源（例えばマイクロ波電源）から、インピーダンス整合回路等を経由して、かつ給電導体 4 4 を通して、高周波 4 8 が供給される。給電導体 4 4 が上蓋 2 3 を貫通する部分には絶縁物 4 6 が設けられている。高周波 4 8 は、例えば、周波数が 2 . 4 5 GHz のマイクロ波であるが、それに限られるものではない。この高周波 4 8 の周波数に応じてアンテナ 4 2 の長さを決めれば良い。

30

【 0 0 5 4 】

この実施形態では、アンテナ 4 2 は、2 . 4 5 GHz に対して 1 / 2 波長の整数倍（例えば 2 倍）の長さを有している。これによって、X 方向に沿う広い領域から高周波 4 8 を放射することができるので、プラズマ室 2 0 内に X 方向において均一性の良いプラズマ 2 4 を生成することができる。

40

【 0 0 5 5 】

従来型では、アンテナ端が開放されているため、プラズマの高周波吸収条件によって、電界の節の位置が変化し、プラズマの発生場所が不安定になるが、この実施形態では、アンテナ 4 2 の長さを上記のように 1 / 2 波長の整数倍にし、アンテナ 4 2 の両端を真空容器 2 2 の上蓋 2 3 に電気的に接続して、電気的に固定端としているので、アンテナ 4 2 の両端を常に高周波電界の節とすることができる。これによって、アンテナ 4 2 の電位分布を安定させることができる。ひいては、プラズマの発生場所が特定できるため、プラズマの取り扱いが容易となる。

50

【 0 0 5 6 】

アンテナ 4 2 は、この実施形態のように、仕切り板 5 4 に当接させておいても良い。それによって次のような効果が得られる。

【 0 0 5 7 】

即ち、アンテナ 4 2 をプラズマ室 2 0 に最大限近づけることができるので、アンテナ 4 2 から放射した高周波 4 8 を仕切り板 5 4 を通してプラズマ室 2 0 内に効率良く導入することができる。その結果、プラズマ室 2 0 内におけるプラズマ 2 4 の発生効率をより向上させることができる。

【 0 0 5 8 】

また、仮にアンテナ 4 2 と仕切り板 5 4 とが離れていると、両者間がコンデンサのようになり、両者の表面に互いに逆極性の電荷が表れて両者間に電界が生じて、両者間で不要な放電が発生する恐れがあるけれども、アンテナ 4 2 を仕切り板 5 4 に当接させたことによって、アンテナ 4 2 と仕切り板 5 4 との間に電界が生じて両者間で不要な放電が発生するのを防止することができる。その結果、放電によって仕切り板 5 4 が損傷を受ける等の不具合発生を防止することができる。

10

【 0 0 5 9 】

更に、アンテナ 4 2 への伝熱によって仕切り板 5 4 の熱を逃がして仕切り板 5 4 を冷却することができる。その結果、仕切り板 5 4 の温度上昇を抑えて仕切り板 5 4 の寿命をより長くすることができる。

【 0 0 6 0 】

アンテナ 4 2 が X 方向に伸びていることに加えて、この実施形態では、磁石装置 6 0 も、アンテナ 4 2 が伸びた X 方向に沿って伸びた構造をしている。更に出口電極 8 0 は、アンテナ 4 2 が伸びた X 方向に沿って配列された複数の孔 8 3、8 5 を有している。このような構造によって、X 方向において幅が広くかつ均一性の良いプラズマ 2 4 を生成しかつ放出することができる。その結果、前述したように、X 方向に走査されるイオンビーム 2 (または X 方向に幅の広いリボン状のイオンビーム) 付近にプラズマ 2 4 を均一性良く供給して、基板 4 の帯電抑制を均一性良く行うことができる。

20

【 0 0 6 1 】

磁石装置 6 0 は、この実施形態では、プラズマ室 2 0 を Z 方向において挟んで相対向するように配置された第 1 および第 2 の磁石 6 2 および 6 4 と、次のような構造のヨーク 7 0 とを備えている。

30

【 0 0 6 2 】

両磁石 6 2、6 4 は、この実施形態では永久磁石である。各磁石 6 2、6 4 は、それぞれ、1 本の棒状の永久磁石でも良いし、複数の棒状の永久磁石を X 方向に沿って並べたものでも良い。両磁石 6 2、6 4 が発生させる磁界 B の方向は、図示例では Z 方向 (即ちイオンビーム 2 の進行方向) であるが、それと逆方向でも良い。両磁石 6 2、6 4 の内側面には、この実施形態では、磁界の集中を緩和するために、断面半円形の強磁性体から成る磁極 6 6、6 8 をそれぞれ設けている。

【 0 0 6 3 】

ヨーク 7 0 は、両磁石 6 2、6 4 の背面間を接続する接続部 7 1 と、両磁石 6 2、6 4 よりもプラズマ 2 4 の放出方向側 (より具体的には第 1 出口電極 8 2 と第 2 出口電極 8 4 との間に相当する位置) において出口電極 8 0 の横付近で内側に張り出して相対向する張り出し部 7 2 とを有している。接続部 7 1 および張り出し部 7 2 は強磁性体から成る。前述したように、真空容器 2 2 の上蓋 2 3 は強磁性体から成り、この接続部 7 1 の一部を構成している。

40

【 0 0 6 4 】

上記ヨーク 7 0 によって、両磁石 6 2、6 4 の外側を、張り出し部 7 2 間を除いて囲んでいる。従って、漏れ磁界を、特にプラズマ 2 4 の放出領域への漏れ磁界を少なくすることができる。その結果、外部に放出されるプラズマ 2 4 中の電子の密度分布が漏れ磁界によって乱されて不均一になることを抑制することができる。その結果、上記プラズマ 2 4

50

中の電子を用いてイオンビーム照射に伴う基板4の帯電を抑制する際に、当該帯電抑制の均一性を高めることができる。

【0065】

図3は、磁石装置60による磁界の様子を解析した結果の一例を示す概略図である。上記磁界Bを表す磁力線74の代表的なものを幾つか図示している。この解析から、磁石装置60の外部への漏れ磁界が非常に少ないことが確かめられた。

【0066】

また、電子サイクロトロン共鳴条件が成立している領域76（太線で示す部分）が仕切り板54から離れていることも確かめられた。当該領域76付近では濃いプラズマ24が生成されるが、それが仕切り板54から離れているので、前述したように、従来技術のアンテナカバーに比べて、プラズマ24による仕切り板54への熱入力およびスパッタリングを小さくすることができる。

10

【0067】

また、この図3からも分かるように、この磁石装置60においては、両磁石62、64間の磁力線は開いておらず（これはミラー磁場と呼ばれる）、このような磁力線74がX方向に並んでいるので、プラズマ24中の電子24eは磁力線74を横切らないと出てこない。磁力線74を横切るときに、電子24eはラーモア運動によって磁界Bに拘束されて移動が遅くなるので、ガス分子との衝突が頻繁に起こる。ガス分子と衝突すれば電子24eのエネルギーは低下する。従って前述したように、外部に放出されるプラズマ24中の電子は、低エネルギーの電子が主体になる。例えば、エネルギーが1eV～10eV程度の電子を主体にすることができる。

20

【0068】

しかも、ヨーク70に張り出し部72を設けたことによって、両側の張り出し部72と第1および第2の磁石62および64とで囲まれる領域78の磁界が強くなり、電子24eが磁界を横切るときに当該ガス分子との衝突がより頻繁に起こって電子24eのエネルギーがより低下するので、外部に放出されるプラズマ24中に含まれる低エネルギー電子の割合をより大きくすることができる。その結果、プラズマ24中の電子24eを用いてイオンビーム照射に伴う基板4の帯電を抑制する際に、基板4の負のチャージアップ電圧をより小さく抑えることができる。

【0069】

出口電極80は、この実施形態では、アンテナ42が伸びた方向であるX方向に沿って配列された複数の孔83を有する第1出口電極82と、第1出口電極82よりもプラズマ24の放出方向側（即ちY方向の下側）に設けられていて、第1出口電極82の複数の孔83に対応する位置に複数の孔85を有する第2出口電極84と、第1出口電極82と第2出口電極84との間に設けられていて、両電極82、84の隣り合う孔83、85間を仕切る仕切り壁86とを備えている。両電極82、84は、真空容器22およびプラズマ電極34と同電位にされている。

30

【0070】

両電極82、84の孔83、85は、図4も参照して、この実施形態ではX方向に沿って1列に配置されているが、複数列にしても良い。複数列にする場合は、仕切り壁86と同様の考えで、各列間を仕切る仕切り壁を更に設ければ良い。

40

【0071】

出口電極80を上記構造にしたことによって、エネルギーの高い電子およびイオンを阻止して、低エネルギーの電子を選択して（換言すれば優先的に）通過させることができる。これを図5を参照してより詳しく説明する。

【0072】

出口電極80付近には、上記磁石装置60が発生する磁界Bが、弱いけれども存在する。この磁界Bは、磁石装置60が図2、図3に示したような構造のヨーク70を有していない場合にも存在するし、当該ヨーク70を有している場合でも上記張り出し部72を有しているので存在する。この磁界Bは、磁石装置60からY方向下側に離れるにつれて弱

50

くなっている。より具体的には、第1出口電極82付近の方が第2出口電極84付近よりも磁界Bは強くなる。

【0073】

プラズマ24中の電子 $24e$ やイオン $24i$ がこの出口電極80に入って来たとき、これらの荷電粒子は磁界B中で螺旋状にラーモア運動をし、かつそのラーモア半径は、磁石装置60から遠ざかるにつれて磁界Bが弱くなるので大きくなる。

【0074】

上記電子 $24e$ にはエネルギーの異なる電子が含まれているが、上記のように第1出口電極82付近では磁界Bが強くて、エネルギーの大きい電子 $24e_1$ もエネルギーの小さい電子 $24e_2$ も、そのラーモア半径は第1出口電極82の孔83の寸法に比べて小さいので孔83を通過する。しかし、第2出口電極84付近では磁界Bが弱くて両電子 $24e_1$ 、 $24e_2$ のラーモア半径は大きくなり、その内、エネルギーの小さい電子 $24e_2$ は、そのラーモア半径が第2出口電極84の孔85の寸法に比べて小さいので孔85を通過することができるけれども、エネルギーの大きい電子 $24e_1$ は、そのラーモア半径が第2出口電極84の孔85の寸法よりも大きくなって孔85を通過することができず、第2出口電極84の板面等に衝突する。このような作用によって、高エネルギーの電子が第2出口電極84を通して放出されるのを防止することができる。

【0075】

イオン $24i$ は、電子 $24e$ に比べて質量が非常に大きいので、ラーモア半径は非常に大きいけれども、主として第1出口電極82付近の強い磁界Bによって所定方向に曲げられるので、第2出口電極84の孔85を通過することができず、仕切り壁86や第2出口電極84の板面に衝突する。

【0076】

上記のような作用によって、出口電極80において、エネルギーの高い電子およびイオンを阻止して、低エネルギーの電子を選択して通過させることができる。この場合は、イオンを阻止することができるので、出口電極80を通して出て来るものは、電子が主体であると言えることができる。第2出口電極84の孔85の大きさ(例えば直径D)によって、通過させる電子 $24e$ のエネルギーを調整することができる。例えば、孔85を小さくすれば通過することのできる電子 $24e$ のエネルギーは小さくなり、孔85を大きくすれば通過することのできる電子 $24e$ のエネルギーは大きくなる。

【0077】

その結果、上記のようにして選択的に通過させた低エネルギーの電子 $24e$ を用いてイオンビーム照射に伴う基板4の帯電を抑制する際に、基板4の負のチャージアップ電圧をより一層小さく抑えることができる。

【0078】

また、プラズマ24中のイオンが出口電極80を通過して、上記イオンビーム2のビームラインに流入すると、当該イオンビーム2のビーム電流の測定時にノイズの原因になる等、イオンビーム2の測定等に悪影響が生じる場合があるけれども、それを上記出口電極80によって防止することができる。

【0079】

出口電極80およびそれと同電位部には、図1に示す例のように、直流の引出し電源92によって、真空容器6の電位を基準にして負の引出し電圧 V_E を印加するようにしても良い。そのようにすれば、プラズマ室20で発生させたプラズマ24から出口電極80を通して電子 $24e$ を引き出しやすくなる。引出し電圧 V_E の大きさは、例えば、3V~25V程度にすれば良い。

【図面の簡単な説明】

【0080】

【図1】この発明に係るプラズマ発生装置の一実施形態を示す断面図である。

【図2】図1の線A-Aに沿う断面図である。

【図3】磁石装置による磁界の様子を解析した結果の一例を示す概略図である。

10

20

30

40

50

【図4】 出口電極の仕切り壁の一例を示す横断面図である。

【図5】 出口電極付近におけるプラズマ中の電子およびイオンの運動の例を模式的に示す図である。

【符号の説明】

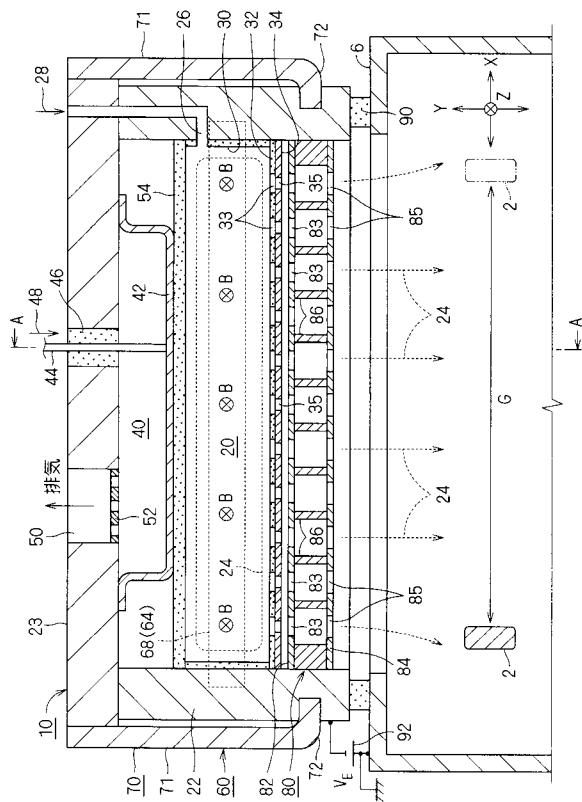
【0081】

- 10 プラズマ発生装置
- 20 プラズマ室
- 24 プラズマ
- 28 ガス
- 40 アンテナ室
- 42 アンテナ
- 48 高周波
- 54 仕切り板
- 60 磁石装置
- 62、64 磁石
- 70 ヨーク
- 80 出口電極
- 82 第1出口電極
- 84 第2出口電極
- 86 仕切り壁

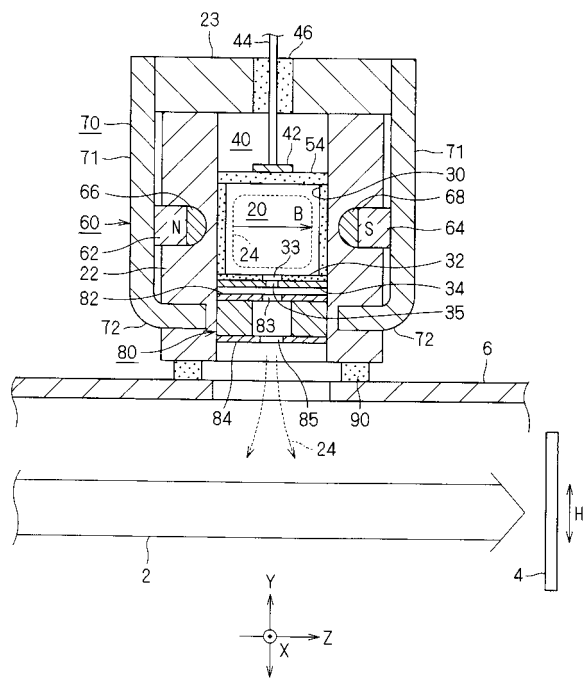
10

20

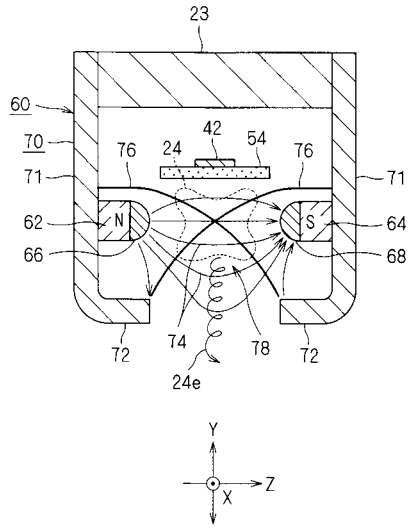
【図1】



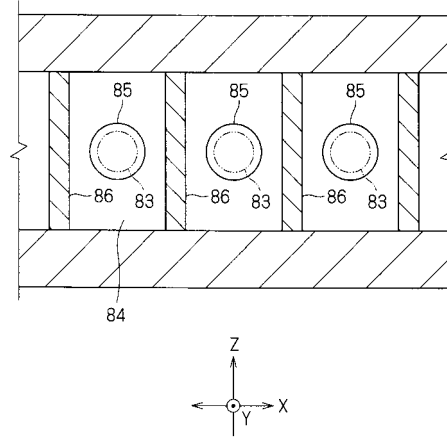
【図2】



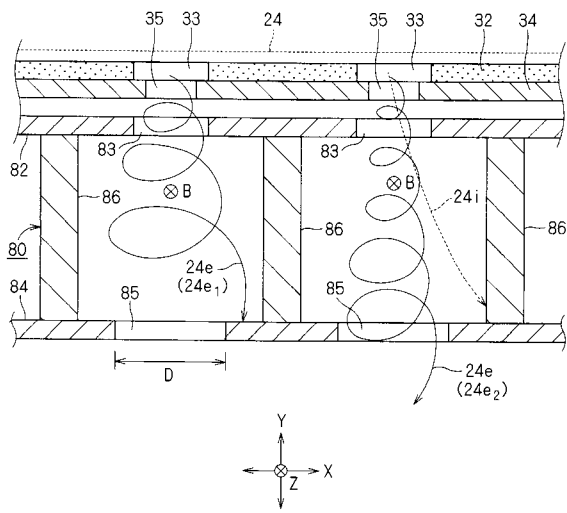
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-223299(JP,A)
特開平11-293470(JP,A)
特開平03-020460(JP,A)
特開平11-102799(JP,A)
特表2003-533022(JP,A)
特開2005-256024(JP,A)
特許第4001185(JP,B2)
国際公開第98/033362(WO,A1)
特開平08-209341(JP,A)
特開2004-281232(JP,A)
特開2004-214298(JP,A)
特開2002-352761(JP,A)
特開平06-068838(JP,A)
特開平01-219161(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H 1/46
H01J 27/16
H01J 37/08
H01J 37/317
H01L 21/265