

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5487302号
(P5487302)

(45) 発行日 平成26年5月7日(2014.5.7)

(24) 登録日 平成26年2月28日(2014.2.28)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L 21/3065 (2006.01)		HO 1 L 21/302	IO 1 C	
HO 1 L 21/205 (2006.01)		HO 1 L 21/205		
HO 5 H 1/46 (2006.01)		HO 5 H 1/46	L	

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2012-519841 (P2012-519841)	(73) 特許権者	000227294 キヤノンアネルバ株式会社 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1
(86) (22) 出願日	平成23年11月21日(2011.11.21)	(74) 代理人	100094112 弁理士 岡部 譲
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/006459	(74) 代理人	100106183 弁理士 吉澤 弘司
(87) 国際公開番号	W02012/073449	(74) 代理人	100170601 弁理士 川崎 孝
(87) 国際公開日	平成24年6月7日(2012.6.7)	(72) 発明者	池田 真義 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1 キヤノンアネルバ株式会社内
審査請求日	平成24年4月24日(2012.4.24)	(72) 発明者	坂本 清尚 神奈川県川崎市麻生区栗木2-5-1 キヤノンアネルバ株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2010-267321 (P2010-267321)		
(32) 優先日	平成22年11月30日(2010.11.30)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2011-192372 (P2011-192372)		
(32) 優先日	平成23年9月5日(2011.9.5)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板をプラズマで処理するプラズマ処理装置であって、
内部に前記基板を配置可能な容器と、
前記容器内に前記プラズマを発生させるように、前記容器の周囲を取り囲んで設けられているアンテナと、
前記容器内に磁場を発生させて前記プラズマを拡散させるように、前記アンテナの周囲を取り囲んで設けられている磁場発生手段と、
前記磁場発生手段を傾けるための傾き調整手段と、
を備え、
前記磁場発生手段は、同心状に配置された第1のソレノイドコイルと第2のソレノイドコイルとを有し、
前記傾き調整手段が、前記第1のソレノイドコイルと前記第2のソレノイドコイルとにそれぞれ設けられている
ことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】

前記アンテナは第1の軸に対して軸対称であって、前記第1の軸を囲むように構成された環状アンテナであり、
前記第1および第2のソレノイドコイルは、それぞれ第2の軸に対して軸対称であって、前記第2の軸を囲むように構成されたソレノイドコイルであり、

前記第 1 の軸と前記第 2 の軸とが所定の角度をなすように、前記第 1 および第 2 のソレノイドコイルは、それぞれ前記傾き調整手段により傾けられることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記磁場発生手段を支持するベース板をさらに備え、前記傾き調整手段は、前記磁場発生手段と前記ベース板との間に設けられている板状部材である

ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記磁場発生手段を支持するベース板をさらに備え、前記傾き調整手段は、前記ベース板に接続されている上下運動が可能な駆動ユニットであり、

前記磁場発生手段が、前記駆動ユニットの上下運動により前記ベース板が傾けられることによって傾けられる

ことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記ベース板は、前記容器を取り囲む環状であり、前記駆動ユニットは、前記ベース板の一端側に設けられる第 1 の駆動ユニットと、前記ベース板の他端側に設けられる第 2 の駆動ユニットと、を有する

ことを特徴とする請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】

前記ベース板は、前記容器を取り囲む環状であり、前記駆動ユニットは、前記ベース板の円周方向に等角度で配置されている第 1 の駆動ユニットと第 2 の駆動ユニットと第 3 の駆動ユニットと、を有する

ことを特徴とする請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】

前記第 1 の軸と前記第 2 の軸とがなす角度が 0° から 5° の範囲であることを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記容器が、内部に前記プラズマを発生させるための電力供給容器と、前記電力供給容器と内部空間が通じるように接続され、内部に前記基板を配置可能な処理容器と、

を備える、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はプラズマ処理装置に関し、特に、ドライエッチング装置、プラズマ CVD 装置、スパッタリング装置、表面改質装置に適したプラズマ処理装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

基板処理のためのプラズマ処理装置のプラズマ源として、従来、低圧力で高密度なプラズマを生成できる誘導結合型プラズマ (Inductive Coupled Plasma: 以下「ICP」という) や、ヘリコン波を励起・伝播させてプラズマを生成するヘリコン波プラズマ (以下「ヘリコン」という) が知られている。ICP は、通常、高周波電力が印加されるアンテナを利用してプラズマを生成する。ヘリコンは、通常、ICP と同様なアンテナを備え、さらに磁気回路と組み合わせてヘリコン波がプラズマ中に伝搬できるように構成される。

【0003】

図 15 を参照して従来のプラズマ処理装置の構成の一例を説明する (特許文献 1 参照)

10

20

30

40

50

。このプラズマ処理装置はICPの装置から構成される。この装置は、内部を減圧状態に保持できる基板処理室101と、基板処理室101内で基板103を支持する基板支持機構102と、基板処理室101内にガスを導入するガス導入機構104と、基板処理室101の内部にプラズマを生成するための環状のアンテナ105と、アンテナ105に高周波電力を供給する高周波電源106と、高周波電源106からアンテナ105に高周波電力を供給する際に整合をとるための整合回路107を備えている。基板処理室101は、石英等の非金属部101aと、アルミニウムやステンレス等からなる金属部101bとから形成される。アンテナ105の周囲には磁場を拡散するためのソレノイドコイル108, 109が配置されている。さらに必要に応じて、基板処理室101の周囲には永久磁石110が配置される。この永久磁石110は、基板処理室101の壁面においてプラズマの損失を抑制するために設けられる。以上の構成によって、直流電源111, 112によりソレノイドコイル108, 109の各々に直流電力を供給することにより基板処理室101の内部に磁場が生成され、基板処理室101の非金属部101aで生成されたプラズマを基板処理室の金属部101bに拡散することができる。なお、図15において、基板処理室101内を減圧状態に保持するための排気機構、基板103を搬送する基板搬送機構、基板温度調整機構、基板処理室101の壁面温度調整機構、およびガス導入機構104までガスを供給するガス供給機構等の図示は説明の便宜上省略されている。

10

【0004】

次に上記のプラズマ処理装置を使って基板を処理する手順を説明する。基板処理室101の内部に図示しない基板搬送機構により基板103を搬送し、基板支持機構102の上に基板103を固定する。図示しない排気機構により基板処理室101の内部は所定の圧力に減圧され、さらに図示しないガス供給機構から供給されるガスはガス導入機構104を介して基板処理室101に導入され、所定の圧力に保持される。高周波電源106から整合回路107を介してアンテナ105に高周波を印加し、基板処理室101の内部にプラズマを生成し、このプラズマで基板103を処理する。尚、ヘリコン波を励起する場合には、高周波が印加される間、直流電源111, 112によりソレノイドコイル108, 109に直流電流を流し、基板処理室101の内部に磁場を形成する。このとき、通常、ソレノイドコイル108, 109には逆向きの電流が流れることになる。

20

【0005】

一方、特許文献2には、ECR（電子サイクロトロン共鳴）を利用したエッチング装置が開示されている。図16は、特許文献2に開示されたECR（電子サイクロトロン共鳴）エッチング装置を示す。この装置310は、装置本体311の上部に設けられたイオン化室311aに石英窓313を通して2.45GHzのマイクロ波314を供給し、外部磁気コイル312を用いて放電を起こすものである。このマイクロ波314と外部磁気コイル312による磁界により電子は、サイクロトロン共鳴状態となる。励起された電子は、エッチングガス315を解離させ、高密度のプラズマを発生させる。電離したイオンは、引き出し電極316から発散磁界に沿って装置本体311の下部に設けられたプロセス室311bに入り、良好な指向性（異方性）エッチングを可能にする。一方、支持基板301は、傾斜角度を自由に設定可能な傾斜ステージ317によって斜めに保持された基板ホルダ318に取り付けられ、更に図示しないモータによって回転軸319を中心に回転する。図16に示すECR（電子サイクロトロン共鳴）エッチング装置においては、エッチング時のイオンビーム316aに対して支持基板301を（90° - ）だけ傾け、さらに回転軸319を回転させることにより、逆テーパ形状の薄膜が形成される。

30

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平10-172790号公報

【特許文献2】特開2002-18798号公報

【発明の概要】

【0007】

50

前述した従来の特許文献1記載のプラズマ処理装置は次のような問題を提起する。ソレノイドコイル108, 109の電流値を変化させて発生する磁場の分布を変化させることにより、基板103を処理するプラズマ密度分布を制御することができる。しかし、ソレノイドコイル108, 109の電流値を変化させると、磁場の分布は同心円状に変化するのでプラズマ密度分布も同心円状に変化し、もしプラズマ密度分布の中心が処理基板103の中心からずれていると、ソレノイドコイル108, 109の電流値を変化させただけでは、このずれを修正することは出来ない。例えばエッチング装置でこのプラズマ密度分布の偏りが生じると、結果としてエッチング速度分布の偏りとなって現れる。

【0008】

プラズマ密度分布の中心がずれる理由は、アンテナ105形状や高周波電力の印加方法、容器に対するアンテナ105の取付け精度、ガス導入と排気系位置によるガス流れなどによるプラズマ生成の不均一性の問題や、ソレノイドコイル108, 109、永久磁石106の部品精度、取付け精度によるプラズマ拡散の不均一性の問題によると考えられる。

【0009】

一方、前述した従来の特許文献2記載のECR(電子サイクロトロン共鳴)エッチング装置は、基板301を傾けることによって、非対称なエッチング分布を改善することはできるが、プラズマ自体の不均一性を残したままとなるので、プラズマ不均一による基板301へのチャージアップダメージ等が発生することが予想される。

【0010】

本発明の目的は、上記問題を解決することにより、プラズマ自体の凹凸分布を制御し、かつプラズマ密度分布の偏りを補正し、基板を均一に処理することが可能なプラズマ処理装置を提供することである。

【0011】

本発明に係るプラズマ処理装置は、上記目的を達成するため、次のように構成される。

【0012】

上記目的を達成するために、本発明の第1の態様は、基板をプラズマで処理するプラズマ処理装置であって、内部に前記基板を配置可能な容器と、前記容器内に前記プラズマを発生させるように、前記容器の周囲を取り囲んで設けられているアンテナと、前記容器内に磁場を発生させて前記プラズマを拡散させるように、前記アンテナの周囲を取り囲んで設けられている磁場発生手段と、前記アンテナ及び前記磁場発生手段の少なくとも一方を傾げるための傾き調整手段と、を備える、プラズマ処理装置である。

【0013】

上記第1の態様では、前記傾き調整手段により、磁場発生手段とアンテナの少なくとも一方を傾かせることができる。こうすることで、予め基板処理を行ないプラズマ処理分布の偏りが判っていれば、処理の遅い方向にプラズマの中心が向くように前記磁場発生手段又はアンテナの傾きを変えることで、前記磁場発生手段により発生する磁界の傾き又は前記アンテナにより発生されるプラズマの分布を変える。こうすることでプラズマ密度分布の偏りを補正し、基板を均一に処理することが可能となる。

【0014】

上記目的を達成するために、本発明の第2の態様は、上記第1の態様において、前記アンテナは第1の軸に対して略軸対称であって、前記第1の軸を囲むように構成された環状アンテナであり、前記磁場発生手段は第2の軸に対して略軸対称であって、前記第2の軸を囲むように構成されたソレノイドコイルであり、前記第1の軸と前記第2の軸とが所定の角度をなすように、前記環状アンテナ及び前記ソレノイドコイルの少なくとも一方が前記傾き調整手段により傾けられることを特徴とするプラズマ処理装置である。

【0015】

また、上記目的を達成するために、本発明の第3の態様は、上記第1の態様において、前記磁場発生手段を支持するベース板をさらに備え、前記傾き調整手段は、前記磁場発生手段と前記ベース板との間に設けられている板状部材であることを特徴とするプラズマ処理装置である。

10

20

30

40

50

【0016】

上記第3の態様では、前記磁場発生手段と前記ベース板との間に設けられた板状部材の厚さを調整することにより、前記磁場発生手段の一方側の高さとは方側の高さとを異ならせることができる。これにより、前記磁場発生手段をアンテナの中心線に対し、所定角度傾かせることができる。

【0017】

また、上記目的を達成するために、本発明の第4の態様は、上記第1の態様において、前記磁場発生手段を支持するベース板をさらに備え、前記傾き調整手段は、前記ベース板に接続されている上下運動が可能な駆動ユニットであり、前記磁場発生手段が、前記駆動ユニットの上下運動により前記ベース板が傾けられることによって傾けられることを特徴とするプラズマ処理装置である。

10

【0018】

上記第4の態様では、前記駆動手段を上下動させることにより、前記磁場発生手段の一方側の高さとは方側の高さとを連続的に変化させることができる。これにより、前記磁場発生手段をアンテナの中心線に対し、所定角度傾かせることができる。

【0019】

また、上記目的を達成するために、本発明の第5の態様は、上記第4の態様において、前記ベース板は、前記容器を取り囲む略環状であり、前記駆動ユニットは、前記ベース板の一端側に設けられる第1の駆動ユニットと、前記ベース板の他端側に設けられる第2の駆動ユニットと、を有することを特徴とするプラズマ処理装置である。

20

【0020】

上記第5の態様では、前記駆動ユニットは、前記ベース板の一端側と他端側とをそれぞれアンテナの中心線に対し、所定角度傾かせることができる。

【0021】

また、上記目的を達成するために、本発明の第6の態様は、上記第4の態様において、前記ベース板は、前記容器を取り囲む略環状であり、前記駆動ユニットは、前記ベース板の円周方向に等角度で配置されている第1の駆動ユニットと第2の駆動ユニットと第3の駆動ユニットと、を有することを特徴とするプラズマ処理装置である。

【0022】

上記第6の態様では、前記第1の駆動ユニット、第2の駆動ユニット、第3の駆動ユニットをそれぞれ周期的に上下動させることにより、第1の駆動ユニットに対応する磁場発生手段の高さ位置、第2の駆動ユニットに対応する磁場発生手段の高さ位置、第3の駆動ユニットに対応する磁場発生手段の高さ位置を、一定周期で可変にすることができる。これにより、基板処理中に前記磁場発生手段の傾きを一定周期で変化させる。こうすることで、磁場発生手段中心線がアンテナの中心線の回りを一定の傾き角を保ちつつ巡回移動し、前記磁場発生手段により発生した磁場も基板中心に対してオフセットした位置で巡回移動することが出来る。磁場発生手段中心すなわち磁場中心がアンテナ中心と一致した場合と比較し、磁場発生手段中心すなわち磁場中心をアンテナ中心からオフセットした位置で巡回移動することで大面積の基板に対してより均一な処理が可能となる。また、移動する速度をプラズマ密度分布すなわち基板処理速度分布に合わせて変化させ、処理速度が遅い領域をゆっくりと、処理速度が早い領域を早く移動するようにすることで偏りの補正が可能となる。

30

40

【0023】

また、上記目的を達成するために、本発明の第7の態様は、上記第2の態様において、前記第1の軸と前記第2の軸とがなす角度が0°から5°の範囲であることを特徴とするプラズマ処理装置である。

【0024】

上記第7の態様では、前記磁場発生手段のアンテナに対する傾き角は、前記磁場発生手段の軸対称線である磁場発生手段中心線と、アンテナの軸対称線であるアンテナ中心線との成す角度で表される。磁場発生手段により発生した磁界の拡散は、容器の形状や発生す

50

る磁界の強さにより影響されるが、磁場発生手段を傾けて効果的に基板の処理を行なうには0から5°の範囲が適している。磁場発生手段をより大きく傾けるとアンテナ等の他部品に干渉したりする問題が生じる。

【0025】

また、上記目的を達成するために、本発明の第8の態様は、上記第1の態様において、前記磁場発生手段は、同心状に配置された第1のソレノイドコイルと第2のソレノイドコイルとを有し、前記傾き調整手段が、前記第1のソレノイドコイルと前記第2のソレノイドコイルにそれぞれ設けられていることを特徴とするプラズマ処理装置である。

【0026】

上記第8の態様では、前記傾き調整手段を、前記第1のソレノイドコイルと第2のソレノイドコイルにそれぞれ設けることにより、各ソレノイドコイルの傾きを独立して調整可能となり、よりきめ細かく分布補正することが可能となる。

【0027】

また、上記目的を達成するために、本発明の第9の態様は、上記第1の態様において、前記容器が、内部に前記プラズマを発生させるための電力供給容器と、前記電力供給容器と内部空間が通じるように接続され、内部に前記基板を配置可能な処理容器と、を備える、プラズマ処理装置である。

【0028】

以上の説明で明らかなように本発明によれば、前記ソレノイドコイルの軸対称線であるコイル中心線と、前記環状アンテナの軸対称線であるアンテナ中心線とが、前記いずれか一方の中心線に対し、相対的に所定角度の傾きをなすような傾き調整手段を、前記ソレノイドコイルに取り付け、これにより前記ソレノイドコイルにより発生した磁場の傾きを調整し基板処理を行なうものとしたため、プラズマ密度分布の偏りを補正し、基板を均一に処理することが可能となった。

また、前記傾き調整手段を上下運動が可能な駆動ユニットにすることにより、前記ソレノイドコイルの環状アンテナに対する傾きが変更可能となり、基板処理中に前記ソレノイドコイルの傾きを変化させることで、前記ソレノイドコイルにより発生した磁場の傾きを連続的に変えながら基板処理を行なうものとしたため、プラズマ密度分布の偏りを補正し、基板を均一に処理することが可能となった。

また、前記傾き調整手段を、前記第1のソレノイドコイルと第2のソレノイドコイルにそれぞれ設けることにより、各ソレノイドコイルの傾きを独立して調整可能となり、よりきめ細かく分布補正することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の実施形態に関わる基板処理用プラズマ処理装置の減圧容器の内部構造と、これに関連する部分の構成を示す図である。

【図2A】本発明の実施形態に関わるソレノイドコイルがベース板に取り付けられた状態を示す図である。

【図2B】本発明の実施形態に関わるソレノイドコイルとベース板との間に板状部材を挿入し、ソレノイドコイルを傾けた状態を示す図である。

【図3】本発明の実施形態に関わるソレノイドコイルの傾き状態を説明する図である。

【図4A】ソレノイドコイルの傾き調整前のエッチング分布特性を表す図である。

【図4B】ソレノイドコイルの傾き調整前のソレノイドコイルの状態を示す図である。

【図4C】ソレノイドコイルの傾き調整後のエッチング分布特性を表す図である。

【図4D】ソレノイドコイルの傾き調整後のソレノイドコイルの状態を示す図である。

【図5A】本発明の実施形態に関わる1軸の駆動ユニットの配置図を示した図である。

【図5B】本発明の実施形態に関わる1軸の駆動ユニットを示した図である。

【図6A】本発明の実施形態に関わる1軸の駆動ユニットにより、ソレノイドコイルを傾けた状態を示す図である。

【図6B】本発明の実施形態に関わる1軸の駆動ユニットにより、ソレノイドコイルを傾

10

20

30

40

50

けた状態を示す図である。

【図 7 A】本発明の実施形態に関わる 1 軸の駆動ユニットを駆動させてソレノイドコイルを傾けた状態を示す図である。

【図 7 B】本発明の実施形態に関わる 1 軸の駆動ユニットを駆動させてソレノイドコイルを傾けた状態を示す図である。

【図 8 A】ソレノイドコイルの傾き調整前の磁力線分布特性を表す図である。

【図 8 B】ソレノイドコイルの傾き調整後の磁力線分布特性を表す図である。

【図 9】ソレノイドコイルの傾き調整前後の磁力線分布特性を表す図である。

【図 10】ソレノイドコイルの傾き調整前後のエッチングレート特性を表す図である。

【図 11 A】ソレノイドコイルの傾き調整前後の電流経路特性を表す図である。

10

【図 11 B】ソレノイドコイルの傾き調整前後の電流経路特性を表す図である。

【図 11 C】ソレノイドコイルの傾き調整前の等磁力面を表す図である。

【図 11 D】ソレノイドコイルの傾き調整後の等磁力面を表す図である。

【図 12】本発明の実施形態に関わるソレノイドコイルとベース板との間に板状部材を挿入し、ソレノイドコイルを傾けた状態を示す図である。

【図 13】本発明の実施形態に関わるソレノイドコイルの傾き状態を説明する図である。

【図 14 A】本発明のソレノイドコイルを X - Y 方向に移動する為の手段を示す図である。

【図 14 B】本発明のソレノイドコイルを X - Y 方向に移動する為の手段を示す図である。

20

【図 15】従来（特許文献 1）のプラズマ処理装置の構成の一例を示す図である。

【図 16】従来（特許文献 2）の E C R（電子サイクロトロン共鳴）エッチング装置を示す。

【図 17】本発明の実施形態に関わる整合回路を傾け、それによって環状アンテナを傾けた状態を示す図である。

【図 18】本発明の実施形態に関わる環状アンテナの傾き状態を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下に、本発明の好適な実施形態を添付図面に基づいて説明する。

【0031】

30

図 1 ~ 図 4 D を参照して第 1 の実施形態を説明する。図 1 は基板処理用プラズマ処理装置の減圧容器の内部構造と、これに関連する部分の構成を示す図、図 2 A はソレノイドコイルがベース板に取り付けられた状態を示す図、図 2 B はソレノイドコイルとベース板との間に板状部材を挿入し、ソレノイドコイルを傾けた状態を示す図、図 3 はソレノイドコイルの傾き状態を説明する図、図 4 A、図 4 B、図 4 C 及び図 4 D はエッチング分布特性を表す図である。

【0032】

図 1 において、プラズマ処理装置は I C P に係る装置構成とヘリコンに係る装置構成を示す。容器 11 は、その内部空間を図示しない排気機構によって所定の減圧状態に保持される。以下、容器 11 を「減圧容器」という。本実施形態による減圧容器 11 では、その内部空間は 2 つの空間からなる。1 つは基板支持機構 12 が配置される空間であり、アルミニウムやステンレス等の金属で作られた処理容器 13 によって形成される。処理容器 13 の側壁は例えば円筒形に作られる。また基板支持機構 12 の上には処理される基板（被処理基板）14 が配置される。この基板 14 は例えば 300 mm の大型の基板である。他の 1 つはプラズマが生成される空間であり、高周波を内部に導入できる石英等の誘電体で主に作られた電力供給容器 15 によって形成される。電力供給容器 15 は、上端壁 15 a が金属で作られ、その他の側壁部分は誘電体で作られている場合もある。上側に位置する電力供給容器 15 の側壁 15 b は例えばほぼ円筒形に作られている。電力供給容器 15 は、処理容器 13 の上壁 13 a に取り付け、固定される。処理容器 13 の側壁 13 b の径に対して、電力供給容器 15 の側壁 15 b の径は小さくなるように設定される。処理容器

40

50

13の内部空間と容器15の内部空間は通じている。従って電力供給容器15の内部空間で生成されたプラズマは拡散し、下方に移動して、処理容器13の内部空間に進む。処理容器13の内部空間に配置された基板14は、電力供給容器15の内部空間に対向した位置にある。電力供給容器15の円筒形側壁の中心軸線と、基板14の中心を通り基板に対して垂直な基板中心線とは同軸上に位置している。電力供給容器15から処理容器13へ拡散したプラズマは基板14の前面空間に移動することになる。なお、本明細書においては、電力供給容器15が四角形である場合には、それぞれの対角線を結ぶ交点を中心軸線とする。

【0033】

本実施形態の構成では、電力供給容器15の下部の周縁部は、処理容器13の上壁13aと面一になっている。接続された関係にある処理容器13と電力供給容器15の境界部において、電力供給容器15側の部分で、電力供給容器15の円筒形側壁15bから処理容器13の側に至るに従って径が徐々にラッパ状に拡大する部分が形成される場合もある。

10

【0034】

上記電力供給容器15の外側周囲にはアンテナ16が配置される。アンテナ16は、一部が開いた環状であって、その一方が高周波電力を供給する際に整合をとるための整合回路18側に、他方がグランド電位側に接続され、環状部は電力供給容器15と一定の空間を隔て、且つ処理容器13の上壁と平行となるように配置されている。アンテナ16の支持機構は図示されないが、よく知られた機構が用いられる。

20

【0035】

上記の構成に対して、上記アンテナ16に高周波電力を供給する高周波電源17と、高周波電源17からアンテナ16に高周波電力を供給する際に整合をとるための整合回路18と、処理容器13の内部空間にガスを導入するガス導入機構19と、アンテナ16の周囲に配置される同心状のソレノイドコイル20, 21(磁場発生手段)と、処理容器13の周囲に配置される永久磁石22が設けられる。ソレノイドコイル20, 21は磁場を拡散するためのもので、直流電源23, 24により直流電力が供給される。永久磁石22は、処理容器13の壁面においてプラズマの損失を抑制するために設けられる。なお図1において、内部を減圧状態に保持する排気機構、基板搬送機構、基板温度調整機構、処理容器の壁面温度調整機構、およびガス導入機構までガスを供給するガス供給機構等の図示は

30

【0036】

次に本発明の特徴点構成である傾き調整機構について説明する。図2Aは第1のソレノイドコイル20と第2のソレノイドコイル21とがベース板30に固定された状態を示す。図2Aにおいては、図1に示す第1, 第2のソレノイドコイル20, 21の中心線とアンテナ16との中心線とは機械的に一致している。本発明の第1の特徴点は、図2Bに示すように、第1, 第2のソレノイドコイル20, 21の一端側(図1の右側)とベース板30との間に、ソレノイドコイルの中心線27がアンテナ16の中心線26に対して、所定角度の傾きをなすような傾き調整手段(板状部材)25を設けた点にある。図2Bでは、傾き調整手段(板状部材)25としてはシムを挿入した例を示す。図2Bのように、第1, 第2のソレノイドコイル20, 21の一端側(図2Bの右側)とベース板30との間に、シム25を挿入することにより、図1に示すように、ソレノイドコイル20, 21の中心線27がアンテナ16の中心線26に対して、所定角度の傾きをなすようになる。傾き角度としては、0°から5°にすることが好ましい。なお、本明細書において、「ソレノイドコイルのアンテナに対する傾き角度」とは、ソレノイドコイル20, 21の軸対称線であるコイル中心線27と環状アンテナ16の軸対称線であるアンテナ中心線26との

40

50

成す角度をいう。

【 0 0 3 7 】

上記のプラズマ処理装置では、処理容器 1 3 内に基板搬送機構により基板 1 4 を搬送し、基板支持機構 1 2 上に基板 1 4 を配置し、基板 1 4 を固定する。図 1 は、基板 1 4 が固定された状態を示す。次に、排気機構によって処理容器 1 3 および電力供給容器 1 5 の内部を所要圧力に減圧し、ガス供給系から供給されるガスをガス導入機構 1 9 を介して処理容器 1 3 内に導入し、内部を所要圧力に保持する。高周波電源 1 7 から整合回路 1 8 を介してアンテナ 1 6 に高周波を印加し、電力供給容器 1 5 の内部、および処理容器 1 3 における電力供給容器 1 5 側の近傍領域でプラズマを生成する。電力供給容器 1 5 の内部等で生成されたプラズマはソレノイドコイル 2 0 , 2 1 により生成された磁場に沿って処理容器 1 3 の内部空間に拡散する。こうして拡散されたプラズマによって基板 1 4 が処理される。

10

【 0 0 3 8 】

次にソレノイドコイル 2 0 , 2 1 の傾き調整について図 3 を用いて説明する。ソレノイドコイル 2 0 , 2 1 は、図 2 A に示すベース板 3 0 に固定されて、さらに処理容器 1 3 に固定されている。図 3 は傾き調整後の状態を示す。ソレノイドコイル 2 0 , 2 1 は内側 2 0、外側 2 1 を独立して傾ける場合、内側 2 0、外側 2 1 の 2 つを同時に傾ける場合、内側 2 0、外側 2 1 のいずれかを傾ける場合の 3 通りが考えられる。実際に、内側 2 0、外側 2 1 のソレノイドコイルをどのように傾けるかは、傾き調整前に基板のエッチング速度分布の結果から判断して行う。図 3 は内側 2 0、外側 2 1 の 2 つのコイルを同時に傾けた場合を示している。また、この例ではシムを挿入することで傾きを調整しているがシムに限定したものではない。

20

【 0 0 3 9 】

図 3 において、アンテナ中心線 2 6 とコイル中心線 2 7 の成す角度が傾き角となる。当初、ソレノイドコイルの傾き調整を実施しない場合、アンテナ中心線 2 6 とコイル中心線 2 7 は重なった位置になっている。即ち、図 2 A に示すように、ソレノイドコイル 2 0 , 2 1 がベース板に固定された状態においては、アンテナ中心線 2 6 とコイル中心線 2 7 とは一致している。しかし、図 2 B に示すように、ソレノイドコイル 2 0 , 2 1 とベース板 3 0 の間に、傾けたい方向に傾けたい角度分の厚さのシム 2 5 を挿入し、傾き角度が大きくなるに従い、アンテナ中心線 2 6 とコイル中心線 2 7 は離れていく。ソレノイドコイル 2 0 , 2 1 により生成される磁場と磁場により拡散されるプラズマもこれと同じ方向に移動していく。

30

【 0 0 4 0 】

次に処理基板の分布を改善する手順についてエッチング装置を例に説明する。まずソレノイドコイル傾き調整前の状態にて基板をエッチングし、エッチング速度分布の状態を確認する。尚、エッチング速度分布の測定は光学式膜厚測定器を用いて行った。次に処理基板 1 4 のエッチング速度分布の結果から、ソレノイドコイルの傾ける方向と傾き角度量に合わせ、ベース板 3 0 とソレノイドコイル 2 0 , 2 1 との間に挿入するシム 2 5 の位置、厚さ、大きさ、形状を決定する。次に、シム 2 5 を挿入し、実際にソレノイドコイルの傾き調整を行う。この状態にて再度基板をエッチングし、エッチング速度分布の状態を確認する。補正した結果が十分であれば終了し、不十分であれば再度上記作業を繰り返す。

40

【 0 0 4 1 】

図 4 A にソレノイドコイルの傾き調整前における 3 0 0 m m 処理基板のエッチング処理速度の分布を示す。図 4 B は図 4 A に対応するソレノイドコイルの状態を示す。図 4 C にソレノイドコイルの傾き調整後における 3 0 0 m m 処理基板のエッチング処理速度の分布を示す。図 4 D は図 4 C に対応するソレノイドコイルの状態を示す。処理基板は表面に酸化膜を形成した 3 0 0 m m 径の S i ウェハである。図 4 A 及び図 4 C では、基板表面の所定の 1 2 1 点に対し、処理前後の膜厚を測定し、その差(削れ量)からエッチング処理速度を算出して等高線図に表している。エッチング処理速度は(初期膜厚 - 処理後膜厚) / エッチング時間で、また、エッチング速度分布の値は、各点のエッチング処理速度の標準偏

50

差及び平均値から、以下の数式(1)に示す3%で表している。

$$3\% = (3 \times \text{標準偏差} / \text{平均値}) \times 100 \quad (1)$$

【0042】

図4A～図4Dに示す例では、ソレノイド20, 21は内側20にのみ、即ち第1のソレノイドコイル20のみに電流を流している。図4A及び図4Bでは、ソレノイドコイル20, 21には、シム25は挿入されていない。この場合、基板の処理は全体に右上が早く左下が遅い傾向にあり、分布中心は若干左下方向に偏っている傾向を示している。この結果、処理基板全面のエッチング処理速度の分布の値は11%となっている。即ち、図4Aでは基板右上の外周部分で極端に処理速度が遅い部分があり、これが全体の分布を悪くしていることが解る。

10

【0043】

図4C及び図4Dは、ソレノイドコイル調整後の分布を表す。図4Aの結果を踏まえ、分布の中心が少し右上に移動する。図4C及び図4Dは、コイル中心線27がこの方向に移動する様に、内側のソレノイドコイル20に対し、図4Bの右上部に対応する方向にシム25を挿入して傾き調整を行なった結果である。図4Dは、ソレノイドコイル20にシム25を挿入した状態を示す図である。この例では内側のソレノイドコイル20に3.3mmのシムを入れて調整しているが、外側ソレノイドコイル、内側外側両ソレノイドコイルの調整を行なっても良い。ちなみに3.3mmのシムを入れた場合のコイルの傾きは5°に相当する。調整の結果、処理基板全面のエッチング処理速度の分布の値は7%となっている。この分布結果から明らかなように、ソレノイドコイルの傾きを調整し、磁場の分布を調整することでエッチング処理速度の分布をより均等に改善することができる。

20

【0044】

図5A及び図5Bは第2の実施形態を示す。基本的な構成は第1の実施形態と同様な為省略し、ソレノイドコイルの可変機構について説明する。第2の実施形態において大きく異なる点は、傾き調整手段25として、上下運動が可能な駆動ユニット31としている点である。第2の実施形態においては、図5Aに示すように、ソレノイドコイル20, 21の一端側(図5Aの右側)と他端側(図5Aの左側)はベース板30を介して、1軸の上下動可能な駆動ユニット31に連結されている。図5Bに示すように、ベース板30の一端と駆動ユニット31の駆動棒311の一端には、回転軸312が回転自在に設けられ連結構造となっている。1軸の駆動ユニットとしてはボールネジとサーボモーターを組合せて位置制御を行なうものなどの一般的に良く知られている機構を使用するのが好ましい。図5Aに示す第2の実施形態においては、駆動ユニット31により、ソレノイドコイル20, 21の一端側(図5Aの右側)と他端側(図5Aの左側)の高さ位置を上昇、降下させることで、基板14の中心線に26に対し、コイル中心線27を自由に傾けることが可能である。従って、上記第1の実施形態と異なり、実際にソレノイドコイル20, 21を傾けても、エッチング分布の改善が不足している場合、駆動ユニット31を上下動させることにより、傾き角度をさらに変更することが可能となり、作業の効率化を図ることが可能となる。また、プラズマの偏りが処理条件により異なるような場合、処理条件に合わせ駆動ユニットを制御し、ソレノイドコイルの傾きを所定角度傾かせることができる。

30

【0045】

図6Aは1軸の駆動ユニット31の配置図を示した図である。図6Aに示すように、駆動ユニット31は、円板状のベース板30の円周方向に等角度(120°)で配置された第1の駆動ユニット31-aと第2の駆動ユニット31-bと第3の駆動ユニット31-cと、からなる。3つの1軸ユニット31-a、31-b、31-cは、ベース板30の水平面に対して回転自在な連結構造を有している。連結部の連結構造は図5Bと同様である。ソレノイドコイルの傾きを効率よく制御する為には3等配の位置に設置するのがよい。1軸ユニット31-a、31-b、31-cは不図示の制御機器にて同期して動くようにプログラミングされている。図6Bは、第1の駆動ユニット31-cを上昇させ、第2の駆動ユニット31-aと第3の駆動ユニット31-bとを下降させ、ソレノイドコイル20, 21を5°右側に傾けた状態を示す。図6Bに示すように、3つの1軸ユニット3

40

50

1 - a、31 - b、31 - cを同期して動かすことにより、第1の駆動ユニット31 - aに対応するソレノイドコイルの高さ位置、第2の駆動ユニット31 - bに対応するソレノイドコイルの高さ位置、第3の駆動ユニット31 - cに対応するソレノイドコイルの高さ位置を、一定周期で可変にすることができる。これにより、基板処理中に前記ソレノイドコイルの傾きを一定周期で変化させることができる。こうすることで、コイル中心線27が基板中心線26の回りを一定の傾き角を保ちつつ巡回移動し、ソレノイドコイルにより発生した磁場も基板中心に対してオフセットした位置で巡回移動することが出来る。ソレノイド中心すなわち磁場中心が基板中心と一致した場合と比較し、ソレノイドコイル中心すなわち磁場中心を基板中心からオフセットした位置で巡回移動することで大面積の基板に対してより均一な処理が可能となる。また、移動する速度を分布に合わせて変化させ、処理速度が遅い領域をゆっくりと、処理速度が早い領域を早く移動するようにすることで偏りの補正が可能となる。

10

【0046】

次に図7A及び図7Bにて1軸の駆動ユニット31を駆動させてソレノイドコイルを傾けた状態を説明する。図7Aは左側の1軸ユニット31 - aが縮状態（下降した状態）、右側の1軸ユニット31 - bが伸び状態（上昇した状態）にある。この結果ソレノイドコイルは左に傾いた状態になる。一方、図7Bは左側の1軸ユニット31 - aが伸び状態（上昇した状態）、右側の1軸ユニット31 - bが縮状態（下降した状態）にある。この結果ソレノイドコイルは右に傾いた状態になる。左右の1軸ユニットを同期して伸縮させるとソレノイドコイルは左から右に傾きが徐々に変化することが出来る。

20

【0047】

実際には3つの1軸ユニットを同期して伸縮させる。各1軸ユニットを一定周期の間隔で動作させることで、基板中心軸を中心にソレノイドコイル中心が円錐状の一定の軌跡を描く様に移動することになる。この周期動作を、基板処理を行なっている間続けることで、基板中心からソレノイドコイル中心の傾き分オフセットしたプラズマが基板に照射され続けることが可能となる。

【0048】

プラズマの密度分布は基板の外周側で急激に低下する傾向がある。本実施形態の様にソレノイドコイルの中心軸すなわち磁場中心を円錐状に移動することで、より大面積の基板を均一にプラズマ処理出来る効果がある。また、移動する速度を分布に合わせて変化させ、処理速度が遅い領域をゆっくりと、処理速度が早い領域を早く移動するようにすることで偏りの補正が可能となる。

30

【0049】

次に、内側ソレノイドコイル20、外側ソレノイドコイル21を独立して傾き調整する第3の実施形態について説明する。

図12及び図13は、内側ソレノイドコイル20、外側ソレノイドコイル21を独立して傾けた場合を示す図である。内側ソレノイドコイル20、外側ソレノイドコイル21を独立して傾ける場合は、それぞれのソレノイドコイル20、21とベース板30の間に、傾けたい方向に傾けたい角度分の厚さのシム25a、25bを挿入する。図12に示す例はイメージを表したもので、実際に各ソレノイドコイルに挿入するシムの厚さは、コイルの外径にもよるが最大3mm、傾き角度は最大5°程度である。図12に示すように、内側ソレノイドコイル20、外側ソレノイドコイル21にそれぞれシム25a、25bを挿入し、独立して傾きを調整することにより、内側ソレノイドコイル20、外側ソレノイドコイル21を同時に傾ける場合に較べて各ソレノイドコイルの傾きを独立して調整可能となり、よりきめ細かく分布補正することが可能となる。

40

【0050】

次に、内側ソレノイドコイル20、外側ソレノイドコイル21をX - Y方向に移動する為の手段について説明する。

尚、本明細書において、X軸・Y軸とは、水平面内で互いに直角をなす軸とし、またZ軸とは、水平面内に対し直角、すなわち垂直方向をなす軸とする。図14A及び図14B

50

に示すように、内側ソレノイドコイル 20、外側ソレノイドコイル 21 を X - Y 方向に移動する為の手段として、ベース板 30 の上に第 1 のベース板 32 と第 2 のベース板 33 を軸対称位置になるように配置し、これら各ベース板 32、33 の上に内側ソレノイドコイル 20、外側ソレノイドコイル 21 を乗せる。尚、内側ソレノイドコイル 20、外側ソレノイドコイル 21 を傾ける場合、これら各ベース板 32、33 と各ソレノイドコイルとの間にスペーサを挿入する。なお、図 14 B は図 14 A の断面図である。

【0051】

ここで、第 1 のベース板 32 と第 2 のベース板 33 について説明する。第 1 のベース板 32 と第 2 のベース板 33 はそれぞれリング状の第 1 のフランジ部 32 a、第 2 のフランジ部 33 a と、そこから放射状に突き出た 4 箇所第 1 の凸部 32 b、第 2 の凸部 33 b で構成される。4 箇所の第 1 の凸部 32 b、第 2 の凸部 33 b は、それぞれ 4 等配位置に配置されている。第 1 のベース板 32 と第 2 のベース板 33 は軸対称位置に配置されるが、第 1 の凸部 32 b、第 2 の凸部 33 b は互いに重ならないよう、対称軸に対し 45° 回転した位置に配置される。また、第 1 のベース板 32 の第 1 の凸部 32 b は、第 2 のフランジ部 33 a の第 2 の切欠き 33 c を貫通して、第 2 のベース板 33 の外側まで達している。一方、ベース 30 の外周部には、各ベースの第 1 の凸部 32 b、第 2 の凸部 33 b を横方向に押す為の手段、例えば第 1 の押さえねじ 34、第 2 の押さえねじ 35 が取付けてある。実際に、内側ソレノイドコイル 20 を X 軸方向に移動する場合、4 箇所の第 1 の凸部 32 b のうち対称位置にある第 1 の凸部 32 b の第 1 の押さえねじ 34 a の一方を緩め、もう一方を締め付けることで、緩めた側に内側ソレノイドコイル 20 を移動する。同様に、内側ソレノイドコイル 20 を Y 軸方向に移動する場合、直角方向にある第 1 の凸部の第 1 の押さえねじ 34 b の一方を緩め、もう一方の第 1 の押さえねじ 34 b を締め付けることで、緩めた側に内側ソレノイドコイル 20 を移動する。こうすることで X - Y 方向の任意の位置に内側ソレノイドコイル 20 を移動することが出来る。外側のマグネット 21 を移動する場合も同様に、4 箇所の第 2 の凸部 33 b のうち対称位置にある第 2 の凸部の第 2 の押さえねじ 35 a の一方を緩め、もう一方の第 2 の押さえねじ 35 a を締め付けることで、緩めた側に外側のマグネット 21 を移動する。同様に、直角方向にある第 2 の凸部 33 b の第 2 の押さえねじ 35 b の一方を緩め、もう一方の第 2 の押さえねじ 35 b を締め付けることで、緩めた側に外側のマグネット 21 を移動する。

【0052】

上記第 1・第 2・第 3 の実施形態では、内側ソレノイドコイル 20、外側ソレノイドコイル 21 にシム 25 を挿入、又は駆動ユニットを用いて、内側ソレノイドコイル 20、外側ソレノイドコイル 21 を傾け、コイル中心線 27 に対するアンテナ中心線 26 の傾き角度を調整し、エッチング分布の改善を図っている。しかし、コイル中心線 27 に対するアンテナ中心線 26 の傾き角度を調整しただけでは、エッチング分布の改善を図ることができない場合が考えられる。具体的には、分布が磁場の傾きではなく磁場の平行シフトによりずれている場合である。上記の場合には、内側ソレノイドコイル 20、外側ソレノイドコイル 21 を X - Y 方向に移動する為の手段を設けることにより、ソレノイドコイルを X - Y 方向に移動することが可能となるため、コイル中心線を平行移動してアンテナ中心線に一致させることにより分布補正が可能となる。

【0053】

次に、ガウスメータで磁場を測定し、この測定結果に基づき、ソレノイドコイルの傾きを調整し、処理基板のエッチング速度分布を改善する手順について、図 8 A から図 11 D を用いて説明する。ガウスメータは磁束密度を測定する装置である。ガウスメータは、フェライト、希土類マグネットの測定は勿論、電磁石、パルス発生磁界、超伝導磁界の測定も可能である。原理はホール素子プローブを定電流で駆動し、磁界によって発生したホール電圧を発信器とアナログスイッチにて検知する。

【0054】

図 8 A 及び図 8 B は、ソレノイドコイルの傾き調整前後の磁力線の分布を示す。なお、図 8 A 及び図 8 B においては、説明の便宜上、内側ソレノイドコイル 20 のみに電流を流

10

20

30

40

50

し、内側ソレノイドコイル20の傾きを調整した場合を示す。図8A及び図8Bにおいて、15cは電力供給容器15の電力供給容器中心線、20aは内側ソレノイドコイル20により発生する磁力線、25はスペーサ、36はガウスメータで測定するための磁場測定面を示す。図8A及び図8Bにおいて、電力供給容器中心線15cとアンテナ中心線26とは一致していることを前提とする。内側ソレノイドコイル20の傾き調整前においては、図8Aに示すように、磁力線20aは、アンテナ中心線26、電力供給容器中心線15cに対し、左側に傾き、左右対称の分布とはならない。磁力線20aが左右対称の分布とならない原因としては、電流経路がX軸・Z軸で左右対称とならないためではなく、コイルを形成する配線自体が有限の大きさを持つため完全な円形状コイルを作ることができないためであると考えられる。なお、本明細書において、「電流経路」とは、磁場を作る電流の流れる経路のことをいう。図11Aは、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）前後の電流経路分布をガウスメータで測定したものである。図11Aの横軸・X軸、縦軸・Z軸は、図12から図13に記載のX軸、Z軸に対応している。図11Aに示すように、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）前の電流経路は、点線でしめすようにX軸・Y軸に対して左右対称な楕円形状ではなく、実線で示すようなX軸・Y軸に対して傾いた楕円形状となる。図11Bは、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）前の電流経路がX軸・Y軸に対して3度傾いた直線になっていることを示している。

10

【0055】

図8Bは、内側ソレノイドコイル20に厚さ3mmのシム25を挿入し、コイル中心線27をアンテナ中心線26、電力供給容器中心線15cに対し、右側に1度傾けた場合を示す。図8Bに示すように、内側ソレノイドコイル20の傾き調整後の磁力線の分布は、アンテナ中心線26、電力供給容器中心線15cに対し、左右対称となる。図11Aに示すように、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）後の電流経路分布は、X軸、Z軸の中心軸の対し、左右対称の楕円形状となるように分布する。

20

【0056】

図11C及び図11Dは、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）前後の等磁力面の分布を示す。図11Cに示すように、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）前の等磁力面は、傾けた方向に伸びたタマゴ型となっているのに対し、図11Dに示すように、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）後の等磁力面は、円型となっていることが解る。

30

【0057】

図9は、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）前後の磁場分布を示す。図9の横軸・X軸、縦軸・Y軸は、図12から図13に記載のX軸、Y軸に対応している。なお、図9において、X軸：0mm、Y軸：0mmはアンテナ中心線26、電力供給容器中心線15cの位置を示す。また、図9において、25aはスペーサを入れた方向を示すための仮想的なスペーサ位置、37は図10に示すエッチングレートのモニタ方向、を示す。図9に示すように、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）前にガウスメータ36で測定した磁場分布は、X軸：0mm、Y軸：0mmを中心点とした場合、非対称の円の形状となる。具体的には、X軸：-50mmからX軸：0mm、Y軸：-50mmからY軸：0mmの部分が、ゆがんだ円弧になっていることが解る。これに対し、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）後にガウスメータ36で測定した磁場分布は、X軸：0mm、Y軸：0mmを中心点とした場合左右対称な円の形状として分布する。

40

【0058】

図10は、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）前後のエッチング分布を示す。図10の横軸は、基板の中心（0mm）からの左右の距離（mm）を示す、縦軸は、エッチングレートを示す。また、図10において、は補正後の各点におけるエッチングレートを、は補正前の各点におけるエッチングレートを示す。また、ここで示すエッチングレートは、平均値のエッチングレートで規格化した値である。図10に示すように、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）前においては、エッチングレート分布は、左側に傾いた直線となる。即ち、内側ソレノイドコイル20の傾き調整（補正）前において

50

は、基板 14 の中心 (0 mm) から左側の 100 mm の位置でのエッチングレート : 103 と、基板 14 の中心 (0 mm) から右側の 100 mm の位置でのエッチングレート : 97 とは、大きく異なる。これに対し、図 10 に示すように、内側ソレノイドコイル 20 の傾き調整 (補正) 後においては、エッチングレート分布は、ほぼ水平な直線となる。即ち、内側側ソレノイドコイル 20 の傾き調整 (補正) 後においては、基板 14 の中心 (0 mm) から左側の 100 mm の位置でのエッチングレート : 100 と、基板 14 の中心 (0 mm) から右側の 100 mm の位置でのエッチングレート : 100 とは、ほぼ同じとなる。即ち、補正前の各点におけるエッチングレート () と補正後の各点におけるエッチングレート () を直線近似すると、補正前は、 $y = -0.0221x + 100.09$ で示される直線となり、傾きが大きく、補正後は、 $y = -0.0019x + 99.944$ で示される直線となり、傾きが小さくなり、ほぼ水平であることが判明した。

10

【0059】

上記のとおり、ガウスメータの磁場測定結果により、ソレノイドコイルの傾き調整を行う場合、光学式膜厚測定器を用いてエッチング速度分布を測定し、その測定結果によりソレノイドコイルの傾き調整を行う場合に較べて磁場測定をするだけで均一性を議論することができるので、エッチングレートの確認は基本的に1回の確認で済む。したがって、装置の調整で使用する基板が少なく済む。更に、磁場の均一性を改善するので、結果としてプラズマの均一性が改善するその結果、エッチングレート分布が改善する。また、プラズマ不均一で発生するダメージも抑制することができる。

【0060】

20

前記第 1、第 2 及び第 3 の実施形態においては、ソレノイドコイルの軸対称線であるコイル中心線 27 が、環状アンテナの軸対称線であるアンテナ中心線 26 に対して、所定角度の傾きをなすような傾き調整手段を、ソレノイドコイル 20、21 に取り付け例について説明した。しかし、コイル中心線 27 と、アンテナ中心線 26 とが、一方の中心線に対し、他方の中心線が相対的に所定角度の傾きをなしていればよい。つまり、環状アンテナ 16 の軸対称線であるアンテナ中心線 26 が、ソレノイドコイルの軸対称線であるコイル中心線 27 に対して、所定角度の傾きをなすような傾き調整手段を環状アンテナ 16 に取り付け、環状アンテナ 16 の軸対称線であるアンテナ中心線 26 をソレノイドコイルの軸対称線であるコイル中心線 27 に対して、所定角度の傾くようにしてもよい。こうすることでプラズマ密度分布の偏りを補正し、基板を均一に処理することが可能となる。

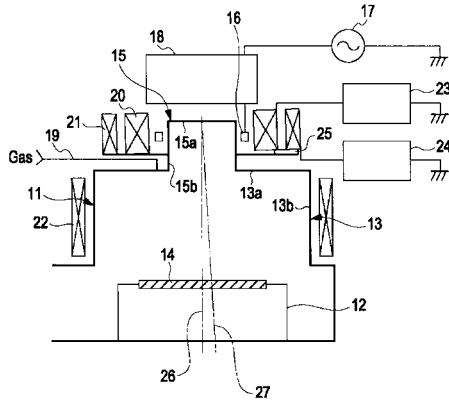
30

【0061】

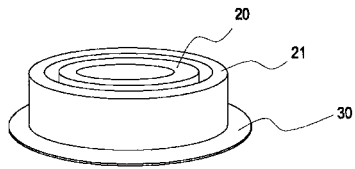
図 17 及び図 18 に、アンテナ中心線 26 を傾ける場合の構成を示す。基本的な構成は第 1 の実施形態と同様であるため説明を省略し、異なる点のみを説明する。図 17 及び図 18 の構成においては、第 1 の実施形態と異なり、傾き調整手段 25 (例えば、シム) をベース板 30 と整合回路 18 との間に挿入し、その結果整合回路 18 に接続されている環状アンテナ 16 が傾いている。したがって、アンテナ中心線 26 がコイル中心線 27 に対して、所定角度の傾きをなすようになる。なお、この構成では、整合回路 18 を傾けることによって間接的に環状アンテナ 16 を傾けているが、環状アンテナ 16 の傾きを直接調整してもよい。また、アンテナ中心線 26 とコイル中心線 27 との両方を傾けてもよい。

40

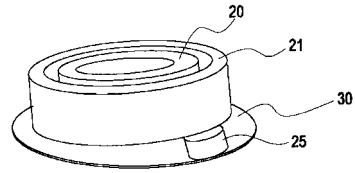
【図1】



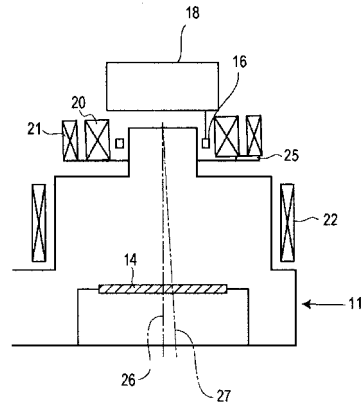
【図2A】



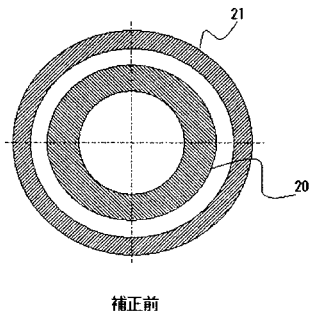
【図2B】



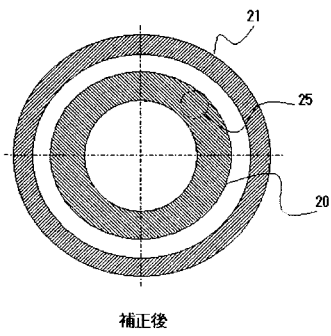
【図3】



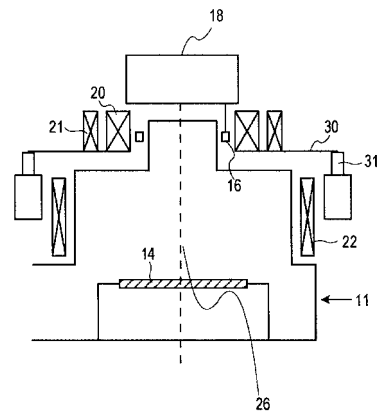
【図4B】



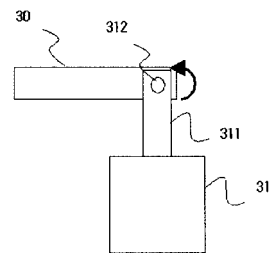
【図4D】



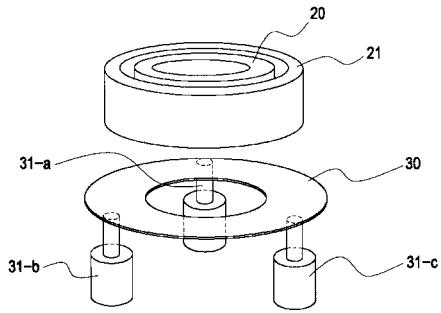
【図5A】



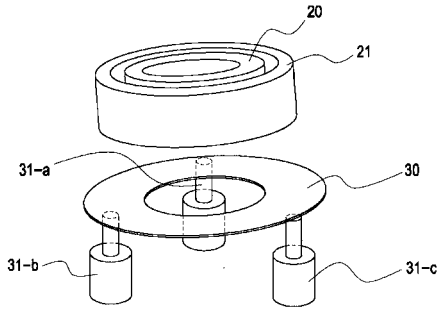
【図5B】



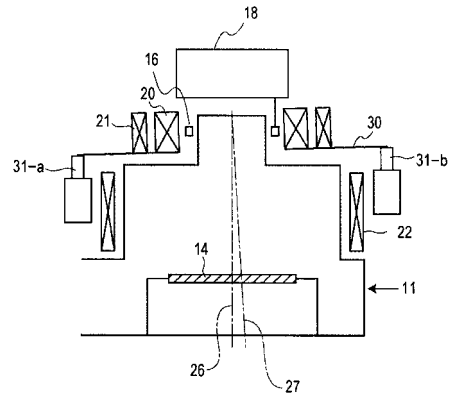
【図 6 A】



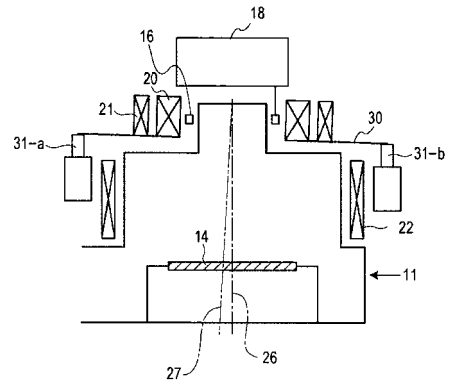
【図 6 B】



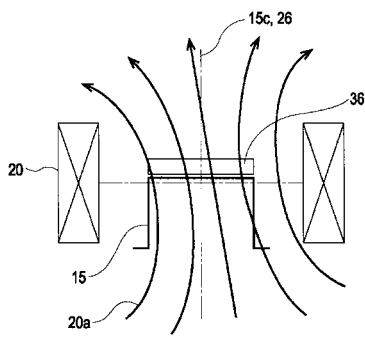
【図 7 A】



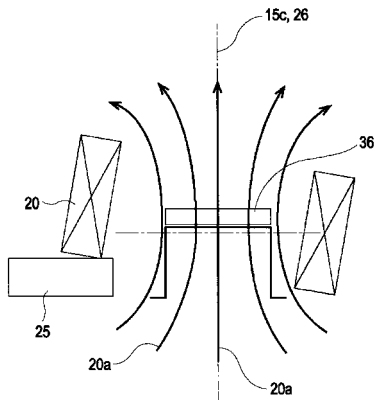
【図 7 B】



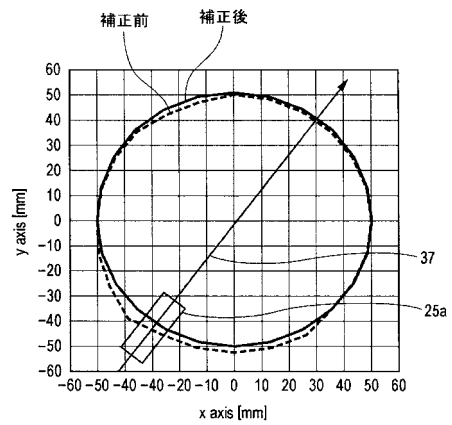
【図 8 A】



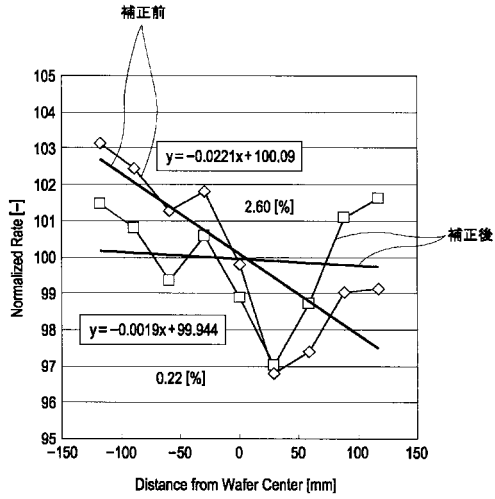
【図 8 B】



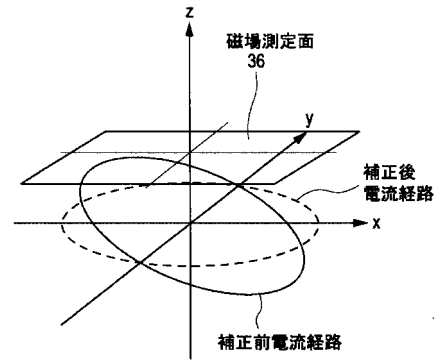
【図 9】



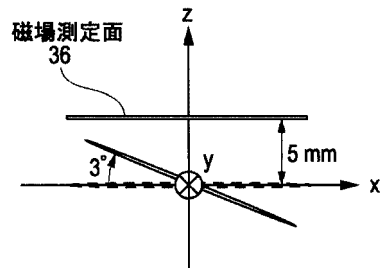
【 図 1 0 】



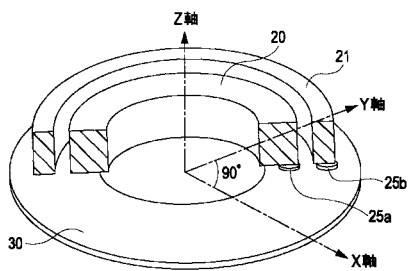
【 図 1 1 A 】



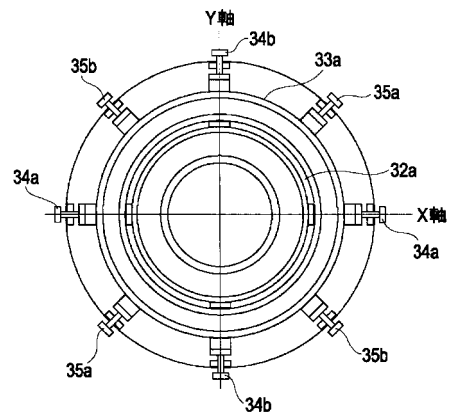
【 図 1 1 B 】



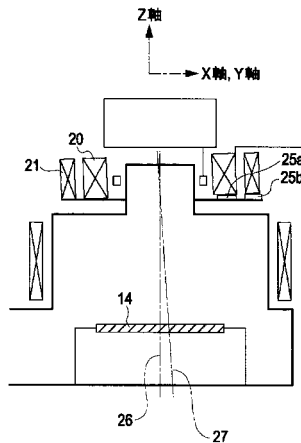
【 図 1 2 】



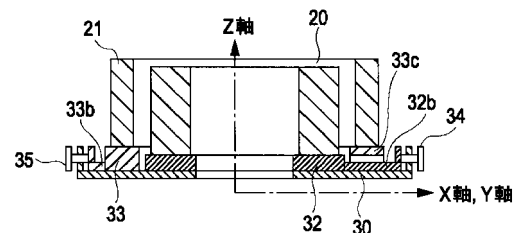
【 図 1 4 A 】



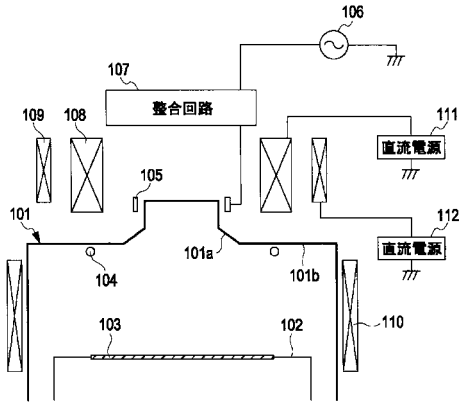
【 図 1 3 】



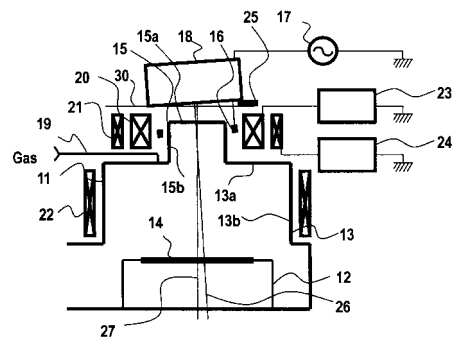
【 図 1 4 B 】



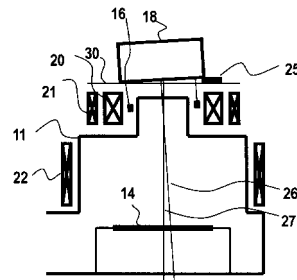
【図15】



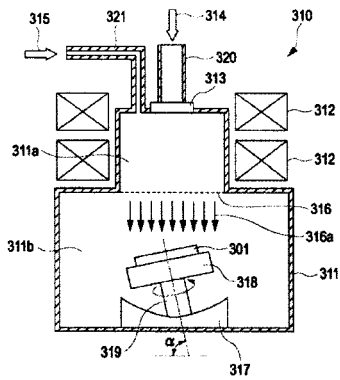
【図17】



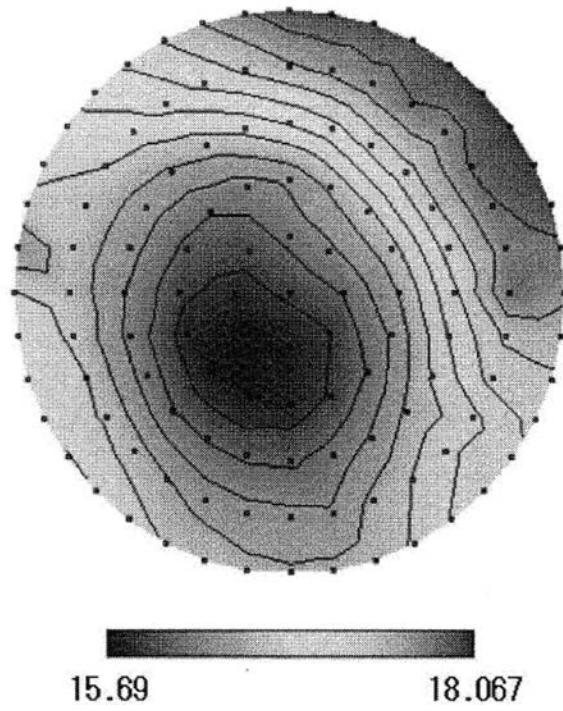
【図18】



【図16】

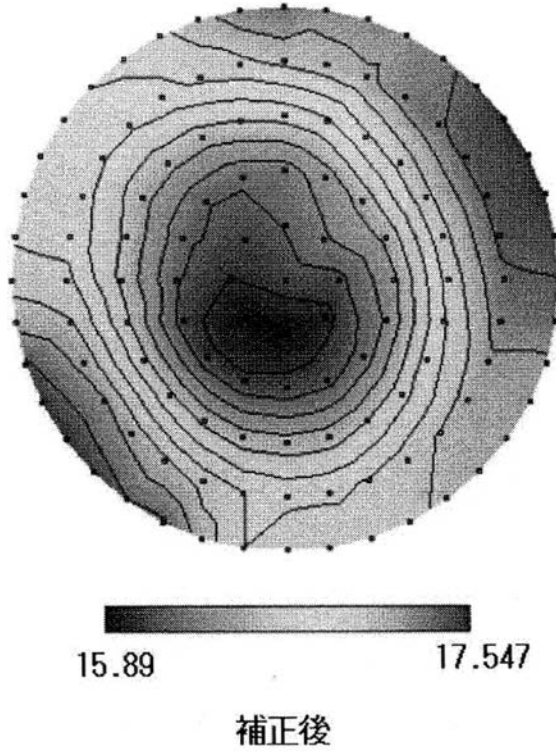


【図4A】

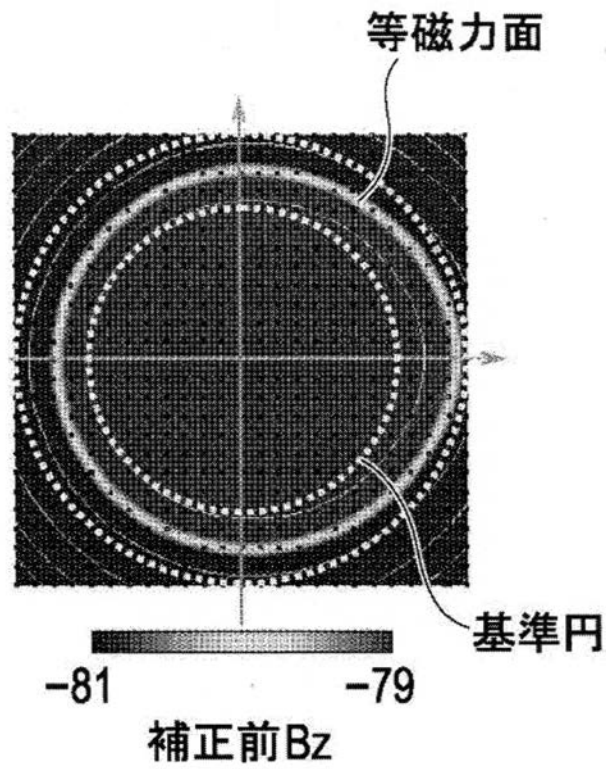


補正前

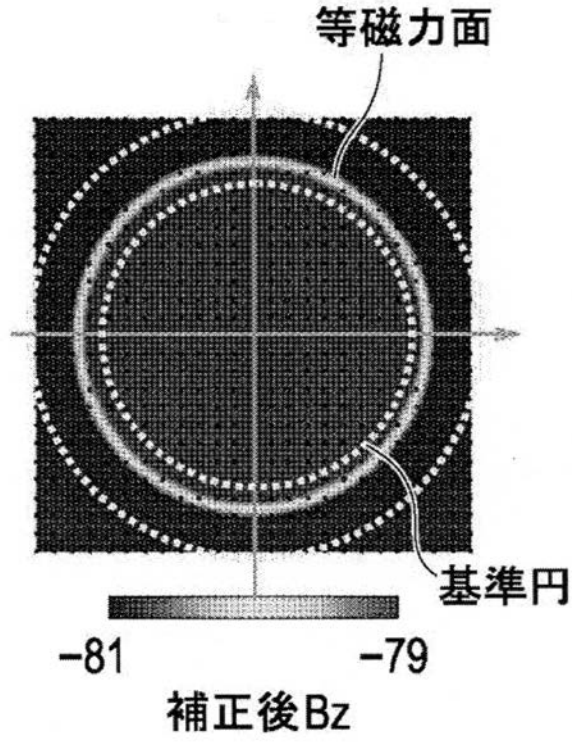
【図4C】



【図11C】



【図11D】



フロントページの続き

- (72)発明者 澤田 明宏
神奈川県川崎市麻生区栗木2 - 5 - 1 キヤノンアネルバ株式会社内
- (72)発明者 佐護 康実
神奈川県川崎市麻生区栗木2 - 5 - 1 キヤノンアネルバ株式会社内
- (72)発明者 長谷川 雅己
神奈川県川崎市麻生区栗木2 - 5 - 1 キヤノンアネルバ株式会社内
- (72)発明者 栗田 資三
神奈川県川崎市麻生区栗木2 - 5 - 1 キヤノンアネルバ株式会社内

審査官 川崎 良平

- (56)参考文献 特表2009 - 535852 (JP, A)
特開平10 - 172790 (JP, A)
特開2004 - 172243 (JP, A)
特表2008 - 516426 (JP, A)
特開2000 - 012294 (JP, A)
特開平11 - 340200 (JP, A)
特開平10 - 083896 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065
H05H 1/46