

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 10 月 1 日(01.10.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/145486 A1

- (51) 国際特許分類:
H05H 1/46 (2006.01) *H01L 21/31* (2006.01)
C23C 16/515 (2006.01) *H01L 21/318* (2006.01)
H01L 21/283 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/001821
- (22) 国際出願日: 2014 年 3 月 28 日(28.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 国立大学法人東北大学(TOHOKE UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号 Miyagi (JP).
- (72) 発明者: 後藤 哲也(GOTO, Tetsuya); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

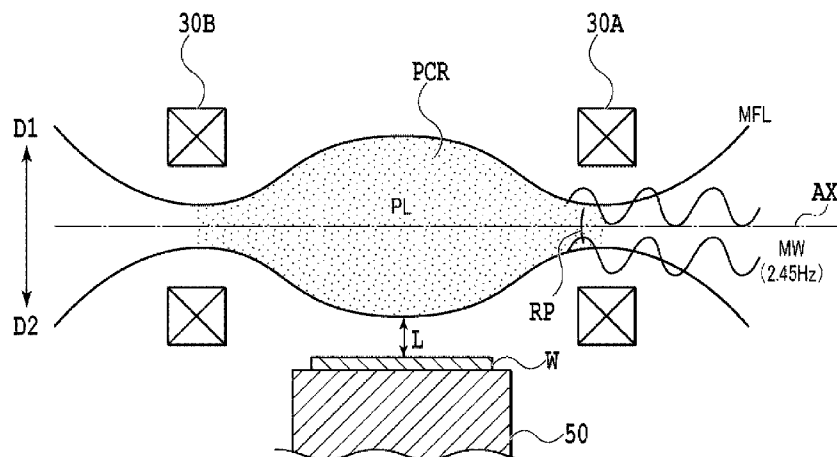
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: PLASMA PROCESSING DEVICE AND PLASMA PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法



(57) Abstract: To enable the formation of a high-quality thin film while greatly mitigating damage to a substrate due to the collision therewith of ions generated in plasma as well as contamination of a substrate by sputtering on the inner wall of a processing chamber. Plasma is generated by electron cyclotron resonance using a mirror magnetic field (MF) and a microwave (MW), the plasma (PL) is closed off in a prescribed closed region (PCR) by the mirror magnetic field (MF), and a wafer (W) is arranged opposite the closed region (PCR) in a direction (D1, D2) crossing lines of magnetic force passing through the closed region (PCR) such that activated neutral radicals selectively reach the wafer (W) to be processed from the closed region (PCR).

(57) 要約: プラズマで発生したイオンの、衝突による基板のダメージや処理チャンバ内壁のスパッタによる基板の汚染を大幅に抑制しつつ、高品質な薄膜の形成を可能にする。ミラー磁場 (MF) とマイクロ波 (MW) とによる電子サイクロトロン共鳴によりプラズマを生成するとともに、ミラー磁場 (MF) により所定の閉じ込め領域 (PCR) に当該プラズマ (PL) を閉じ込め、閉じ込め領域 (PCR) から活性化した中性のラジカルが処理すべきウエハ (W) に選択的に到達するように、閉じ込め領域 (PCR) を通過する磁力線を横切る方向 (D1, D2) においてウエハ (W) を閉じ込め領域 (PCR) に対向させて配置する。



WO 2015/145486 A1

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ処理装置とプラズマ処理方法とに関する。

背景技術

[0002] 半導体製造等におけるプラズマによる薄膜形成プロセスは、プラズマにより反応性に富む様々な活性種を容易に発生させることが出来るため、それら活性種を利用し、基板温度を上げることなく、高品質な薄膜の形成が可能である（例えば、特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特公平6－91013号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、プラズマで発生したイオンは、プラズマ電位で加速されてウエハ等の基板に衝突し、ダメージを与える可能性がある。また、処理チャンバの内壁へイオンが照射され、チャンバの内壁材料がスパッタされると、処理すべき基板が汚染される可能性もある。プラズマによる基板へのダメージを低減させるために、プラズマから基板を遠ざけると、活性種が失活してしまい、高品質な薄膜の形成が困難となる。

[0005] 本発明の目的は、プラズマで発生したイオンの、衝突による基板のダメージや処理チャンバ内壁のスパッタによる基板の汚染を大幅に抑制しつつ、高品質な薄膜の形成を可能にするプラズマ処理装置および方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明のプラズマ発生装置は、ミラー磁場を形成するミラー磁場形成機構と、マイクロ波を供給するマイクロ波供給機構と、を有し、前記ミラー磁場

と前記マイクロ波とによる電子サイクロトロン共鳴によりプラズマを生成するとともに、前記ミラー磁場により所定の閉じ込め領域に当該プラズマを閉じ込めるプラズマ処理装置であって、

前記閉じ込め領域から活性化した中性のラジカルが処理すべき基体を選択的に到達するように、前記閉じ込め領域を通過する磁力線を横切る方向において前記基体を前記閉じ込め領域に対向させて配置する保持機構を有する、ことを特徴とする。

[0007] 本発明のプラズマ処理方法は、ミラー磁場とマイクロ波とによる電子サイクロトロン共鳴によりプラズマを生成するとともに、前記ミラー磁場により所定の閉じ込め領域に当該プラズマを閉じ込め、

前記閉じ込め領域から活性化した中性のラジカルが処理すべき基体を選択的に到達するように、前記閉じ込め領域を通過する磁力線を横切る方向において前記基体を前記閉じ込め領域に対向させて配置する、ことを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、プラズマの閉じ込め領域から活性化した中性のラジカルが処理すべき基体を選択的に到達するように、閉じ込め領域を通過する磁力線を横切る方向において基体を前記閉じ込め領域に対向させて配置することにより、プラズマからのイオン照射は可能な限り低減できるとともに、基体への活性種（中性のラジカル）の照射を最大化させることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明のプラズマ処理装置の一実施形態に係る成膜装置の概略を示す断面図。

[図2]本発明の基本原理を説明するための図。

[図3]ミラー磁場によるプラズマの閉じ込めを説明するための斜視図。

[図4]ミラー磁場の軸線上の磁場強度の分布の一例を示すグラフ。

[図5]電位調整用分割リングの構成を示す平面図。

[図6]本発明のプラズマ処理装置の他の実施形態に係るスパッタ装置の概略を

示す断面図。

発明を実施するための形態

[0010] 以下に添付図面を参照しながら、本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0011] 第1実施形態

図1は、電子サイクロトロン共鳴（ECR）によるプラズマ生成を用いた成膜装置1を示している。後述するように、ミラー磁場閉じ込めプラズマを利用したALD（Atomic Layer Deposition）プロセスを行う装置である。処理チャンバ10は、アルミニウム合金、ステンレス等の導電性材料で形成され、基準電位に接続されている。処理チャンバ10の上部には、天板11が設けられ、N₂ガスを供給する供給装置12および材料ガスGを供給する供給装置13が設けられている。処理チャンバ10の底部には、ウェハWを保持するステージ50が設けられている。また、処理チャンバ10には、図示しないが、処理チャンバ10内の雰囲気気を排気するための排気口が設けられ、この排気口に処理チャンバ10の外部に設置された図示しない真空ポンプなどの排気装置が接続される。この排気装置により、処理チャンバ10内は減圧される。

[0012] 処理チャンバ10の一側壁には、プラズマ生成室17Aを画定するための筒状部材18Aが処理チャンバ10と連通するように設置され、処理チャンバ10の他側壁には、プラズマ生成室17Aに対向する対向端部室17Bを画定するための筒状部材18Bが処理チャンバ10と連通するように設置されている。プラズマ生成室17Aおよび対向端部室17Bの中心軸線は、水平方向に延びる軸線AXと一致している。図面左側の筒状部材18Bの外側端部はプレート19により密閉されている。図面右側の筒状部材18Aの外側端部には、導波管15が接続され、筒状部材18Aと導波管15との間には、酸化アルミニウム等の誘電体材料で形成されたマイクロ波MWのための入射窓16が設けられている。筒状部材18Aおよび18Bの外周側には、

ミラー磁場を形成するための電流コイル 30 A, 30 B が設けられている。筒状部材 18 A および 18 B の処理チャンバ 10 側の端部には、円形の開口をもつプレートからなる、処理チャンバ 10 内でのプラズマ PL の存在領域を画定するためのリミッター部材 20 A, 20 B が設置されている。リミッター部材 20 A と 20 B とは、筒状部材 18 A と筒状部材 18 B との間の中間位置 M2 に関して対照に配置されている。対向端部室 17 B 内には、軸線 AX を中心軸にもつ、電位調整用分割リング 40 が設けられている。電位調整用分割リング 40 は、図 5 に示すように、円盤状の電極 41、この外側に同心に配置されたリング状の電極 42 および 43 からなる。

[0013] ここで、本発明の基本コンセプトについて図 1～図 4 を参照して説明する。本発明では、図 3 に示すように、2つの電流コイル 30 A, 30 B に同じ向きに電流 I_0 を流してミラー磁場 MF を形成する。これに加えて、導波管 15 を通じて図 2 に示すように、プラズマを生成するためにマイクロ波 MW を供給する。ここで、例えば、2.45 GHz のマイクロ波は、磁場強度 875 ガウスで電子とサイクロトロン共鳴し、この共鳴点 RP 付近でプラズマ PL が生成される。共鳴点 RP がプラズマ生成室 17 A 内に配置されるように、各種条件が設定されている。共鳴点 RP 付近で生成されたプラズマ PL は、ミラー磁場 MF の磁力線 ML に拘束され、磁力線 MF L の方向には自由に運動できる。図 4 に示すように、軸線 AX 上の磁場強度は、2つの電流コイル 30 A, 30 B の軸線方向の中央位置 M1 A, M1 B で最大となり、軸線 AX 上の位置 M1 A と位置 M1 B との中間位置 M2 で最小となる。磁力線 MF L に沿って運動するプラズマ PL を構成する電子は、いわゆる磁気ミラー効果により 2つの最大磁場部 (M1 A, M1 B) の間でバウンス運動をすることで、2つの最大磁場部 (M1 A, M1 B) の間に閉じ込められる。具体的には、プラズマ PL は、ミラー磁場 MF の磁場強度の高い領域からミラー磁場 MF の磁場強度の低い領域に向かって加速されるが、磁場強度が高くなるにつれて減速し、やがて、最大磁場部 (M1 A, M1 B) に近づくと跳ね返される。このため、プラズマ PL は、所定の閉じ込め領域 PCR に閉じ込め

られる。本発明では、図2に示すように、閉じ込め領域PCRを通過する磁力線MFLを横切る方向D1、D2において、閉じ込め領域PCRから活性化した中性のラジカルが処理すべきウエハWに選択的に到達するように、ウエハWを閉じ込め領域PCRに対向させて配置する。好適には、ウエハWは位置M2の下方に配置される。図2に示すウエハWの表面と閉じ込め領域PCRの外延（最大外周位置）との距離Lが、プラズマPL中の荷電粒子が閉じ込め領域PCRに閉じ込められた状態で、閉じ込め領域PCRから活性化した中性のラジカルのみが活性を失うことなく処理すべきウエハWに到達するように設定される。これにより、プラズマからのウエハWへのイオン照射を大幅に減らしつつ、ウエハWへの中性の活性種の照射を最大化することが可能となる。

[0014] 次に、リミッター部材20A、20Bの役割について説明する。上記した閉じ込め領域PCRの外延の位置が不確定であると、ウエハWに荷電粒子が入射する可能性がある。荷電粒子は磁力線に拘束されることから、移動するプラズマの移動軌跡の外延は、リミッター部材20A、20Bの開口の縁部の位置で画定される。すなわち、リミッター部材20A、20Bを設置することで、閉じ込め領域PCRの外延をより精密にコントロールすることができる。リミッター部材20A、20Bの形成材料は、特に限定されないが、プラズマ生成室17Aで生成されたプラズマがリミッター部材20A、20Bに衝突し、リミッター部材20A、20Bの形成材料がスパッタされ、このスパッタされた材料がウエハWに付着する可能性もある。このため、リミッター部材20A、20Bを処理すべき基体であるウエハWの形成材料を含む材料、または成膜する薄膜に含まれる材料、例えば、シリコン等を含む材料で形成することも可能である。また、リミッター部材20A、20Bの表面を例えば、シリコン等を含む材料でコーティングしてもよい。同様に、筒状部材18A、18Bの内壁面18fにもプラズマが衝突して筒状部材18A、18Bの形成材料がスパッタされ、このスパッタされた材料がウエハWに付着する可能性もある。このため、筒状部材18A、18Bの形成材料ま

たはコーティング材料をウエハWの形成材料を含む材料、例えば、シリコン等を含む材料で形成してもよい。

- [0015] 次に、電位調整用分割リング40の役割について説明する。ミラー磁場でプラズマを閉じ込めると、軸線AXを中心とする径方向（軸線AXに直交する方向）に電位勾配が形成され、閉じ込め領域PCRに閉じ込められたプラズマPLが径方向に拡散しやすくなることが知られている。このため、例えば、電位調整用分割リング40の中心部に位置する電極41をマイナスの電位に、電極42を基準電位に、最外周に配置された電極43をプラスの電位に接続する。これにより、閉じ込め領域PCRに閉じ込められたプラズマPLに生じる径方向の電位勾配と逆向きの電位勾配を与え、閉じ込め領域PCRに閉じ込められたプラズマPLの電位を平坦化する。これにより、プラズマPLが径方向に拡散することを抑制できて、ウエハWの荷電粒子によるダメージの発生をより一層抑制できる。

実施例 1

- [0016] 本実施形態の成膜装置は、ミラー磁場閉じ込めプラズマを利用したALD (Atomic Layer Deposition) プロセスを行う装置である。ALDにより窒化アルミ (AlN) を成膜する手順の一例について説明する。シリコンからなるウエハWを処理チャンバ10に搬送し、ステージ50は300℃に加熱した。電流コイル30A, 30Bには360Aの電流を流し、最大磁場部 (M1A, M1B) で1500ガウス、ミラー磁場中央部 (M2) で300ガウスの磁場を発生させた。
- [0017] 次に、処理チャンバ10内に材料ガスGであるトリメチルアルミ[Al(CH)₃、以下TMA]を流量1sccmで1秒間導入した。処理チャンバ10内の圧力は1Torrとした。これにより、ウエハW表面や処理チャンバ10の内壁面にTMAを吸着させた。次に、N₂ガスを処理チャンバ10内の圧力を1Torrとして500sccm、1分間流し、処理チャンバ10内に吸着せずに残留しているTMA成分を除去した。
- [0018] 次に、N₂を500sccm流したまま、圧力を3mTorrとし、2.45GHzのマイクロ波MWを処理チャンバ10内に導入し、電子サイクロトロン共鳴により、窒素プ

ラズマを90秒間励起した。マイクロ波パワーは600Wとした。この間、 N_2 イオンや N^+ イオン、及び電子はミラー磁場に閉じ込められ、ウエハWにはほとんど到達しない。一方、窒素プラズマ中で発生した中性で活性なN原子ラジカルはウエハW上に到達し、吸着したTMAと反応する。CH基がCNガスやHNガス等で揮発するとともに、表面に窒化アルミAlN薄膜が形成された。TMAの導入から N_2 プラズマ処理までを1サイクルとし、200サイクル繰り返すことで、20nm程度の窒化アルミ薄膜を形成できた。

[0019] 本発明により、通常のプラズマ処理に比べ、イオン衝撃ダメージを低減させることができ、高耐圧で、リーク電流の少ない高品質な窒化アルミ薄膜が形成可能となった。

[0020] なお、本発明は、本実施例で示した窒化アルミに限らず、ALDで通常用いられる有機金属ガスを用い、様々な窒化膜を形成することが可能である。また、窒化膜の場合、プラズマ励起ガスは N_2 では無く、例えば NH_3 でも良くまた希ガスを混ぜても良い。または酸素と酸窒を含むガスでプラズマ励起をすれば酸窒化膜となるし、 O_2 ガス、または O_2 ガスと希ガスでプラズマにすることで、酸化膜を形成することも可能である。

[0021] 第2実施形態

図6に本発明のプラズマ処理装置の他の実施形態に係るスパッタ装置を示す。なお、図6において、図1に示す装置と同様の構成部分には同一の符号を付している。このスパッタ装置は、ミラー磁場閉じ込めプラズマをスパッタプロセスに適用したものである。処理チャンバ10の天板111には、バックングプレート122の下面に保持されたマグネトロンスパッタ源としてのターゲットTGが設けられている。ターゲットTGは、バックングプレート122を介してDC電源200が接続されている。また、処理チャンバ10の側壁には、Arガス又は N_2 ガスを処理チャンバ10内に導入するための供給装置113が設けられている。

実施例 2

[0022] 処理チャンバ10の上部に、マグネトロンスパッタ源が搭載されている。

バックングプレート122に金属ハフニウム(Hf)製のターゲットTGが接着されている。バックングプレート122内には図示しない永久磁石を設置し、ターゲットTG表面において、500ガウスのターゲットTGの表面に平行な水平磁界を形成した。処理チャンバ10内にN₂ガスを導入し、圧力を5mTorrとし、ターゲットTGにDC電力300Wを3秒投入し、ウエハW上へ膜厚1nm程度のHfN薄膜を反応性スパッタにより形成した。

[0023] スパッタ成膜時には、成膜表面にマグネトロンプラズマからのイオンが照射され、膜中にダメージが誘起される。次に、600Wの2.45GHzのマイクロ波MWをミラー磁場部に投入し、窒素プラズマを励起した。これにより、Hf薄膜を窒化した。この窒化プロセスでは成膜表面へのイオン衝撃ダメージはスパッタ成膜時に比べて充分少ないので、この窒化プロセスで、スパッタ成膜時に発生したダングリングボンド等のダメージ部分を窒化し、ダメージを低減することが可能である。Hf成膜から窒化を1サイクルとして、20回繰り返し、高耐圧で、リーク電流の少ない高品質なHfN薄膜が形成可能となった。

[0024] なお、本実施例ではスパッタ成膜とミラー磁場プラズマプロセスを交互に行ったが、スループットを上げるために、スパッタ成膜とミラー磁場プラズマプロセスを同時に行っても、単純な反応性スパッタプロセスに比べれば、膜中のダメージは低減できることがわかった。

[0025] 上記実施形態では、閉じ込め領域PCRは、位置M2において最大直径をもち、電流コイル30A、30Bに向けて直径が減少していく場合を例に挙げて説明したが、これに限定されるわけではない。例えば、閉じ込め領域PCRの形状を修正するための磁場を形成し、処理すべき基体の形状や大きさに応じて閉じ込め領域PCRの形状を変更することも可能である。

[0026] 上記実施形態では、処理すべき基体としてウエハWを例に挙げて説明したが、例えば、大画面ディスプレイ用のガラス基板など、各種の基体に本発明を適用可能である。

[0027] 上記実施形態では、電位調整用部材として電位調整用分割リング40を例に挙げたが、これに限定されるわけではなく、閉じ込め領域PCRのプラズ

マの電位勾配を調整できる手段であれば採用可能である。

[0028] 上記実施形態では、ミラー磁場を形成するために、電流コイルを用いたが、これに代えて、永久磁石を採用することも可能である。

[0029] 上記実施形態では、ステージ50は静止しているが、閉じ込め領域PCRに対してステージ50を移動させながら処理を行うことも可能である。

[0030] 上記実施形態では、プラズマ生成室を一箇所に設けて、このプラズマ生成室にマイクロ波を導入する場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。たとえば、プラズマ生成室17Aに加えて、対向端部室17Bをプラズマ生成室とすることも可能である。この場合には、対向端部室17Bに新たに導波管を接続するとともに、対向端部室17Bと新たな導波管との間に入射窓を設け、この入射窓を通じてマイクロ波を導入する。なお、電位調整用分割リング40は、除去する。

[0031] 以上、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

符号の説明

- [0032] 1 成膜装置
- 10 処理チャンバ
 - 15 導波管
 - 16 入射窓
 - 17A プラズマ生成室
 - 17B 対向端部室
 - 18A, 18B 筒状部材
 - 20 リミッター部材
 - 30A, 30B 電流コイル

4 0 電位調整用分割リング

4 1, 4 2, 4 3 電極

5 0 ステージ

2 0 0 D C 電源

R P 共鳴点

P C R 閉じ込め領域

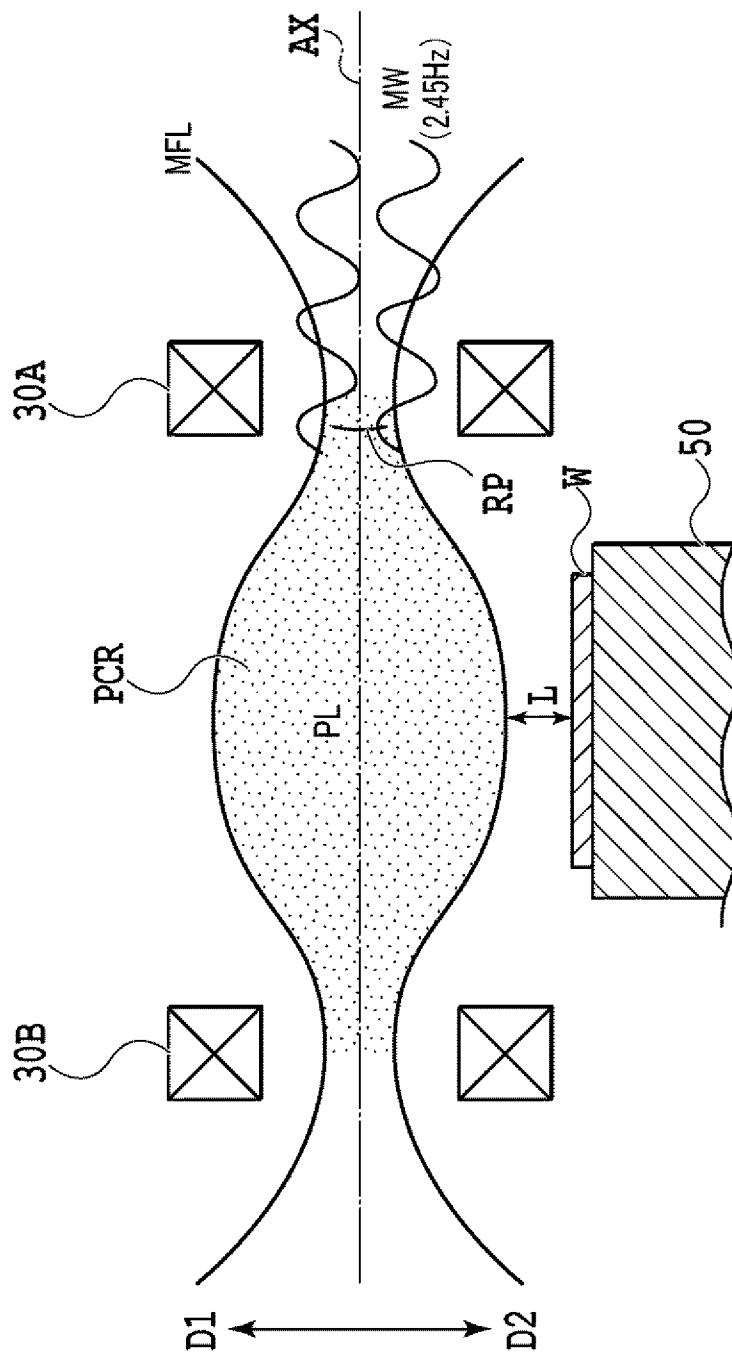
W ウエハ (基体)

請求の範囲

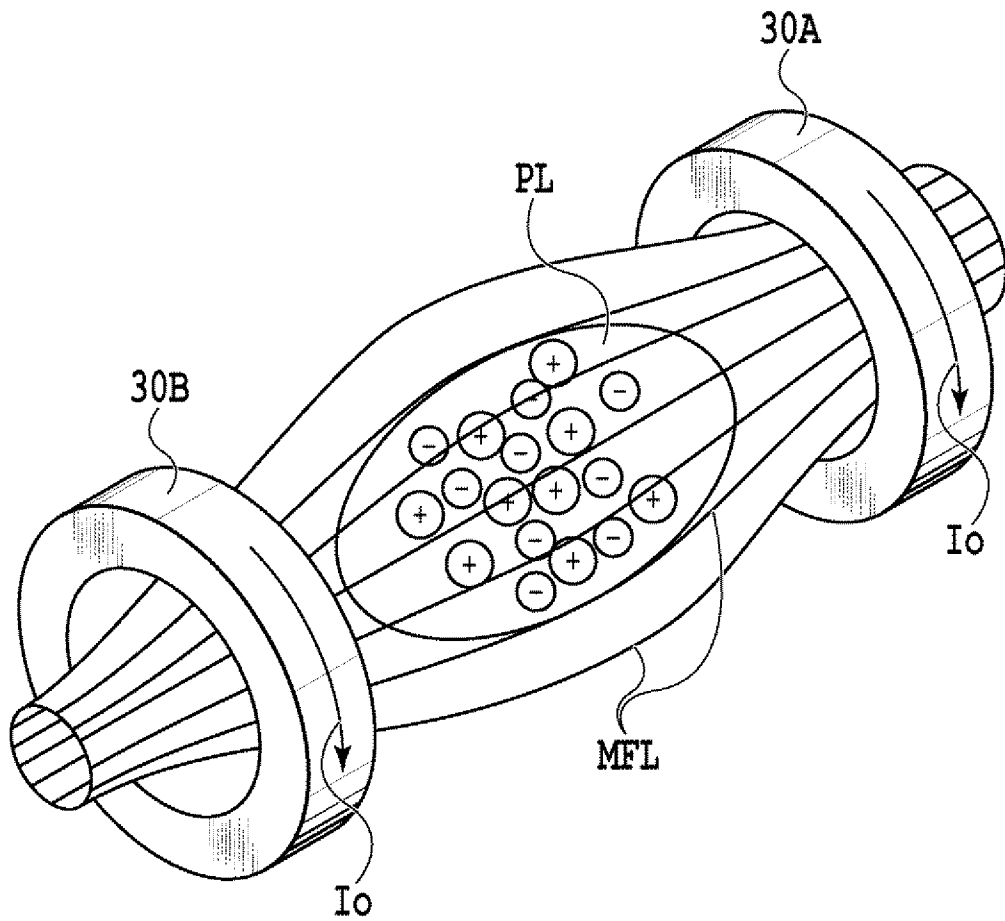
- [請求項1] ミラー磁場を形成するミラー磁場形成機構と、マイクロ波を供給するマイクロ波供給機構と、を有し、前記ミラー磁場と前記マイクロ波とによる電子サイクロトロン共鳴によりプラズマを生成するとともに、前記ミラー磁場により所定の閉じ込め領域に当該プラズマを閉じ込めるプラズマ処理装置であって、
- 前記閉じ込め領域から活性化した中性のラジカルが処理すべき基体を選択的に到達するように、前記閉じ込め領域を通過する磁力線を横切る方向において前記基体を前記閉じ込め領域に対向させて配置する保持機構を有する、ことを特徴とするプラズマ処理装置。
- [請求項2] 共鳴点が前記閉じ込め領域の所定の軸線方向における一端部に形成され、
- 前記閉じ込め領域の前記磁力線を横切る方向における外延を画定するリミッター部材をさらに有し、
- 前記リミッター部材は、前記閉じ込め領域内の磁場強度の最小点と前記共鳴点との間の位置に配置されている、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] 前記閉じ込め領域における前記磁力線を横切る方向の電位勾配を平坦化するための電位調整用部材をさらに備える、ことを特徴とする請求項1又は2に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項4] 前記プラズマ生成空間を画定する壁面を有し、
- 前記壁面の少なくとも一部の形成材料が、前記基体の形成材料を含む、ことを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載のプラズマ処理装置。
- [請求項5] ミラー磁場とマイクロ波とによる電子サイクロトロン共鳴によりプラズマを生成するとともに、前記ミラー磁場により所定の閉じ込め領域に当該プラズマを閉じ込め、
- 前記閉じ込め領域から活性化した中性のラジカルが処理すべき基体

に選択的に到達するように、前記閉じ込め領域を通過する磁力線を横切る方向において前記基体を前記閉じ込め領域に対向させて配置する、ことを特徴とするプラズマ処理方法。

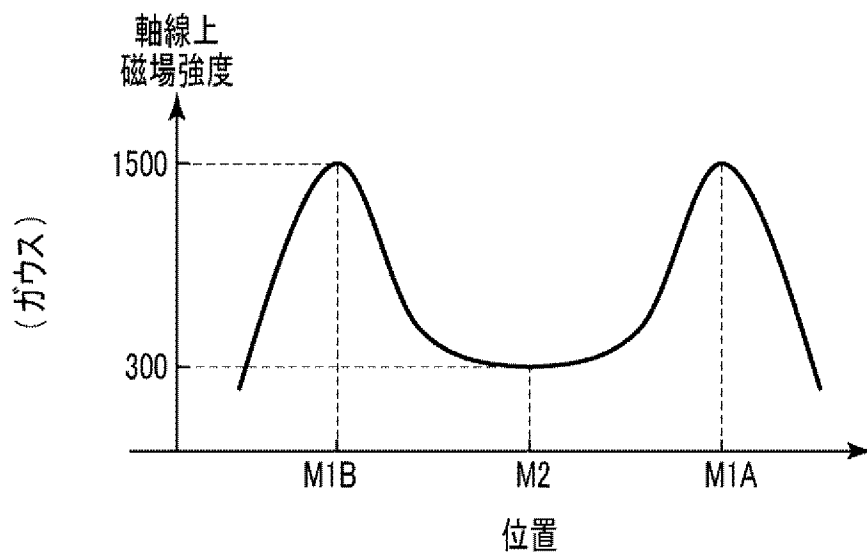
[図2]



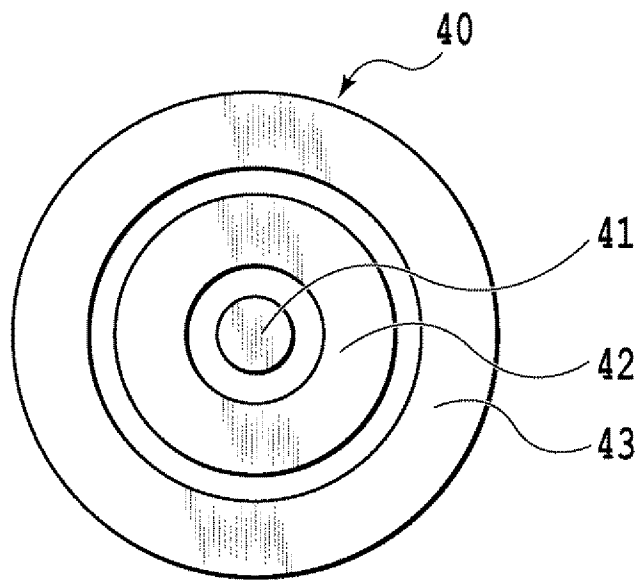
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/001821

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05H1/46(2006.01)i, C23C16/515(2006.01)i, H01L21/283(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/318(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05H1/46, C23C16/515, H01L21/283, H01L21/31, H01L21/318

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2-27718 A (Mitsubishi Electric Corp.), 30 January 1990 (30.01.1990), page 2, lower right column, line 7 to page 3, lower left column, line 9; fig. 1 to 2 & US 4891095 A & US 4891095 A & DE 3913463 A	1, 5 2-4
X Y	JP 1-238020 A (Hitachi, Ltd.), 22 September 1989 (22.09.1989), page 3, lower left column, line 2 to page 4, upper right column, line 2; fig. 1 to 3 (Family: none)	1, 5 2-4
X Y	JP 62-170475 A (Hitachi, Ltd.), 27 July 1987 (27.07.1987), entire text; all drawings (Family: none)	1, 5 2-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 June, 2014 (23.06.14)

Date of mailing of the international search report
01 July, 2014 (01.07.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/001821

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Masaaki INUTAKE, "Comparison of density and magnetic field fluctuation radial direction distribution by microwave reflectometer and probe measurement", Heisei 7 Nen to 8 Nendo Kagaku Kenkyuhi Hojokin (Kiban Kenkyu (B)(2)) Kenkyu Seika Hokokusho, Japan Society for the Promotion of Science, 1997.03, pages 1 to 73	2-4
Y	JP 3-132027 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 05 June 1991 (05.06.1991), page 3, lower left column, line 20 to page 4, lower left column, line 7; fig. 1 (Family: none)	2-4
Y	JP 7-74112 A (Hitachi, Ltd.), 17 March 1995 (17.03.1995), paragraphs [0008] to [0011]; fig. 5 to 7 & JP 63-213344 A & US 4876983 A & US 5433788 A & EP 275965 A2 & DE 3853890 C & DE 3853890 D & KR 10-1996-0015609 B	2-4
Y	JP 5-198533 A (Sony Corp.), 06 August 1993 (06.08.1993), paragraphs [0026] to [0063]; fig. 1 to 6 (Family: none)	4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/001821

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention of claim 1 does not have a special technical feature in the light of the contents disclosed in JP 2-27718 A, JP 1-238020 A and JP 62-170475 A.

Therefore, the invention of claim 1 and the inventions of claims 2-5 do not comply with the requirement of unity of invention.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H05H1/46(2006.01)i, C23C16/515(2006.01)i, H01L21/283(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/318(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H05H1/46, C23C16/515, H01L21/283, H01L21/31, H01L21/318

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2-27718 A（三菱電機株式会社） 1990.01.30, 第2頁右下欄第7行目－第3頁左下欄第9行目および	1、5
Y	第1－2図 & US 4891095 A & US 4891095 A & DE 3913463 A	2－4
X	JP 1-238020 A（株式会社日立製作所） 1989.09.22, 第3頁左下欄第2行目－第4頁右上欄第2行目および	1、5
Y	第1－3図 (ファミリーなし)	2－4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 3 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 7 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

藤本 加代子

電話番号 03-3581-1101 内線 3273

2 I

4 4 5 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 62-170475 A (株式会社日立製作所) 1987.07.27, 全文および全図	1、5
Y	(ファミリーなし)	2-4
Y	犬竹 正明, マイクロ波反射計とプローブ計測による密度および磁場揺動径方向 分布の比較, 平成7年～8年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))研究成果 報告書, 独立行政法人 日本学術振興会, 1997.03, 第1-73頁	2-4
Y	JP 3-132027 A (住友金属工業株式会社) 1991.06.05, 第3頁左下欄第20行目-第4頁左下欄第7行目およ び第1図 (ファミリーなし)	2-4
Y	JP 7-74112 A (株式会社日立製作所) 1995.03.17, 第【0008】-【0011】段落および第5-7図 & JP 63-213344 A & US 4876983 A & US 5433788 A & EP 275965 A2 & DE 3853890 C & DE 3853890 D & KR 10-1996-0015609 B	2-4
Y	JP 5-198533 A (ソニー株式会社) 1993.08.06, 第【0026】-【0063】段落および第1-6図 (ファミリーなし)	4

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明は、JP 2-27718 A、JP 1-238020 A、JP 62-170475 A に開示された内容に照らして特別な技術的特徴を有さない。
したがって、請求項1に係る発明と請求項2－5に係る発明とは、発明の単一性の要件を満たさない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。