(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3814510号

(P3814510)

(45)発行日　平成18年8月30日(2006.8.30)　(24)登録日　平成18年6月9日(2006.6.9)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/3065	(2006.01)	H01L	21/302	101M
B01J 19/08	(2006.01)	B01J	19/08	H
H05H 1/46	(2006.01)	H05H	1/46	B
		H05H	1/46	L

請求項の数 4　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2001-306144(P2001-306144)
(22)出願日　平成13年10月2日(2001.10.2)
(65)公開番号　特開2002-203843(P2002-203843A)
(43)公開日　平成14年7月19日(2002.7.19)
審査請求日　平成15年2月12日(2003.2.12)
審判番号　不服2004-3819(P2004-3819/J1)
審判請求日　平成16年2月26日(2004.2.26)
(31)優先権主張番号　特願2000-303334(P2000-303334)
(32)優先日　平成12年10月3日(2000.10.3)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真１００６番地
(74)代理人　100097445
弁理士　岩橋　文雄
(74)代理人　100109667
弁理士　内藤　浩樹
(74)代理人　100109151
弁理士　永野　大介
(72)発明者　奥村　智洋
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内
(72)発明者　前川　幸弘
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】プラズマ処理方法及び装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

真空容器内にガスを供給しつつ排気し、前記真空容器内を所定の圧力に制御しながら、前記真空容器内の基板電極に対向して設けられたアンテナに高周波電力を印加することにより、真空容器内にプラズマを発生させ基板を処理するプラズマ処理方法であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側にパンチングメタルまたは導体メッシュが配置され、かつ、このパンチングメタルまたは導体メッシュのパンチング穴ピッチまたはメッシュピッチをｐ，アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項２】

真空容器と、前記真空容器内にガスを供給するガス供給装置と、真空容器内を排気する排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御する調圧弁と、真空容器内に基板を載置する基板電極と、前記基板電極に対向して設けられたアンテナと、前記アンテナに高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側にパンチングメタルまたは導体メッシュが配置され、かつ、このパンチングメタルまたは導体メッシュのパンチング穴ピッチまたはメッシュピッチをｐ，アンテナに印加する高周波

電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項３】

真空容器内にガスを供給しつつ排気し、前記真空容器内を所定の圧力に制御しながら、前記真空容器内の基板電極に対向して設けられたアンテナに高周波電力を印加することにより、真空容器内にプラズマを発生させ基板を処理するプラズマ処理方法であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側に多孔導体が配置され、かつ、この多孔導体の穴ピッチをｐ，アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項４】

真空容器と、前記真空容器内にガスを供給するガス供給装置と、真空容器内を排気する排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御する調圧弁と、真空容器内に基板を載置する基板電極と、前記基板電極に対向して設けられたアンテナと、前記アンテナに高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側に多孔導体が配置され、かつ、この多孔導体の穴ピッチをｐ，アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

この発明は、半導体等の電子デバイスやマイクロマシンの製造に利用されるプラズマ処理方法及び装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

半導体等の電子デバイスやマイクロマシンの製造において、近年プラズマ処理による薄膜加工技術の重要性はますます高まっている。

【０００３】

以下、従来のプラズマ処理方法の一例として、パッチアンテナ方式プラズマ源を用いたプラズマ処理について、図１０を参照して説明する。図１０において、真空容器１内に、ガス供給装置２から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのターボ分子ポンプ３により排気を行い、真空容器１内を所定の圧力に保ちながら、アンテナ用高周波電源４により１００ＭＨｚの高周波電力を真空容器１内に突出して設けられたアンテナ５に供給することにより、真空容器１内にプラズマが発生し、基板電極６上に載置された基板７に対してプラズマ処理を行うことができる。また、基板電極６に高周波電力を供給するための基板電極用高周波電源８が設けられており、基板７に到達するイオンエネルギーを制御することができるようになっている。アンテナ５へ供給される高周波電圧は、給電棒９により、アンテナ５の中心付近へ給電される。また、アンテナ５の中心とも周辺とも異なる複数の部位と真空容器１の基板７に対向する面１’とが、ショートピン１０により短絡されている。アンテナ５と真空容器１との間に誘電板１１が挟まれ、給電棒９及びショートピン１０は、誘電板１１に設けられた貫通穴を介してそれぞれアンテナ５とアンテナ用高周波電源４、アンテナ５と真空容器１’とを接続している。また、アンテナ５の表面は、カバー１２により覆われている。また、誘電板１１と誘電板１１の周辺部に設けられた誘電体リング１３との間の溝状の空間と、アンテナ５とアンテナ５の周辺部に設けられた導体リング１４との間の溝状の空間からなるプラズマトラップ１５が設けられている。

【０００４】

ターボ分子ポンプ３及び排気口１６は、基板電極６の直下に配置されており、また、真

空容器１を所定の圧力に制御するための調圧弁１７は、基板電極６の直下で、かつ、ターボ分子ポンプ３の直上に位置する昇降弁である。また、インナチャンバ１８によって真空容器１の内壁面が覆われており、プラズマ処理によって真空容器１が汚れるのを防止している。所定数の基板７を処理した後、汚れたインナチャンバ１８をローテーションパーツと交換することで、速やかにメンテナンス作業を実施することができるよう、考慮されている。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来例で述べたプラズマ処理においては、処理条件によっては基板電極６よりも下流（図１０のハッチング部分）にまでプラズマが拡がるという問題点がある。

【０００６】

下流にまで拡がったプラズマは、基板７を処理するのに全く不要であるため、処理チャンバとしての真空容器１に投入されたパワーに対する処理効率の悪化を招く。また、処理による真空容器１の汚れも下流まで拡がり、メンテナンス作業の増大をもたらす。

【０００７】

本発明は、上記従来の問題点に鑑み、基板電極よりも下流の領域へのプラズマの拡がりが起きにくく、パワー効率が良く、かつ、メンテナンス作業が軽減できるプラズマ処理方法及び装置を提供することを目的としている。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

本願の第１発明のプラズマ処理方法は、真空容器内にガスを供給しつつ排気し、前記真空容器内を所定の圧力に制御しながら、前記真空容器内の基板電極に対向して設けられたアンテナに高周波電力を印加することにより、真空容器内にプラズマを発生させ基板を処理するプラズマ処理方法であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側にパンチングメタルまたは導体メッシュが配置され、かつ、このパンチングメタルまたは導体メッシュのパンチング穴ピッチまたはメッシュピッチをｐ，アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定することを特徴とする。

【０００９】

本願の第２発明のプラズマ処理装置は、真空容器と、前記真空容器内にガスを供給するガス供給装置と、真空容器内を排気する排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御する調圧弁と、真空容器内に基板を載置する基板電極と、前記基板電極に対向して設けられたアンテナと、前記アンテナに高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側にパンチングメタルまたは導体メッシュが配置され、かつ、このパンチングメタルまたは導体メッシュのパンチング穴ピッチまたはメッシュピッチをｐ，アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定することを特徴とする。

【００１０】

本願の第３発明のプラズマ処理方法は、真空容器内にガスを供給しつつ排気し、前記真空容器内を所定の圧力に制御しながら、前記真空容器内の基板電極に対向して設けられたアンテナに高周波電力を印加することにより、真空容器内にプラズマを発生させ基板を処理するプラズマ処理方法であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側に多孔導体が配置され、かつ、この多孔導体の穴ピッチをｐ，アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定することを特徴

とする。

【００１１】

本願の第４発明のプラズマ処理装置は、真空容器と、前記真空容器内にガスを供給するガス供給装置と、真空容器内を排気する排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御する調圧弁と、真空容器内に基板を載置する基板電極と、前記基板電極に対向して設けられたアンテナと、前記アンテナに高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側に多孔導体が配置され、かつ、この多孔導体の穴ピッチをｐ，アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定することを特徴とする。

【００１２】

【発明の実施の形態】

（第１実施形態）

以下、本発明の第１実施形態について、図１乃至図３を参照して説明する。

【００１３】

図１に、本発明の第１実施形態において用いたプラズマ処理装置の断面図を示す。図１において、真空容器１内に、ガス供給装置２から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのターボ分子ポンプ３により排気を行い、真空容器１内を所定の圧力に保ちながら、アンテナ用高周波電源４により１００ＭＨｚの高周波電力を真空容器１内に突出して設けられたアンテナ５に供給することにより、真空容器１内にプラズマが発生し、基板電極６上に載置された基板７に対してプラズマ処理を行うことができる。また、基板電極６に高周波電力を供給するための基板電極用高周波電源８が設けられており、基板７に到達するイオンエネルギーを制御することができるようになっている。アンテナ５へ供給される高周波電圧は、給電棒９により、アンテナ５の中心付近へ給電される。また、アンテナ５の中心とも周辺とも異なる複数の部位と真空容器１の基板７に対向する面１’とが、ショートピン１０により短絡されている。アンテナ５と真空容器１との間に誘電板１１が挟まれ、給電棒９及びショートピン１０は、誘電板１１に設けられた貫通穴を介してそれぞれアンテナ５とアンテナ用高周波電源４、アンテナ５と真空容器１’とを接続している。また、アンテナ５の表面は、カバー１２により覆われている。また、誘電板１１と誘電板１１の周辺部に設けられた誘電体リング１３との間の溝状の空間と、アンテナ５とアンテナ５の周辺部に設けられた導体リング１４との間の溝状の空間からなるプラズマトラップ１５が設けられている。

【００１４】

ターボ分子ポンプ３及び排気口１６は、基板電極６の直下に配置されており、また、真空容器１を所定の圧力に制御するための調圧弁１７は、基板電極６の直下で、かつ、ターボ分子ポンプ３の直上に位置する昇降弁である。また、インナチャンバ１８によって真空容器１の内壁面が覆われており、プラズマ処理によって真空容器１が汚れるのを防止している。所定数の基板７を処理した後、汚れたインナチャンバ１８をローテーションパーツと交換することで、速やかにメンテナンス作業を実施することができるよう、考慮されている。基板電極６は、４本の支柱１９により、真空容器１に固定されている。

【００１５】

真空容器１は接地され、かつ、外周部のほぼ全部が接地されたパンチングメタル２０によって真空容器１が基板７のある側と基板７の無い側（図１のハッチング部分）に分離されている。また、図２のプラズマ処理装置の平面図に示すように、パンチングメタル２０のパンチング穴ピッチは、１．２ｍｍである。なお、簡単のため、図２ではパンチング穴の大きさを大きめに描いており、実際にはパンチング穴の数はもっと多い。典型的には、基板電極６の直径は２２０ｍｍ、インナチャンバ１８の内径は４５０ｍｍであり、パンチング穴は半径方向に（４５０－２２０）／（２×１．２）　９５個設けられている。また、インナチャンバ１８の開口部２１（真空容器１内へのウエハの出し入れを行うためのゲ

ートや、プラズマ発光を観察するためのビューイングポートなど）から、２つの領域に分離された真空容器１の基板７の無い側に電磁波が漏れないよう、インナチャンバ１８の開口部２１より下流側の接地点２２（図１）にて接地している。

【００１６】

アンテナ５の平面図を図３に示す。図３において、ショートピン１０は３ヶ所に設けられており、それぞれのショートピン１０がアンテナ５の中心に対して等配置されている。

【００１７】

図１乃至図３に示すプラズマ処理装置において、イリジウム膜付き基板をエッチングした。エッチング条件は、アルゴン／塩素＝２６０／２０ｓｃｃｍ、圧力＝０．３Ｐａ、アンテナ電力＝１５００Ｗ、基板電極電力＝４００Ｗである。このような条件でエッチング処理したところ、基板電極６よりも下流の領域（図１のハッチング部分）へのプラズマの拡がりが起きず、良好な放電状態を得ることができた。

【００１８】

このように、下流での放電が抑制できた理由は、パンチングメタル２０によって高周波電磁波が遮蔽され、下流へ電磁波が到達しなくなったためであると考えられる。下流までプラズマが拡がらなくなったため、従来例に比べて処理チャンバとしての真空容器１に投入されたパワーに対する処理効率が向上し、同一のエッチング条件で比較すると、エッチレートが９％向上した（従来例：７９ｎｍ／ｍｉｎ、本発明の第１実施形態：８６ｎｍ／ｍｉｎ）。また、処理による真空容器１の汚れも下流まで拡がらず、メンテナンス作業の負担が軽減できた。

【００１９】

（参考例）

次に、本発明の参考例を、図４乃至図５を参照して説明する。

【００２０】

図４に、本発明の参考例として用いたプラズマ処理装置の断面図を示す。図４において、真空容器１内に、ガス供給装置２から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのターボ分子ポンプ３により排気を行い、真空容器１内を所定の圧力に保ちながら、アンテナ用高周波電源４により１００ＭＨｚの高周波電力を真空容器１内に突出して設けられたアンテナ５に供給することにより、真空容器１内にプラズマが発生し、基板電極６上に載置された基板７に対してプラズマ処理を行うことができる。また、基板電極６に高周波電力を供給するための基板電極用高周波電源８が設けられており、基板７に到達するイオンエネルギーを制御することができるようになっている。アンテナ５へ供給される高周波電圧は、給電棒９により、アンテナ５の中心付近へ給電される。また、アンテナ５の中心とも周辺とも異なる複数の部位と真空容器１の基板７に対向する面１’とが、ショートピン１０により短絡されている。アンテナ５と真空容器１との間に誘電板１１が挟まれ、給電棒９及びショートピン１０は、誘電板１１に設けられた貫通穴を介してそれぞれアンテナ５とアンテナ用高周波電源４、アンテナ５と真空容器１’とを接続している。また、アンテナ５の表面は、カバー１２により覆われている。また、誘電板１１と誘電板１１の周辺部に設けられた誘電体リング１３との間の溝状の空間と、アンテナ５とアンテナ５の周辺部に設けられた導体リング１４との間の溝状の空間からなるプラズマトラップ１５が設けられている。

【００２１】

ターボ分子ポンプ３及び排気口１６は、基板電極６の直下に配置されており、また、真空容器１を所定の圧力に制御するための調圧弁１７は、基板電極６の直下で、かつ、ターボ分子ポンプ３の直上に位置する昇降弁である。また、インナチャンバ１８によって真空容器１の内壁面が覆われており、プラズマ処理によって真空容器１が汚れるのを防止している。所定数の基板７を処理した後、汚れたインナチャンバ１８をローテーションパーツと交換することで、速やかにメンテナンス作業を実施することができるよう、考慮されている。基板電極６は、４本の支柱１９により、真空容器１に固定されている。

【００２２】

真空容器１は接地され、かつ、電波吸収体２３によって真空容器１が基板７のある側と基板７の無い側（図４のハッチング部分）に分離されている。電波吸収体２３として、フェライトなどの渦電流損失を用いるものを利用することができる。また、図５のプラズマ処理装置の平面図に示すように、電波吸収体２３に設けられた穴のピッチは、１２ｍｍである。なお、簡単のため、図５では穴の大きさを大きめに描いており、実際には穴の数はもっと多い。典型的には、基板電極６の直径は２２０ｍｍ、インナチャンバ１８の内径は４５０ｍｍであり、電波吸収体２３に設けられた穴は半径方向に（４５０－２２０）／（２×１２）　９個設けられている。また、インナチャンバ１８の開口部２１（真空容器１内へのウエハの出し入れを行うためのゲートや、プラズマ発光を観察するためのビューイングポートなど）から、２つの領域に分離された真空容器１の基板７の無い側に電磁波が漏れないよう、インナチャンバ１８の開口部２１より下流側の接地点２２（図４）にて接地している。

【００２３】

アンテナ５の平面図は、図３と同様であるので、ここでは説明を省略する。

【００２４】

図４乃至図５に示すプラズマ処理装置において、白金膜付き基板をエッチングした。エッチング条件は、アルゴン／塩素＝２６０／２０ｓｃｃｍ、圧力＝０．３Ｐａ、アンテナ電力＝１５００Ｗ、基板電極電力＝４００Ｗである。このような条件でエッチング処理したところ、基板電極６よりも下流の領域（図４のハッチング部分）へのプラズマの拡がりが起きず、良好な放電状態を得ることができた。

【００２５】

このように、下流での放電が抑制できた理由は、電波吸収体２３によって高周波電磁波が遮蔽され、下流へ電磁波が到達しなくなったためであると考えられる。本発明の第１実施形態では、パンチングメタル２０によって高周波電磁波を反射させていたが、本発明の参考例では、電波吸収体２３によって電磁波を吸収・減衰させた点に違いがある。本発明の参考例においては、電波吸収体２３の外周部を接地する必要が無く、設計上の自由度が増すという利点がある。一方、電磁波を吸収・減衰させるため、パワー効率の点では本発明の第１実施形態の方が優れている。

【００２６】

本発明の参考例では、下流までプラズマが拡がらなくなったため、従来例に比べて処理チャンバとしての真空容器１に投入されたパワーに対する処理効率が向上し、同一のエッチング条件で比較すると、エッチレートが４％向上した（従来例：８２ｎｍ／ｍｉｎ、本発明の参考例での形態：８５ｎｍ／ｍｉｎ）。また、処理による真空容器１の汚れも下流まで拡がらず、メンテナンス作業の負担が軽減できた。

【００２７】

（第２実施形態）

次に、本発明の第２実施形態について、図６を参照して説明する。

【００２８】

図６に、本発明の第２実施形態において用いたプラズマ処理装置の断面図を示す。図６において、真空容器１内に、ガス供給装置２から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのターボ分子ポンプ３により排気を行い、真空容器１内を所定の圧力に保ちながら、アンテナ用高周波電源４により１００ＭＨｚの高周波電力を真空容器１内に突出して設けられたアンテナ５に供給することにより、真空容器１内にプラズマが発生し、基板電極６上に載置された基板７に対してプラズマ処理を行うことができる。また、基板電極６に高周波電力を供給するための基板電極用高周波電源８が設けられており、基板７に到達するイオンエネルギーを制御することができるようになっている。アンテナ５へ供給される高周波電圧は、給電棒９により、アンテナ５の中心付近へ給電される。また、アンテナ５の中心とも周辺とも異なる複数の部位と真空容器１の基板７に対向する面１’とが、ショートピン１０により短絡されている。アンテナ５と真空容器１との間に誘電板１１が挟まれ、給電棒９及びショートピン１０は、誘電板１１に設けられた貫通穴を介してそれぞれアン

テナ５とアンテナ用高周波電源４、アンテナ５と真空容器１’とを接続している。また、アンテナ５の表面は、カバー１２により覆われている。また、誘電板１１と誘電板１１の周辺部に設けられた誘電体リング１３との間の溝状の空間と、アンテナ５とアンテナ５の周辺部に設けられた導体リング１４との間の溝状の空間からなるプラズマトラップ１５が設けられている。

【００２９】

ターボ分子ポンプ３及び排気口１６は、基板電極６の直下に配置されており、また、真空容器１を所定の圧力に制御するための調圧弁１７は、基板電極６の直下で、かつ、ターボ分子ポンプ３の直上に位置する昇降弁である。また、インナチャンバ１８によって真空容器１の内壁面が覆われており、プラズマ処理によって真空容器１が汚れるのを防止している。所定数の基板７を処理した後、汚れたインナチャンバ１８をローテーションパーツと交換することで、速やかにメンテナンス作業を実施することができるよう、考慮されている。基板電極６は、４本の支柱１９により、真空容器１に固定されている。

【００３０】

真空容器１は接地され、かつ、複数の多孔導体２０及び２６によって真空容器１が基板７のある側と基板７の無い側（図６のハッチング部分）に分離されている。多孔導体２０及び２６の平面図は、図２に示したものと概ね同様であるが、穴ピッチは５ｍｍと大きく、開口率が６５％と大きいものを用いた。また、多孔導体２０及び２６の距離は１０ｍｍとした。また、インナチャンバ１８の開口部２１（真空容器１内へのウエハの出し入れを行うためのゲートや、プラズマ発光を観察するためのビューイングポートなど）から、２つの領域に分離された真空容器１の基板７の無い側に電磁波が漏れないよう、インナチャンバ１８の開口部２１より下流側の接地点２２（図６）にて接地している。

【００３１】

アンテナ５の平面図は、図３と同様であるので、ここでは説明を省略する。

【００３２】

図６に示すプラズマ処理装置において、白金膜付き基板をエッチングした。エッチング条件は、アルゴン／塩素＝２６０／２０ｓｃｃｍ、圧力＝０．３Ｐａ、アンテナ電力＝１５００Ｗ、基板電極電力＝４００Ｗである。このような条件でエッチング処理したところ、基板電極６よりも下流の領域（図６のハッチング部分）へのプラズマの拡がりが起きず、良好な放電状態を得ることができた。また、排気速度の低下は、本発明の第１実施形態よりも小さく、調圧弁１７が全開で、１０００ｓｃｃｍの窒素ガスを導入した場合、真空容器１の基板７のある側の圧力は１．２Ｐａであった（本発明の第１実施形態では、調圧弁１７が全開で、１０００ｓｃｃｍの窒素ガスを導入した場合、真空容器１の基板７のある側の圧力は１．４Ｐａであった）。

【００３３】

このように、下流での放電が抑制でき、かつ、排気速度の低下を抑制できた。この効果は次のように説明できる。１層の開口率６５％の多孔導体によって、２つの領域に分離された真空容器の基板の無い側に漏れる電磁波による電界強度は約１／１０に低下し、１層の開口率６５％の多孔導体によって排気速度は約２／３に低下する。２層の開口率６５％の多孔導体によって、２つの領域に分離された真空容器の基板の無い側に漏れる電磁波による電界強度は（１／１０）２＝１／１００、１層の開口率６５％の多孔導体によって排気速度は（２／３）２＝４／９に低下する。一方、１層の多孔導体によって、２つの領域に分離された真空容器の基板の無い側に漏れる電磁波による電界強度を１／１００にするためには、多孔導体の開口率を２０％にする必要がある。このとき、排気速度は約１／５に低下する。したがって、２層の高開口率の多孔導体を用いると、排気速度の低下を最小にしつつ、電磁波の回り込みを効果的に防止できる。

【００３４】

本発明の第２実施形態においては、２層の多孔導体を用いる場合について説明したが、３層以上の多孔導体を用いることもできる。また、多孔導体と電波吸収体をともに用いて、下流での放電を抑制することが可能である。電波吸収体は一般にフェライトから成り、

鉄を含んでいるため、基板への重金属汚染が発生するおそれがあるが、多孔導体が、２つの領域に分離された真空容器の基板の有る側に、多孔電波吸収体が、２つの領域に分離された真空容器の基板の無い側に面しているような構造とすることにより、汚染の発生を抑制できる。したがって、多孔導体と多孔電波吸収体を用いることで、排気速度の低下を最小にしつつ、電磁波の回り込みを効果的に防止できる。

【００３５】

また、本発明の第２実施形態においては、多孔導体間の距離が１０ｍｍである場合について説明したが、複数層の多孔導体間の距離は、３ｍｍ乃至３０ｍｍであることが望ましい。３ｍｍ未満の場合、基板の無い側への電磁波の回り込みが増加する傾向があり、逆に３０ｍｍを越える場合、多孔導体の層間の空間において放電が発生することがある。また、複数層の多孔導体の開口率は、各々５０％以上であることが望ましい。５０％未満である場合、排気速度の低下が著しく、多層化する効果が少ない。また、多孔導体と多孔の電波吸収体を用いる場合、多孔導体と電波吸収体の間の距離は、３ｍｍ乃至３０ｍｍであることが望ましい。３ｍｍ未満の場合、基板の無い側への電磁波の回り込みが増加する傾向があり、逆に３０ｍｍを越える場合、多孔導体と多孔電波吸収体の層間の空間において放電が発生することがある。

【００３６】

また、多孔導体と電波吸収体の開口率は、各々５０％以上であることが望ましい。５０％未満である場合、排気速度の低下が著しく、多層化する効果が少ない。

【００３７】

本発明の第２実施形態では、下流までプラズマが拡がらなくなったため、従来例に比べて処理チャンバとしての真空容器１に投入されたパワーに対する処理効率が向上し、同一のエッチング条件で比較すると、エッチレートが５％向上した（従来例：８０ｎｍ／ｍｉｎ、本発明の第２実施形態：８４ｎｍ／ｍｉｎ）。また、処理による真空容器１の汚れも下流まで拡がらず、メンテナンス作業の負担が軽減できた。

【００３８】

以上述べた本発明の実施形態においては、本発明の適用範囲のうち、真空容器の形状、アンテナの形状及び配置等に関して様々なバリエーションのうちの一部を例示したに過ぎない。本発明の適用にあたり、ここで例示した以外にも様々なバリエーションが考えられることは、いうまでもない。

【００３９】

以上述べた本発明の実施形態においては、誘電板の中心付近に設けられた貫通穴を介してアンテナに高周波電圧を給電し、誘電板の中心とも周辺とも異なる一部位に設けられ、かつ、アンテナの中心に対してほぼ等配置されている貫通穴を介して、アンテナと真空容器とをショートピンによって短絡する場合について説明したが、このような構成とすることでプラズマの等方性をより高めることができる。基板が小さい場合などは、ショートピンを用いなくても、十分に高い面内均一性が得られることは、いうまでもない。

【００４０】

また、以上述べた本発明の実施形態において、アンテナと真空容器との間に設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップによって、基板上のプラズマ分布が制御された状態で基板を処理する場合について説明したが、このような構成とすることでプラズマの均一性をより高めることができる。基板が小さい場合などは、プラズマトラップを用いなくても、十分に高い面内均一性が得られることは、いうまでもない。

【００４１】

また、アンテナとして図７に示した誘導結合プラズマ源におけるコイル２４や、図８に示す表面波プラズマ源における電磁波放射アンテナ２５などを用いる場合にも、本発明は有効である。

【００４２】

また、以上述べた本発明の実施形態において、真空容器を排気するためのターボ分子ポンプが、基板電極の直下に配置されており、かつ、２つの領域に分離された真空容器の基

板の無い側に、排気口が位置しており、真空容器を所定の圧力に制御するための調圧弁が、基板電極の直下で、かつ、ターボ分子ポンプの直上に位置する昇降弁であり、２つの領域に分離された真空容器の基板の無い側に、調圧弁が位置している場合について説明したが、図９に示すように、ターボ分子ポンプ３が基板電極６の直下に配置されておらず、調圧弁１７が基板電極６の直下に配置されておらず、調圧弁１７が昇降弁でない場合においても、本発明は有効である。

【００４３】

また、真空容器内の圧力が、０．３Ｐａである場合について説明したが、真空容器内の圧力が低いほど下流でのプラズマが発生し易いので、本発明は、真空容器内の圧力が１０Ｐａ以下である場合に、有効な方法である。さらに、真空容器内の圧力が、１Ｐａ以下である場合に、とくに有効な方法である。

【００４４】

また、アンテナに印加する高周波電力の周波数が、１００ＭＨｚである場合について説明したが、低圧力化でのプラズマ処理には、１００ｋＨｚ乃至３ＧＨｚの高周波電力を用いることができ、そのすべての領域において本発明は有効である。しかし、高周波電力の周波数が高いほど、電磁波が広い範囲に拡がっていく傾向があるので、下流でのプラズマが発生しやすい。したがって、本発明は、高周波電力の周波数が高い場合、とくに、５０ＭＨｚ乃至３ＧＨｚである場合に、有効な方法である。

【００４５】

また、本発明の第１実施形態において、パンチングメタルを用いる場合について説明したが、導体メッシュや、エッチングマスクを施された金属製薄板にウエットエッチング処理を施すことにより形成されたもの、機械加工で製作された導体板など、種々の多孔導体を用いても全く同様の効果を得ることができる。

【００４６】

また、本発明の第１実施形態において、パンチングメタルのパンチング穴ピッチが１．２ｍｍである場合について説明したが、多孔導体の穴ピッチは、電磁波の透過を抑制するために、電磁波の波長よりも十分に小さくする必要がある。一般に、大気中で電磁波の漏洩を防止したい場合、真空中での電磁波の波長（＝ｃ／ｆ）の０．０３倍程度より小さいピッチのパンチングメタルまたはメッシュなどの多孔導体によって、十分な遮蔽効果が得られることが知られているが、プラズマ中では電磁波の波長が真空中での波長よりも小さくなるという特殊な現象を考慮しなければならない。我々の実験によれば、パンチングメタルまたは導体メッシュなどの多孔導体の穴ピッチまたはメッシュピッチをｐ、アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ、光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすとき、かなり広範な放電条件において下流でのプラズマ発生を抑制することができることがわかっている。しかし、より確実に下流でのプラズマ発生を抑制するには、パンチングメタルまたは導体メッシュなどの多孔導体のパンチング穴ピッチまたはメッシュピッチをｐ、アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ、光速をｃとしたとき、ｐ＜０．０００５×ｃ／ｆなる関係式を満たすことが望ましい。

【００４７】

また、本発明の参考例において、電波吸収体に設けられた穴のピッチが１２ｍｍである場合について説明したが、電磁波の透過を抑制するには、電磁波の波長よりも十分に小さい穴ピッチとする必要がある。パンチングメタルや導体メッシュを用いる場合と異なり、電波吸収体を用いる場合には、電磁波が穴よりも電波吸収体自体の内部に浸透していき、電波吸収体内部で減衰することから、電波吸収体に設けられた穴のピッチは、パンチングメタルや導体メッシュを用いる場合よりも大きくてよい。穴のピッチが大きいほど、排気特性上有利である。我々の実験によれば、電波吸収体に設けられた穴のピッチをｐ、アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ、光速をｃとしたとき、ｐ＜０．０２×ｃ／ｆなる関係式を満たすとき、かなり広範な放電条件において下流でのプラズマ発生を抑制することができることがわかっている。しかし、より確実に下流でのプラズマ発生を抑制するには、電波吸収体に設けられた穴のピッチをｐ、アンテナに印加する高周波電力の周波数

をｆ、光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００５×ｃ／ｆなる関係式を満たすことが望ましい。

【００４８】

また、本発明の実施形態において、インナチャンバによって真空容器の内壁面が覆われ、かつ、インナチャンバの開口部から、２つの領域に分離された真空容器の基板の無い側に電磁波が漏れないよう、インナチャンバの開口部より下流側を接地した場合について説明したが、このような構造とすることにより、下流でのプラズマ発生をより効果的に防止することができる。しかし、場合によっては、このような構造としなくても下流でのプラズマ発生を防止することもできる。

【００４９】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本願の第１発明のプラズマ処理方法によれば、真空容器内にガスを供給しつつ排気し、前記真空容器内を所定の圧力に制御しながら、前記真空容器内の基板電極に対向して設けられたアンテナに高周波電力を印加することにより、真空容器内にプラズマを発生させ基板を処理するプラズマ処理方法であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側にパンチングメタルまたは導体メッシュが配置され、かつ、このパンチングメタルまたは導体メッシュのパンチング穴ピッチまたはメッシュピッチをｐ，アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定するため、パワー効率が良く、かつ、メンテナンス作業が軽減できるプラズマ処理方法を実現できる。

【００５０】

また、本願の第２発明のプラズマ処理装置によれば、真空容器と、前記真空容器内にガスを供給するガス供給装置と、真空容器内を排気する排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御する調圧弁と、真空容器内に基板を載置する基板電極と、前記基板電極に対向して設けられたアンテナと、前記アンテナに高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側にパンチングメタルまたは導体メッシュが配置され、かつ、このパンチングメタルまたは導体メッシュのパンチング穴ピッチまたはメッシュピッチをｐ，アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定するため、基板電極よりも下流の領域へのプラズマの拡がりが起きにくく、パワー効率が良く、かつ、メンテナンス作業が軽減できるプラズマ処理装置を実現できる。

【００５１】

また、本願の第３発明のプラズマ処理方法によれば、真空容器内にガスを供給しつつ排気し、前記真空容器内を所定の圧力に制御しながら、前記真空容器内の基板電極に対向して設けられたアンテナに高周波電力を印加することにより、真空容器内にプラズマを発生させ基板を処理するプラズマ処理方法であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側に多孔導体が配置され、かつ、この多孔導体の穴ピッチをｐ，アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定するため、パワー効率が良く、かつ、メンテナンス作業が軽減できるプラズマ処理方法を実現できる。

【００５２】

更に、本願の第４発明のプラズマ処理装置によれば、真空容器と、前記真空容器内にガスを供給するガス供給装置と、真空容器内を排気する排気装置と、真空容器内を所定の圧力に制御する調圧弁と、真空容器内に基板を載置する基板電極と、前記基板電極に対向し

て設けられたアンテナと、前記アンテナに高周波電力を供給する高周波電源とを備えたプラズマ処理装置であって、前記真空容器の内壁面をインナチャンバで覆い、前記インナチャンバは前記インナチャンバに設けられた開口部よりも下側で前記真空容器を介して接地され、前記基板電極の前記アンテナ側表面より下側に多孔導体が配置され、かつ、この多孔導体の穴ピッチをｐ，アンテナに印加する高周波電力の周波数をｆ，光速をｃとしたとき、ｐ＜０．００２×ｃ／ｆなる関係式を満たすようにｐを設定するため、パワー効率が良く、かつ、メンテナンス作業が軽減できるプラズマ処理装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の第１実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図２】　本発明の第１実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す平面図

【図３】　本発明の第１実施形態で用いたアンテナの平面図

【図４】　本発明の参考例としての形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図５】　本発明の参考例としての形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す平面図

【図６】　本発明の第２実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図７】　本発明を誘導結合プラズマ源方式プラズマ処理装置に適用した場合の構成を示す断面図

【図８】　本発明を表面波プラズマ源方式プラズマ処理装置に適用した場合の構成を示す断面図

【図９】　本発明の第１実施形態の変形例であるプラズマ処理装置の構成を示す断面図（参考例）

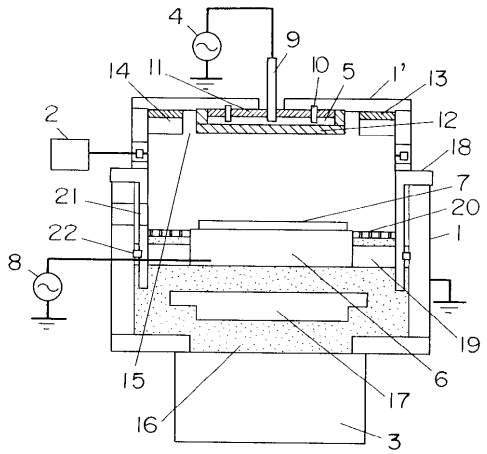
【図１０】　従来例で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【符号の説明】

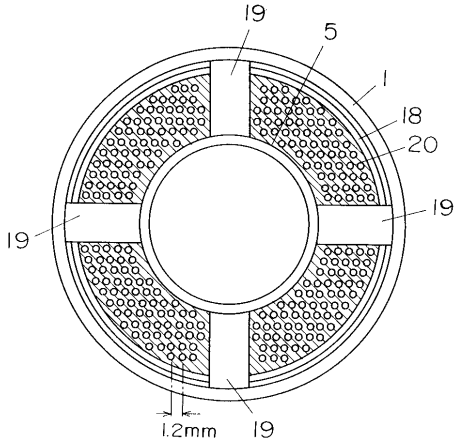
１　真空容器
２　ガス供給装置
３　ターボ分子ポンプ
４　アンテナ用高周波電源
５　アンテナ
６　基板電極
７　基板
８　基板電極用高周波電源
９　給電棒
１０　ショートピン
１１　誘電板
１２　カバー
１３　誘電体リング
１４　導体リング
１５　プラズマトラップ
１６　排気口
１７　調圧弁
１８　インナチャンバ
１９　支柱
２０　パンチングメタル
２１　開口部
２２　接地点

【図１】

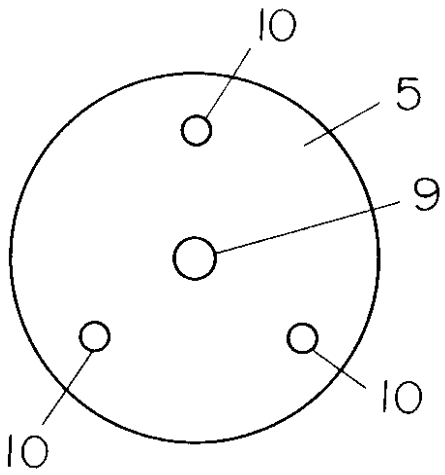
1---真空容器
2---ガス供給装置
3---ターボ分子ポンプ
4---アンテナ用高周波電源
5---アンテナ
6---基板電極
7---基板
8---基板電極用高周波電源
9---給電棒
10---ショートピン
11---誘電板
12---カバー
13---誘電体リング
14---導体リング
15---プラズマトラップ
16---排気口
17---調圧弁
18---インナチャンバ
19---支柱
20---パンチングメタル
21---開口部
22---接地点



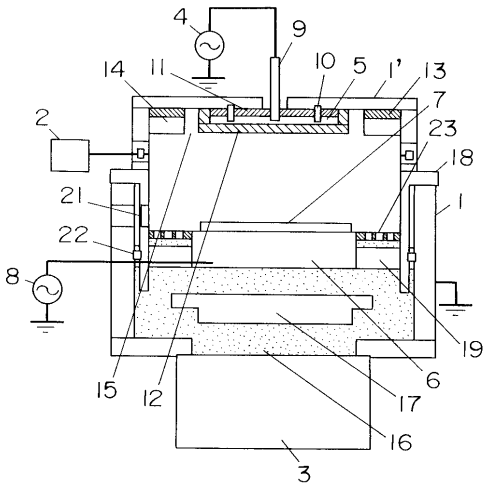
【図２】



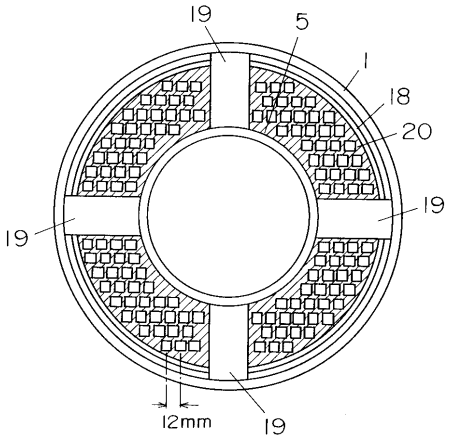
【図３】



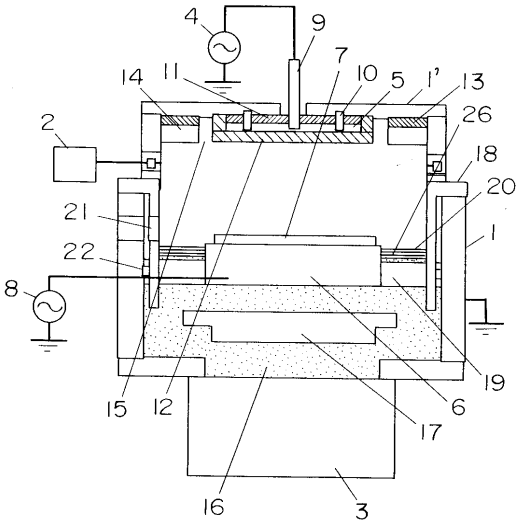
【図４】



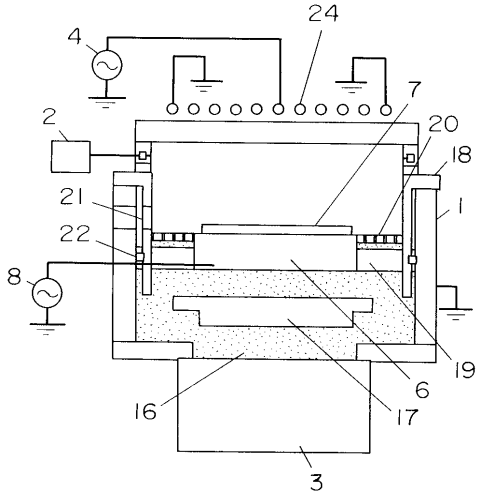
【図５】


19
5
1
18
20
19
19
12mm
19

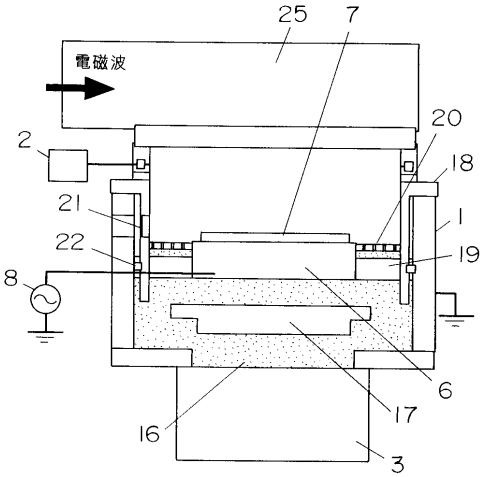
【図６】


4
9
7
14
11
10
5
1'
13
26
2
18
20
21
1
22
8
19
15
12
6
17
16
3

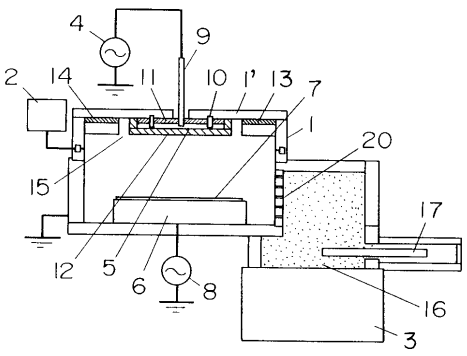
【図７】


24
4
7
2
20
18
21
1
22
8
19
6
16
17
3

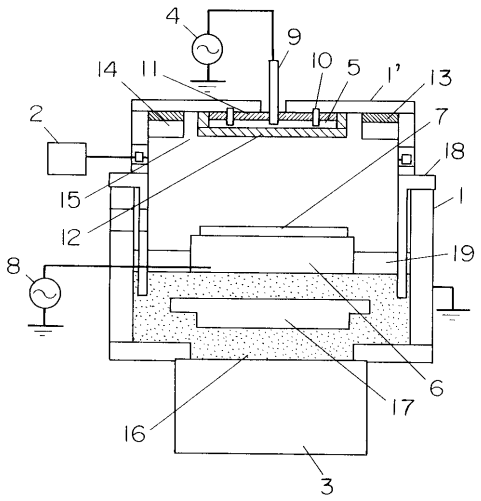
【図８】


25
7
電磁波
2
20
18
21
1
22
19
8
6
16
17
3

【図９】


4
9
2
14
11
10
1'
13
7
1
20
15
17
12
5
6
8
16
3

【図１０】



フロントページの続き

(72)発明者　松田　出
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内
(72)発明者　甲斐　隆行
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内

合議体
審判長　岡　和久
審判官　大嶋　洋一
審判官　日比野　隆治

(56)参考文献　特開平２－２０９４８４（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－４５８７８（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１８８２８１（ＪＰ，Ａ）
特開平８－１６７５９６（ＪＰ，Ａ）
特開平６－１２４９０６（ＪＰ，Ａ）