

(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
2012年9月13日(13.09.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/121289 A1

- (51) 国際特許分類:
H05H 1/46 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)
C23C 16/511 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/055816
- (22) 国際出願日: 2012年3月7日(07.03.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-050030 2011年3月8日(08.03.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 池田 太郎 (IKEDA Taro) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロン山梨株

式会社内 Yamanashi (JP). 長田 勇輝(OSADA Yuki) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP).

(74) 代理人: 高山 宏志(TAKAYAMA Hiroshi); 〒1540004 東京都世田谷区太子堂一丁目12番39号 三軒茶屋堀商ビル2階 Tokyo (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

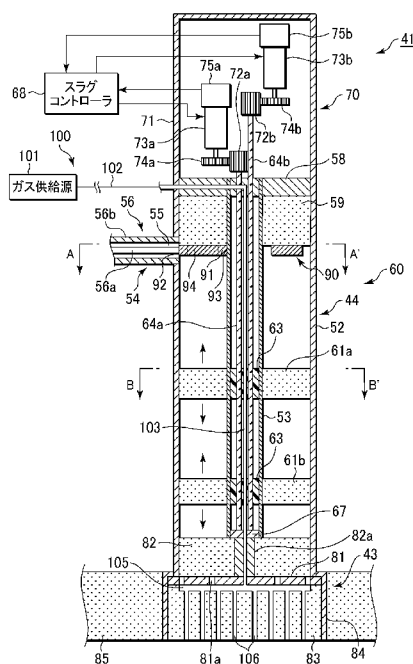
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: SURFACE WAVE PLASMA PROCESSING DEVICE, MICROWAVE PLASMA SOURCE, AND MICROWAVE INTRODUCTION MECHANISM USED IN SAME

(54) 発明の名称: 表面波プラズマ処理装置、マイクロ波プラズマ源、およびそれに用いるマイクロ波導入機構

[図3]



(57) Abstract: This surface wave plasma processing device is provided with: a chamber (1); a gas supply mechanism (100) for supplying a gas into the chamber (1); and a microwave plasma source (2) which introduces microwaves into the chamber (1) by means of a microwave introduction mechanism (41) and generates surface wave plasma with use of the gas that is supplied into the chamber (1). The microwave introduction mechanism (41) is provided with a waveguide (44) and an antenna unit (43) that has an antenna (81) for generating surface waves. The gas supply mechanism (100) is provided with: a gas supply source (101); a gas supply pipe (102) which supplies the gas from the gas supply source (101) to a portion of the antenna unit (43), said portion being closer to the front end than the antenna (81) for generating surface waves, through the inside of an inner conductor (53) of the waveguide (44); and a shower head which is provided on the antenna unit (43) at a position closer to the front end than the antenna (81) for generating surface waves and which has a plurality of gas ejection openings (106) through which the gas from the gas supply pipe (102) is ejected.

(57) 要約:

[続葉有]

68 Slag controller
101 Gas supply source



MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ
シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

チャンバ (1) と、チャンバ (1) 内にガスを供給するガス供給機構 (100) と、チャンバ内にマイクロ波導入機構 (41) によりマイクロ波を導入してチャンバ (1) 内に供給されたガスにより表面波プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ源 (2) とを具備し、マイクロ波導入機構 (41) は、導波路 (44) と、表面波発生用アンテナ (81) を有するアンテナ部 (43) とを備え、ガス供給機構 (100) は、ガス供給源 (101) と、ガス供給源 (101) からのガスを導波路 (44) の内側導体 (53) の内部を通してアンテナ部 (43) の表面波発生用アンテナ (81) よりも先端側部分に供給するガス供給配管 (102) と、アンテナ部 (43) の表面波発生用アンテナ (81) よりも先端側部分に設けられ、ガス供給配管 (102) からのガスを吐出する多数のガス吐出孔 (106) を有するシャワーヘッドとを備える。

明 細 書

発明の名称：

表面波プラズマ処理装置、マイクロ波プラズマ源、およびそれに用いるマイクロ波導入機構

技術分野

[0001] 本発明は、表面波プラズマ処理装置、マイクロ波プラズマ源、およびそれに用いるマイクロ波導入機構に関する。

背景技術

[0002] プラズマ処理は、半導体デバイスの製造に不可欠な技術であるが、近時、LSIの高集積化、高速化の要請からLSIを構成する半導体素子のデザインルールが益々微細化され、また、半導体ウエハが大型化されており、それとともに、プラズマ処理装置においてもこのような微細化および大型化に対応するものが求められている。

[0003] このような要求に応えるものとして、高密度で低電子温度の表面波プラズマを均一に形成することができるRLSA (Radial Line Slot Antenna) マイクロ波プラズマ処理装置が注目されている（例えば特許文献1）。

[0004] RLSAマイクロ波プラズマ処理装置は、表面波プラズマ発生用アンテナとしてチャンバの上部に所定のパターンで複数のスロットが形成された平面アンテナ (Radial Line Slot Antenna) を設け、マイクロ波発生源から導かれたマイクロ波を、平面アンテナのスロットから放射させるとともに、その下に設けられた誘電体からなるマイクロ波透過板を介して真空中に保持されたチャンバ内に放射し、このマイクロ波電界によりチャンバ内で表面波プラズマを生成し、これにより半導体ウエハ等の被処理基板を処理するものである。

[0005] また、特許文献2には、マイクロ波を複数に分配し、上述のような平面アンテナを有し、平面アンテナとスラグチューナを一体的に設けた複数のアンテナモジュールを介してマイクロ波をチャンバ内に導くマイクロ波プラズマ

源、およびそのようなマイクロ波プラズマ源を有するマイクロ波プラズマ処理装置が開示されている。このようにアンテナとチューナを一体的に設けることにより、マイクロ波プラズマ源自体を著しくコンパクト化できる。

[0006] 上記特許文献1および2に開示された技術では、チャンバの上部にマイクロ波プラズマ源があるため、プラズマ生成ガスや処理ガスをチャンバの側壁から供給している。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2000-294550号公報

特許文献2：国際公開第2008/013112号パンフレット

発明の概要

[0008] しかしながら、ガスをチャンバの側壁から供給する場合には、ガスが中心部に到達する割合が小さくなる傾向にある。特に、半導体ウエハの大型化にともないチャンバが大型化し、かつ処理の際のチャンバ圧力が小さい場合には、中心部に到達するガスの割合が極めて小さいものとなり、ガスを著しく過剰に供給せざるを得ない。また、ガスが均一に供給されないため処理の均一性が低くなってしまう。

[0009] したがって、本発明の目的は、チャンバ壁からガスを導入する際の不都合を回避することができる表面波プラズマ処理装置、マイクロ波プラズマ源、およびそれに用いるマイクロ波導入機構を提供することにある。

[0010] 本発明の第1の観点によれば、被処理基板を収容するチャンバと、前記チャンバ内にガスを供給するガス供給機構と、マイクロ波を生成するマイクロ波生成機構および生成されたマイクロ波を前記チャンバ内に導入するマイクロ波導入機構を有し、前記チャンバ内にマイクロ波を導入して前記チャンバ内に供給されたガスにより表面波プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ源とを具備し、前記チャンバ内の被処理基板に対して表面波プラズマにより処理を施す表面波プラズマ処理装置であって、前記マイクロ波導入機構は、筒状をなす外側導体とその中に同軸的に設けられた筒状をなす内側導体とを

有しマイクロ波を伝送する導波路と、前記導波路を伝送されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射して表面波プラズマを発生させるための表面波発生用アンテナを有するアンテナ部とを備え、前記ガス供給機構は、ガス供給源と、前記ガス供給源からのガスを前記導波路の前記内側導体の内部を通して前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に供給するガス供給配管と、前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に設けられ、前記ガス供給配管からのガスを吐出する多数のガス吐出孔を有するシャワーヘッドとを備える表面波プラズマ処理装置が提供される。

[0011] 前記マイクロ波プラズマ源は、前記マイクロ波導入機構を複数備え、各マイクロ波導入機構から前記チャンバ内に導入されたマイクロ波が空間合成される構成とすることができる。

[0012] 前記アンテナ部は、前記表面波プラズマ発生用アンテナの先端側に設けられた誘電体部材を有し、前記シャワーヘッドは前記誘電体部材に形成されている構成とすることができる。

[0013] 前記ガス供給源は、それぞれ独立して設けられた第1ガス供給源および第2ガス供給源を有し、前記ガス供給配管は、前記第1ガス供給源および第2ガス供給源からそれぞれ第1のガスおよび第2のガスを供給する第1ガス供給配管および第2ガス供給配管を有し、前記シャワーヘッドは、前記第1ガス供給配管からの第1のガスおよび前記第2ガス供給配管からの第2のガスをそれぞれ吐出する第1ガス吐出孔および第2ガス吐出孔を有する構成とすることができる。

[0014] 前記マイクロ波生成機構はマイクロ波電源を備え、前記マイクロ波導入機構は、前記チャンバ内の負荷のインピーダンスを前記マイクロ波電源の特性インピーダンスに整合させるチューナをさらに備え、前記チューナは、前記外側導体と前記内側導体の間に設けられ、前記内側導体の長手方向に沿って移動可能な、環状をなし、誘電体からなるスラグと、前記スラグを移動させる駆動機構とを有するものとすることができる。

[0015] 前記駆動機構は、駆動力を与える駆動部と、駆動部からの駆動力を前記ス

ラグに伝達する駆動伝達部と、前記スラグの移動をガイドする駆動ガイド部と、前記スラグを前記駆動伝達部に保持する保持部とを有し、前記駆動伝達部と、前記駆動ガイド部と、前記保持部が前記内側導体の内部に收容されている構成とすることができる。

[0016] 本発明の第2の観点によれば、チャンバ内にマイクロ波を導入して表面波プラズマを形成するためのマイクロ波プラズマ源において、マイクロ波出力部から出力されたマイクロ波を前記チャンバ内に導入するマイクロ波導入機構であって、筒状をなす外側導体とその中に同軸的に設けられた筒状をなす内側導体とを有しマイクロ波を伝送する導波路と、前記導波路を伝送されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射して表面波プラズマを発生させるための表面波発生用アンテナを有するアンテナ部と、表面波プラズマを生成するためのガスを前記導波路の前記内側導体の内部を通して前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に供給するガス供給配管と、前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に設けられ、前記ガス供給配管からのガスを吐出する多数のガス吐出孔を有するシャワーヘッドとを備えるマイクロ波導入機構が提供される。

[0017] 本発明の第3の観点によれば、マイクロ波を生成するマイクロ波生成機構および生成されたマイクロ波をチャンバ内に導入するマイクロ波導入機構を有し、チャンバ内にマイクロ波を導入して前記チャンバ内に供給されたガスの表面波プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ源であって、前記マイクロ波導入機構は、筒状をなす外側導体とその中に同軸的に設けられた筒状をなす内側導体とを有しマイクロ波を伝送する導波路と、前記導波路を伝送されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射して表面波プラズマを発生させるための表面波発生用アンテナを有するアンテナ部と、表面波プラズマを生成するためのガスを前記導波路の前記内側導体の内部を通して前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に供給するガス供給配管と、前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に設けられ、前記ガス供給配管からのガスを吐出する多数のガス吐出孔を有するシャワーヘ

ッドとを備える、マイクロ波プラズマ源が提供される。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の実施形態に係る表面波プラズマ発生用アンテナを有する表面波プラズマ処理装置の概略構成を示す断面図である。

[図2]図1の表面波プラズマ処理装置に用いられるマイクロ波プラズマ源の構成を示す構成図である。

[図3]図1の表面波プラズマ処理装置におけるマイクロ波導入機構を示す縦断面図である。

[図4]図3のA A'線による横断面図である。

[図5]図3のB B'線による横断面図である。

[図6]マイクロ波導入機構における内側導体を示す斜視図である。

[図7]本発明の他の実施形態に係る表面波プラズマ処理装置に用いるマイクロ波導入機構の一部を示す縦断面図である。

[図8]図7のマイクロ波導入機構を示す横断面図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

[0020] <表面波プラズマ処理装置の構成>

図1は、本発明の一実施形態に係る表面波プラズマ処理装置の概略構成を示す断面図であり、図2は図1の表面波プラズマ処理装置に用いられるマイクロ波プラズマ源の構成を示す構成図である。

[0021] 表面波プラズマ処理装置10は、ウエハに対してプラズマ処理として例えば成膜処理、エッチング処理等を施すものであり、気密に構成されたアルミニウムまたはステンレス鋼等の金属材料からなる略円筒状の接地されたチャンバ1と、チャンバ1内にマイクロ波プラズマを形成するためのマイクロ波プラズマ源2とを有している。チャンバ1の上部には開口部1aが形成されており、マイクロ波プラズマ源2はこの開口部1aからチャンバ1の内部に臨むように設けられている。

[0022] チャンバ1内には被処理基板であるウエハWを水平に支持するためのサセ

プタ 1 1 が、チャンバ 1 の底部中央に絶縁部材 1 2 a を介して立設された筒状の支持部材 1 2 により支持された状態で設けられている。サセプタ 1 1 および支持部材 1 2 を構成する材料としては、表面をアルマイト処理（陽極酸化処理）したアルミニウム等が例示される。

[0023] また、図示はしていないが、サセプタ 1 1 には、ウエハ W を静電吸着するための静電チャック、温度制御機構、ウエハ W の裏面に熱伝達用のガスを供給するガス流路、およびウエハ W を搬送するために昇降する昇降ピン等が設けられている。なお、エッチング処理装置として構成される場合には、ウエハ W 側にプラズマ中のイオンを引きこむための高周波バイアスをサセプタ 1 1 に印加する高周波電源（図示せず）を設けることが好ましい。

[0024] チャンバ 1 の底部には排気管 1 5 が接続されており、この排気管 1 5 には真空ポンプを含む排気装置 1 6 が接続されている。そしてこの排気装置 1 6 を作動させることによりチャンバ 1 内が排気され、チャンバ 1 内が所定の真空度まで高速に減圧することが可能となっている。また、チャンバ 1 の側壁には、ウエハ W の搬入出を行うための搬入出口 1 7 と、この搬入出口 1 7 を開閉するゲートバルブ 1 8 とが設けられている。

[0025] マイクロ波プラズマ源 2 は、チャンバ 1 の上部に設けられた支持リング 2 9 により支持された天板 8 5 上に設けられている。支持リング 2 9 と天板 8 5 との間は気密にシールされている。

[0026] マイクロ波プラズマ源 2 は、複数経路に分配してマイクロ波を出力するマイクロ波出力部 3 0 と、マイクロ波出力部 3 0 から出力されたマイクロ波を伝送しチャンバ 1 内に放射するためのマイクロ波供給部 4 0 とを有している。また、マイクロ波プラズマ源 2 は、プラズマを生成するためのプラズマ生成ガスや、成膜処理やエッチング処理を行うための処理ガスを供給するためのガス供給機構 1 0 0 を有している。ガス供給機構 1 0 0 は、プラズマ生成ガスや処理ガスを供給するガス供給源 1 0 1 を有している。ガス供給機構 1 0 0 の詳細な構成は後述する。

[0027] プラズマ生成ガスとしては、A r ガス等の希ガスを好適に用いることがで

きる。また、処理ガスとしては、成膜処理やエッチング処理等、処理の内容に応じて種々のものを採用することができる。ガス供給機構 100 からチャンバ 1 内に導入されたプラズマガスは、マイクロ波プラズマ源 2 からチャンバ 1 内に導入されたマイクロ波によりプラズマ化され、このプラズマにより、同じくガス供給機構 100 からチャンバ 1 内に導入された処理ガスが励起され、処理ガスのプラズマが形成される。

[0028] 図 2 に示すように、マイクロ波出力部 30 は、マイクロ波電源 31 と、マイクロ波発振器 32 と、発振されたマイクロ波を増幅するアンプ 33 と、増幅されたマイクロ波を複数に分配する分配器 34 とを有している。

[0029] マイクロ波発振器 32 は、所定周波数（例えば、915 MHz）のマイクロ波を例えば PLL 発振させる。分配器 34 では、マイクロ波の損失ができるだけ起こらないように、入力側と出力側のインピーダンス整合を取りながらアンプ 33 で増幅されたマイクロ波を分配する。なお、マイクロ波の周波数としては、915 MHz の他に、700 MHz から 3 GHz を用いることができる。

[0030] マイクロ波供給部 40 は、分配器 34 で分配されたマイクロ波を主に増幅する複数のアンプ部 42 と、複数のアンプ部 42 のそれぞれに接続されたマイクロ波導入機構 41 とを有している。マイクロ波導入機構 41 については、後で詳細に説明する。

[0031] アンプ部 42 は、位相器 45 と、可変ゲインアンプ 46 と、ソリッドステートアンプを構成するメインアンプ 47 と、アイソレータ 48 とを有している。

[0032] 位相器 45 は、マイクロ波の位相を変化させることができるように構成されており、これを調整することにより放射特性を変調させることができる。例えば、各アンテナモジュール毎に位相を調整することにより指向性を制御してプラズマ分布を変化させることや、後述するように隣り合うアンテナモジュールにおいて 90° ずつ位相をずらすようにして円偏波を得ることができる。また、位相器 45 は、アンプ内の部品間の遅延特性を調整し、チュー

ナ内での空間合成を目的として使用することができる。ただし、このような放射特性の変調やアンプ内の部品間の遅延特性の調整が不要な場合には位相器 4 5 は設ける必要はない。

[0033] 可変ゲインアンプ 4 6 は、メインアンプ 4 7 へ入力するマイクロ波の電力レベルを調整し、個々のアンテナモジュールのばらつきを調整またはプラズマ強度調整のためのアンプである。可変ゲインアンプ 4 6 を各アンテナモジュール毎に変化させることによって、発生するプラズマに分布を生じさせることもできる。

[0034] ソリッドステートアンプを構成するメインアンプ 4 7 は、例えば、入力整合回路と、半導体増幅素子と、出力整合回路と、高 Q 共振回路とを有する構成とすることができる。

[0035] アイソレータ 4 8 は、マイクロ波導入機構 4 1 で反射してメインアンプ 4 7 に向かう反射マイクロ波を分離するものであり、サーキュレータとダミーロード（同軸終端器）とを有している。サーキュレータは、後述するマイクロ波導入機構 4 1 のアンテナ部 4 3 で反射したマイクロ波をダミーロードへ導き、ダミーロードはサーキュレータによって導かれた反射マイクロ波を熱に変換する。

[0036] 表面波プラズマ処理装置 1 0 における各構成部は、マイクロプロセッサを備えた制御部 1 1 0 により制御されるようになっている。制御部 1 1 0 は表面波プラズマ処理装置 1 0 のプロセスシーケンスおよび制御パラメータであるプロセスレシピを記憶した記憶部や、入力手段およびディスプレイ等を備えており、選択されたプロセスレシピに従ってプラズマ処理装置を制御するようになっている。

[0037] <マイクロ波導入機構の構成>

次に、マイクロ波導入機構 4 1 について説明する。

図 3 はマイクロ波導入機構を示す縦断面図、図 4 は図 3 の A A' 線による横断面図、図 5 は図 3 の B B' 線による横断面図、図 6 はマイクロ波導入機構における内側導体を示す斜視図である。これらの図に示すように、マイク

口波導入機構 4 1 は、マイクロ波を伝送する同軸構造の導波路 4 4 と、導波路 4 4 を伝送されたマイクロ波をチャンバ 1 内に放射するアンテナ部 4 3 とを有している。そして、マイクロ波導入機構 4 1 からチャンバ 1 内に放射されたマイクロ波がチャンバ 1 内の空間で合成され、チャンバ 1 内で表面波プラズマが形成されるようになっている。

[0038] 導波路 4 4 は、筒状の外側導体 5 2 およびその中心に設けられた筒状の内側導体 5 3 が同軸状に配置されて構成されており、導波路 4 4 の先端にアンテナ部 4 3 が設けられている。導波路 4 4 は、内側導体 5 3 が給電側、外側導体 5 2 が接地側となっている。外側導体 5 2 および内側導体 5 3 の上端には反射板 5 8 が設けられている。

[0039] 導波路 4 4 の基端側にはマイクロ波（電磁波）を給電する給電機構 5 4 が設けられている。給電機構 5 4 は、導波路 4 4（外側導体 5 2）の側面に設けられたマイクロ波電力を導入するためのマイクロ波電力導入ポート 5 5 を有している。マイクロ波電力導入ポート 5 5 には、アンプ部 4 2 から増幅されたマイクロ波を供給するための給電線として、内側導体 5 6 a および外側導体 5 6 b からなる同軸線路 5 6 が接続されている。そして、同軸線路 5 6 の内側導体 5 6 a の先端には、外側導体 5 2 の内部に向けて水平に伸びる給電アンテナ 9 0 が接続されている。

[0040] 給電アンテナ 9 0 は、例えば、アルミニウム等の金属板を削り出し加工した後、テフロン（登録商標）等の誘電体部材の型にはめて形成される。反射板 5 8 から給電アンテナ 9 0 までの間には、反射波の実効波長を短くするためのテフロン（登録商標）等の誘電体からなる遅波材 5 9 が設けられている。なお、2.45 GHz 等の周波数の高いマイクロ波を用いた場合には、遅波材 5 9 は設けなくてもよい。このとき、給電アンテナ 9 0 から放射される電磁波を反射板 5 8 で反射させることで、最大の電磁波を同軸構造の導波路 4 4 内に伝送させる。その場合、給電アンテナ 9 0 から反射板 5 8 までの距離を約 $\lambda_g / 4$ の半波長倍に設定する。ただし、周波数の低いマイクロ波では、径方向の制約のため、これに当てはまらない場合もある。その場合には

、給電アンテナ 90 より発生させる電磁波の腹を給電アンテナ 90 ではなく、給電アンテナ 90 の下方に誘起させるように、給電アンテナの形状を最適化することが好ましい。

[0041] 給電アンテナ 90 は、図 4 に示すように、マイクロ波電力導入ポート 55 において同軸線路 56 の内側導体 56 a に接続され、電磁波が供給される第 1 の極 92 および供給された電磁波を放射する第 2 の極 93 を有するアンテナ本体 91 と、アンテナ本体 91 の両側から、内側導体 53 の外側に沿って延び、リング状をなす反射部 94 とを有し、アンテナ本体 91 に入射された電磁波と反射部 94 で反射された電磁波とで定在波を形成するように構成されている。アンテナ本体 91 の第 2 の極 93 は内側導体 53 に接触している。

[0042] 給電アンテナ 90 がマイクロ波（電磁波）を放射することにより、外側導体 52 と内側導体 53 との間の空間にマイクロ波電力が給電される。そして、給電機構 54 に供給されたマイクロ波電力がアンテナ部 43 に向かって伝播する。

[0043] 導波路 44 にはチューナ 60 が設けられている。チューナ 60 は、チャンバ 1 内の負荷（プラズマ）のインピーダンスをマイクロ波出力部 30 におけるマイクロ波電源の特性インピーダンスに整合させるものであり、外側導体 52 と内側導体 53 との間の導波路 44 に沿って上下に移動する 2 つのスラグ 61 a, 61 b と、反射板 58 の外側（上側）に設けられたスラグ駆動部 70 とを有している。

[0044] これらスラグのうち、スラグ 61 a はスラグ駆動部 70 側に設けられ、スラグ 61 b はアンテナ部 43 側に設けられている。また、内側導体 53 の内部空間には、その長手方向に沿って例えば台形ネジが形成された螺棒からなるスラグ移動用の 2 本のスラグ移動軸 64 a, 64 b が設けられている。

[0045] スラグ 61 a は、図 5 に示すように円環状をなし、誘電体からなり、その内側に滑り性を有する樹脂からなる滑り部材 63 が嵌め込まれている。滑り部材 63 にはスラグ移動軸 64 a が螺合するねじ穴 65 a とスラグ移動軸 6

4 bが挿通される通し穴6 5 bが設けられている。一方、スラグ6 1 bは、スラグ6 1 aと同様、ねじ穴6 5 aと通し穴6 5 bとを有しているが、スラグ6 1 aとは逆に、ねじ穴6 5 aはスラグ移動軸6 4 bに螺合され、通し穴6 5 bにはスラグ移動軸6 4 aが挿通されるようになっている。これによりスラグ移動軸6 4 aを回転させることによりスラグ6 1 aが昇降移動し、スラグ移動軸6 4 bを回転させることによりスラグ6 1 bが昇降移動する。すなわち、スラグ移動軸6 4 a、6 4 bと滑り部材6 3とからなるねじ機構によりスラグ6 1 a、6 1 bが昇降移動される。

[0046] 図6に示すように、内側導体5 3には長手方向に沿って等間隔に3つのスリット5 3 aが形成されている。一方、滑り部材6 3は、これらスリット5 3 aに対応するように3つの突出部6 3 aが等間隔に設けられている。そして、これら突出部6 3 aがスラグ6 1 a、6 1 bの内周に当接した状態で滑り部材6 3がスラグ6 1 a、6 1 bの内部に嵌め込まれる。滑り部材6 3の外周面は、内側導体5 3の内周面と遊びなく接触するようになっており、スラグ移動軸6 4 a、6 4 bが回転されることにより、滑り部材6 3が内側導体5 3を滑って昇降するようになっている。すなわち内側導体5 3の内周面がスラグ6 1 a、6 1 bの滑りガイドとして機能する。なお、スリット5 3 aの幅は5 mm以下とすることが好ましい。これにより、後述するように内側導体5 3の内部へ漏洩するマイクロ波電力を実質的になくすことができ、マイクロ波電力の放射効率を高く維持することができる。

[0047] 滑り部材6 3を構成する樹脂材料としては、良好な滑り性を有し、加工が比較的容易な樹脂、例えばポリフェニレンサルファイド（PPS）樹脂を好適なものとして挙げることができる。

[0048] 上記スラグ移動軸6 4 a、6 4 bは、反射板5 8を貫通してスラグ駆動部7 0に延びている。スラグ移動軸6 4 a、6 4 bと反射板5 8との間にはベアリング（図示せず）が設けられている。また、内側導体5 3の下端には、導体からなる軸受け部6 7が設けられており、スラグ移動軸6 4 a、6 4 bの下端はこの軸受け部6 7に軸支されている。

- [0049] スラグ駆動部 70 は筐体 71 を有し、スラグ移動軸 64 a および 64 b は筐体 71 内に延びており、スラグ移動軸 64 a および 64 b の上端には、それぞれ歯車 72 a および 72 b が取り付けられている。また、スラグ駆動部 70 には、スラグ移動軸 64 a を回転させるモータ 73 a と、スラグ移動軸 64 b を回転させるモータ 73 b が設けられている。モータ 73 a の軸には歯車 74 a が取り付けられ、モータ 73 b の軸には歯車 74 b が取り付けられており、歯車 74 a が歯車 72 a に噛合し、歯車 74 b が歯車 72 b に噛合するようになっている。したがって、モータ 73 a により歯車 74 a および 72 a を介してスラグ移動軸 64 a が回転され、モータ 73 b により歯車 74 b および 72 b を介してスラグ移動軸 64 b が回転される。なお、モータ 73 a, 73 b は例えばステッピングモータである。
- [0050] なお、スラグ移動軸 64 b はスラグ移動軸 64 a よりも長く、より上方に達しており、したがって、歯車 72 a および 72 b の位置が上下にオフセットしており、モータ 73 a および 73 b も上下にオフセットしている。これにより、モータおよび歯車等の動力伝達機構のスペースを小さくすることができ、これらを収容する筐体 71 を外側導体 52 と同じ径にすることが可能となる。
- [0051] モータ 73 a および 73 b の上には、これらの出力軸に直結するように、それぞれスラグ 61 a および 61 b の位置を検出するためのインクリメント型のエンコーダ 75 a および 75 b が設けられている。
- [0052] スラグ 61 a および 61 b の位置は、スラグコントローラ 68 により制御される。具体的には、図示しないインピーダンス検出器により検出された入力端のインピーダンス値と、エンコーダ 75 a および 75 b により検知されたスラグ 61 a および 61 b の位置情報に基づいて、スラグコントローラ 68 がモータ 73 a および 73 b に制御信号を送り、スラグ 61 a および 61 b の位置を制御することにより、インピーダンスを調整するようになっている。スラグコントローラ 68 は、終端が例えば 50 Ω になるようにインピーダンス整合を実行させる。2つのスラグのうち一方のみを動かすと、スミス

チャートの原点を通る軌跡を描き、両方同時に動かすと位相のみが回転する。

[0053] アンテナ部43は、マイクロ波を放射するスロット81aを有し平面状をなす、表面波プラズマを発生するための表面波プラズマ発生用アンテナ81を有している。表面波プラズマ発生用アンテナは、銅やアルミニウム等の金属板からなる。また、アンテナ部43は、表面波プラズマ発生用アンテナ81の上面側および下面側にそれぞれ設けられた遅波材82および83を有している。遅波材82の中心には導体からなる円柱部材82aが貫通して軸受け部67と表面波プラズマ発生用アンテナ81とを接続している。したがって、内側導体53が軸受け部67および円柱部材82aを介して表面波プラズマ発生用アンテナ81に接続されている。なお、外側導体52の下端は表面波プラズマ発生用アンテナ81まで延びており、遅波材82の周囲は外側導体52で覆われている。また、表面波プラズマ発生用アンテナ81および遅波材83の周囲は被覆導体84で覆われている。

[0054] 遅波材82、83は、真空よりも大きい誘電率を有しており、例えば、石英、セラミックス、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素系樹脂やポリイミド系樹脂により構成されており、真空中ではマイクロ波の波長が長くなることから、マイクロ波の波長を短くしてアンテナを小さくする機能を有している。遅波材82は、その厚さによりマイクロ波の位相を調整することができ、表面波プラズマ発生用アンテナ81が定在波の「はら」になるようにその厚さを調整する。これにより、反射が最小で、表面波プラズマ発生用アンテナ81の放射エネルギーが最大となるようにすることができる。

[0055] また、アンテナ部43は上述した天板85に嵌め込まれており、図示しないOリング等のシール部材でシールされている。天板85は、例えば石英やセラミックス等の誘電体部材からなり、真空シール部材として機能する。そして、メインアンプ47で増幅されたマイクロ波が内側導体53と外側導体52の周壁の間を通過して表面波プラズマ発生用アンテナ81から遅波材83を透過してチャンバ1内の空間に放射される。

[0056] 本実施形態において、メインアンプ４７と、チューナ６０と、表面波プラズマ発生用アンテナ８１とは近接配置している。そして、チューナ６０と表面波プラズマ発生用アンテナ８１とは１／２波長内に存在する集中定数回路を構成しており、かつ表面波プラズマ発生用アンテナ８１、遅波材８２、遅波材８３は合成抵抗が５０Ωに設定されているので、チューナ６０はプラズマ負荷に対して直接チューニングしていることになり、効率良くプラズマへエネルギーを伝達することができる。

[0057] 上述したガス供給機構１００のガス供給源１０１には、ガス供給配管１０２が接続されており、ガス供給配管１０２は各マイクロ波導入機構４１に対応するように分岐し、分岐したガス供給配管１０２が導波路４４の上端の反射板５８の側面から挿入され、反射板５８の内部を通して内側導体５３の内部まで延びている。一方、内側導体５３の内部には、ガス供給配管１０２に接続され、長手方向に沿って表面波プラズマ発生用アンテナ８１まで延びるガス供給配管１０３が設けられている。遅波材８３の表面波プラズマ発生用アンテナ８１の直下部分には円板状をなすガス拡散空間１０５が形成されており、ガス供給配管１０３は表面波プラズマ発生用アンテナ８１を貫通してこのガス拡散空間１０５まで達している。また、遅波材８３にはガス拡散空間１０５から下方に延びる多数のガス吐出孔１０６が形成されている。ガス吐出孔１０６はチャンバ１内に臨むように形成されており、ガス供給源１０１から供給されたプラズマ生成ガスおよび処理ガスが、ガス吐出孔１０６からチャンバ１内に吐出されるようになっている。すなわち、遅波材８３の対応部分は、ガスを吐出するためのシャワーヘッドを構成している。なお、処理ガスとして腐食性のガスを用いるときは、表面波プラズマ発生用アンテナ８１の表面にイットリアやアルマイト（陽極酸化アルミニウム）等の保護層を形成することが好ましい。

[0058] 図５に示すように、上記滑り部材６３には、ガス供給配管１０３が挿通される挿通孔１０４が形成されている。挿通孔１０４はガス供給配管１０３が接触しない程度の大きさの直径を有している。ただし、ガス供給配管１０３

と挿通孔 104 の内周とが遊びなく接触するようになっていてもよく、この場合には、ガス供給配管 103 を滑り部材 63 のガイド部材として機能させることができる。

[0059] <表面波プラズマ処理装置の動作>

次に、以上のように構成される表面波プラズマ処理装置 10 における動作について説明する。

[0060] まず、ウエハ W をチャンバ 1 内に搬入し、サセプタ 11 上に載置する。そして、ガス供給機構 100 のガス供給源 101 からガス供給配管 102, 103、ガス拡散空間 105 およびガス吐出孔 106 を介してチャンバ 1 内にプラズマ生成ガス、例えば Ar ガスを導入しつつ、マイクロ波プラズマ源 2 からマイクロ波をチャンバ 1 内に導入して表面波プラズマを生成する。

[0061] このようにして表面波プラズマを生成した後、プラズマ処理のための処理ガスが、ガス供給機構 100 のガス供給源 101 からガス供給配管 102, 103、ガス拡散空間 105 およびガス吐出孔 106 を介してチャンバ 1 内に導入される。処理ガスはチャンバ 1 内に生成されているプラズマにより励起されてプラズマ化し、この処理ガスのプラズマによりウエハ W に所定のプラズマ処理が施される。

[0062] プラズマ処理としては成膜処理およびエッチング処理が例示される。プラズマ処理が成膜処理の場合には、処理ガスとして、反応により所定の膜が成膜されるものが用いられる。例えば、Ti 膜を成膜する際には、TiCl₄ ガスと H₂ ガスが用いられ、TiN 膜が成膜される場合には TiCl₄ および NH₃ ガスが用いられる。また、プラズマ処理がエッチング処理の場合には、エッチングガスとして例えば CF₄ ガスや Cl₂ ガスが用いられる。そして、エッチング処理の際には、異方性の高いエッチングを行う観点から、サセプタ 11 に高周波電源を接続してウエハ W 側にプラズマ中のイオンを引きこむための高周波バイアスを印加することが好ましい。

[0063] 上記表面波プラズマを生成するに際し、マイクロ波プラズマ源 2 では、マイクロ波出力部 30 のマイクロ波発振器 32 から発振されたマイクロ波電力

はアンプ 33 で増幅された後、分配器 34 により複数に分配され、分配されたマイクロ波電力はマイクロ波供給部 40 へ導かれる。マイクロ波供給部 40 においては、このように複数に分配されたマイクロ波電力は、ソリッドステートアンプを構成するメインアンプ 47 で個別に増幅され、マイクロ波導入機構 41 の導波路 44 に給電され、チューナ 60 でインピーダンスが自動整合され、電力反射が実質的にない状態で、アンテナ部 43 の表面波プラズマ発生用アンテナ 81 および遅波材 83 を介してチャンバ 1 内に放射されて空間合成される。

[0064] マイクロ波導入機構 41 の導波路 44 への給電は、同軸構造の導波路 44 の軸の延長線上にスラグ駆動部 70 が設けられているため、側面から行われる。すなわち、同軸線路 56 から伝播してきたマイクロ波（電磁波）が、導波路 44 の側面に設けられたマイクロ波電力導入ポート 55 において給電アンテナ 90 の第 1 の極 92 に到達すると、アンテナ本体 91 に沿ってマイクロ波（電磁波）が伝播して行き、アンテナ本体 91 の先端の第 2 の極 93 からマイクロ波（電磁波）を放射する。また、アンテナ本体 91 を伝播するマイクロ波（電磁波）が反射部 94 で反射し、それが入射波と合成されることにより定在波を発生させる。給電アンテナ 90 の配置位置で定在波が発生すると、内側導体 53 の外壁に沿って誘導磁界が生じ、それに誘導されて誘導電界が発生する。これらの連鎖作用により、マイクロ波（電磁波）が導波路 44 内を伝播し、アンテナ部 43 へ導かれる。

[0065] このとき、導波路 44 において、給電アンテナ 90 から放射されるマイクロ波（電磁波）を反射板 58 で反射させることで最大のマイクロ波（電磁波）電力を同軸構造の導波路 44 に伝送することができるが、その場合、反射波との合成を効果的に行うために給電アンテナ 90 から反射板 58 までの距離が約 $\lambda_g / 4$ の半波長倍になるようにすることが好ましい。

[0066] このように複数に分配されたマイクロ波を、ソリッドステートアンプを構成するメインアンプ 47 で個別に増幅し、表面波プラズマ発生用アンテナ 81 を用いて個別に放射した後にチャンバ 1 内で合成するので、大型のアイソ

レータや合成器が不要となる。

[0067] また、マイクロ波導入機構41は、アンテナ部43とチューナ60とが一体となっているので、極めてコンパクトである。このため、マイクロ波プラズマ源2自体をコンパクト化することができる。さらに、メインアンプ47、チューナ60および表面波プラズマ発生用アンテナ81が近接して設けられ、特にチューナ60と表面波プラズマ発生用アンテナ81とは集中定数回路として構成することができ、かつ表面波プラズマ発生用アンテナ81、遅波材82、遅波材83の合成抵抗を50Ωに設計することにより、チューナ60により高精度でプラズマ負荷をチューニングすることができる。また、チューナ60は2つのスラグ61a、61bを移動するだけでインピーダンス整合を行うことができるスラグチューナを構成しているのでコンパクトで低損失である。さらに、このようにチューナ60と表面波プラズマ発生用アンテナ81とが近接し、集中定数回路を構成してかつ共振器として機能することにより、表面波プラズマ発生用アンテナ81に至るまでのインピーダンス不整合を高精度で解消することができ、実質的に不整合部分をプラズマ空間とすることができるので、チューナ60により高精度のプラズマ制御が可能となる。

[0068] さらにまた、スラグを駆動させるための駆動伝達部、駆動ガイド部、保持部に相当するものを内側導体53の内部に設けたので、スラグ61a、61bの駆動機構を小型化することができ、マイクロ波導入機構41を小型化することができる。

[0069] 本実施形態においては、プラズマ処理に用いるガスをチャンバ1の上方のマイクロ波プラズマ源2から供給するので、チャンバ壁からガスを導入する際のような、チャンバの中心部に到達するガスの割合が低い、ガスの均一性が低いといった不都合を回避することができ、ガスの消費効率を格段に高めることができ、かつ処理の均一性を高くすることができる。CVD成膜のような化学反応を種としたプラズマ処理を行う場合には、非常に高いガスの均一性が要求され、従来のようにガスをチャンバ壁から導入する手法では所望

の均一性を得ることが困難であったが、本実施形態のようにチャンバ1の上方のマイクロ波プラズマ源2からガスを導入することにより、このような従来困難であった処理が可能となる。

[0070] 従来は、この種のマイクロ波プラズマ源2からガスを供給することは行われていなかったが、本実施形態のように、マイクロ波導入機構41内の内側導体53の内部にガス供給配管103を設け、アンテナ部43の先端側の遅波材83にガス吐出孔106を設けて、ガスを吐出するようにしたので、配管スペースを新たに設けることなく、マイクロ波導入機構41のコンパクトさを保持したまま、チャンバ1の上方からチャンバ1内へのガス導入が可能となる。また、マイクロ波を放射する表面波プラズマ発生用アンテナ81直下の遅波材83にガス吐出孔106が設けられるので、放射されるマイクロ波の伝播経路と吐出されたガスの流れ方向が重なり、ガスを効率的にプラズマ化することができる。このとき、本実施形態では、マイクロ波導入機構41へマイクロ波を給電する給電機構54に近接してガス導入部が設けられているので、給電機構54とガス導入部をユニット化することにより、極めてメンテナンス性が高く、よりコンパクトなものとすることができる。

[0071] <他の実施形態>

次に、他の実施形態について説明する。

ここでは、CVD成膜等のように2種類のガスを反応させるような場合に、これらガスがチャンバ1内に吐出されるまでの間に反応してしまうことを防止できる構成について説明する。

[0072] 図7は本発明の他の実施形態に係る表面波プラズマ処理装置に用いるマイクロ波導入機構の一部を示す縦断面図、図8は図7のマイクロ波導入機構を示す横断面図である。なお、図7においては、便宜上、スラグ61a、61bを移動するための機構は省略している。また、ガス供給機構以外の構成は先の実施形態と同様であるから同じものには同じ符号を付して説明は省略する。

[0073] 図7に示すように、本実施形態においては、マイクロ波プラズマ源2はガ

ス供給機構 100' を有し、このガス供給機構 100' は第 1 ガス供給源 101a と第 2 ガス供給源 101b とを有する。第 1 ガス供給源 101a は、プラズマ生成ガス、例えば Ar ガスと、第 1 の処理ガスを供給するものであり、第 2 ガス供給源 101b は、同じくプラズマ生成ガス、例えば Ar ガスと、第 2 の処理ガスを供給するものである。第 1 の処理ガスと第 2 の処理ガスは、CVD 成膜ガスのような化学反応を生じるものであり、例えば、第 1 の処理ガスが $TiCl_4$ であり、第 2 の処理ガスが NH_3 であって、これらにより TiN 膜を成膜するものを挙げることができる。

[0074] 第 1 ガス供給源 101a にはガス供給配管 102a が接続されており、ガス供給配管 102a は導波路 44 の上端の反射板 58 の側面から挿入され、反射板 58 の内部を通して内側導体 53 の内部まで延びており、第 2 ガス供給源 101b にはガス供給配管 102b が接続されており、ガス供給配管 102b は同じく導波路 44 の上端の反射板 58 の側面から挿入され、反射板 58 の内部を通して内側導体 53 の内部まで延びている。一方、内側導体 53 の内部には、ガス供給配管 102a および 102b にそれぞれ接続され、長手方向に沿って表面波プラズマ発生用アンテナ 81 まで延びるガス供給配管 103a および 103b が設けられている。マイクロ波導入機構 41 が複数存在するときには、第 1 ガス供給源 101a に接続されるガス供給配管 102a および第 2 ガス供給源 101b に接続されるガス供給配管 102b はそれぞれ分岐して各マイクロ波導入機構 41 に接続される。

[0075] 図 8 に示すように、上記滑り部材 63 には、ガス供給配管 103a および 103b が挿通される挿通孔 104a および 104b が形成されている。挿通孔 104a および 104b はガス供給配管 103a および 103b が接触しない程度の大きさの直径を有している。

[0076] 遅波材 83 の表面波プラズマ発生用アンテナ 81 の直下部分には円板状をなす第 1 のガス拡散空間 105a が形成されており、遅波材 83 内部の第 1 のガス拡散空間 105a の下方には第 2 のガス拡散空間 105b が形成されている。そして、ガス供給配管 103a は表面波プラズマ発生用アンテナ 8

1を貫通してガス拡散空間105aまで達しており、ガス供給配管103bは表面波プラズマ発生用アンテナ81および第1のガス拡散空間105aを貫通して第2のガス拡散空間105bまで達している。また、遅波材83には、第1のガス拡散空間105aから下方に延びる多数の第1のガス吐出孔106aが形成されており、また、第2のガス拡散空間105bから下方に延びる多数の第2のガス吐出孔106bが形成されている。第1および第2のガス吐出孔106aおよび106bは、チャンバ1内に臨むように形成されている。したがって、第1ガス供給源101aから供給されたプラズマ生成ガスおよび第1の処理ガスは、ガス供給配管102a、103a、および第1のガス拡散空間105aを経て第1のガス吐出孔106aからチャンバ1内に吐出され、第2ガス供給源101bから供給されたプラズマ生成ガスおよび第2の処理ガスは、ガス供給配管102b、103b、および第2のガス拡散空間105bを経て第1のガス吐出孔106bからチャンバ1内に吐出されるようになっており、第1の処理ガスと第2の処理ガスとはチャンバ1内に吐出されるまで全く別個に供給されるポストミックスタイプのシャワーヘッドを構成している。

[0077] このため、第1の処理ガスと第2の処理ガスとがガス供給配管内や拡散空間内、ガス吐出孔内で接触して反応することが防止され、これらの中で副生成物の生成等が生じることを防止することができる。

[0078] <実施形態の効果>

以上の本発明の実施形態によれば、表面波プラズマ処理に用いるガスを、マイクロ波導入機構の内側導体の内部のガス供給配管を介してアンテナ部に設けられたシャワーヘッドからチャンバ内に供給するので、チャンバの上方からチャンバ内にガスを供給することができ、チャンバ壁からガスを導入する際のような、チャンバの中心部に到達するガスの割合が低い、ガスの均一性が低いといった不都合を回避することができる。また、マイクロ波導入機構内の内側導体の内部にガス供給配管を設け、アンテナ部の先端側にシャワーヘッドを設けて、ガスを吐出するようにしたので、配管スペースを新たに

設けることなく、マイクロ波導入機構のコンパクトさを保持したまま、上方からのチャンバ内へのガス導入が可能となる。

[0079] <他の適用>

なお、本発明は上記実施形態に限定されることなく、本発明の思想の範囲内において種々変形可能である。例えば、マイクロ波出力部30やマイクロ波供給部40の構成等は、上記実施形態に限定されるものではない。具体的には、アンテナから放射されるマイクロ波の指向性制御を行ったり円偏波にしたりする必要がない場合には、位相器は不要である。

[0080] また、上記実施形態においては、プラズマ処理装置として成膜装置およびエッチング処理装置を例示したが、これに限らず、酸化窒化膜処理、アッシング処理等の他のプラズマ処理にも用いることができる。また、上記実施形態においてプラズマ生成ガスおよび処理ガスとして挙げたものは例示に過ぎず、本発明の趣旨からはこれらは特に限定されるものではない。また、上記実施形態ではプラズマ生成ガスと処理ガスの両方を導入する例を示したが、処理ガスにプラズマ生成ガスの機能を持たせて処理ガスのみを導入するようにしてもよい。さらに、被処理基板は半導体ウエハに限定されず、LCD（液晶ディスプレイ）用基板に代表されるFPD（フラットパネルディスプレイ）基板や、セラミックス基板等の他の基板であってもよい。

請求の範囲

[請求項1]

被処理基板を収容するチャンバと、
前記チャンバ内にガスを供給するガス供給機構と、
マイクロ波を生成するマイクロ波生成機構および生成されたマイクロ波を前記チャンバ内に導入するマイクロ波導入機構を有し、前記チャンバ内にマイクロ波を導入して前記チャンバ内に供給されたガスにより表面波プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ源と
を具備し、
前記チャンバ内の被処理基板に対して表面波プラズマにより処理を施す表面波プラズマ処理装置であって、
前記マイクロ波導入機構は、
筒状をなす外側導体とその中に同軸的に設けられた筒状をなす内側導体とを有しマイクロ波を伝送する導波路と、
前記導波路を伝送されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射して表面波プラズマを発生させるための表面波発生用アンテナを有するアンテナ部と
を備え、
前記ガス供給機構は、
ガス供給源と、
前記ガス供給源からのガスを前記導波路の前記内側導体の内部を通して前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に供給するガス供給配管と、
前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に設けられ、前記ガス供給配管からのガスを吐出する多数のガス吐出孔を有するシャワーヘッドと
を備える、表面波プラズマ処理装置。

[請求項2]

前記マイクロ波プラズマ源は、前記マイクロ波導入機構を複数備え、各マイクロ波導入機構から前記チャンバ内に導入されたマイクロ波

が空間合成される、請求項 1 に記載の表面波プラズマ処理装置。

[請求項3] 前記アンテナ部は、前記表面波プラズマ発生用アンテナの先端側に設けられた誘電体部材を有し、前記シャワーヘッドは前記誘電体部材に形成されている、請求項 1 に記載の表面波プラズマ処理装置。

[請求項4] 前記ガス供給源は、それぞれ独立して設けられた第 1 ガス供給源および第 2 ガス供給源を有し、前記ガス供給配管は、前記第 1 ガス供給源および第 2 ガス供給源からそれぞれ第 1 のガスおよび第 2 のガスを供給する第 1 ガス供給配管および第 2 ガス供給配管を有し、前記シャワーヘッドは、前記第 1 ガス供給配管からの第 1 のガスおよび前記第 2 ガス供給配管からの第 2 のガスをそれぞれ吐出する第 1 ガス吐出孔および第 2 ガス吐出孔を有する、請求項 1 に記載の表面波プラズマ処理装置。

[請求項5] 前記マイクロ波生成機構はマイクロ波電源を備え、前記マイクロ波導入機構は、前記チャンバ内の負荷のインピーダンスを前記マイクロ波電源の特性インピーダンスに整合させるチューナをさらに備え、前記チューナは、前記外側導体と前記内側導体の間に設けられ、前記内側導体の長手方向に沿って移動可能な、環状をなし、誘電体からなるスラグと、前記スラグを移動させる駆動機構とを有する、請求項 1 に記載の表面波プラズマ処理装置。

[請求項6] 前記駆動機構は、駆動力を与える駆動部と、駆動部からの駆動力を前記スラグに伝達する駆動伝達部と、前記スラグの移動をガイドする駆動ガイド部と、前記スラグを前記駆動伝達部に保持する保持部とを有し、

前記駆動伝達部と、前記駆動ガイド部と、前記保持部が前記内側導体の内部に収容されている、請求項 5 に記載の表面波プラズマ処理装置。

[請求項7] チャンバ内にマイクロ波を導入して表面波プラズマを形成するためのマイクロ波プラズマ源において、マイクロ波出力部から出力された

マイクロ波を前記チャンバ内に導入するマイクロ波導入機構であって、

筒状をなす外側導体とその中に同軸的に設けられた筒状をなす内側導体とを有しマイクロ波を伝送する導波路と、

前記導波路を伝送されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射して表面波プラズマを発生させるための表面波発生用アンテナを有するアンテナ部と、

表面波プラズマを生成するためのガスを前記導波路の前記内側導体の内部を通して前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に供給するガス供給配管と、

前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に設けられ、前記ガス供給配管からのガスを吐出する多数のガス吐出孔を有するシャワーヘッドと

を備える、マイクロ波導入機構。

[請求項8] 前記アンテナ部は、前記表面波プラズマ発生用アンテナの先端側に設けられた誘電体部材を有し、前記シャワーヘッドは前記誘電体部材に形成されている、請求項7に記載のマイクロ波導入機構。

[請求項9] 前記ガス供給配管は、それぞれ第1のガスおよび第2のガスを供給する第1ガス供給配管および第2ガス供給配管を有し、前記シャワーヘッドは、前記第1ガス供給配管からの第1のガスおよび前記第2ガス供給配管からの第2のガスをそれぞれ吐出する第1ガス吐出孔および第2ガス吐出孔を有する、請求項7に記載のマイクロ波導入機構。

[請求項10] 前記チャンバ内の負荷のインピーダンスを前記マイクロ波プラズマ源が有するマイクロ波電源の特性インピーダンスに整合させるチューナをさらに備え、前記チューナは、前記外側導体と前記内側導体の間に設けられ、前記内側導体の長手方向に沿って移動可能な、環状をなし、誘電体からなるスラグと、前記スラグを移動させる駆動機構とを有する、請求項7に記載のマイクロ波導入機構。

[請求項11] 前記駆動機構は、駆動力を与える駆動部と、駆動部からの駆動力を前記スラグに伝達する駆動伝達部と、前記スラグの移動をガイドする駆動ガイド部と、前記スラグを前記駆動伝達部に保持する保持部とを有し、

前記駆動伝達部と、前記駆動ガイド部と、前記保持部が前記内側導体の内部に收容されている、請求項10に記載のマイクロ波導入機構。

[請求項12] マイクロ波を生成するマイクロ波生成機構および生成されたマイクロ波をチャンバ内に導入するマイクロ波導入機構を有し、チャンバ内にマイクロ波を導入して前記チャンバ内に供給されたガスの表面波プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ源であって、

前記マイクロ波導入機構は、

筒状をなす外側導体とその中に同軸的に設けられた筒状をなす内側導体とを有しマイクロ波を伝送する導波路と、

前記導波路を伝送されたマイクロ波を前記チャンバ内に放射して表面波プラズマを発生させるための表面波発生用アンテナを有するアンテナ部と、

表面波プラズマを生成するためのガスを前記導波路の前記内側導体の内部を通して前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に供給するガス供給配管と、

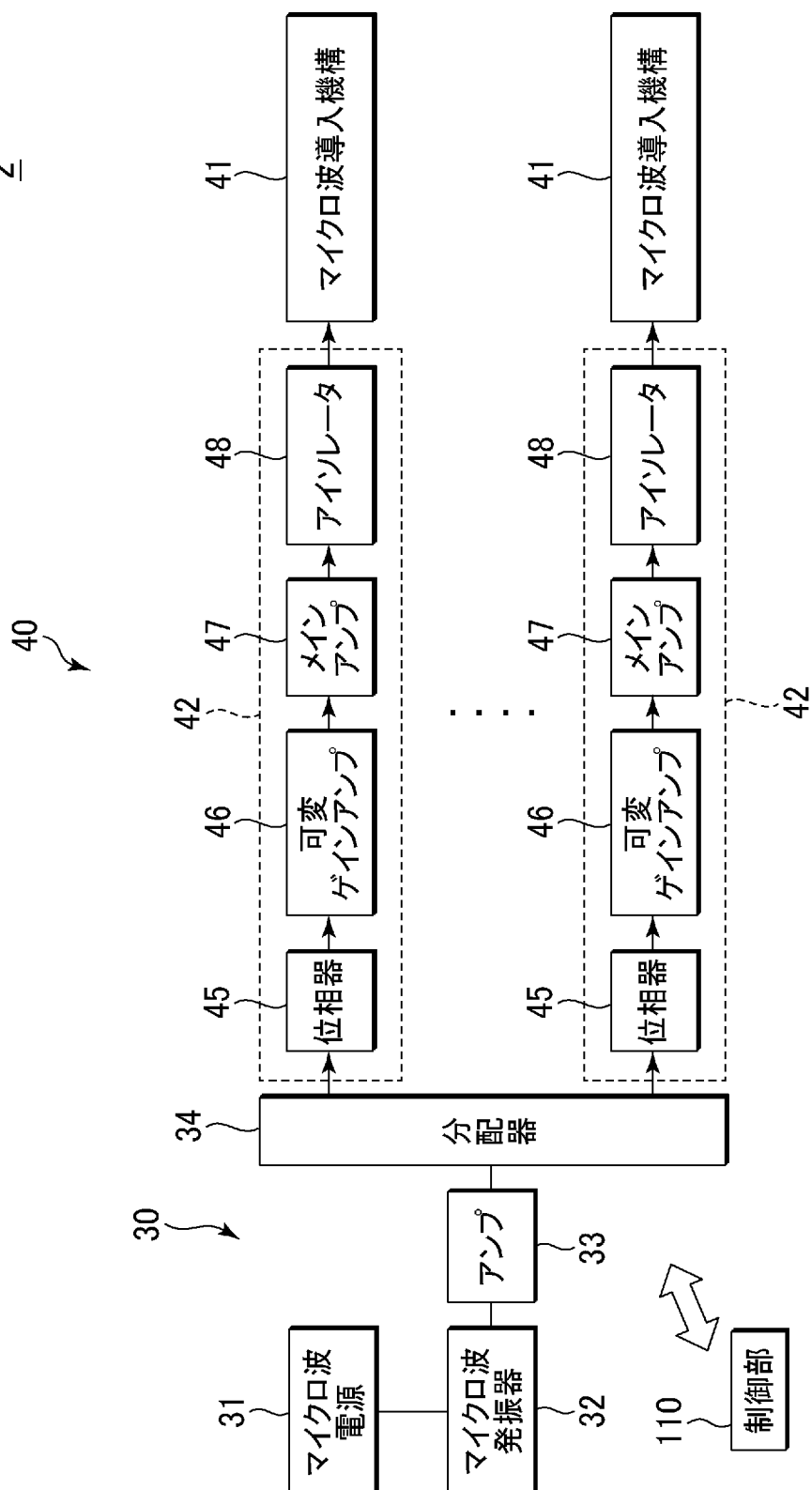
前記アンテナ部の前記表面波発生用アンテナよりも先端側部分に設けられ、前記ガス供給配管からのガスを吐出する多数のガス吐出孔を有するシャワーヘッドと

を備える、マイクロ波プラズマ源。

[請求項13] 前記マイクロ波導入機構を複数備え、各マイクロ波導入機構から前記チャンバ内に導入されたマイクロ波が空間合成される、請求項12に記載のマイクロ波プラズマ源。

[図2]

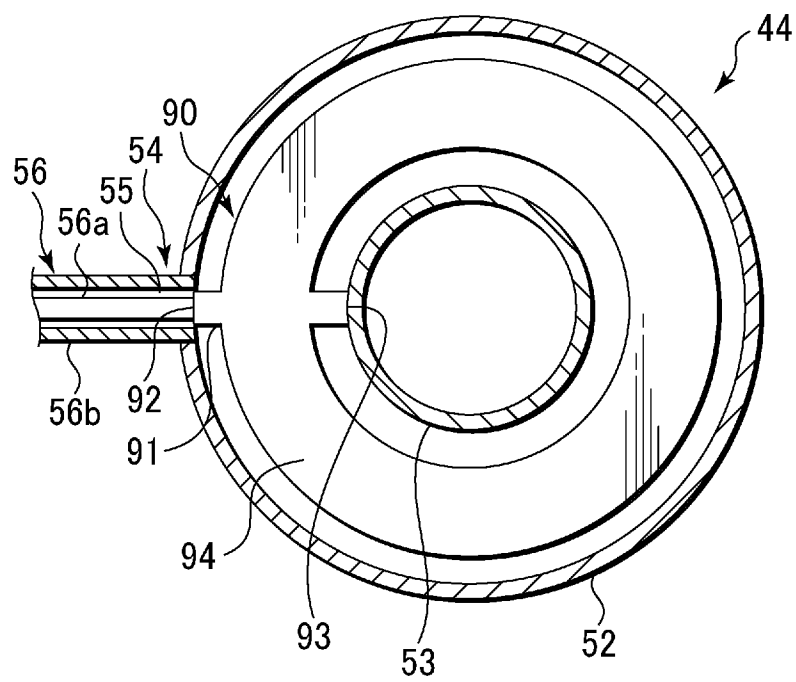
2 |



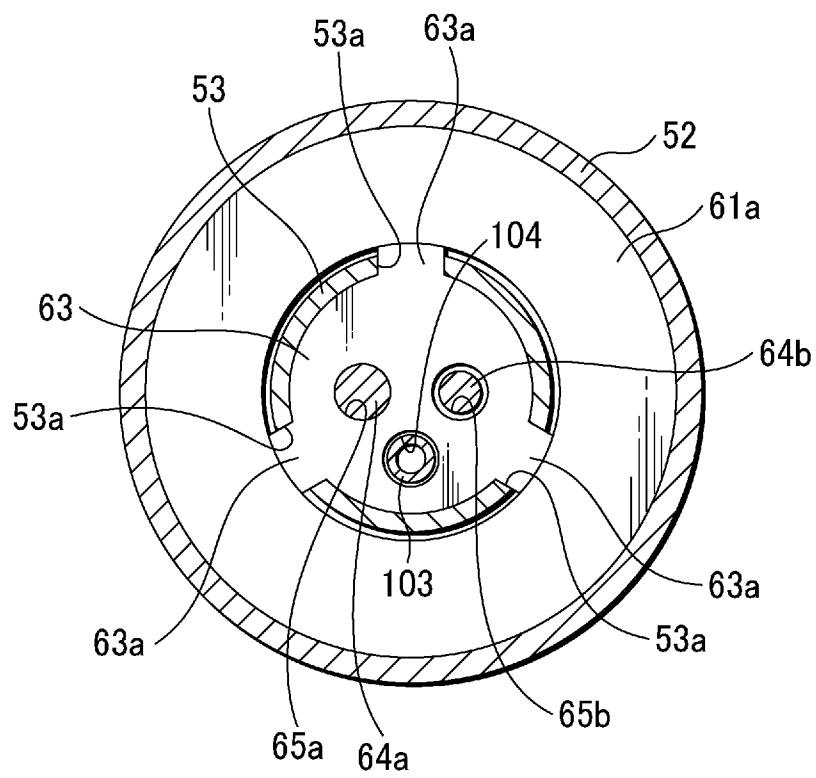
The diagram illustrates a complex industrial setup for gas delivery and temperature control. Key components include:

- Gas Supply Source (101)**: Provides the initial gas input.
- Slag Controller (68)**: Manages the flow or quality of the gas/slurry.
- Distribution System**: Consists of a manifold (56) and a network of vertical tubes (63) housed within a furnace-like structure (70).
- Heating Elements**: Located at the top of each tube (75a, 75b), likely for preheating the incoming gas.
- Flow Indicators**: Arrows show the upward and downward movement of gases within the tubes and the surrounding chamber.
- Structural Layers**: Various numbered layers (e.g., 52, 53, 59, 81, 82, 83, 84, 85) represent different materials or insulation used in the furnace walls and base.

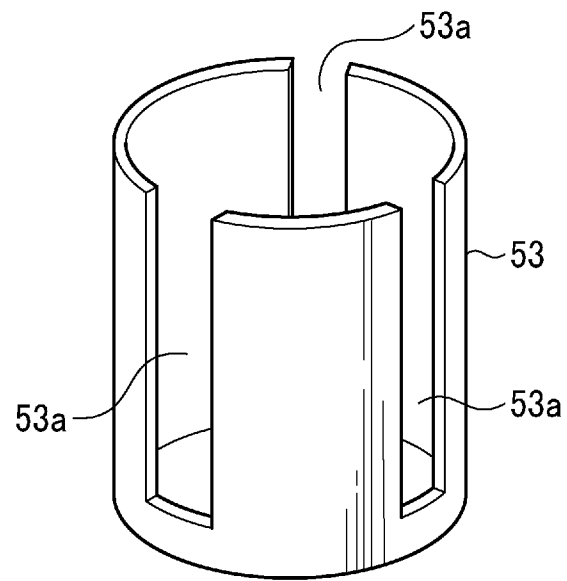
[図4]



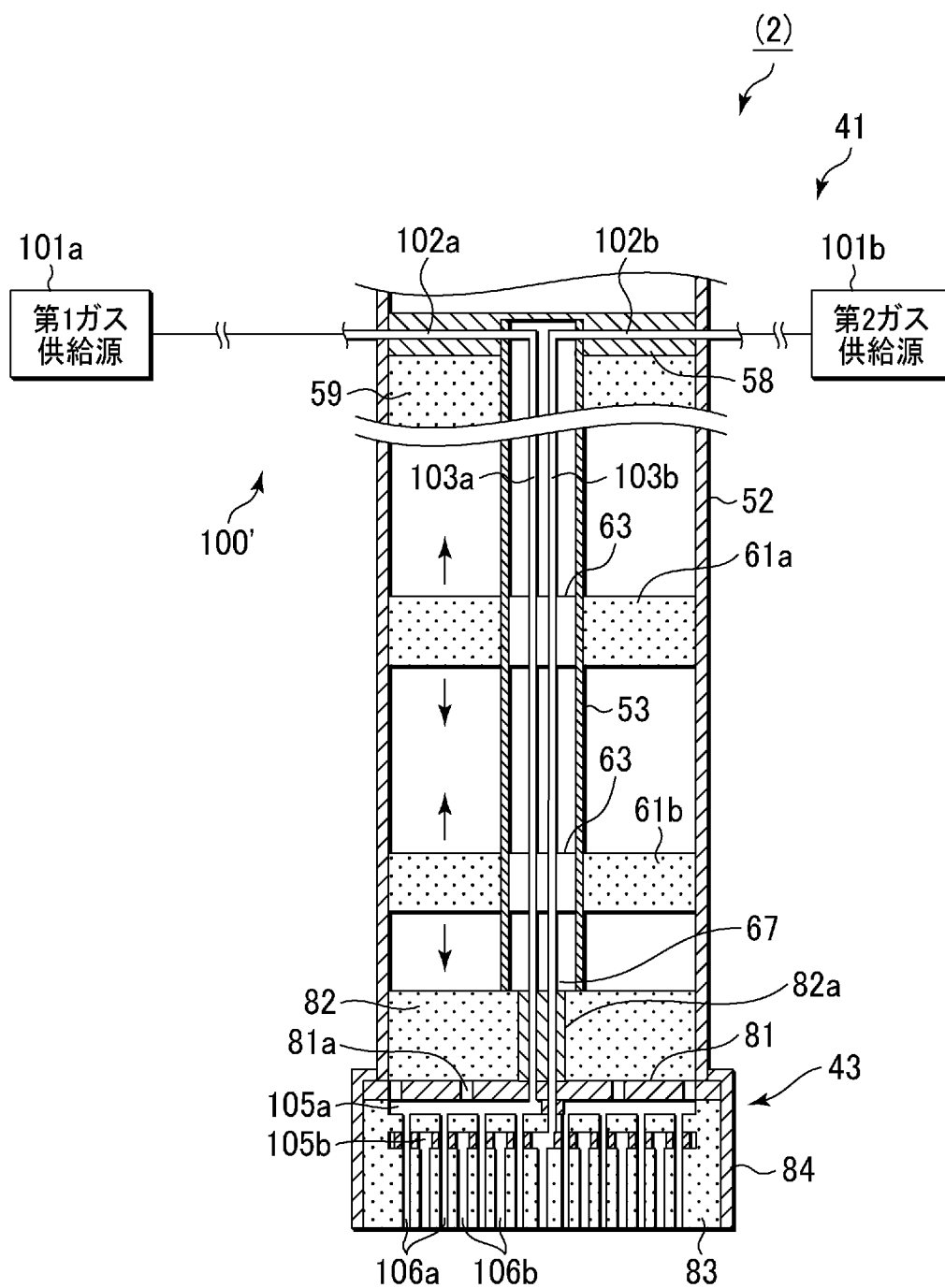
[図5]



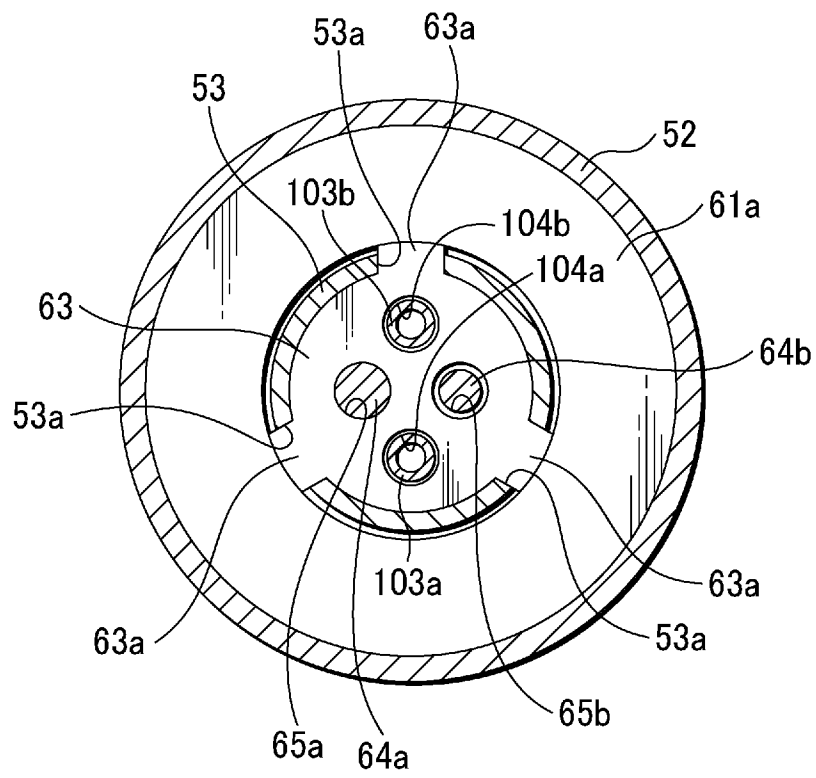
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/055816

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05H1/46(2006.01)i, C23C16/455(2006.01)i, C23C16/511(2006.01)i,
H01L21/205(2006.01)i, H01L21/3065(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, C23C16/455, C23C16/511, H01L21/205, H01L21/3065

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	WO 2008/153054 A1 (Tokyo Electron Ltd.), 18 December 2008 (18.12.2008), paragraphs [0040] to [0063]; fig. 1 to 5	1-3, 7-8, 12-13
Y	& US 2010/0170872 A1 & CN 101622912 A & KR 10-2010-0012868 A & TW 200915931 A	1-13
Y	WO 2010/004836 A1 (Tokyo Electron Ltd.), 14 January 2010 (14.01.2010), entire text; all drawings & JP 2010-21243 A & JP 2010-21244 A & CN 102084469 A & KR 10-2011-0028461 A & TW 201016080 A	1-13
Y	JP 2011-44567 A (Tokyo Electron Ltd.), 03 March 2011 (03.03.2011), entire text; all drawings & WO 2011/021539 A1	1-13

☒ 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
04 June, 2012 (04.06.12)

Date of mailing of the international search report
12 June, 2012 (12.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/055816

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-332326 A (Tokyo Electron Ltd.), 21 November 2003 (21.11.2003), paragraphs [0068] to [0074]; fig. 7 to 8 & US 2004/0168769 A1 & WO 2003/096400 A1 & TW 281838 B & AU 2003235924 A & AU 2003235924 A1	1-13
Y	WO 2010/110256 A1 (Tokyo Electron Ltd.), 30 September 2010 (30.09.2010), entire text; all drawings & KR 10-2011-0126168 A	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/055816

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 of the present application cannot be considered to have novelty and inventiveness in the light of the document 1 (WO 2008/153054 A1) cited in this international search report and does not make a contribution over the technique disclosed in the document 1, and therefore does not have a special technical feature.

Consequently, the inventions of claims 1-13 do not involve one or more of the same or corresponding special technical features, and therefore cannot be considered to have 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, C23C16/455(2006.01)i, C23C16/511(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/3065(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, C23C16/455, C23C16/511, H01L21/205, H01L21/3065

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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	WO 2008/153054 A1 (東京エレクトロン株式会社) 2008.12.18, 段落 0040-0063, 図 1-5	1-3, 7-8, 12-13
Y	& US 2010/0170872 A1 & CN 101622912 A & KR 10-2010-0012868 A & TW 200915931 A	1-13
Y	WO 2010/004836 A1 (東京エレクトロン株式会社) 2010.01.14, 全文, 全図 & JP 2010-21243 A & JP 2010-21244 A & CN 102084469 A & KR 10-2011-0028461 A & TW 201016080 A	1-13

☒ 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

0 4 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 6 . 2 0 1 2

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

山口 敦司

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3

2 I

9 2 1 6

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
Y	JP 2011-44567 A (東京エレクトロン株式会社) 2011.03.03, 全文, 全図 & WO 2011/021539 A1	1-13
Y	JP 2003-332326 A (東京エレクトロン株式会社) 2003.11.21, 段落 0068-0074, 図 7-8 & US 2004/0168769 A1 & WO 2003/096400 A1 & TW 281838 B & AU 2003235924 A & AU 2003235924 A1	1-13
Y	WO 2010/110256 A1 (東京エレクトロン株式会社) 2010.09.30, 全文, 全図 & KR 10-2011-0126168 A	1-13

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の国際調査機関は認めた。

この出願の請求項1に係る発明は、国際調査報告で引用された文献1（W0 2008/153054 A1）から新規性・進歩性が認められず、文献1に記載された技術に対して貢献をしているとはいえないから、特別な技術的特徴を有しない。したがって、請求項1-13に係る発明の間には、一以上の同一又は対応する特別な技術的特徴が含まれず、発明の単一性を認めることができない。

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。