

(43) 国際公開日
2006年12月7日 (07.12.2006)

PCT

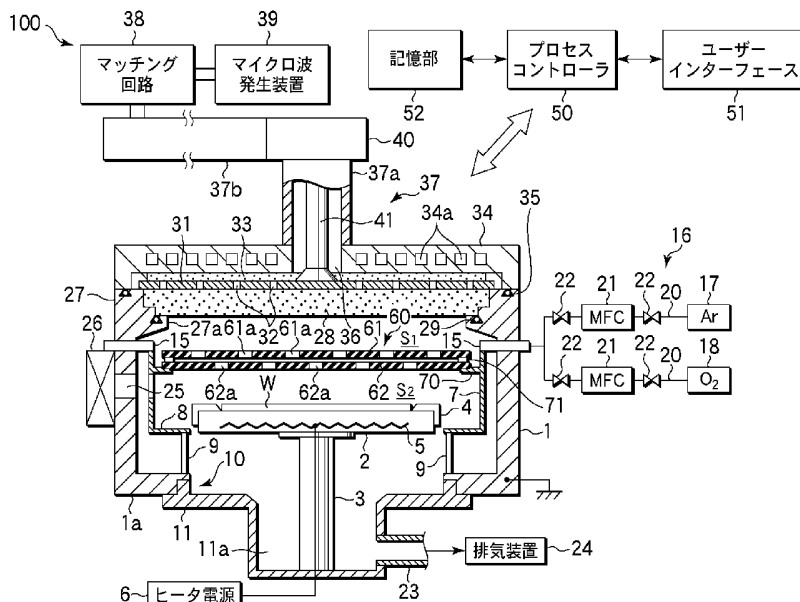
(10) 国際公開番号
WO 2006/129643 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/31 (2006.01) H01L 21/318 (2006.01)
H01L 21/316 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/310746
- (22) 国際出願日: 2006年5月30日 (30.05.2006)
- (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2005-158246 2005年5月31日 (31.05.2005) 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]; 〒1078481 東京都港区赤坂五丁目3番6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): 山下潤 (YAMASHITA, Jun) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロンAT株式会社内 Hyogo (JP). 中西敏雄 (NAKANISHI, Toshio) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロンAT株式会社内 Hyogo (JP). 西田辰夫 (NISHITA, Tatsuo) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロンAT株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 高山宏志 (TAKAYAMA, Hiroshi); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜3丁目18番9号 新横浜ICビル6階 Kanagawa (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

[続葉有]

(54) Title: PLASMA TREATMENT APPARATUS AND PLASMA TREATMENT 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



38 MATCHING CIRCUIT
39 MICROWAVE GENERATING APPARATUS
52 STORAGE SECTION
50 PROCESS CONTROLLER
51 USER INTERFACE
24 EXHAUSTER
6 HEATER POWER SUPPLY

(57) Abstract: In a plasma oxidation treatment apparatus (100), double plates (60) are arranged above a susceptor (2). An upper plate (61) and a lower plate (62) are composed of a dielectric material such as quartz, separately arranged in parallel at a prescribed interval, for instance an interval of 5mm, and have a plurality of through holes (61a, 62a). The two plates are arranged one over another by shifting the positions so that the through hole (62a) of the lower plate (62) and the through hole (61a) of the upper plate (61) are not overlapped.

(57) 要約: プラズマ酸化処理装置100において、サセプタ2の上方には、二重プレート60が配備されている。上側のプレート61および下側のプレート62は、それぞれ石英等の誘電体で構成され、所定間隔、例えば5mmの間隔を以て互いに離間して平行に配置されており、複数の貫通孔61a、62aを有している。二枚のプレートを重ねた状態で、下側のプレート62の貫通孔

62aと上側のプレート61の貫通孔61aが重ならないように、位置をずらして配備されている。



ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, LS, MW, MZ, NA, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

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、プラズマを用いて半導体基板等の被処理基板を処理し、被処理基板表面に酸化膜、窒化膜、酸窒化膜等を形成する処理を行なうプラズマ処理装置、およびプラズマ処理方法に関する。

背景技術

- [0002] 各種半導体装置の製造過程では、絶縁膜形成などの目的で、シリコンなどの酸化処理が行なわれる。シリコン酸化膜は、極めて安定であり、外部からの保護膜としての機能も有することから、その成膜技術は半導体装置製造において欠くことができない。近年では、半導体装置の微細化に伴い、1nm以下の薄い膜厚で、かつ良質なシリコン酸化膜を形成する技術が必要になっている。
- [0003] これまで、シリコン表面に酸化膜を形成するには、多くの場合、熱酸化法が用いられてきた。しかし、1000℃程度の高温で行なわれる熱酸化では、ドーピングされた不純物の再拡散など、熱によるダメージが発生するという問題があった。また、LP-CVDやRTO(Rapid Thermal Oxidation)等の熱酸化では数nmの薄膜を形成する場合に膜厚の制御が難しいという問題もあった。
- [0004] 一方、プラズマ処理によってシリコン酸化膜を形成する技術として、 O_2 および希ガスを少なくとも含む処理ガスの存在下で、開口部を有する仕切り板を配備したプラズマ処理装置を用いて、シリコン基板の表面を酸化処理する方法が提案されている(例えば、特許文献1)。

特許文献1:国際公開WO2004/047157号

発明の開示

- [0005] 一般に、プラズマ酸化処理により酸化膜を形成する場合の課題として、プラズマ中のイオンなどの作用で、形成される酸化膜や下地膜などにプラズマダメージを与えることが挙げられる。このため、上記特許文献1では、開口部を有する仕切り板を介在させることによって、プラズマのイオンエネルギーとイオン密度を減少させ、プラズマダメ

ージを緩和している。しかし、特に1nm以下の薄い膜厚で酸化膜を形成しようとする場合には、酸化が進み過ぎて膜厚が厚くなるなど、膜厚の制御が難しく、部位によって膜厚差が生じることがある。特に、300mm以上の大型化した基板では膜厚の均一性が損なわれるという懸念があった。前記特許文献1の方法は、開口部を有する仕切り板によりプラズマダメージを低減できる優れた方法であるが、1.5nm以下(特に1nm以下)の薄い膜厚で酸化膜を形成する場合にも適用可能であるか否かは検討されていない。

[0006] 従って、本発明の目的は、プラズマを利用してシリコン酸化膜等を形成する際に、薄膜形成においても膜厚の制御が可能なプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法を提供することにある。

[0007] 上記課題を解決するため、本発明の第1の観点によれば、被処理基板を収容する処理チャンバーと、

前記処理チャンバー内で被処理基板を載置する基板保持台と、

前記処理チャンバーの上部から前記基板保持台に載置された被処理基板に向けて供給される処理ガスのプラズマの流れを屈曲させるプラズマ屈曲手段と、を備えた、プラズマ処理装置が提供される。

[0008] 前記プラズマ屈曲手段は、複数の貫通開口部が形成された2枚以上のプレートを、該貫通開口部の位置が重ならないように配置したものとすることができる。この場合、前記プレートが誘電体により構成されるものであることが好ましい。また、前記2枚以上のプレートの間に、プレートとプレートとの間隔を調整するギャップ調整部材を配備することが好ましい。この場合、前記ギャップ調整部材が、リング状をした部材であることが好ましい。

[0009] また、前記プラズマ屈曲手段は、多孔質誘電体により構成されるプレートとすることができる。この場合、前記多孔質誘電体の気孔率が、70～80%であることが好ましい。

[0010] また、プラズマ処理装置は、前記処理チャンバー内にマイクロ波を導入するための複数のスロットを有する平面アンテナを備えていることが好ましい。

[0011] 本発明の第2の観点によれば、プラズマ酸化処理装置の処理チャンバー内で被処

理基板表面のシリコンに対して酸素含有プラズマを作用させて酸化処理し、シリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法であって、

前記処理チャンバー内のプラズマ発生領域と前記被処理基板との間に、プラズマの流れを屈曲させるプラズマ屈曲手段を介在させて処理を行なう、プラズマ処理方法が提供される。

- [0012] 前記プラズマ屈曲手段は、複数の貫通開口部が形成された2枚以上のプレートを、該貫通開口部の位置が重ならないように配置したものとすることができる。この場合、前記プレートが誘電体により構成されるものであることが好ましい。
- [0013] 前記プラズマ屈曲手段は、多孔質誘電体により構成されるプレートとすることができる。この場合、前記多孔質誘電体の気孔率が、70～80%であることが好ましい。
- [0014] さらに、上記第2の観点では、形成される酸化膜の膜厚が、1nm以下とすることができる。また、前記酸素含有プラズマは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理チャンバー内にマイクロ波を導入して形成されるものであることが好ましい。
- [0015] 本発明のプラズマ処理装置は、プラズマが通過する際にプラズマの流れを屈曲させるプラズマ屈曲手段を備えている。従って、プラズマ中のイオンの作用を抑え、酸化反応や窒化反応の進行を調節することができる。例えば、1.5nm、特に1nm以下の薄いシリコン酸化膜についても、膜厚を高精度に制御しながら形成することができる。また、形成された酸化膜の均一性も良好であるため、微細化が進む半導体装置の製造過程において利用価値が高いものである。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本発明の第1実施形態に係るプラズマ酸化処理装置の一例を示す概略断面図である。
- [図2A]二重プレートの説明に供する平面図である。
- [図2B]二重プレートの説明に供する要部断面図である。
- [図3]アンテナ部材の説明に供する図面である。
- [図4]二重プレートの作用を説明するための原理図である。
- [図5A]トランジスタの製造過程において、素子分離されたウエハの断面構造を示す模式図。

[図5B]トランジスタの製造過程において、ゲート絶縁膜形成の目的でプラズマ酸化処理をしている状態を示す模式図である。

[図5C]トランジスタを形成した状態を示す模式図である。

[図6]本発明の第2実施形態に係るプラズマ酸化処理装置の一例を示す概略断面図である。

[図7]本発明の第3実施形態に係るプラズマ酸化処理装置の一例を示す概略断面図である。

[図8]本発明の第4実施形態に係るプラズマ酸化処理装置の一例を示す概略断面図である。

[図9]本発明の第5実施形態に係るプラズマ酸化処理装置の一例を示す概略断面図である。

[図10]本発明の第6実施形態に係るプラズマ酸化処理装置の一例を示す概略断面図である。

[図11]実施例1等におけるプラズマ酸化処理の処理時間と酸化膜の膜厚の関係を示すグラフ図面である。

[図12]実施例2等におけるプラズマ酸化処理の処理時間と酸化膜の膜厚の関係を示すグラフ図面である。

[図13]実施例2等におけるプラズマ酸化処理の処理時間と酸化膜の均一性の関係を示すグラフ図面である。

[図14]実施例3のプラズマ酸化処理の処理時間と酸化膜の膜厚および均一性の関係を示すグラフ図面である。

[図15]実施例4～6等におけるプラズマ酸化処理の酸化膜の膜厚と均一性との関係を示すグラフ図面である。

[図16]実施例4～6等におけるプラズマ酸化処理の処理時間と酸化膜の膜厚との関係を示すグラフ図面である。

[図17]ギャップリングの説明に供する図面である。

[図18]二重プレートの別の実施形態を説明する図面である。

[図19]二重プレートのさらに別の実施形態を説明する図面である。

発明を実施するための最良の形態

- [0017] 以下、適宜添付図面を参照して本発明の実施の形態について具体的に説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係るプラズマ酸化処理装置の一例を模式的に示す断面図である。このプラズマ酸化処理装置は、複数のスロットを有する平面アンテナ、特にRLSA(Radial Line Slot Antenna;ラジアルラインスロットアンテナ)にて処理チャンバー内にマイクロ波を導入してプラズマを発生させることにより、高密度かつ低電子温度のマイクロ波プラズマを発生させ得るRLSAマイクロ波プラズマ酸化処理装置として構成されており、例えば、MOSTランジスタ、MOSFET(電界効果型ランジスタ)などの各種半導体装置の製造過程において、シリコン酸化膜を形成する目的で好適に利用可能なものである。なお、供給する処理ガスを窒素含有ガスに換えることにより、シリコン窒化膜を形成する目的で、プラズマ窒化処理装置としても利用できる。
- [0018] 上記プラズマ酸化処理装置100は、気密に構成され、接地された略円筒状のチャンバー1を有している。チャンバー1の底壁1aの略中央部には円形の開口部10が形成されており、底壁1aにはこの開口部10と連通し、下方に向けて突出する排気室11が設けられている。
- [0019] チャンバー1内には被処理体であるシリコンウエハ(以下、単に「ウエハ」と記す)Wを水平に支持するためのAlN等のセラミックスからなるサセプタ2が設けられている。このサセプタ2は、排気室11の底部中央から上方に延びる円筒状のAlN等のセラミックスからなる支持部材3により支持されている。サセプタ2の外縁部にはウエハWをガイドするためのガイドリング4が設けられている。また、サセプタ2には抵抗加熱型のヒータ5が埋め込まれており、このヒータ5はヒータ電源6から給電されることによりサセプタ2を加熱して、その熱で被処理体であるウエハWを加熱する。このとき、例えば室温から800℃までの範囲で温度制御可能となっている。なお、チャンバー1の内周には、石英からなる円筒状のライナー7が設けられ、チャンバー構成材料による金属汚染を防止し、チャンバー1内をクリーンな雰囲気維持している。また、サセプタ2の外周側には、チャンバー1内を均一排気するため、図示しない多数の貫通孔が形成されたバッフルプレート8が環状に設けられ、このバッフルプレート8は、複数の支柱9

により支持されている。バッフルプレート8は、例えば石英、セラミックス等の材質により構成することができる。

[0020] サセプタ2には、ウエハWを支持して昇降させるためのウエハ支持ピン(図示せず)がサセプタ2の表面に対して突没可能に設けられている。

[0021] サセプタ2の上方には、プラズマの流れを屈曲させるプラズマ屈曲手段として、二重プレート60が設けられている。この二重プレート60により、ラビリンス構造の流路が形成される。そして二重プレート60の上方には第1の空間 S_1 が形成され、二重プレート60の下方には第2の空間 S_2 が形成されている。この二重プレート60は、図1に示すように、貫通孔61aを有する上側のプレート61および貫通孔62aを有する下側のプレート62により構成される。これら上下のプレート61, 62は、そこを通過するプラズマの流れを屈曲させ、プラズマ中のイオンがウエハWへ向けて直線的に供給させることを制限してイオンをトラップし、イオンエネルギーを低減させるように作用する。上下のプレート61および62は、例えば石英、サファイヤ、SiN、SiC、 Al_2O_3 、AlNなどの誘電体や、単結晶シリコンまたは多結晶シリコン等のシリコンなどの材料で構成されている。

本実施形態では、上下のプレート61および62の材質として、金属やアルカリ金属等の不純物が非常に少ない高純度の石英を用いている。例えば石英部材中の不純物の合計量は50ppm以下であることが好ましい。

[0022] 上側のプレート61および下側のプレート62は、周縁部近傍に設けられた連結部材71によって複数箇所で連結され、所定間隔(後述)を以て互いに離間して平行に配置されている。この連結部材71は、上下のプレート61, 62の間隔を調節するスペーサーとしても機能する。そして、下側のプレート62は、その外周部が、チャンバー1内のライナー7から内側に向けて全周にわたって突起した支持部70と係合することにより支持されている。

[0023] プレート61および62の取付け位置は、ウエハWに近接した位置が好ましく、下側のプレート62の下端とウエハWとの距離は、例えば3～20mmが好ましく、10mm程度とすることがより好ましい。この場合、上側のプレート61の上端とマイクロ波透過板28(後述)の下端との距離は、例えば20～50mmが好ましく、35mm程度とすることがよ

り好ましい。

[0024] 二重プレート60の上側のプレート61には、複数の貫通孔61aが形成されており、また下側のプレート62にも同様に複数の貫通孔62aが形成されている。図2Aおよび図2Bは、上下のプレート61, 62の詳細を示す図面である。図2Aは、上下のプレート61, 62を重ねて上から見た状態を示しており、図2Bは、上下のプレート61, 62を重ねた状態における要部断面を示している。

[0025] 上側のプレート61の厚さ(T_1)および下側のプレート62の厚さ(T_2)は、ともに、例えば2～10mm程度が好ましく、それぞれ5mm程度に設定することがより好ましい。なお、上下のプレート61, 62の厚さ T_1 および T_2 は同じである必要はない。

また、2枚のプレート61, 62の間隔(L_1)は、例えば3～10mm程度とすることが好ましく、5mmに設定することがより好ましい。

[0026] 上側のプレート61の貫通孔61aおよび下側のプレート62の貫通孔62aは、図2A中、破線で示すウエハWの載置領域を覆うように略均等に配置されている。そして、図2Aおよび図2Bに示すように、二枚のプレート61, 62を重ねた状態で、下側のプレート62の貫通孔62aと上側のプレート61の貫通孔61aが重ならないように、互いに位置をずらして形成されている。つまり、上側のプレート61より上方から直線的にウエハ面までを結ぶ開口が形成されないラビリンス構造となるように貫通孔61aと貫通孔62aが配置されている。

[0027] 貫通孔61aの径 D_1 および貫通孔62aの径 D_2 は、任意に設定することが可能であり、例えば、本実施形態の場合は5mm程度に設定されている。なお、同一プレート内で貫通孔61aまたは62aの位置により孔の大きさを変化させてもよく、上側のプレート61の貫通孔61aと下側のプレート62の貫通孔62aとを異なる大きさに形成することもできる。また、貫通孔61a, 62aの配置も、上下のプレート61, 62で孔の位置がずれていれば、同心円状、放射状、螺旋状、格子状、千鳥状等の任意の配列を選択できる。また、貫通孔61a, 62aは、三角形、四角形等の角形状、楕円状、スリット状などでもよい。

[0028] また、貫通孔61aと貫通孔62aとの位置のずれ、つまり上側のプレート61の貫通孔61aを構成する壁61bと、下側のプレート62の貫通孔62aを構成する壁62bとの距

離 L_2 は、上下のプレート61, 62の間隔 L_1 との関係で最適な条件を決定することができる。

すなわち、プラズマ中のイオンの通過を制限する観点から、上下のプレート61, 62の間隔 L_1 が大きい場合には、 L_2 も相対的に大きくする必要がある。逆に L_1 が小さい場合には、 L_2 を相対的に小さくしても、プラズマのイオンをトラップする作用を発揮させることが可能である。また、 L_1 と L_2 の関係に加え、上下のプレート61, 62の厚さ T_1 , T_2 （つまり、壁61b, 62bの高さ）、貫通孔61a, 62aの径 D_1 , D_2 、さらには貫通孔61a, 62aの形状や配置、上下のプレート61, 62の設置位置（ウエハWからの距離）などを総合的に考慮することにより、イオンの通過を制限する作用を最大限に引き出すことが可能になる。

[0029] 再び図1を参照するに、二重プレート60より上方のチャンバー1の側壁には環状をなすガス導入部材15が設けられており、このガス導入部材15にはガス供給系16が接続されている。なお、ガス導入部材はノズル状またはシャワー状に配置してもよい。このガス供給系16は、例えばArガス供給源17、 O_2 ガス供給源18を有しており、これらガスが、それぞれガスライン20を介してガス導入部材15に至り、ガス導入部材15からチャンバー1内に導入される。ガスライン20の各々には、マスフローコントローラ21およびその前後の開閉バルブ22が設けられている。なお、前記Arガスに代えて、He、Kr、Xeなどの希ガスを用いることもできる。

[0030] 上記排気室11の側面には排気管23が接続されており、この排気管23には高速真空ポンプを含む排気装置24が接続されている。そしてこの排気装置24を作動させることによりチャンバー1内のガスが、バッフルプレート8を介して排気室11の空間11a内へ均一に排出され、排気管23を介して排気される。これによりチャンバー1内は所定の真空度、例えば0.133Paまで高速に減圧することが可能となっている。

[0031] チャンバー1の側壁には、プラズマ酸化処理装置100に隣接する搬送室（図示せず）との間でウエハWの搬入出を行うための搬入出口25と、この搬入出口25を開閉するゲートバルブ26とが設けられている。

[0032] チャンバー1の上部は開口部となっており、この開口部に環状のアップパープレート27が接合される。アップパープレート27の内周下部は、内側のチャンバー内空間へ向

けて突出し、環状の支持部27aを形成している。支持部27aに誘電体、例えば石英や Al_2O_3 、 AlN 等のセラミックスからなり、マイクロ波を透過するマイクロ波透過板28がシール部材29を介して気密に設けられている。したがって、チャンバー1内は気密に保持される。

[0033] マイクロ波透過板28の上方には、サセプタ2と対向して、アンテナ部材31が設けられている。このアンテナ部材31は、例えば円板状の平面アンテナとして構成され、チャンバー1の側壁上端に係止されている。アンテナ部材31は、表面が金または銀メッキされた銅板またはアルミニウム板からなり、多数のマイクロ波放射孔(スロット)32が所定のパターンで貫通して形成された構成となっている。このマイクロ波放射孔32は、例えば図3に示すように長溝状をなし、典型的には隣接するマイクロ波放射孔32同士が「T」字状に配置され、これら複数のマイクロ波放射孔32が同心円状に配置されている。マイクロ波放射孔32の長さや配列間隔は、マイクロ波の波長(λ_g)に応じて決定され、例えばマイクロ波放射孔32の間隔は、 $\lambda_g/4$ 、 $\lambda_g/2$ または λ_g となるように配置される。なお、図3において、同心円状に形成された隣接するマイクロ波放射孔32同士の間隔を Δr で示している。また、マイクロ波放射孔32は、円形状、円弧状等の他の形状であってもよい。さらに、マイクロ波放射孔32の配置形態は特に限定されず、同心円状のほか、例えば、螺旋状、放射状に配置することもできる。なお、アンテナ部材31の形状は四角板状でもよく、その場合、マイクロ波放射孔32を直列状に複数列配設し、隣接するマイクロ波放射孔32の列どうしが平行をなすように形成してもよい。

[0034] このアンテナ部材31の上面には、真空の誘電率よりも大きい誘電率を有する遅波材33が設けられている。遅波材33の材質としては、例えば石英、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素系樹脂、ポリイミド樹脂等が好ましい。この遅波材33は、マイクロ波の波長を短く調整する機能を有している。真空中ではマイクロ波の波長が長くなることから、遅波材33を配備することにより、マイクロ波の波長を短くし、マイクロ波を効率良くマイクロ波放射孔32へ供給できるようにしている。なお、アンテナ部材31とマイクロ波透過板28との間、また、遅波材33とアンテナ部材31との間は、それぞれ接触させても離間させてもよいが、接触させることが好ましい。

- [0035] チャンバー1の上面には、これらアンテナ部材31および遅波材33を覆うように、例えばアルミニウムやステンレス鋼等の金属材からなるシールド蓋体34が設けられている。シールド蓋体34は、マイクロ波を平面方向に伝播させる導波管の機能も有している。チャンバー1の上面とシールド蓋体34とはシール部材35によりシールされている。シールド蓋体34には、冷却水流路34aが形成されており、そこに冷却水を通流させることにより、シールド蓋体34、遅波材33、アンテナ部材31、マイクロ波透過板28を冷却するようになっている。これらの部材を冷却することにより、熱によって遅波材33、アンテナ部材31およびマイクロ波透過板28の変形、破損を防止し、安定したプラズマを形成できる。なお、シールド蓋体34は接地されている。
- [0036] シールド蓋体34の上壁の中央には、開口部36が形成されており、この開口部には導波管37が接続されている。この導波管37の端部には、マッチング回路38を介してマイクロ波発生装置39が接続されている。これにより、マイクロ波発生装置39で発生した、例えば周波数2.45GHzのマイクロ波が導波管37を介して上記アンテナ部材31へ伝播されるようになっている。マイクロ波の周波数としては、8.35GHz、1.98GHz等を用いることもできる。
- [0037] 導波管37は、上記シールド蓋体34の開口部36から上方へ延出する断面円形状の同軸導波管37aと、この同軸導波管37aの上端部にモード変換器40を介して接続された水平方向に延びる矩形導波管37bとを有している。矩形導波管37bと同軸導波管37aとの間のモード変換器40は、矩形導波管37b内をTEモードで伝播するマイクロ波をTEMモードに変換する機能を有している。同軸導波管37aの中心には内導体41が延在しており、内導体41は、その下端部においてアンテナ部材31の中心に接続固定されている。これにより、マイクロ波は、同軸導波管37aの内導体41を介してアンテナ部材31へ放射状に効率よく均一に伝播される。
- [0038] プラズマ酸化処理装置100の各構成部は、CPUを備えたプロセスコントローラ50に接続されて制御される構成となっている。プロセスコントローラ50には、工程管理者がプラズマ酸化処理装置100を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、プラズマ酸化処理装置100の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなるユーザーインターフェース51が接続されている。

- [0039] また、プロセスコントローラ50には、プラズマ酸化処理装置100で実行される各種処理をプロセスコントローラ50の制御にて実現するための制御プログラム(ソフトウェア)や処理条件データ等が記録されたレシピが格納された記憶部52が接続されている。
- [0040] そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース51からの指示等にて任意のレシピを記憶部52から呼び出してプロセスコントローラ50に実行させることで、プロセスコントローラ50の制御下で、プラズマ酸化処理装置100での所望の処理が行われる。また、前記制御プログラムや処理条件データ等のレシピは、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体、例えばCD-ROM、ハードディスク、フレキシブルディスク、フラッシュメモリなどに格納された状態のものを利用したり、あるいは、他の装置から、例えば専用回線を介して随時伝送させてオンラインで利用したりすることも可能である。
- [0041] このように構成されたRLSA方式のプラズマ酸化処理装置100においては、以下のような手順でウェハWのシリコン層を酸化してシリコン酸化膜を形成する処理を行うことができる。
- まず、ゲートバルブ26を開にして搬入出口25からシリコン層が形成されたウェハWをチャンバー1内に搬入し、サセプタ2上に載置する。そして、ガス供給系16のArガス供給源17およびO₂ガス供給源18から、Arガス、O₂ガスを所定の流量でガス導入部材15を介してチャンバー1内に導入する。
- [0042] 具体的には、例えばArなどの希ガス流量を200～3000mL/min(sccm)、O₂ガス流量を1～600mL/min(sccm)に設定し、チャンバー内を6.7～1333Pa(50mTorr～10Torr)、好ましくは26.6～400Pa(200mTorr～3Torr)の処理圧力に調整し、ウェハWの温度を300～800℃、好ましくは400～800℃に加熱する。この際、1nm以下の薄膜でシリコン酸化膜(SiO₂膜)を形成し、かつ、その際の膜厚の制御性を優れたものにする観点から、ArとO₂の流量比(Ar/O₂)は、5～500程度とすることが好ましく、10～400がより好ましい。
- [0043] 次に、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波を、マッチング回路38を経て導波管37に導き、矩形導波管37b、モード変換器40、および同軸導波管37aを順次通過させて内導体41を介してアンテナ部材31に供給し、アンテナ部材31のマイクロ波放

射孔32からマイクロ波透過板28を介してチャンバー1内におけるウエハWの上方空間に放射させる。マイクロ波は、矩形導波管37b内ではTEモードで伝搬し、このTEモードのマイクロ波はモード変換器40でTEMモードに変換されて、同軸導波管37a内をアンテナ部材31に向けて伝搬されていく。アンテナ部材31からマイクロ波透過板28を経てチャンバー1に放射されたマイクロ波によりチャンバー1内で電磁界が形成され、ArガスとO₂ガスがプラズマ化する。この際、マイクロ波発生装置39のパワーは、0.5～5kWとすることが好ましい。

[0044] このマイクロ波プラズマは、マイクロ波がアンテナ部材31の多数のマイクロ波放射孔32から放射されることにより、プラズマ生成領域である第1の空間S₁では、略 $1 \times 10^{11} \sim 5 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ の高密度で、電子温度が略1～2eVのプラズマとなる。また、二重プレート60の下方の第2の空間S₂では、プラズマが二重プレート60を通過する際にエネルギーの高いイオンの通過が妨害され、主にラジカルが通過することにより、プラズマの電子温度とイオンエネルギーが大幅に低減される。これは、次のような機構によるものと考えられる。上下のプレート61, 62は絶縁物で形成されているので、プラズマに対してフローティング電位を有している。このため、プレート61, 62の表面(プレート壁面や貫通孔61a, 62aの内壁面)には、電位差を持つシースが形成される。その結果、高エネルギーのイオンはシースで加速されてプレート61, 62に衝突して多くが失活する。これに対し、ラジカルは中性なので貫通孔61a, 62aを通過して二重プレート60の下方の第2の空間S₂へ供給される。

[0045] 以上のような機構により、例えば、二重プレート60の下方の第2の空間S₂(つまり、ウエハWとプレート62との間)では、プラズマ中のイオン密度を $1 \times 10^9 \sim 1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 未満に、また、電子温度を0.7eV以下に低下させることができるので、イオン等によるプラズマダメージをよりいっそう低減できる。そして、プラズマ中の活性種、主として酸素ラジカル(O*)などの作用によってシリコン中に酸素が導入されてSi-O結合が形成され、良質なシリコン酸化膜が成膜される。

[0046] ここで、図4を参照しながら、本発明の作用について述べる。図4は、プラズマ酸化処理装置100によるウエハWのプラズマ酸化処理の模様を模式的に示す原理図である。プラズマ酸化処理装置100のアンテナ部材31から供給されるマイクロ波と、Ar

／ O_2 ガスとが作用して発生したプラズマは、チャンバー1内の空間をサセプタ2に載置されたウェハWの方向へ向けて降下してくる。その途中には、二重プレート60(上側のプレート61および下側のプレート62)が配備されているため、ここを通過する際にイオンがトラップされプラズマのイオンエネルギーが弱められる。プラズマは、上側のプレート61の貫通孔61aを通過する際に複数の流れに分岐する。そして、プラズマの流れは上側のプレート61と下側のプレート62との間で一旦合流した後、下側のプレート62の貫通孔62aを通過する際に再び分岐し、下側のプレート62の下方で再度合流する。このように、ラビリンス構造の流路を形成する二重プレート60によって、プラズマ中のイオンなどが直線的にウェハWに到達することが妨げられる。そして、図4に示すように、プラズマ中に含まれるアルゴンイオン(Ar^+)や、酸素イオン(O^{2+})などのイオンや電子(e^-)は、荷電粒子であるため、石英等の絶縁物からなるプレート61, 62の表面に形成されたプラズマシースにより加速されてプレート61, 62に衝突する。その結果、貫通孔61aおよび62aを通過したプラズマ中では多くのイオンが失活し、イオンエネルギーが弱められる。また、プラズマのイオン密度は減少し、電子温度も低下する。一方、中性粒子である酸素ラジカル(O^*)は、貫通孔61aおよび62aをすり抜けて通過し、ウェハWまで到達する。

- [0047] プラズマ中のイオンの通過を制御するためには、二枚のプレートを重ねた状態で、下側のプレート62の貫通孔62aと上側のプレート61の貫通孔61aが重ならないように、位置をずらして形成することが重要となる(図2A, 図2B参照)。このような貫通孔61a, 62aの配置(ラビリンス構造)により、プラズマ中のイオンの通過を遮りつつ、酸素ラジカルを選択的に通過させることが可能になる。上下のプレート61, 62を通過した酸素ラジカルは、ウェハW上に露出したシリコンと反応して SiO_2 (酸化膜)を形成する。従って、イオンの通過を制御することでシリコンの過剰な酸化が抑制されとともに、より低電子温度のプラズマ処理が可能になり、極薄い膜厚の制御が可能になるとともに、膜質を良質にすることができる。このようなプラズマ酸化処理装置100の特徴は、1nm以下、例えば0.3～0.8nm程度の非常に薄く、かつ緻密で良質なシリコン酸化膜(SiO_2 膜)やシリコン窒化膜(SiN 膜)、シリコン酸窒化膜($SiON$ 膜)を形成する場合に特に有利に働く。

[0048] 本発明方法は、MOSトランジスタなどの各種半導体装置の製造過程に適用することができる。図5A～図5Cは、トランジスタの製造過程で本発明のプラズマ処理方法を適用した例を説明する図面である。

まず、図5Aに示すとおり、P型もしくはN型のSi基板101に、ウェル(図示せず)を形成し、さらに例えばLOCOS法により素子分離層102を形成する。このシリコン基板101は、予め1%希フッ酸(DHF)溶液で洗浄し、酸化膜を除去しておくことが好ましい。なお、素子分離層102は、STI(Shallow Trench Isolation)により形成してもよい。

[0049] 次に、図5Bに示すように、プラズマ酸化処理を行ない、シリコン基板101の表面にゲート酸化膜(SiO_2 膜)103を形成する。このプラズマ酸化処理では、被処理体であるSi基板101の上部に配備された二重プレート60をプラズマが通過する際に、プラズマ中のArイオンの大半がブロックされ、酸素ラジカルのみが選択的に通過する。これにより、ゲート酸化膜103は、主として酸素ラジカル作用により形成されることになり、イオンによるダメージの少ない膜質の良質なゲート酸化膜103が得られる。このゲート酸化膜103の膜厚は、目的とするデバイスによっても異なるが、例えば1nm以下、好ましくは0.3～0.8nm程度とすることができる。

[0050] そして、形成したゲート酸化膜103上に、例えばCVDによりポリシリコン層104を成膜した後、フォトリソグラフィ技術によりパターン形成されたマスクを用いてエッチングしてゲート電極を形成する。なお、ゲート電極構造は、ポリシリコン層104の単層に限らず、ゲート電極の比抵抗を下げ、高速化する目的で、例えばタングステン、モリブデン、タンタル、チタン、それらのシリサイド、ナイトライド、合金等を含む積層構造にすることもできる。そして、このように形成されたゲート電極に対し、イオン注入および活性化処理を行なってソース/ドレイン(図示を省略)を形成し、絶縁膜によるサイドウォール105を形成することによって、図5Cに示すように、MOS構造のトランジスタ110を製造できる。

[0051] 図6は、本発明の第2実施形態に係るプラズマ酸化処理装置の一例を模式的に示す断面図である。本実施形態のプラズマ酸化処理装置200では、図1のプラズマ酸化処理装置100の二重プレート60に換え、石英製の多孔質プレート63を配備した。

この多孔質プレート63は、気孔率が約75%であり、この気孔内を酸素含有プラズマが通過する際にプラズマ中のイオンが多孔質プレート63に衝突することによって減衰される。従って、第1実施形態(図1)における二重プレート60と同様にプラズマ屈曲手段として機能するものである。この目的のため、多孔質プレート63の気孔率は65~85%とすることが好ましく、70~80%がより好ましい。多孔質プレート63の材質としては、多孔質の誘電体であれば石英以外ものを用いることができる。なお、図6に示す第2実施形態に係るプラズマ酸化処理装置200の他の構成は、図1のプラズマ酸化処理装置100と同様であるため、同一の符号を付して説明を省略する。

[0052] 以上のように、プラズマ屈曲手段としては、図1に示す二重プレート60や、図6に示す多孔質プレート63の如く、プラズマを通過させる流路を有し、かつ、当該流路が直線的に形成されておらず折曲したラビリンス構造を持つものであれば、その形態は問わない。

[0053] 図7は、本発明の第3実施形態に係るプラズマ酸化処理装置の一例を模式的に示す断面図である。本実施形態のプラズマ酸化処理装置300では、二重プレート60を間に挟んでその上下にガス導入部材15aとガス導入部材15bが設けられている。これらのガス導入部材15aおよび15bは、それぞれチャンバー1の側壁に環状に設けられており、ガス供給系16に接続されている。すなわち、ガス導入部材15aは、例えばArガス供給源17に、また、ガス導入部材15bは、例えばO₂ガス供給源18に、それぞれ接続されている。ArガスおよびO₂ガスは、それぞれガスライン20を介して、それぞれガス導入部材15aおよび15bに至り、チャンバー1内に導入される。

[0054] このように、ガス導入部位を、Arなどの希ガスを導入するガス導入部材15aと、O₂などの反応系ガスを導入するガス導入部材15bとにより区別し、かつ、それらの間に二重プレート60を介在させることにより、二重プレート60よりも上側の領域に導入される希ガスのみによってプラズマを生成させることが可能になる。そして、希ガスのみにより生成したプラズマは、二重プレート60を通過させることによってそのイオンエネルギーと電子温度が低減するので、二重プレート60よりも下側の領域にO₂などの反応系ガスを別途導入し、低エネルギーのイオンによって反応系ガスの解離を抑制した状態で酸化処理を行なうことが可能になる。なお、前記と同様に、Arガスに代えて、He

、Kr、Xeなどの希ガスを用いることもできる。図7に示す第3実施形態に係るプラズマ酸化処理装置300の他の構成は、図1のプラズマ酸化処理装置100と同様であるため、同一の符号を付して説明を省略する。

[0055] 図8は、本発明の第4実施形態に係るプラズマ酸化処理装置400の概略構成を示す断面図である。このプラズマ酸化処理装置400は、ECR (Electron Cyclotron Resonance; 電子サイクロトン共鳴) 方式のマイクロ波プラズマ処理装置として構成されている。符号401はマグネトロンであり、マイクロ波の発振源である。マグネトロン401は、矩形導波管402、円形導波管403、テーパ導波管404を介して放電室405に接続されている。この放電室405は、純度の高いアルミニウム等の材質で形成されている。放電室405の下方には、真空室406が設けられている。また、テーパ導波管404と放電室405の間には放電室405にマイクロ波を供給するための石英板407が設けられている。放電室405の周囲には、ソレノイドコイル408、409が設けられており、放電室405内に磁場を与えることができるように構成されている。

[0056] 放電室405の下方には、ウエハWを載置するための載置台(サセプタ410)が設けられている。このサセプタ410には、図示しない抵抗加熱ヒータ等の加熱手段を備えている。また、サセプタ410には、バイアス用のRF電源411が接続されている。また、サセプタ410の上方、つまり石英板407とサセプタ410の間には、そこを通過する際にプラズマの流れを屈曲させるプラズマ屈曲手段として、二重プレート430が設けられている。この二重プレート430により、ラビリンス構造の流路が形成される。二重プレート430の上方には第1の空間 S_1 が形成され、二重プレート430の下方には第2の空間 S_2 が形成されている。この二重プレート430は、貫通孔431aを有する上側のプレート431および貫通孔432aを有する下側のプレート432により構成されており、その構造と機能は図1のプラズマ処理装置100における二重プレート60と同様であるので、ここでは説明を省略する。なお、符号433、434は、プレート431、432をそれぞれ支持する支持部材である。

[0057] 放電室405において二重プレート430より上方の側壁には、ガス導入部412が設けられており、このガス導入部412にはガス供給系413が接続されている。このガス供給系413は、例えばArガス供給源414、 O_2 ガス供給源415を有しており、これらガ

スが、それぞれガスライン416を介してガス導入部412に至り、ガス導入部412から放電室405内に導入される。ガスライン416の各々には、マスフローコントローラ417およびその前後の開閉バルブ418が設けられている。

- [0058] 真空室406は、排気管419を介して、真空室406内を減圧排気するための真空ポンプを備えた排気装置420に接続されており、真空室406内を高真空状態まで減圧できるように構成されている。また、真空室406の側部にはウエハを搬入出するための開口部406aが形成されており、その外側にはゲートバルブ421が配備されている。

マグネトロン401は、矩形導波管402に取り付けられており、例えば、2.45GHzのマイクロ波を発振する。一方、放電室405内にはソレノイドコイル408、409により所定の磁場分布が形成されるように設定されている。そして、処理ガスは、ガス供給系413からガスライン416を通り、ガス導入部412を介して放電室405内に導入される。処理ガスは、放電室405内の第1の空間 S_1 でプラズマ化し、二重プレート430を通過したラジカル主体のプラズマによりウエハWが酸化処理される。

- [0059] このように、ECR方式のプラズマ酸化処理装置400においても、二重プレート430を配備することにより、低プラズマダメージで、かつ薄膜においても膜厚を高精度に制御可能なプラズマ酸化処理等を行なうことができる。

- [0060] 次に、図9は、本発明の第5実施形態に係るプラズマ酸化処理装置500の概略構成を示す断面図である。このプラズマ酸化処理装置500は誘導結合プラズマ(ICP)装置として構成されている。図9に示すように、プラズマ酸化処理装置500は、上部の開口した有底円筒状のチャンバー521と、チャンバー521の上方に、ガス供給部545およびガasket546を介して連続的に設けられた有蓋円筒状のベルジャー522とからなる処理容器520を有している。チャンバー521内には、その上部で被処理体であるウエハWを水平に支持するためのサセプタ(基板載置台)523が、円筒状の支持部材532に支持された状態で配置されている。サセプタ本体527の上面にはウエハWと略同型に凹部524が形成されており、この凹部524にウエハWが載置されるようになっている。この凹部524の下方にメッシュ状に形成された円盤状の下部電極525が埋設され、さらにこの下部電極525の下方に発熱体526が埋設されている。す

なわち、サセプタ523は、 AlN 、 Al_2O_3 等のセラミックスのような絶縁体からなるサセプタ本体(絶縁体部材)527中に、バイアス電圧を印加する下部電極525と、タングステン、モリブデン等からなる発熱体526とが埋設されて構成されており、サセプタ本体527と発熱体526とでセラミックヒーターを構成している。発熱体526には直流の電源541が接続されており、電源541から給電することにより発熱体526を加熱状態として、ウエハWを所定の温度に加熱することができる。

[0061] また、サセプタ523の上方には、凹部524に載置されたウエハWのエッジを覆うように、石英、 AlN 、 Al_2O_3 等の誘電体からなる環状のシャドウリング530が設けられている。このシャドウリング530は、その下面に接続された支持柱533を介して環状部材534に連結されており、環状部材534には棒状部材536を介して昇降機構537が接続されている。この昇降機構537によって棒状部材536を昇降させることにより、環状部材534、支持柱533およびシャドウリング530を一体的に昇降させることが可能である。また、棒状部材536の周囲はベローズ535により囲繞されており、処理容器520内の雰囲気棒状部材536の近傍から外部に漏れることが防止されている。

[0062] また、サセプタ523の上方には、そこを通過する際にプラズマの流れを屈曲させるプラズマ屈曲手段として、二重プレート580が設けられている。この二重プレート580により、ラビリンス構造の流路が形成される。二重プレート580の上方には第1の空間 S_1 が形成され、二重プレート580の下方には第2の空間 S_2 が形成されている。この二重プレート580は、貫通孔581aを有する上側のプレート581および貫通孔582aを有する下側のプレート582により構成されており、その構造と機能は図1のプラズマ処理装置100における二重プレート60と同様であるので、ここでは説明を省略する。なお、符号583、584は、プレート581、582をそれぞれ支持する支持部材である。

[0063] 上記の下部電極525には、例えば13.56MHzの周波数を有する高周波電源539が整合器538を介して接続されており、この高周波電源539から下部電極525に給電することにより、所定のバイアス電圧を印加可能に構成されている。

[0064] また、チャンバー521とベルジャー522の間には、環状のガス供給部545およびガスケット546が設けられており、このガス供給部545内側の全周にわたって形成されたガス吐出孔より、後述するガス供給機構560から供給されるガスが処理容器520内

に供給される。さらに、チャンバー521の側壁は開口547を有しており、チャンバー521の外側の開口547と対応する位置にはゲートバルブ548が設けられ、このゲートバルブ548を開にした状態でウエハWが隣接するロードロック室(図示せず)とチャンバー521内との間で搬送されるようになっている。

[0065] ベルジャー522は、例えば石英やセラミックス材料等の電気絶縁材料で形成されており、その外側にはプラズマ発生手段であるアンテナとしてのコイル542が巻回されている。コイル542には、例えば450kHzの周波数を有する高周波電源544が整合器543を介して接続され、この高周波電源544から整合器543を介してコイル542に高周波電力を供給することにより、ベルジャー522内に誘導結合プラズマ(ICP)が発生するようになっている。

[0066] ガス供給機構560は、Arガスを供給するArガス供給源561およびO₂ガスを供給するO₂ガス供給源562を有している。Arガス供給源561には、ガスライン563が接続され、このガスライン563上にマスフローコントローラ567とその前後の開閉バルブ565, 569とが設けられている。また、O₂ガス供給源562にはガスライン564が接続され、このガスライン564上にマスフローコントローラ568とその前後の開閉バルブ566, 570とが設けられている。これらガスライン563, 564はガスライン571に接続され、このガスライン571がガス供給部545と接続されている。

[0067] また、チャンバー521の底壁には、排気管550が接続されており、この排気管550には真空ポンプを含む排気装置551が接続されている。この排気装置551を作動させることにより、処理容器520内は所定の真空度に維持可能になっている。

[0068] 次に、このように構成されるプラズマ酸化処理装置500によりウエハW上のシリコンを酸化処理してシリコン酸化膜を形成する際の動作について説明する。

まず、ゲートバルブ548を開にして、図示しない搬送装置によりチャンバー521内にウエハWを装入し、シャドウリング530を上昇させた状態でサセプタ523から突出させたウエハ支持ピン(図示せず)上にウエハWを受け渡す。次いで、前記ウエハ支持ピンおよびシャドウリング530を下降させ、ウエハWをサセプタ523上に載置し、シャドウリング530でウエハWの外周縁部をマスクする。その後、ゲートバルブ548を閉にして、排気装置551により処理容器520内を排気して所定の減圧状態にする。この

減圧状態でArガス供給源561およびO₂ガス供給源562から処理容器520内に所定流量でArガスおよびO₂ガスを導入しつつ、高周波電源544からコイル542への高周波電力の供給を開始する。これにより、ベルジヤー522内に誘導結合プラズマを生成してAr、O₂等の活性種を形成させる。また、高周波電源539からサセプタ523に高周波電力を供給してウエハWに自己バイアス電圧を印加することにより、活性種をウエハWに引き込みやすくなる。

[0069] このような状態で、電源541より給電して発熱体526を加熱状態としてウエハWを所定温度に加熱しながら、酸化処理を行う。この際、ベルジヤー522内では、二重プレート580を通過したラジカル主体のプラズマによりウエハWが酸化処理される。その後、排気装置551の排気量ならびにArガス供給源561およびO₂ガス供給源562からのガス供給量を調節して処理容器520内の圧力を調整するとともに、前記支持ピンをサセプタ523から突出させてウエハWを持ち上げ、ゲートバルブ548を開にして図示しない搬送装置によりウエハWを取り出すことにより、プラズマ酸化処理装置500における工程が終了する。

[0070] このように、ICP方式のプラズマ酸化処理装置500においても、二重プレート580を配備することにより、低プラズマダメージで、かつ薄膜においても膜厚を高精度に制御可能なプラズマ酸化処理等を行なうことができる。なお、図9ではベルジヤー522として頂部が平坦な形状のものを使用したが、例えば半球形状のベルジヤーを備えたICP方式のプラズマ処理装置についても、同様に二重プレート580を配備することができる。

[0071] 図10は、本発明の第6実施形態に係るプラズマ酸化処理装置600の概略構成を示す断面図である。このプラズマ酸化処理装置600は、マグネトロン方式として構成されている。プラズマ酸化処理装置600は、処理室を構成する真空容器601を有している。この真空容器601は、上部容器602と下部容器603とが上下に接合されて構成されている。上部容器602は、例えばアルミナ、石英等のセラミックスにより構成されている。下部容器603は金属により形成されている。

[0072] 上部容器602はほぼ平坦な天井部を有しており、この天井部には、シャワーヘッド604が設けられている。シャワーヘッド604の内部には拡散室605が形成されている。

。シャワーヘッド604の上部中央には、処理ガスを導入するガス導入口606が形成されており、前記拡散室605に連通している。また、シャワーヘッド604の下端には、多数の開口607が形成されており、ガス導入口606から導入された複数種の処理ガスは、拡散室605で混合・拡散され、シャワーヘッド604の開口607から真空容器601内の処理空間に供給されるようになっている。

[0073] 真空容器601内には、被処理基板であるウェハWを支持する載置台であるサセプタ608が配置されている。このサセプタ608には、ウェハWを所定温度まで加熱するためのヒータ(図示せず)が設けられている。また、下部容器603には、排気口609が設けられ、この排気口609は、真空ポンプ等を備えた排気装置610に接続されている。

[0074] 上部容器602の外側には、筒状電極611が上部容器602の外周面から所定間隔で離間した状態で配置されている。この筒状電極611は、整合器612を介して高周波電源613に接続されている。この高周波電源613は、例えば13.56MHzの周波数を持つ高周波電力を筒状電極611へ供給出来るように構成されている。

[0075] また、リング状に形成された2つの永久磁石614, 615が上部容器602の周囲に配置されている。これら2つの永久磁石614, 615は、径方向で互いに逆向きに着磁されており、真空容器601の内部には上側の永久磁石614から中心方向に向かった後で反転して下側の永久磁石615に戻る磁力線が形成される。

[0076] ガス供給機構616は、Arガスを供給するArガス供給源617および O_2 ガスを供給する O_2 ガス供給源618を有している。Arガス供給源617には、ガスライン619aが接続され、このガスライン619a上にマスフローコントローラ620とその前後の開閉バルブ621, 621とが設けられている。

また、 O_2 ガス供給源618にはガスライン619bが接続され、このガスライン619b上にマスフローコントローラ620とその前後の開閉バルブ621, 621とが設けられている。これらガスライン619a, 619bはガスライン622に接続され、このガスライン622がガス導入口606に接続されている。

[0077] また、サセプタ608の上方には、そこを通過する際にプラズマの流れを屈曲させるプラズマ屈曲手段として、二重プレート630が設けられている。この二重プレート630

により、ラビリンス構造の流路が形成される。二重プレート630の上方には第1の空間 S_1 が形成され、二重プレート630の下方には第2の空間 S_2 が形成されている。この二重プレート630は、貫通孔631aを有する上側のプレート631および貫通孔632aを有する下側のプレート632により構成されており、その構造と機能は図1のプラズマ処理装置100における二重プレート60と同様であるので、ここでは説明を省略する。なお、符号633, 634は、プレート631, 632をそれぞれ支持する支持部材である。

[0078] 次にプラズマ酸化処理装置600における処理手順について説明する。まず、図示しない搬送装置によりウェハWをサセプタ608に載置する。そして、排気装置610を作動させることにより、真空容器601内のガスを、排気口609を介して排気して真空容器601内を真空状態にする。次に、サセプタ608を加熱し、ウェハWの温度を所定温度まで加熱する。

次にガス供給機構616からの処理ガスをガス導入口606から導入する。このガス導入口606から導入された処理ガスは、拡散室605内で拡散され、シャワーヘッド604の開口607から真空容器601内の第1の空間 S_1 に供給される。そして高周波電源613から所定の高周波電力を筒状電極611に供給する。真空容器601内では、永久磁石614, 615により磁力線が形成され、かつ筒状電極611により高周波電界が形成されることによりプラズマが生成される。このプラズマにより、サセプタ608上のウェハWが処理され、例えばシリコン酸化膜が形成される。この際、真空容器601内では、二重プレート630を通過したラジカル主体のプラズマによりウェハWが酸化処理される。所定時間経過後、高周波電源613からの高周波電力の供給を停止し、真空容器601内のガスを排気口609から排気する。そして、サセプタ608上のウェハWを図示しない搬送装置を用いて真空容器601内から搬出し、処理を終了する。

[0079] 以上のように、プラズマ酸化処理装置600では、永久磁石614, 615の磁界により真空容器601内でマグネトロン放電が発生し、ウェハWの上方空間に高密度プラズマが生成される。そして、生成された高密度プラズマにより、サセプタ608上のウェハWの表面にプラズマ酸化処理が施される。このように、マグネトロンICP方式のプラズマ酸化処理装置600においても、二重プレート630を配備することにより、低プラズマダメージで、かつ薄膜においても膜厚を高精度に制御可能なプラズマ酸化処理等を

行なうことができる。

[0080] 次に、本発明の効果を確認した試験結果について、図11～図16を参照しながら説明を行なう。

実施例1

図1と同様の構成のプラズマ酸化処理装置100を用い、Si基板を酸化処理してシリコン酸化膜を形成した。二重プレート60の上側のプレート61として貫通孔61aの直径が5mmのものを、下側のプレート62として貫通孔62aの直径が5mmのものを、いずれも不純物の少ない石英を用いた。上下のプレート61, 62の間隔は、5mmとした。

[0081] 酸化処理工程におけるプラズマ処理の条件は、処理ガスとして Ar/O_2 を流量2000/200[mL/min(sccm)]で用い、ウェハ温度は400℃、圧力は266.6Pa(2Torr)とし、プラズマへの供給パワーは2.0kW、処理時間は10秒、20秒、40秒または60秒で行なった。

[0082] 比較例1

二重プレート60を配備しない以外は、図1のプラズマ酸化処理装置100と同様の構成を備えたプラズマ酸化処理装置により、実施例1と同様の条件でSi基板を酸化処理してシリコン酸化膜を形成した。

[0083] 上記実施例1、比較例1で得たシリコン酸化膜の膜厚をエリプソメーターで測定した。処理時間と膜厚との関係を図11に示した。

図11より、二重プレート60を配備しない比較例1では、10秒のプラズマ酸化処理でほぼ1nmの膜厚のシリコン酸化膜が形成され、その後処理時間が長くなるに伴い膜厚が増加した。これに対し、二重プレート60を配備した図1のプラズマ酸化処理装置100を用いて酸化膜形成を行なった場合には40秒の処理でも膜厚は1nmを超えておらず、薄膜の場合の膜厚の制御性が高いことが示された。

[0084] 実施例2

実施例1と同様の構成の二重プレート60を備えたプラズマ酸化処理装置100を用い、Si基板を酸化処理してシリコン酸化膜を形成した。

酸化処理工程におけるプラズマ処理の条件は、処理ガスとして Ar/O_2 を流量200

0/20[mL/min(sccm)]で用い、ウェハ温度は400℃、圧力は66.7Pa(500mTorr)とし、プラズマへの供給パワーは2.0kW、処理時間は10秒、20秒、40秒または60秒で行なった。

[0085] 比較例2

二重プレート60を配備しない以外は、図1のプラズマ酸化処理装置100と同様の構成を備えたプラズマ酸化処理装置により、実施例2と同様の条件でSi基板を酸化処理してシリコン酸化膜を形成した。

[0086] 上記実施例2、比較例2で得たシリコン酸化膜の膜厚をエリプソメーターで測定した。処理時間と膜厚との関係を図12に、処理時間と均一性との関係を図13に示した。

図12より、二重プレート60を配備しない比較例2では、10秒のプラズマ酸化処理でほぼ1.8nmの膜厚でシリコン酸化膜が形成された。一方、二重プレート60を配備した図1のプラズマ酸化処理装置100を用いて酸化膜形成を行なった実施例2では、40秒の処理でも膜厚は0.8nm程度であり、二重プレート60が薄膜形成における膜厚の制御に効果的であることが示された。

[0087] また、膜厚の均一性については、図13より、二重プレート60を配備しない比較例2に比べて実施例2の方が格段に均一性に優れていた。

[0088] 実施例3

実施例1と同様の構成の二重プレート60を備えたプラズマ酸化処理装置100を用い、Si基板を酸化処理してシリコン酸化膜を形成した。酸化処理工程におけるプラズマ処理の条件は、処理ガスとしてAr/O₂を流量2000/5[mL/min(sccm)]で用い、ウェハ温度は400℃、圧力は66.7Pa(500mTorr)とし、プラズマへの供給パワーは2.0kW、処理時間は5秒、10秒、20秒、40秒で行なった。得られたシリコン酸化膜の膜厚をエリプソメーターで測定した。処理時間と酸化膜厚および均一性の関係を図14に示した。

[0089] 図14から、処理ガス中のO₂比率(O₂/Ar比)を1/400にすることにより、5～10秒間の処理でほぼ0.7nm以下の薄膜を形成できることが示された。さらに、この条件では、40秒間の処理でも膜厚を0.8nm以下に制御できた。また、酸化膜厚の均一性も良好であった。

[0090] 実施例4～6、比較例3、4

実施例1と同様の構成の二重プレート60を備えたプラズマ酸化処理装置100を用い、Si基板を酸化処理してシリコン酸化膜を形成した。酸化処理工程におけるプラズマ処理の条件は、処理ガスとしてArとO₂を用い、流量比と処理圧力は下記のとおりとした。また、比較のため、二重プレート60を配備しない以外は、図1のプラズマ酸化処理装置100と同様の構成を備えたプラズマ酸化処理装置により下記の条件で実施した。なお、実施例、比較例ともに、ウェハ温度は400℃、プラズマへの供給パワーは2.0kW、処理時間は5～60秒で行なった。得られたシリコン酸化膜の膜厚をエリプソメーターで測定した。

[0091] 実施例4;二重プレート使用

Ar/O₂比=400、圧力66.7Pa(500mTorr)

実施例5;二重プレート使用

Ar/O₂比=100、圧力66.7Pa(500mTorr)

実施例6;二重プレート使用

Ar/O₂比=10、圧力266.6Pa(2Torr)

比較例3;二重プレート不使用

Ar/O₂比=10、圧力266.6Pa(2Torr)

比較例4;二重プレート不使用

Ar/O₂比=100、圧力66.7Pa(500mTorr)

[0092] シリコン酸化膜の膜厚と均一性の関係を図15に、また、処理時間と膜厚との関係を図16に、それぞれ示した。図15から、二重プレート60を備えたプラズマ酸化処理装置100を用いた実施例4～6では、膜厚0.5～1.0nm程度の極く薄いシリコン酸化膜を形成した場合でも、ウェハ面内の膜厚の均一性が略1.5%以下であり、ガス流量比や処理圧力による変動は少なかった。また、図16から、処理時間が40秒でも膜厚は1nmを超えておらず、薄膜の場合でも膜厚の制御が容易であることが示された。一方、二重プレート60を使用しなかった比較例3では、比較的良好な面内均一性が得られたものの膜厚は1nmを超えてしまい、薄膜の場合には膜厚の制御が困難であった。また、二重プレート60を使用しなかった比較例4では、短時間で膜厚が1.5

nmを超えてしまい、均一性も制御できなかった。以上の結果から、二重プレート60を介在させることによって、膜厚0.5～1.0nm程度の極く薄いシリコン酸化膜を膜厚と面内均一性を高精度に制御して形成できることが示された。

[0093] 以上、本発明の実施形態を述べたが、本発明は上記実施形態に制約されることなく、種々の変形が可能である。

たとえば、図1では、RLSA方式のプラズマ酸化処理装置100を例に挙げたが、被処理基板に対してプラズマが一定方向から供給される装置であれば、そこにラビリンズ構造を有する部材(二重プレート60など)を配備することにより同様の効果が得られるので、例えばリモートプラズマ方式、ICP方式、ECR方式、マグネトロン方式、表面反射波方式等のプラズマ酸化処理装置であってもよい。

[0094] また、上記第1から第4の実施形態では、周波数300MHz～300GHzのマイクロ波によりプラズマを励起させるマイクロ波プラズマ処理装置を用いたが、例えば上記第5、第6の実施形態のように周波数30kHz～300MHzの高周波を用いてプラズマを励起させる高周波プラズマ処理装置を用いることもできる。

[0095] さらに、上記実施形態では、プラズマ酸化処理装置を例に挙げたが、二重プレート60や多孔質プレート63を配備してプラズマ中のイオンを減少させることによるプラズマダメージの低減効果や薄膜形成における膜厚制御効果は、酸化処理に限らず、例えば処理ガスとして窒素含有ガスを用いるシリコンの窒化処理においても、同様に得ることができる。従って、本発明のプラズマ処理装置は、二重プレート60や多孔質プレート63を配備したプラズマ窒化処理装置として構成することも可能である。

[0096] また、二重プレート60に換え、必要に応じてプレートを三枚以上重ねて配備することもできる。

[0097] また、図1のプラズマ酸化処理装置100では、上下のプレート61、62を所定の間隔に離間した状態で支持するため、連結部材71を配備する構成を採用したが、連結部材71に換えて、例えば図17に示すように円環状のギャップリング72を介在させて上下のプレート61、62の間隔を調整するようにしてもよい。ギャップリング72の直径は、上下のプレート61、62の貫通孔61a、62aの配設領域を囲む程度の長さであればよい。ギャップリング72を用いることにより、上下のプレート61、62の間の空間において

プラズマの横方向への拡散を防止できるので、プラズマによる処理効率を維持しつつ二重プレート60によるイオントラップの制御性を高めることができる。

[0098] また、二重プレート60の貫通孔61a, 62aの形状は、円形に限らず任意であり、例えば四角等の形状や細長のスリットでもよく、例えば、図18に示すように上側のプレート64と下側のプレート65に、それぞれ形成されたスリット64a, 65aを互いに位置がずれるように配備したものを用いることもできる。

さらに、例えば、図19に示すように、矩形の貫通孔66aを複数備えた上側のプレート66と、矩形の貫通孔67aを複数備えた下側のプレート67と、を上から透視した状態で貫通孔66aと貫通孔67aとが位置をずらしてH字型に配列されるように配備してもよい。

[0099] また、貫通孔61a, 62a等、スリット64a, 65a等の開口面積やその比率などは、プラズマ酸化処理条件等に応じて適宜調整することができる。

[0100] さらに、図5A～図5Cでは、本発明のプラズマ酸化処理装置100を用いるプラズマ処理の適用例として、MOSTランジスタなどのゲート電極におけるゲート絶縁膜の形成を挙げたが、これに限定されるものではない。例えば、ゲート絶縁膜形成のための窒化処理や、キャパシタの下部電極のポリシリコンの酸化処理、High-k(高誘電率)ゲート絶縁膜形成前の酸化処理、フラッシュメモリのポリシリコン側壁の選択酸化処理などにおける酸化膜の形成などにも適用できる。

産業上の利用可能性

[0101] 本発明のプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法は、各種半導体装置の製造過程において好適に利用可能である。

請求の範囲

- [1] 被処理基板を収容する処理チャンバーと、
前記処理チャンバー内で被処理基板を載置する基板保持台と、
前記処理チャンバーの上部から前記基板保持台に載置された被処理基板に向けて供給される処理ガスのプラズマの流れを屈曲させるプラズマ屈曲手段と、
を備えた、プラズマ処理装置。
- [2] 請求項1において、前記プラズマ屈曲手段は、複数の貫通開口部が形成された2枚以上のプレートを、該貫通開口部の位置が重ならないように配置したものである、プラズマ処理装置。
- [3] 請求項2において、前記プレートが誘電体により構成されるものである、プラズマ処理装置。
- [4] 請求項2において、前記2枚以上のプレートの間に、プレートとプレートとの間隔を調整するギャップ調整部材を配備した、プラズマ処理装置。
- [5] 請求項4において、前記ギャップ調整部材が、リング状をした部材である、プラズマ処理装置。
- [6] 請求項1において、前記プラズマ屈曲手段は、多孔質誘電体により構成されるプレートである、プラズマ処理装置。
- [7] 請求項6において、前記多孔質誘電体の気孔率が、70～80%である、プラズマ処理装置。
- [8] 請求項1において、前記処理チャンバー内にマイクロ波を導入するための複数のスロットを有する平面アンテナを備えている、プラズマ処理装置。
- [9] プラズマ酸化処理装置の処理チャンバー内で被処理基板表面のシリコンに対して酸素含有プラズマを作用させて酸化処理し、シリコン酸化膜を形成するプラズマ処理方法であって、
前記処理チャンバー内のプラズマ発生領域と前記被処理基板との間に、前記プラズマの流れを屈曲させるプラズマ屈曲手段を介在させて処理を行なう、プラズマ処理方法。
- [10] 請求項9において、前記プラズマ屈曲手段は、複数の貫通開口部が形成された2

枚以上のプレートを、該貫通開口部の位置が重ならないように配置したものである、プラズマ処理方法。

[11] 請求項10において、前記プレートが誘電体により構成されるものである、プラズマ処理方法。

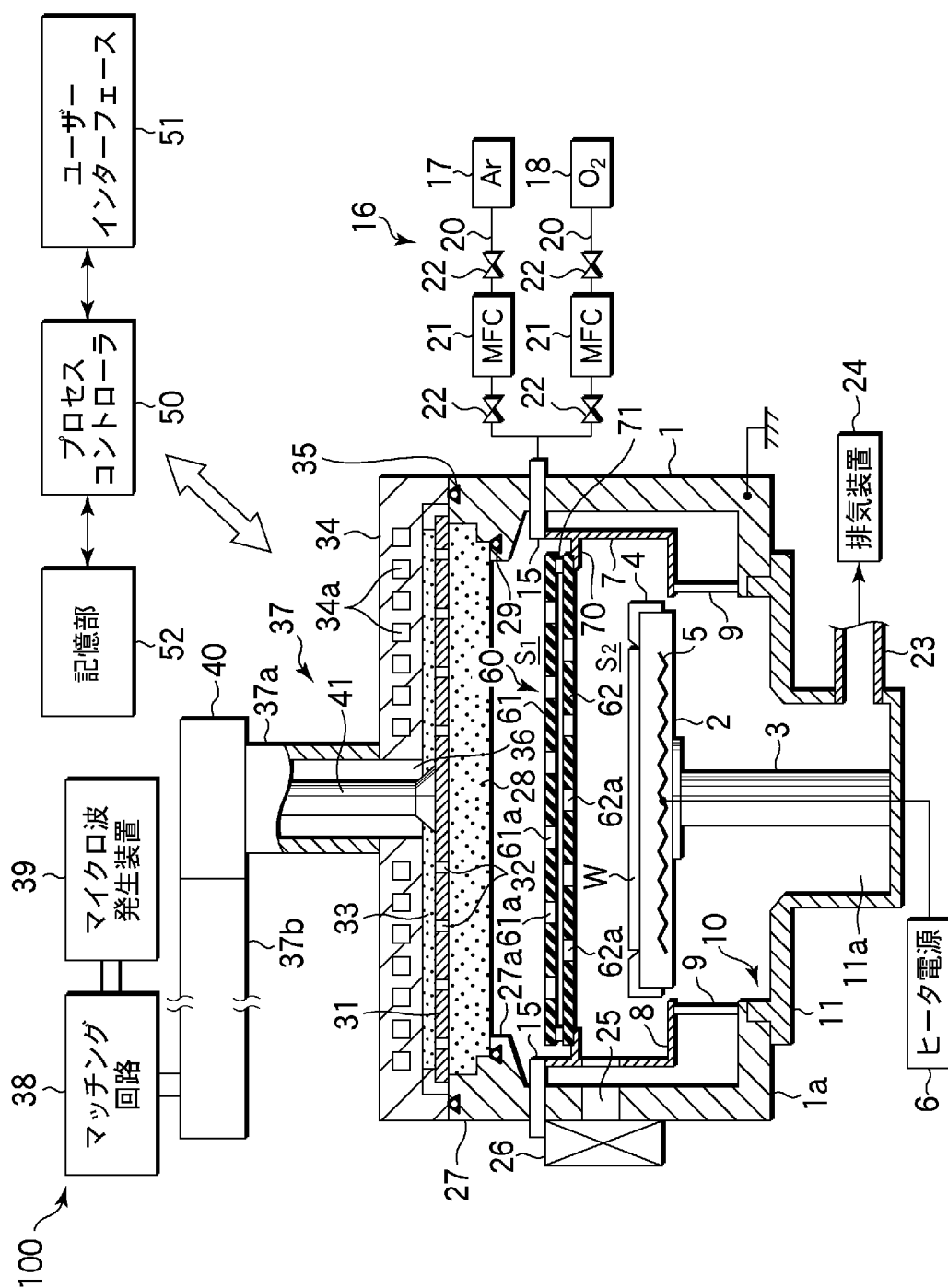
[12] 請求項11において、前記プラズマ屈曲手段は、多孔質誘電体により構成されるプレートである、プラズマ処理方法。

[13] 請求項12において、前記多孔質誘電体の気孔率が、70～80%である、プラズマ処理方法。

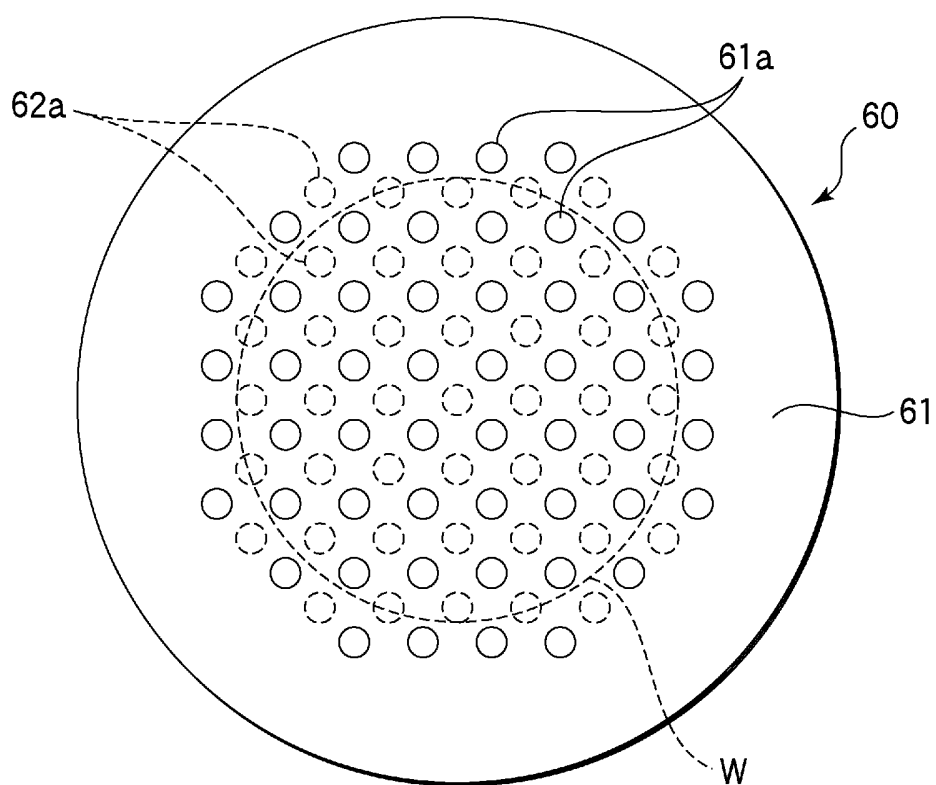
[14] 請求項9において、形成される酸化膜の膜厚が、1nm以下である、プラズマ処理方法。

[15] 請求項9において、前記酸素含有プラズマは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理チャンバー内にマイクロ波を導入して形成されるものである、プラズマ処理方法。

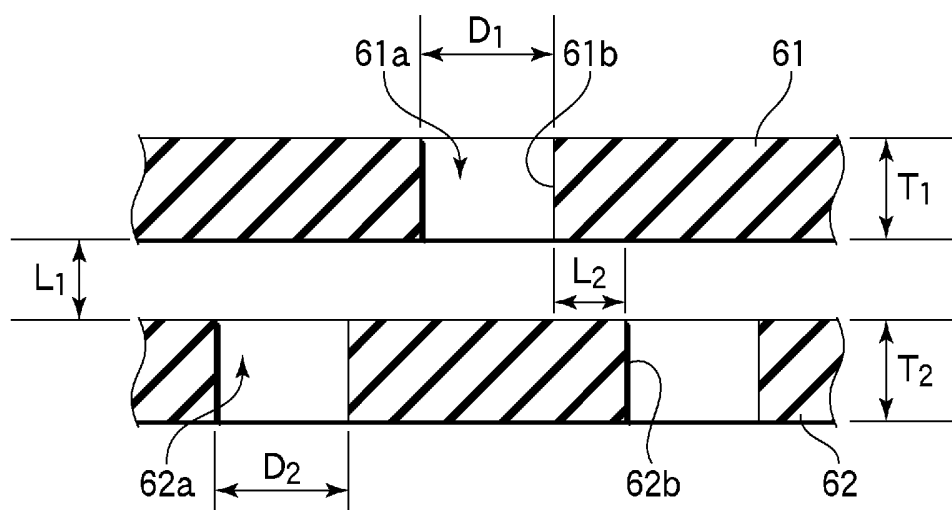
[図1]



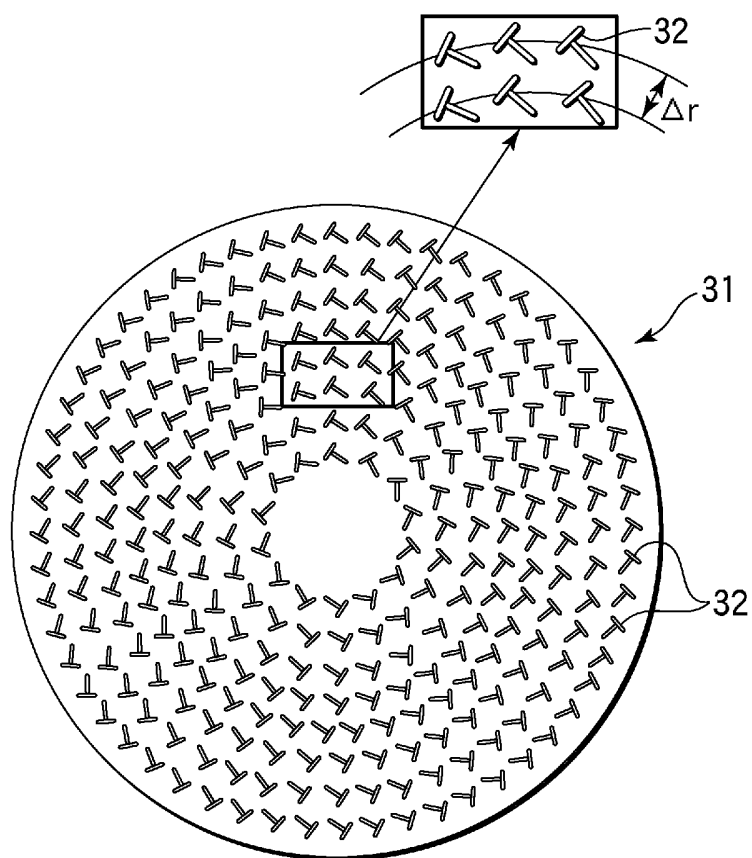
[図2A]



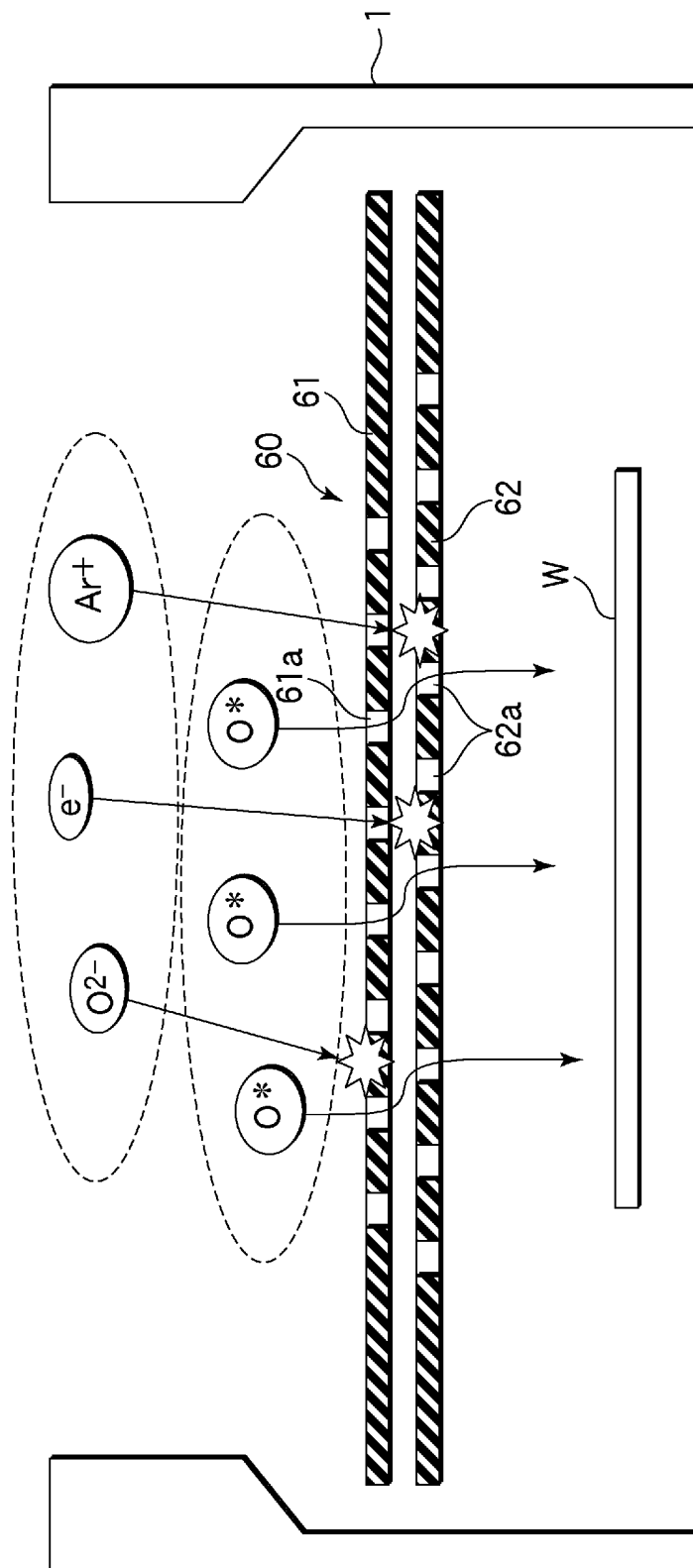
[図2B]



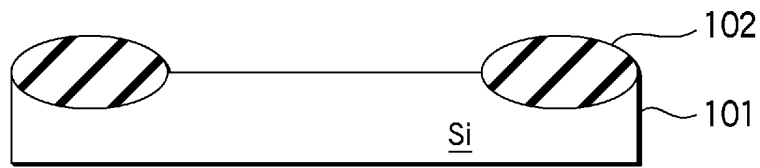
[図3]



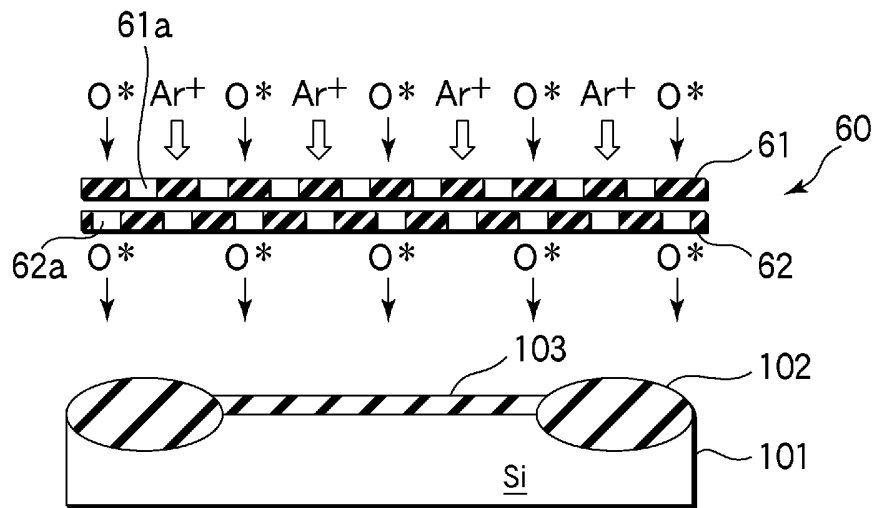
[図4]



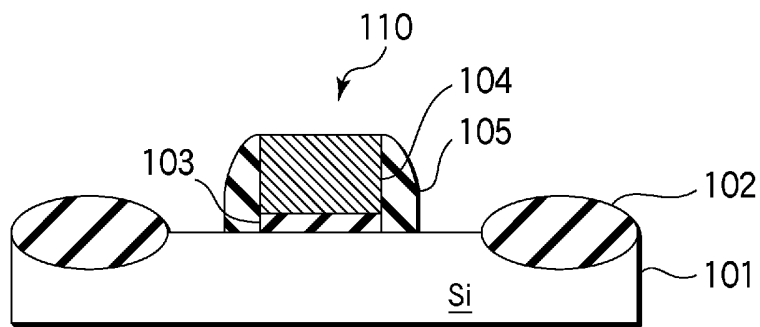
[図5A]



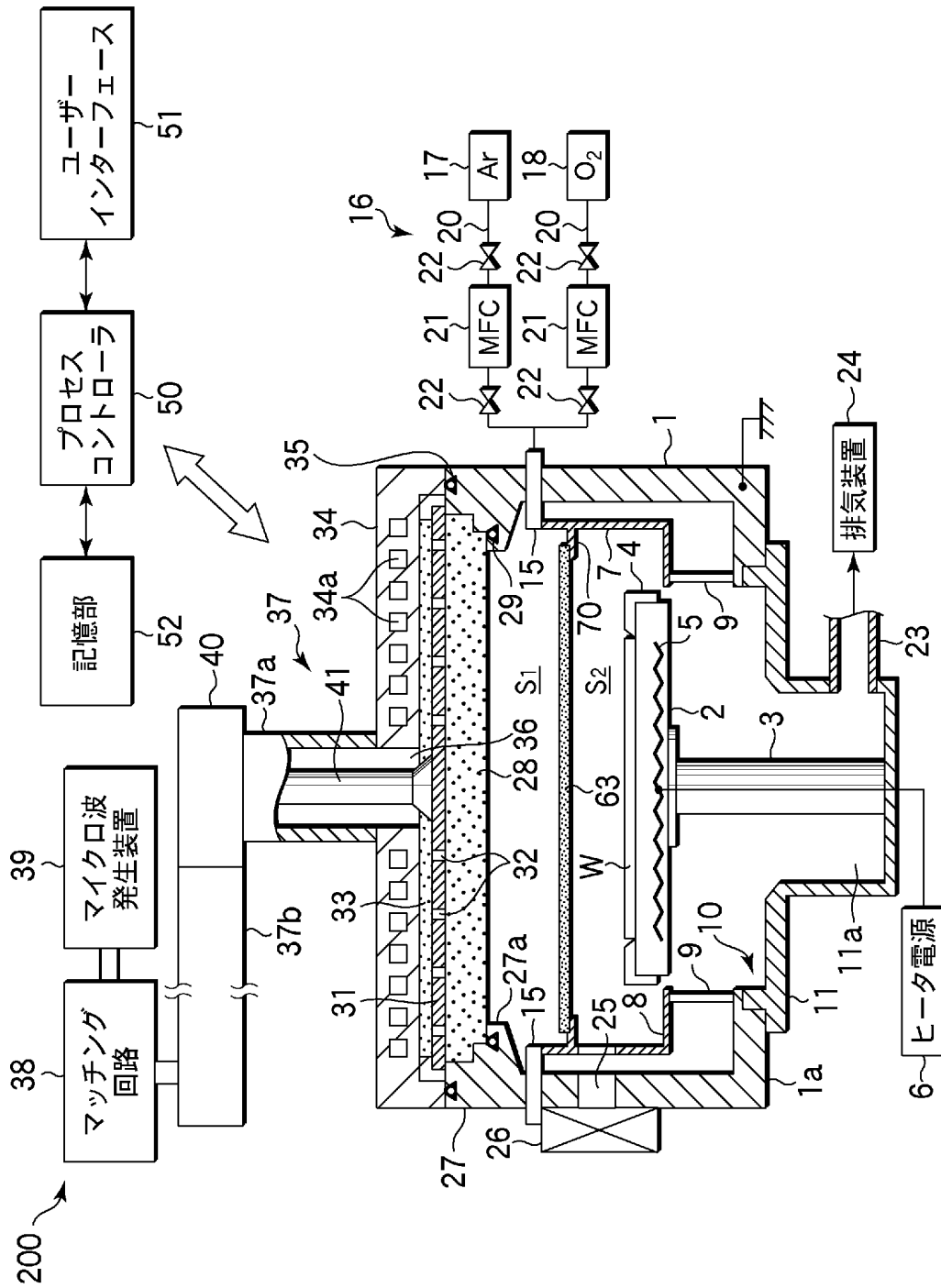
[図5B]



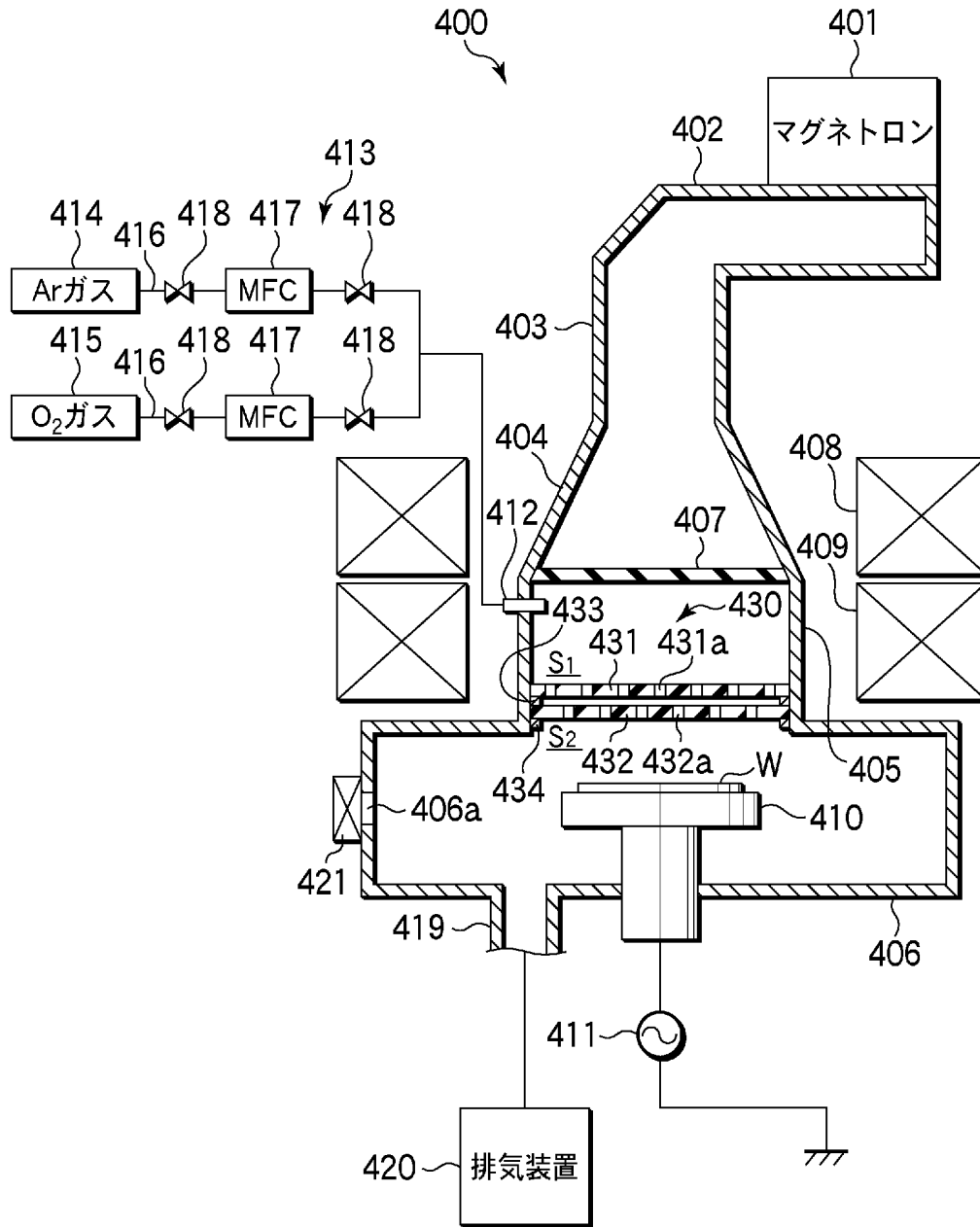
[図5C]



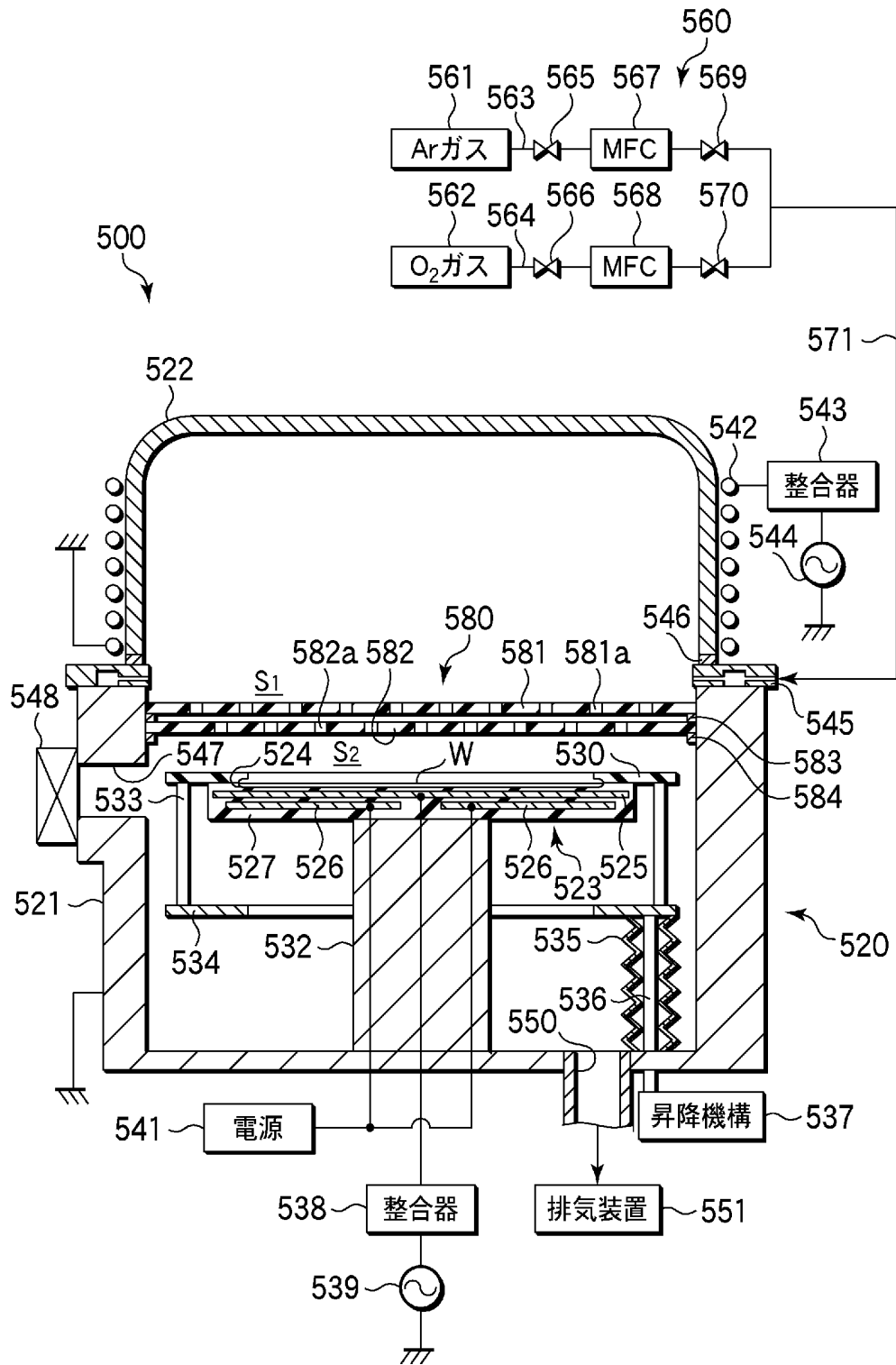
[図6]



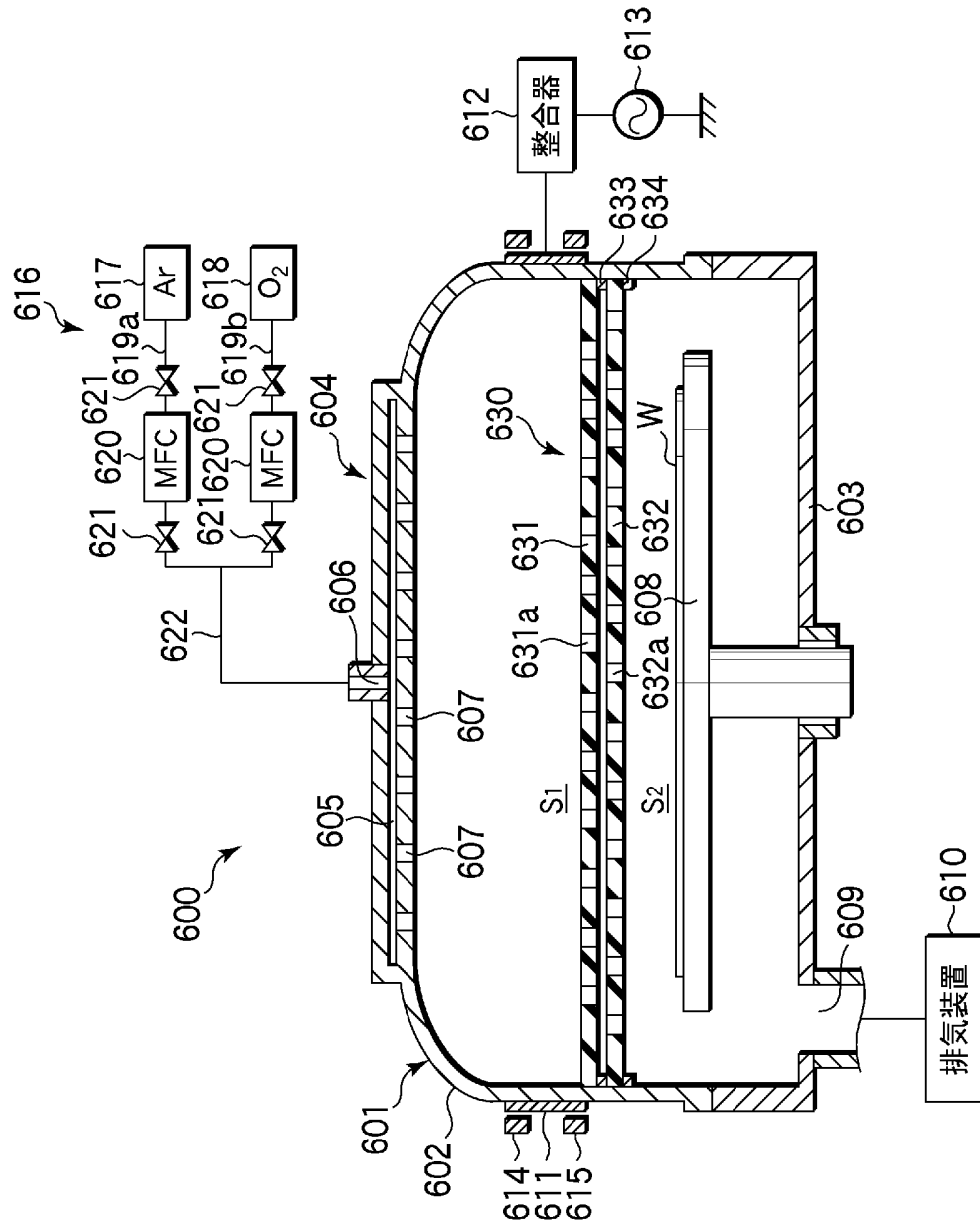
[図8]



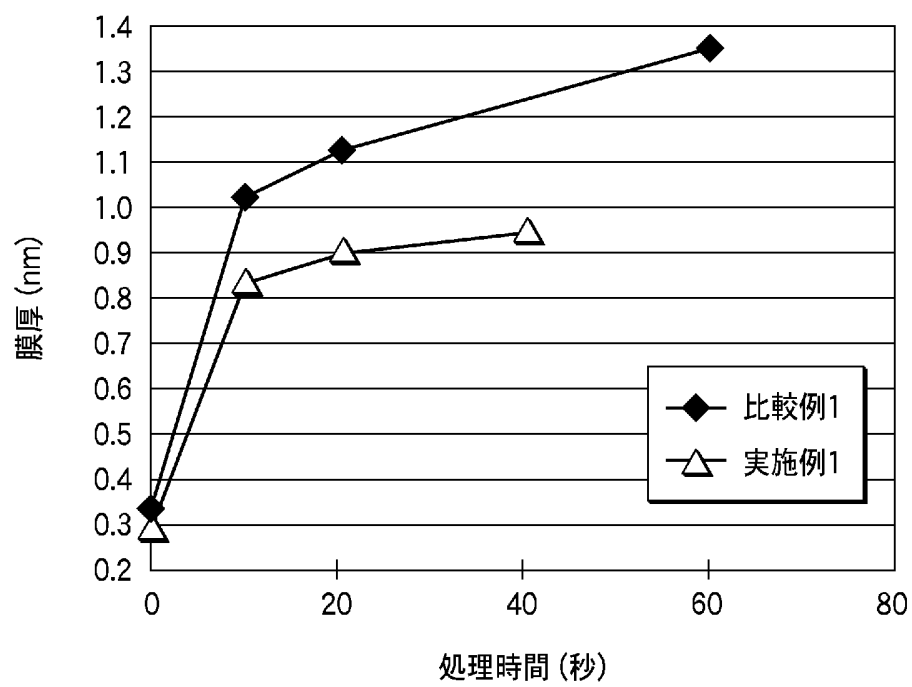
[図9]



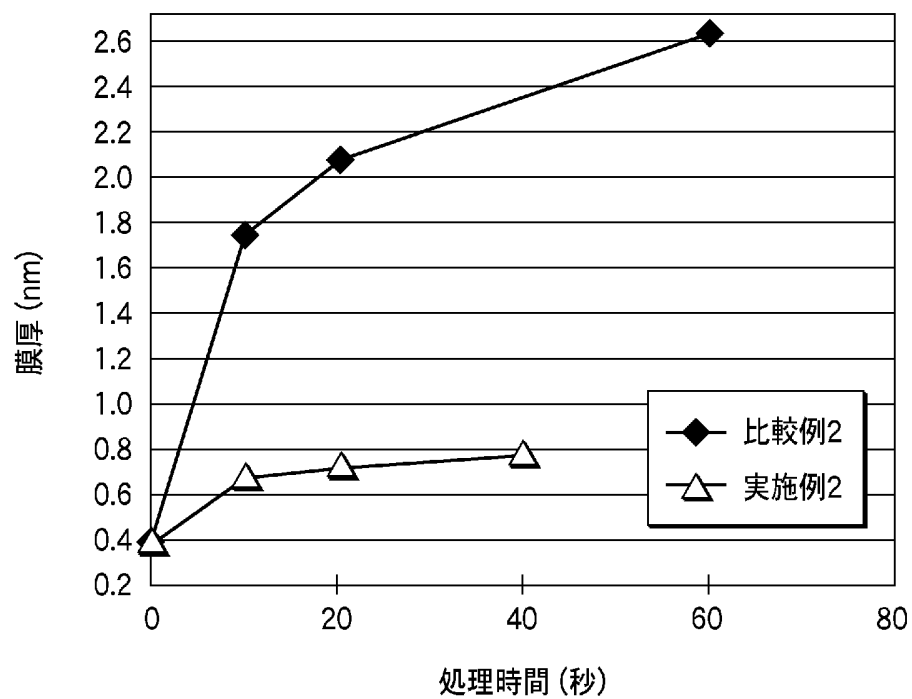
[図10]



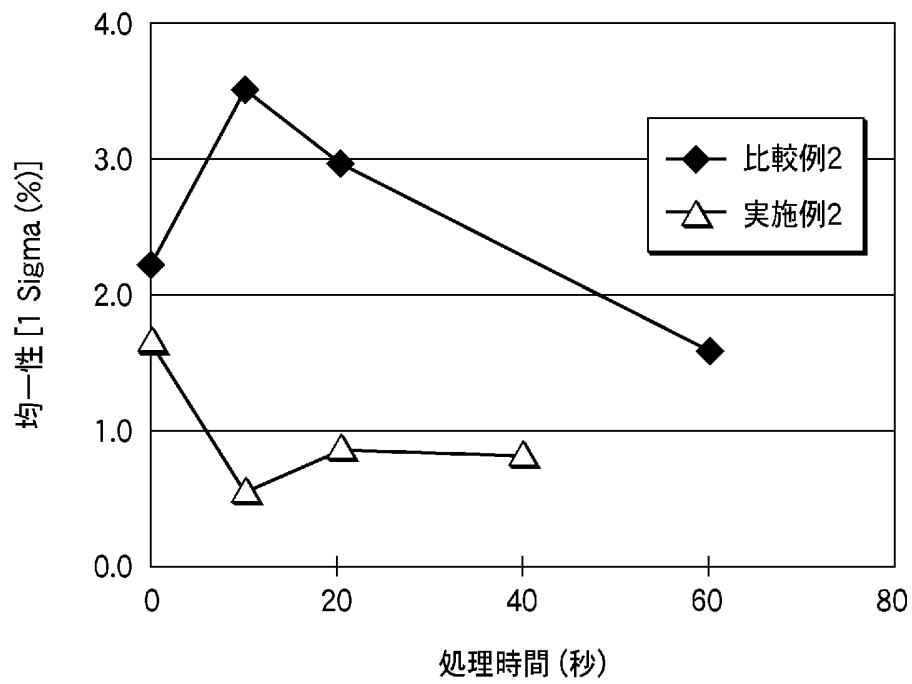
[図11]



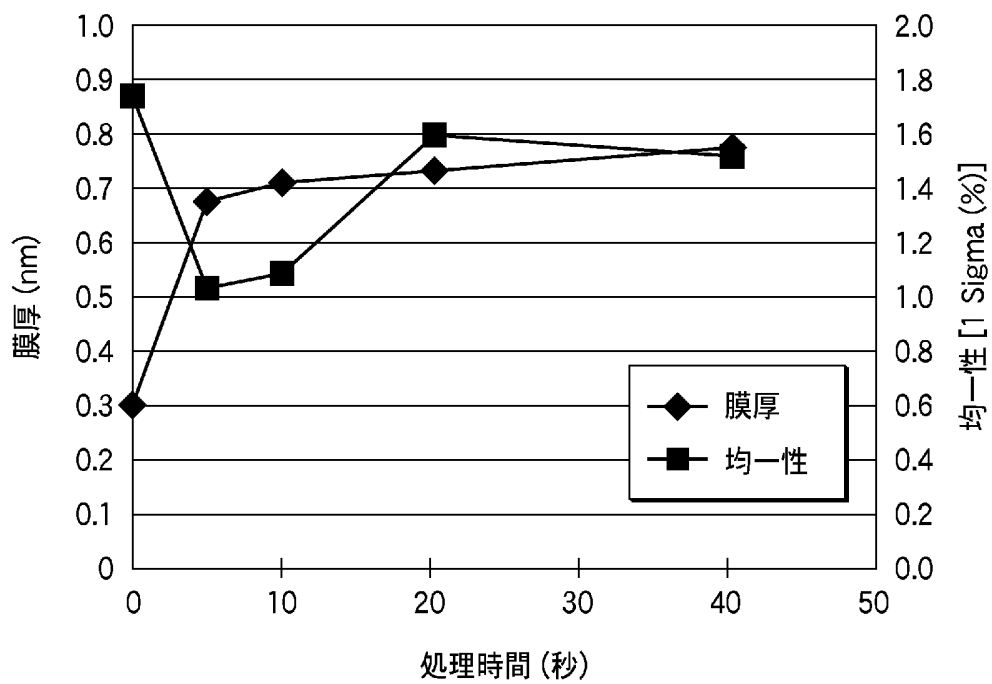
[図12]



[図13]

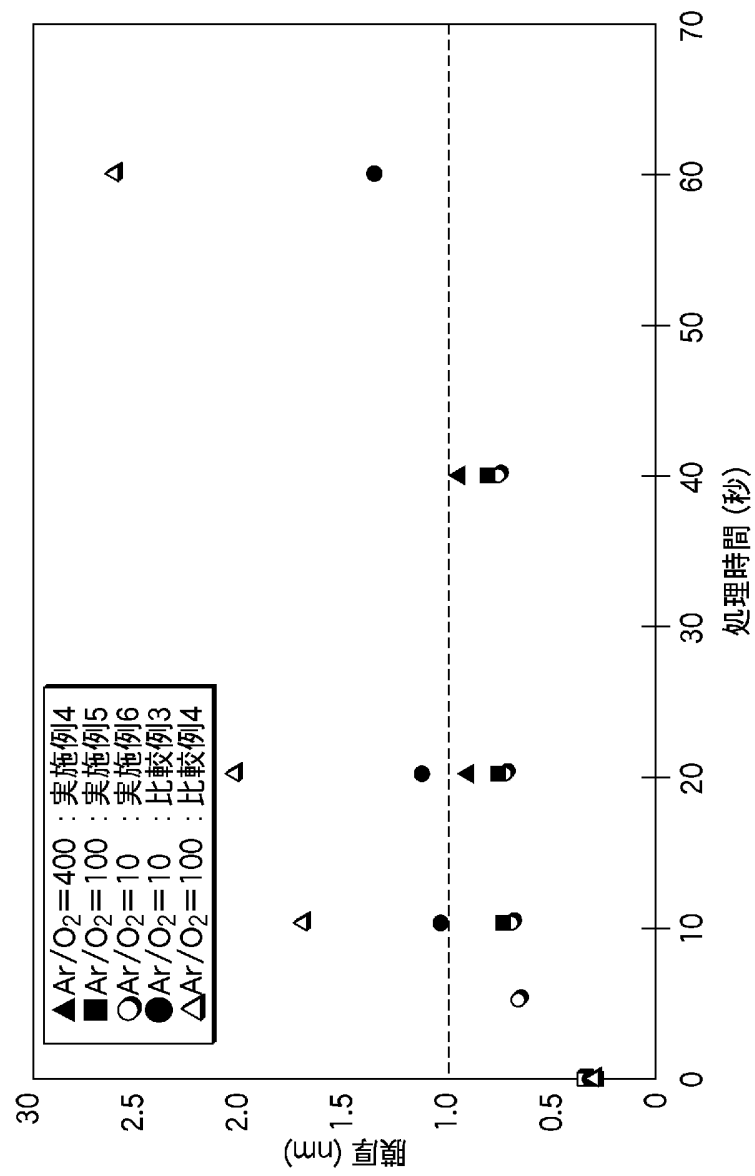


[図14]

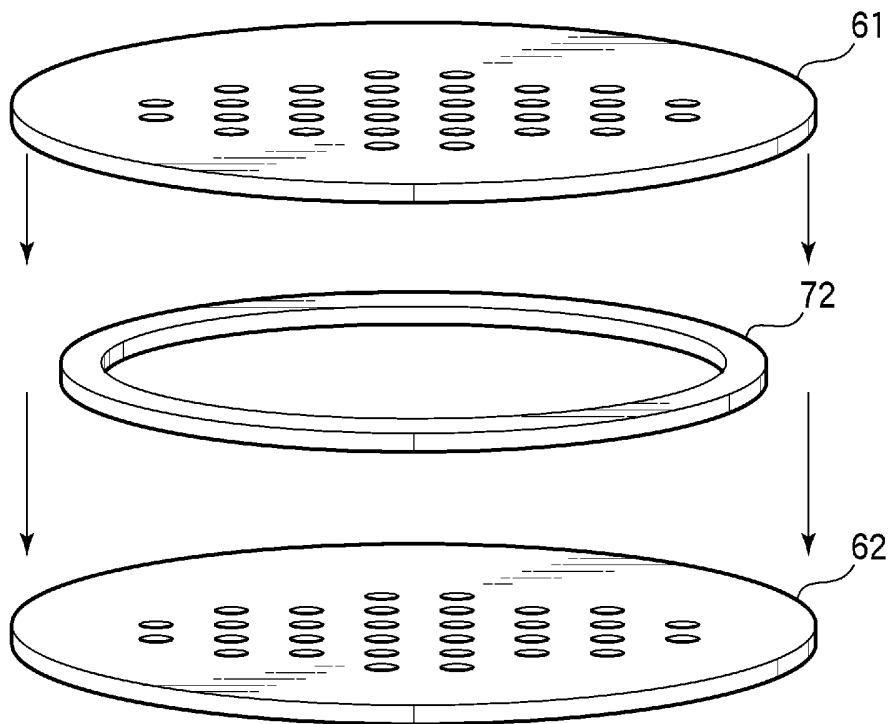


膜厚 (nm)	膜厚比 (%)	Ar/O ₂ Ratio	Example Type
0.2	1.8	10	比較例3
0.3	1.6	100	比較例4
0.7	1.5	400	実施例4
0.8	1.5	100	実施例5
0.8	1.6	10	実施例6
0.9	1.7	10	比較例3
1.0	1.8	100	比較例4
1.1	1.9	10	比較例3
1.2	2.0	100	比較例4
1.3	2.1	10	比較例3
1.4	2.2	100	比較例4
1.5	2.3	10	比較例3
1.6	2.4	100	比較例4
1.7	2.5	10	比較例3
1.8	2.6	100	比較例4
1.9	2.7	10	比較例3
2.0	2.8	100	比較例4
2.1	2.9	10	比較例3
2.2	3.0	100	比較例4
2.3	3.1	10	比較例3
2.4	3.2	100	比較例4
2.5	3.3	10	比較例3

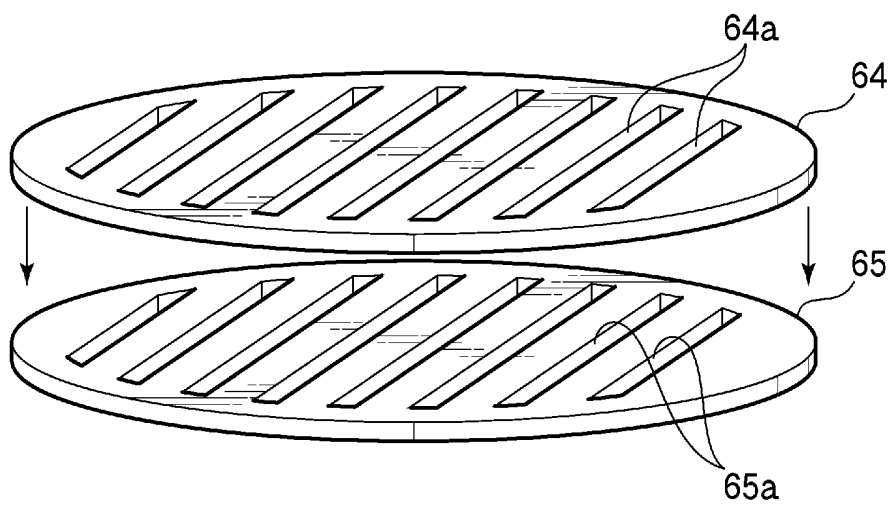
[図16]



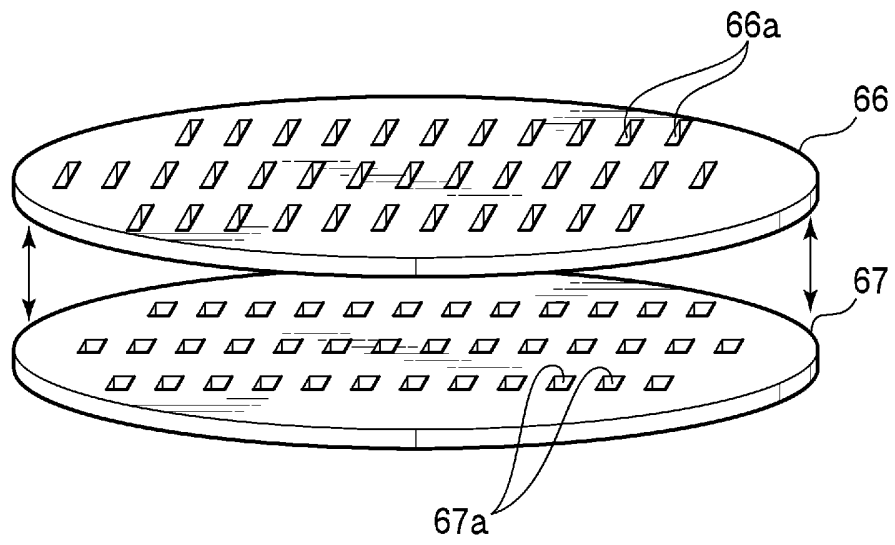
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/310746

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H01L21/31(2006.01)i, H01L21/316(2006.01)i, H01L21/318(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i</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) <i>H01L21/31, H01L21/316, H01L21/318, H01L21/205</i> Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <i>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2006</i> <i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006</i> 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 A	JP 4-225226 A (Fujitsu Ltd.), 14 August, 1992 (14.08.92), Full text (Family: none)	1, 2, 4, 9, 10 3, 5, 8, 11, 15 6-7, 12-14
Y	WO 2004/047157 A1 (Tokyo Electron Ltd.), 03 June, 2004 (03.06.04), Page 5, line 3 to page 6, line 22 & US 2005/0205013 A1	3, 5, 8, 11, 15
X Y	JP 6-084837 A (Mitsubishi Electric Corp.), 25 March, 1994 (25.03.94), Full text (Family: none)	1, 2, 9, 10 3, 11
☒ 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 29 August, 2006 (29.08.06)		Date of mailing of the international search report 05 September, 2006 (05.09.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/310746

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 8-097155 A (Sony Corp.) , 12 April, 1996 (12.04.96) , Full text & US 5637180 A & EP 0704552 A1	1, 2, 9, 10 3, 11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L21/31(2006.01)i, H01L21/316(2006.01)i, H01L21/318(2006.01)i, H05H1/46(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. H01L21/31, H01L21/316, H01L21/318, H01L21/205,			
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 0 6 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 6 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 6 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 請求の範囲の番号	
X Y A	JP 4-225226 A（富士通株式会社）1992.08.14, 全文 （ファミリーなし）	1, 2, 4, 9, 10 3, 5, 8, 11, 15 6-7, 12-14	
Y	WO 2004/047157 A1（東京エレクトロン株式会社）2004.06.03, 第5 頁3行ー第6頁22行 & US 2005/0205013 A1	3, 5, 8, 11, 15	
X Y	JP 6-084837 A（三菱電機株式会社）1994.03.25, 全文 （ファミリーなし）	1, 2, 9, 10 3, 11	
☒ 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 9 . 0 8 . 2 0 0 6		国際調査報告の発送日 0 5 . 0 9 . 2 0 0 6	
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） 池 渕 立 電話番号 03-3581-1101 内線 3425	4 E 8 8 3 1

X	JP 8-097155 A (ソニー株式会社) 1996. 04. 12, 全文	1, 2, 9, 10
Y	& US 5637180 A & EP 0704552 A1	3, 11