

(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
2020年9月24日(24.09.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/188809 A1

(51) 国際特許分類:
H05H 1/46 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/011829

(22) 国際出願日: 2019年3月20日(20.03.2019)

(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: 日新電機株式会社(NISSIN ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町4-7番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 安東 靖典(ANDO, Yasunori); 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町4-7番地 日新電機株式会社内 Kyoto (JP).

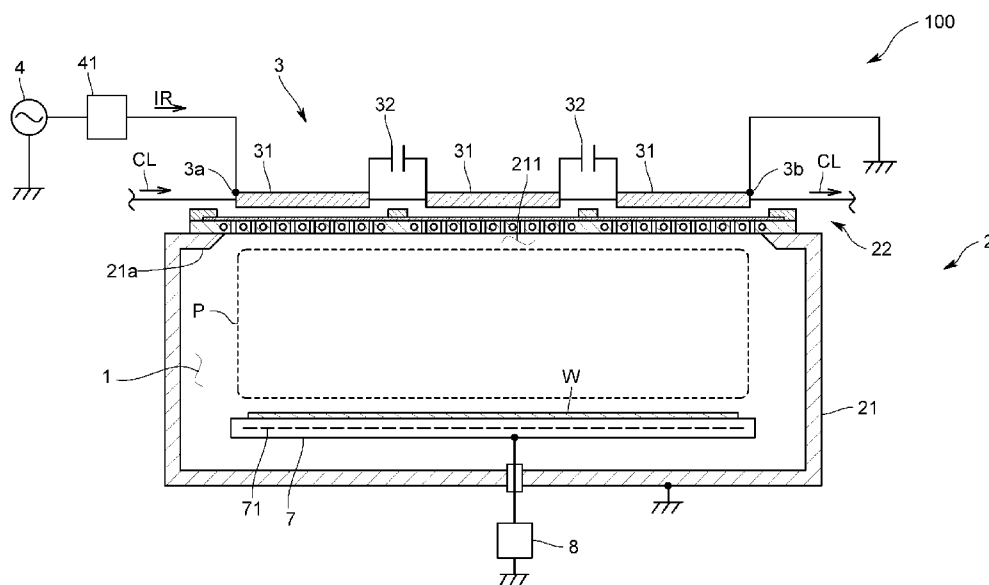
(74) 代理人: 西村 竜平 (NISHIMURA, Ryuhei); 〒6040857 京都府京都市中京区蒔絵屋町2-8-0 番地 ヤサカ烏丸御所南ビル3F Kyoto (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,

(54) Title: PLASMA TREATMENT DEVICE

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置

[図2]



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, ST, 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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

to a high-frequency power supply, and generates a high-frequency magnetic field.

(57) 要約: 処理室に配置された被処理物をプラズマを用いて真空処理するプラズマ処理装置であって、前記処理室を形成する壁に開口を有する容器本体と、前記開口を塞ぐように設けられ、厚さ方向に貫通するスリットが形成されている金属板と、前記金属板のスリットを前記処理室の外部側から塞ぐ誘電体板と、前記金属板に対向するように前記処理室の外部に設けられ、高周波電源に接続されて高周波磁場を生じさせるアンテナとを備えるプラズマ処理装置である。

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマを用いて被処理物を処理するプラズマ処理装置に関するものである。

背景技術

[0002] アンテナに高周波電流を流し、それによって生じる誘導電界によって誘導結合型のプラズマ（略称 ICP）を発生させ、この誘導結合型のプラズマを用いて基板等の被処理物に処理を施すプラズマ処理装置が従来から提案されている。このようなプラズマ処理装置として、特許文献 1 には、アンテナを真空容器の外部に配置し、真空容器の側壁の開口を塞ぐように設けた誘電体窓を通じてアンテナから生じた高周波磁場を真空容器内に透過させることで、処理室内にプラズマを発生させるものが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開 2017-004665 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら上記したプラズマ処理装置では、誘電体窓を真空容器の側壁の一部として用いるため、誘電体窓は真空容器内を真空排気した際に容器の内外の差圧に耐えられるよう十分な強度を有する必要がある。特に誘電体窓を構成する誘電体材料は靱性が低いセラミックスやガラスであるので、前記した差圧に耐えられる十分な強度を備えるためには誘電体窓の厚みを十分に大きくする必要がある。それ故アンテナから真空容器内の処理室までの距離が遠くなってしまうことで処理室における誘導電界の強度が弱くなり、プラズマ生成の効率が低下するという問題がある。

[0005] 本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、処理室の外部にア

ンテナを配置するものにおいて、アンテナから生じた高周波磁場を処理室に効率よく供給することができるプラズマ処理装置を提供することを主たる課題とするものである。

課題を解決するための手段

[0006] すなわち本発明に係るプラズマ処理装置は、処理室に配置された被処理物をプラズマを用いて真空処理するものであって、前記処理室を形成する壁に開口を有する容器本体と、前記開口を塞ぐように設けられ、厚さ方向に貫通するスリットが形成されている金属板と、前記金属板のスリットを前記処理室の外部側から塞ぐ誘電体板と、前記金属板に対向するように前記処理室の外部に設けられ、高周波電源に接続されて高周波磁場を生じさせるアンテナとを備えることを特徴とする。

[0007] すなわち本発明に係るプラズマ処理装置は、金属板に形成されたスリットと、その上に配置された誘電体板とによって、アンテナから発生する高周波磁場を処理室側に透過させる磁場透過窓を形成している。このような構成であれば、磁場透過窓を形成する部材の一部をセラミックス等の誘電体材料よりも靱性が大きい金属材料で構成しているので、誘電体材料だけで磁場透過窓を構成する場合に比べて磁場透過窓の厚みを小さくすることができる。これにより、アンテナから処理室までの距離を短くことができ、アンテナから生じた高周波磁場を処理室内に効率よく供給することができる。

さらに、容器本体の開口を塞ぐように金属板を設けるので、プラズマ生成空間たる処理室を取り囲む部材を全て電氣的に接地することができる。これにより、アンテナの電圧によるプラズマへの影響を低減することができ、電子温度の低減及びイオンエネルギーの低減を可能にすることができる。

[0008] 前記厚さ方向から視て、前記スリットが前記アンテナと前記処理室との間に位置するように形成されていることが好ましい。このようなものであれば、アンテナから生じた高周波磁場を処理室内により効率よく供給することができる。

[0009] 前記アンテナが直線状をなすものであり、複数の前記スリットが互いに平

行に形成されていることが好ましい。このようなものであれば、高周波磁場を処理室内により均一に供給することができるので、処理室に生成されるプラズマ密度をより均一にすることができる。

[0010] 前記金属板の内部には冷却用流体が流通可能な流路が形成されていることが好ましい。

このようなものであれば、金属板に流れる誘導電流により生じる抵抗熱を冷却用流体に熱伝達させて逃がすことができる。これにより使用中における金属板の温度上昇を抑制でき、被処理物に対する金属板からの輻射熱による温度上昇を抑えて、被処理物に対してプラズマ処理をより安定して行うことができる。

[0011] 前記金属板の態様として、前記流路が少なくとも互いに隣り合うスリットの間を通るように形成されているものを挙げることができる。

厚さ方向から視てアンテナと処理室との間にスリットが形成されている場合、金属板のうち隣り合うスリット間（特にアンテナの直下）において比較的大きな誘導電流が流れ、当該部分において発生する熱量が最も大きくなる。そのため、互いに隣り合うスリットの間を通るように流路を形成することにより、金属板を効率よく冷却し、温度上昇を効率よく抑制することができる。

[0012] 前記プラズマ処理装置は、前記開口を塞ぐように前記容器本体に取り付けられ、前記アンテナから生じた高周波磁場を前記処理室内に透過させる磁場透過窓を形成する窓部材を備え、前記窓部材が、前記金属板と、前記誘電体板と、前記金属板及び前記誘電体板を保持する保持枠とを有することが好ましい。

このようなものであれば、磁場透過窓を形成する窓部材と容器本体とが別部材であるので、ガスによる腐食や熱による劣化等によって金属板が消耗したり汚れた場合であっても、窓部材ごとに取り外して、金属板の交換及び清掃を容易に行うことができる。

[0013] 厚さ方向から視てスリットとアンテナとの成す角度が小さくなると（すな

わち平行に近づくこと)、アンテナから生じた高周波磁場を打ち消すように金属板に流れる誘導電流が大きくなり、処理室に供給される高周波磁場の強度が低下する恐れがある。

そのため、前記厚さ方向から視て、前記スリットと前記アンテナとの成す角度が 30° 以上、 90° 以下であることが好ましい。このようにすれば、厚さ方向から視てアンテナと交差するようにスリットが形成されるので、アンテナの軸方向に沿って金属板に流れる誘導電流はスリットにより寸断されるようになる。これにより金属板に流れる誘導電流を小さくすることができ、処理室に供給される高周波磁場の強度を向上することができる。前記スリットと前記アンテナとの成す角度は大きいほど(すなわち垂直に近づくほど)好ましい。当該角度は 45° 以上、 90° 以下であることがより好ましく、約 90° であることがより一層好ましい。

[0014] スリットの幅寸法が金属板の板厚に対して大きすぎると、アンテナと金属板との間に発生する電界がスリットを通して処理室内に入り込みやすくなり、生成されるプラズマに影響を及ぼす恐れがある。

そのため前記スリットの幅寸法は、前記金属板の板厚以下であることが好ましく、 $1/2$ 以下であることがより好ましい。これにより処理室内への電界の入り込みを抑制し、生成されるプラズマへの影響を低減することができる。なお本明細書でいう「スリットの幅寸法」とは、厚さ方向から視て、アンテナと重複する箇所における、アンテナに沿った方向のスリットの長さを意味する。

[0015] 互いに隣り合うスリット間における前記金属板の幅寸法が 15 mm 以下であることが好ましく、 5 mm 以下であることがより好ましい。

このようにすれば、金属板に流れる誘導電流をより小さくことができ、処理室に供給される高周波磁場の強度をより向上することができる。

発明の効果

[0016] このようにした本発明によれば、処理室の外部にアンテナを配置するものにおいて、アンテナから生じた高周波磁場を処理室に効率よく供給すること

ができるプラズマ処理装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本実施形態のプラズマ処理装置の全体構成を模式的に示すアンテナの長手方向に直交する断面図。

[図2]同実施形態のプラズマ処理装置の全体構成を模式的に示すアンテナの長手方向に沿った断面図。

[図3]同実施形態のプラズマ処理装置の窓部材の構成を模式的に示すアンテナの長手方向に沿った断面図。

[図4]同実施形態のプラズマ処理装置の窓部材の構成を模式的に示すアンテナ側から視た平面図。

[図5]同実施形態のプラズマ処理装置のアンテナとスリットとの関係を模式的に示す平面図。

[図6]同実施形態の金属板を冷却する冷却機構の構成を模式的に示す平面図。

[図7]他の実施形態のプラズマ処理装置の全体構成を模式的に示すアンテナの長手方向に沿った断面図。

[図8]他の実施形態のプラズマ処理装置のアンテナとスリットとの関係を模式的に示す平面図。

[図9]他の実施形態の金属板の構成を模式的に示す平面図（a）及び正面図（b）。

[図10]スリット間長さによる高周波磁場の強度への影響を説明するグラフ。

[図11]スリット角度による高周波磁場の強度への影響を説明するグラフ。

[図12]スリット幅による高周波磁場の強度への影響を説明するグラフ。

[図13]金属板の厚みによる高周波磁場の強度への影響を説明するグラフ。

符号の説明

[0018] 1 0 0 . . . プラズマ処理装置

1 . . . 処理室

2 1 . . . 容器本体

2 1 1 . . . 開口

- 2 2 1 . . . 金属板
- 2 2 1 s . . . スリット
- 2 2 2 . . . 誘電体板
- 3 . . . アンテナ
- 4 . . . 高周波電源
- 5 . . . 磁場透過窓

発明を実施するための形態

[0019] 以下に、本発明の一実施形態に係るプラズマ処理装置を図面に基づいて説明する。なお、以下に説明するプラズマ処理装置は本発明の技術的思想を具体化するためのものであって、特定の記載がない限り本発明を以下のものに限定しない。また、一の実施形態において説明する内容は、他の実施形態にも適用可能である。また、各図面が示す部材の大きさや位置関係などは、説明を明確にするため誇張していることがある。

[0020] <装置構成>

本実施形態に係るプラズマ処理装置100は、誘導結合型のプラズマPを用いて基板等の被処理物Wに真空処理を施すものである。ここで基板は、例えば液晶ディスプレイや有機ELディスプレイ等のフラットパネルディスプレイ(FPD)用の基板、フレキシブルディスプレイ用のフレキシブル基板等である。また基板に施す処理は、例えば、プラズマCVD法による膜形成、エッチング、アッシング、スパッタリング等である。

[0021] なお本実施形態のプラズマ処理装置100は、プラズマCVD法によって膜形成を行う場合はプラズマCVD装置、エッチングを行う場合はプラズマエッチング装置、アッシングを行う場合はプラズマアッシング装置、スパッタリングを行う場合はプラズマスパッタリング装置とも呼ばれる。

[0022] 具体的にプラズマ処理装置100は、図1に示すように、真空排気され且つガスGが導入される処理室1が内側に形成された真空容器2と、処理室1の外部に設けられたアンテナ3と、アンテナ3に高周波を印加する高周波電源4とを備えている。真空容器2にはアンテナ3から生じた高周波磁場を処

理室 1 内に透過させる磁場透過窓 5 が形成されている。高周波電源 4 からアンテナ 3 に高周波を印加すると、アンテナ 3 から発生した高周波磁場が磁場透過窓 5 を透過して処理室 1 内に形成されることで処理室 1 内の空間に誘導電界が発生し、これにより誘導結合型のプラズマ P が生成される。

[0023] 真空容器 2 は、容器本体 2 1 と、磁場透過窓 5 を形成する窓部材 2 2 とを備えている。

[0024] 容器本体 2 1 は例えば金属製の容器であり、その壁（内壁）によって処理室 1 が内側に形成されている。容器本体 2 1 の壁（ここでは上壁 2 1 a）には、厚さ方向に貫通する開口部 2 1 1 が形成されている。窓部材 2 2 はこの開口部 2 1 1 を塞ぐように容器本体 2 1 に着脱可能に取り付けられている。なお容器本体 2 1 は電氣的に接地されており、窓部材 2 2 と容器本体 2 1 との間はＯリング等のガスケットや接着剤により真空シールされている。

[0025] 真空容器 2 は、真空排気装置 6 によって処理室 1 が真空排気されるように構成されている。また真空容器 2 は、例えば流量調整器（図示省略）及び容器本体 2 1 に設けられた複数のガス導入口 2 1 2 を経由して、処理室 1 にガス G が導入されるように構成されている。ガス G は、基板 W に施す処理内容に応じたものにすればよい。例えば、プラズマ CVD 法によって基板に膜形成を行う場合には、ガス G は、原料ガス又はそれを希釈ガス（例えば H_2 ）で希釈したガスである。より具体例を挙げると、原料ガスが SiH_4 の場合は Si 膜を、 $SiH_4 + NH_3$ の場合は SiN 膜を、 $SiH_4 + O_2$ の場合は SiO_2 膜を、 $SiF_4 + N_2$ の場合は $SiN:F$ 膜（フッ素化シリコン窒化膜）を、それぞれ基板上に形成することができる。

[0026] また、真空容器 2 内には、基板 W を保持する基板ホルダ 7 が設けられている。この例のように、基板ホルダ 7 にバイアス電源 8 からバイアス電圧を印加するようにしてもよい。バイアス電圧は、例えば負の直流電圧、負のバイアス電圧等であるが、これに限られるものではない。このようなバイアス電圧によって、例えば、プラズマ P 中の正イオンが基板 W に入射する時のエネルギーを制御して、基板 W の表面に形成される膜の結晶化度の制御等を行う

ことができる。基板ホルダ 7 内に、基板 W を加熱するヒータ 7 1 を設けておいてもよい。

[0027] 図 1 及び図 2 に示すように、アンテナ 3 は複数本設けられており、各アンテナ 3 は磁場透過窓 5 に対向するように処理室 1 の外部に配置されている。ここで、各アンテナ 3 と磁場透過窓 5 との間の距離が 2 mm 程度とされている。各アンテナ 3 は、処理室 1 に設けられる基板 W の表面と実質的に平行になるように配置されている。

[0028] 各アンテナ 3 は同一構成のものであり、長さが数十 cm 以上の直線状をなすものである。アンテナ 3 の一端部である給電端部 3 a は、整合回路 4 1 を介して高周波電源 4 が接続されており、他端部である終端部 3 b は直接接地されている。なお、終端部 3 b は、コンデンサ又はコイル等を介して接地されてもよい。

[0029] ここで各アンテナ 3 は、内部に冷却液 CL が流通可能な流路が形成されている中空構造のものである。具体的に各アンテナ 3 は、図 2 に示すように、少なくとも 2 つの導体要素 3 1 と、互いに隣り合う導体要素 3 1 と電氣的に直列接続された定量素子であるコンデンサ 3 2 とを備えている。ここでは各アンテナ 3 は、3 つの導体要素 3 1 と 2 つのコンデンサ 3 2 とを備えている。各導体要素 3 1 は、内部に冷却液が流れる直線状の流路が形成された直管状をなすものであり、その材質は、例えば、銅、アルミニウム、これらの合金又はステンレス等の金属であるが、これに限られるものではなく適宜変更してもよい。

[0030] 各アンテナ 3 をこのように構成することによって、アンテナ 3 の合成リアクタンスは、簡単に言えば、誘導性リアクタンスから容量性リアクタンスを引いた形になるので、アンテナ 3 のインピーダンスを低減させることができる。その結果、アンテナ 3 を長くする場合でもそのインピーダンスの増大を抑えることができ、アンテナ 3 に高周波電流 I R が流れやすくなり、処理室 1 内に誘導結合型のプラズマ P を効率良く発生させることができる。

[0031] 高周波電源 4 は、整合回路 4 1 を介してアンテナ 3 に高周波電流 I R を流

することができる。高周波の周波数は例えば一般的な13.56MHzであるが、これに限られるものではなく適宜変更してもよい。

[0032] しかして本実施形態のプラズマ処理装置100では、図3に示すように、窓部材22が処理室1側からアンテナ3側に順に設けられた金属板221と誘電体板222とを備える。金属板221は、その厚さ方向に貫通するスリット221sが形成されており、容器本体21の開口部211を塞ぐように設けられている。誘電体板222は、金属板221のスリット221sを処理室1の外部側（すなわちアンテナ3側）から塞ぐように、金属板221のアンテナ3側の表面に設けられている。本実施形態のプラズマ処理装置100では、金属板221のスリット221sとこれを塞ぐ誘電体板222によって磁場透過窓5が形成されている。すなわち、アンテナ3から生じる高周波磁場は、誘電体板222とスリット221sを透過して処理室1に供給される。なお、開口211を塞ぐ金属板221と、金属板221のスリット221sを塞ぐ誘電体板222によって、処理室1内における真空が保持される。以下の説明において、金属板221の厚さ方向を単に「厚さ方向」という。

[0033] 金属板221は、アンテナ3から生じた高周波磁場を処理室1内に透過させるとともに、処理室1外から処理室1内への電界の入り込みを防ぐものである。具体的には、金属材料を圧延加工（例えば冷間圧延や熱間圧延）して平板状に形成したものである。ここでは金属板221の厚みを約5mmとしているが、これに限らず仕様に応じて適宜変更してよい。金属板221の板厚は、真空処理時において処理室1の内外圧の差圧に耐えられる厚さであればよく、1mm以上が好ましい。

[0034] 図3及び図4に示すように、金属板221は、平面視して容器本体21の開口211の全体を覆うことができる形状（ここでは矩形状）をなしている。金属板221の外周縁により囲まれた面積は、容器本体21の開口211の面積よりも大きい。そして金属板221は、容器本体21の開口211のアンテナ3側の周縁部を取り囲むようにして容器本体21に接触して設けら

れている。金属板 2 2 1 は処理室 1 に配置される基板 W の表面と実質的に平行になるように配置されている。金属板 2 2 1 と容器本体 2 1 とは、その間にシール構造（図示しない）を介在させていることにより真空シールされている。ここではシール構造は、金属板 2 2 1 と容器本体 2 1 との間に設けられた、例えば O リングやガスケット等のシール部材や接着剤により実現される。これらのシール部材は開口 2 1 1 の外周縁を取り囲むように設けられる。

[0035] 本実施形態では金属板 2 2 1 は容器本体 2 1 と電氣的に接触しており、容器本体 2 1 を介して接地されている。これに限らず金属板 2 2 1 は直接接地されていてもよい。

[0036] 金属板 2 2 1 を構成する材料は、例えば Cu、Al、Zn、Ni、Sn、Si、Ti、Fe、Cr、Nb、C、Mo、W 又は Co を含む群から選択される 1 種の金属又はそれらの合金（例えばステンレス合金、アルミニウム合金等）等であってよい。また原料、資材、製造設備等の状況によって混入する微量の元素（不可避的不純物）を含んでいてもよい。耐食性や耐熱性を向上させる観点から、金属板 2 2 1 の処理室 1 側の表面に対してコーティング処理が行われていてもよい。

[0037] 図 4 に示すように、スリット 2 2 1 s は、厚さ方向から視てアンテナ 3 と直交する方向に長手方向をとる矩形状を成すものであり、アンテナ 3 と処理室 1 との間に位置するようにアンテナ 3 の直下に形成されている。スリット 2 2 1 s は各アンテナ 3 に対応する位置に形成されている。具体的には 1 つのアンテナ 3 に対応する位置に、複数個のスリット 2 2 1 s が形成されている。より具体的にいうと、アンテナ 3 が有する各導体要素 3 1 に対応する位置に 1 つ又は複数個のスリット 2 2 1 s が形成されている。本実施形態では、各導体要素 3 1 に対応する位置に 6 つのスリット 2 2 1 s が形成されている。スリット 2 2 1 s の数はこれに限らず仕様に応じて適宜変更されてもよい。各スリット 2 2 1 s はここでは同一形状を成しているが、異なる形状であってもよい。

- [0038] スリット221sは、各アンテナ3（具体的には各導体要素31）に対応する位置において互いに平行に形成されている。具体的には図5に示すように、各スリット221sは、厚さ方向から視て、その長手方向とアンテナ3との成す角度 θ_s が略同一になるように形成されている。ここでは、スリット221sとアンテナ3とが成す当該角度 θ_s を約90°としている。
- [0039] 各スリット221sはその幅寸法 d_w が略同一になるように形成されている。スリット221sの幅寸法 d_w は、金属板221の板厚以下であることが好ましく、約1/2以下であることがより好ましく、約1/3以下であることがさらに好ましい。
- [0040] またスリット221sは、アンテナ3に沿って所定のピッチ長さ d_p で等間隔に形成されている。ここでいう「ピッチ長さ」とは、図5に示すように、アンテナ3に沿った方向における、互いに隣り合うスリット221sのそれぞれの中心位置間の距離である。
- [0041] またスリット221sは、互いに隣り合うスリット221s間における金属板221の幅寸法が同じになるように形成されている。ここでいう「互いに隣り合うスリット間における金属板の幅寸法」（以下において単に「スリット間長さ」ともいう）とは、スリット221sのピッチ長さ d_p から、スリット221sの幅寸法 d_w を引いた長さである。スリット間長さ d_s は、15mm以下であることが好ましく、5mm以下であることがより好ましい。
- [0042] 本実施形態のプラズマ処理装置100は、金属板221を冷却する冷却機構9を備えている。具体的にこの冷却機構9は、図6に示すように、金属板221の内部に形成された冷却用流体が流通可能な流路91と、冷却用流体を流路91に供給する冷却流体供給機構（図示しない）とを備えている。流路91の両端は金属板221の表面に開口しており、冷却用流体は一方の開口91aから流路91に供給され、他方の開口91bから排出される。
- [0043] 流路91は、一方の開口91aから他方の開口91bまで一方向に流体が流れるように形成されている。ここでは流路91はアンテナ3（具体的には導体要素31）毎に対応して設けられている。流路91は、スリット221

sの短手方向に平行に形成された第1流路部分91xと、スリット221sの長手方向に平行に形成された第2流路部分91yとを備えており、これらが組み合わされて、複数のスリット221sの間を蛇行するように形成されている。流路91は、少なくとも互いに隣り合うスリット221sの間を通るように形成されている。より具体的には、第2流路部分91yが、互いに隣り合うスリット221sの間の中央部を通るように形成されている。なお、流路91に供給される冷却用流体は液体又は気体のいずれでもよい。

[0044] 誘電体板222は、アンテナ3から生じた高周波磁場を処理室1内に透過させるとともに、スリット221sを塞いで処理室1内の真空を保持するものである。具体的にこの誘電体板222は、それ全体が誘電体物質で構成された平板状をなすものである。ここでは誘電体板222の板厚を金属板221の板厚よりも小さくしているが、これに限定されない。アンテナ3と処理室1との間の距離を短くする観点から薄い方が好ましい。誘電体板222の板厚は、処理室1を真空排気した状態において、スリット221sから受ける処理室1の内外の差圧に耐え得る強度を備えればよく、スリット221sの数や長さ等の仕様に応じて適宜設定されてよい。

[0045] 誘電体板222を構成する材料は、アルミナ、炭化ケイ素、窒化ケイ素等のセラミックス、石英ガラス、無アルカリガラス等の無機材料、フッ素樹脂（例えばテフロン）等の樹脂材料等の既知の材料であってよい。また誘電損を低減する観点から、誘電体を構成する材料は誘電正接が0.01以下のものが好ましく、0.005以下のものがより好ましい。

[0046] 誘電体板222は、金属板221に形成された複数のスリット221sを覆って塞ぐように、金属板221のアンテナ3側の表面に設けられている。誘電体板222と金属板221は、その間にシール構造（図示しない）を介在させていることにより真空シールされている。ここではシール構造は、誘電体板222と金属板221の間に設けられた、例えばOリングやガスケット等のシール部材や接着剤により実現される。これらのシール部材は、複数のスリット221sの全てを取り囲みように設けられてもよいし、複数のス

リット 221s の一部を取り囲むように設けられてもよい。また、誘電体板 222 が樹脂材料等の高弾性を有する材料から成る場合には、シール構造は誘電体板 222 の弾性力により実現されてもよい。

[0047] 窓部材 22 は、金属板 221 と誘電体板 222 とを保持する保持枠 223 を更に備えている。保持枠 223 は、金属板 221 と誘電体板 222 を、容器本体 21 の上面 21b に対して押さえ付けて保持するものである。図 3 及び図 4 に示すように、保持枠 223 は平板状をなすものであり、処理室 1 に設けられる基板 W の表面と実質的に平行になるように誘電体板 222 上に配置されている。具体的には保持枠 223 はその下面が、誘電体板 222 及び金属板 221 の上面に接触するように配置されている。保持枠 223 は、ネジ機構等の固定部材（図示しない）により容器本体 21 の上面 21b に脱着可能に取り付けられている。

[0048] 保持枠 223 を構成する材料は、例えば、Cu、Al、Zn、Ni、Sn、Si、Ti、Fe、Cr、Nb、C、Mo、W 又は Co を含む群から選択される 1 種の金属又はそれらの合金等であってよい。

[0049] 保持枠 223 には厚さ方向に貫通する長孔状の開口 223o が複数形成されており、当該開口 223o から誘電体板 222 が露出している。図 4 に示すように、開口 223o は各アンテナ 3（具体的には各導体要素 31）に対応する位置に形成されている。より具体的には、開口 223o は、厚さ方向から視て各アンテナ 3 とこれに対応する位置にある磁場透過窓 5 とを取り囲むように形成されている。ここでは、3 本のアンテナ 3（すなわち 9 本の導体要素 31）に対応するように、9 個の開口 223o が形成されている。

[0050] 本実施形態のプラズマ処理装置 100 は、保持枠 223 を冷却する保持枠冷却機構（図示しない）を備えていてもよい。保持枠冷却機構は、例えば水冷や空冷の手段により保持枠 223 を冷却するものであってもよい。水冷の場合には、保持枠 223 を、その内部に冷却液が流通可能な流路を有する中空構造のものとすることで冷却するように構成してもよい。また空冷の場合には、ファン等による送風により保持枠 223 を冷却するように構成しても

よい。

[0051] <本実施形態の効果>

このように構成された本実施形態のプラズマ処理装置100によれば、磁場透過窓5を形成する窓部材22の一部をセラミックス等の誘電体材料よりも靱性が大きい金属材料で構成しているため、誘電体材料だけで磁場透過窓5を構成する場合に比べて磁場透過窓5の厚みを小さくすることができる。これにより、アンテナ3から処理室1までの距離を短くすることができ、アンテナ3から生じた高周波磁場を処理室1内に効率よく供給することができる。

さらに、容器本体21の開口211を塞ぐように金属板221を設けることで、プラズマ生成空間たる処理室1を取り囲む部材を全て電氣的に接地することができる。これにより、アンテナ3の電圧によるプラズマへの影響を低減することができ、電子温度の低減及びイオンエネルギーの低減を可能にすることができる。

<その他の変形実施形態>

なお、本発明は前記実施形態に限られるものではない。

[0052] 前記実施形態では金属板221は平板状であったがこれに限定されない。他の実施形態では、図7に示すように、誘電体板222が載せられる面が容器本体21の上壁21aよりも基板W側に位置するように構成されてもよい。このような構成であれば、アンテナ3を処理室1により近づけることができるので、処理室1に形成されるプラズマ密度をより向上することができる。

[0053] 前記実施形態においてスリット221sとアンテナ3とが成す角度 θ_s は約90°であったがこれに限らない。他の実施形態では、当該角度 θ_s は約30°以上、約90°以下の任意の角度 θ_s であってよい。当該角度 θ_s は、約60°以上、約90°以下であることがより好ましく、約90°であることが最も好ましい。

[0054] また他の実施形態では図8に示すように、アンテナ3とのなす角度 θ_s が約

30°以上、約90°以下であるスリット221sに加えて、アンテナ3とのなす角度が約0°以上、約30°未満であるスリット221tが、金属板221に更に形成されていてもよい。この場合スリット221tは、アンテナ3とのなす角度が0°であることが好ましい。またこのスリット221tはアンテナ3の直下に位置するように形成されていることが好ましい。

[0055] 前記実施形態ではスリット221sは互いに平行になるように形成されていたが、これに限定されない。アンテナ3となす角度が互いに異なるようにスリット221sが形成されてもよい。また、スリット221sは一定のピッチ長さ d_p で形成されていなくてもよい。例えば、アンテナ3（具体的には導体要素31）の長手方向における中央位置近傍では、ピッチ長さ d_p を大きくし、アンテナ3の長手方向における端部に近づくほどピッチ長さ d_p を小さくしてもよい。

[0056] 前記実施形態では、隣り合うスリット221sの間には第2流路部分91yが1本のみ形成されていたが、これに限らず複数本が形成されていてもよい。また流路91は、一方の開口91aから他方の開口91bまで分岐することなく形成されているものに限らず途中で分岐するように形成されてもよい。また開口91a及び91bは、流路91の両端に設けられる必要はなく、流路91の途中に設けられていてもよい。

[0057] 前記実施形態のプラズマ処理装置は、1枚の金属板221を備えるものであったがこれに限定されない。他の実施形態では、厚さ方向に重ねられた複数枚の金属板221を備えてもよい。この場合、各金属板221は構成材料が互いに異なってもよく、同じ構成材料であってもよい。

[0058] 前記実施形態では窓部材22は容器本体21の上面21bに取り付けられていたが、これに限らない。他の実施形態では、容器本体21の上面に設けられたフランジ等に取り付けられもよい。

[0059] 前記実施形態では、保持枠223の開口223oは各導体要素31に対応する位置に複数形成されていたが、これに限定されない。他の実施形態では、厚さ方向から視て、全ての導体要素31を取り囲むように1つの開口が形

成されていてもよい。

[0060] 前記実施形態のプラズマ処理装置100は、アンテナ3を複数本備えていたが、これに限らずアンテナ3を1本のみ備えていてもよい。

[0061] 前記実施形態のプラズマ処理装置100は、アンテナ3は、複数の導体要素31と、互いに隣り合う導体要素31と電氣的に直列接続された定量素子であるコンデンサ32とを備えるものであったがこれに限らない。他の実施形態では、アンテナ3は1つの導体要素31のみを備え、コンデンサ32を備えていなくてもよい。

[0062] 他の実施形態のプラズマ処理装置100では、図9に示すように、金属板221の側面2211に開口が形成されており、この開口を塞ぐように側板92が嵌め込まれていてもよい。そして流路91（ここでは第1流路部分91x）の内側壁の一部が、側板の側面921により形成されていてもよい。このような流路91は、例えば金属板221の側面2211からスリットの長手方向に沿って切削することで第2流路部分91yを形成し、スリットの長手方向に直交する方向に沿って切削することで第1流路部分91xを形成し、当該切削加工により側面2211に形成された開口を塞ぐように側板92を設けることで形成することができる。当然ながら他の方法により流路91を形成してもよい。

[0063] 前記実施形態ではアンテナ3は直線状の導体であったが、これに限らず、スパイラル型の導体やドーム状コイルであってもよい。

[0064] その他、本発明は前記実施形態に限られず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であるのは言うまでもない。

[0065] <高周波磁場強度の評価>

上記したプラズマ処理装置100における、金属板221の仕様（スリット間長さ d_s 、スリットの角度 θ_s 、スリット幅 d_w 、板厚等）の違いによる高周波磁場への影響を実験により評価した。なお本発明は以下の実験例によって制限を受けるものではなく、前記及び後記の趣旨に適合し得る範囲で変更を加えて実施することも可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲

に包含される。

[0066] (1) スリット間長さ d_s による影響

スリット間長さ d_s による高周波磁場への影響を評価した。具体的には、ステンレス合金 (SUS316) からなる厚み $10\mu\text{m}$ の金属板を6つ準備した。各金属板には、 0.5mm の幅寸法のスリットを、スリット間長さ d_s がそれぞれ異なるようにして (それぞれ 0mm 、 5mm 、 15mm 、 45mm 、 70mm 、 140mm) を形成した。なお各金属板に形成したスリットはいずれも、後にセットするアンテナとの成す角度 θ_s が 90° になるようにした。そして各金属板に対して一方の面側に設けたアンテナから高周波磁場を供給し、反対の面側 (処理室側) に透過した高周波磁場の平行磁場強度を1ターンのピックアップコイルを用いて測定した。ここでアンテナには 150W の高周波電力 (周波数: 13.56MHz) を供給して高周波磁場を発生させた。そして、スリット間長さが 0mm である金属板における平行磁場強度に対する、各金属板における平行磁場強度の比 (磁場強度比) を算出した。その結果を図10に示す。

[0067] 図10に示す結果から、スリット間長さが短いほどアンテナから生じた高周波磁場を処理室側に効率よく供給できることが分かった。特にスリット間長さを約 15mm 以下にすることで平行磁場強度がより強くなり、約 5mm 以下にすることでさらに強くなることが分かった。

[0068] (2) スリットの角度 θ_s による影響

スリットの角度 θ_s による高周波磁場への影響を評価した。具体的には、ステンレス合金 (SUS316) からなる厚み $10\mu\text{m}$ の金属板を4つ準備した。各金属板には、一定の幅寸法 (0.5mm) のスリットを、一定のピッチ長さ (5mm) で平行に形成した。ここで各金属板に形成したスリットは、後にセットするアンテナとの成す角度 θ_s (スリットの角度 θ_s) がそれぞれ異なるようにした (それぞれ 90° 、 60° 、 45° 、 30°)。そして上記 (1) と同じ手順で、各金属板の処理室側における平行磁場強度を測定した。そして、スリットの角度 θ_s が 90° (すなわち、アンテナに対してス

リットが直交する)である金属板における平行磁場強度に対する、各金属板における平行磁場強度の比(磁場強度比)を算出した。その結果を図11に示す。

[0069] 図11に示す結果から、 $30^{\circ} \sim 90^{\circ}$ のいずれのスリット角度 θ_s においても、アンテナから生じた高周波磁場を処理室側に効率よく供給できることが分かった。そしてスリットの角度 θ_s が大きいほど、すなわちアンテナに対して直角に近づくほど、高周波磁場をより効率よく供給できることが分かった。特にスリットの角度 θ_s を約 45° 以上にすることで平行磁場強度がより強くなり、約 60° 以上にすることでさらに強くなることが分かった。

[0070] (3) スリット幅 d_w による影響

スリット幅 d_w による高周波磁場への影響を評価した。具体的には、厚み1mmの金属板(Cu)を3つ準備した。各金属板には、それぞれ異なる幅寸法(1mm、3mm、5mm)のスリットを、所定のスリット間長さ(5mm)で形成した。すなわち、各金属板におけるスリットのピッチ長さをそれぞれ6mm、8mm、10mmとした。なお各金属板に形成したスリットはいずれも、後にセットするアンテナとの成す角度 θ_s が 90° になるようにした。そして上記(1)と同じ手順で、各金属板の処理室側における平行磁場強度を測定した。また、スリットピッチが0mmの金属板(すなわち、スリットが連続するように形成されて、完全に開口している)を準備し、同様の手順で平行磁場強度を測定した。スリットピッチが0mmである金属板における平行磁場強度に対する、各金属板における平行磁場強度の比(磁場強度比)を算出した。その結果を図12に示す。

[0071] 図12に示す結果から、1mm~5mmのいずれのスリット幅であっても、アンテナから生じた高周波磁場を処理室側に効率よく供給できることが分かった。そしてスリット幅が大きいほど、高周波磁場をより効率よく供給できることが分かった

[0072] (4) 金属板の厚みによる影響

金属板の厚みによる高周波磁場への影響を評価した。具体的には、厚み1

mmの金属板（Cu）と厚み3mmの金属板（Cu）を準備した。各金属板に、幅寸法3mmのスリットを、ピッチ長さ8mmで形成した。なお各金属板に形成したスリットはいずれも、後にセットするアンテナとの成す角度 θ が 90° になるようにした。そして上記（1）と同じ手順で、各金属板の処理室側における平行磁場強度を測定した。ここでは、アンテナに供給する高周波電力を100W～300Wまで50Wずつ変化させて平行磁場強度を測定した。そして供給する高周波電力の大きさ毎に、厚み1mmである金属板における平行磁場強度に対する、厚み3mmの金属板における平行磁場強度の比（磁場強度比）を算出した。その結果を図13に示す。

[0073] 図13に示す結果から、アンテナに供給する高周波電力の大きさによらず、厚み1mmの金属板における平行磁場強度が、厚み3mmの金属板における平行磁場強度よりの大きくなった。これにより金属板の板厚が小さい方が、アンテナから生じた高周波磁場を処理室側に効率よく供給できることが分かった。

産業上の利用可能性

[0074] 本発明によれば、処理室の外部にアンテナを配置するプラズマ処理装置において、アンテナから生じた高周波磁場を処理室に効率よく供給することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 処理室に配置された被処理物をプラズマを用いて真空処理するプラズマ処理装置であって、
- 前記処理室を形成する壁に開口を有する容器本体と、
- 前記開口を塞ぐように設けられ、厚さ方向に貫通するスリットが形成されている金属板と、
- 前記金属板のスリットを前記処理室の外部側から塞ぐ誘電体板と、
- 前記金属板に対向するように前記処理室の外部に設けられ、高周波電源に接続されて高周波磁場を生じさせるアンテナとを備えるプラズマ処理装置。
- [請求項2] 前記厚さ方向から視て、前記スリットが前記アンテナと前記処理室との間に位置するように形成されている請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項3] 前記アンテナが直線状をなすものであり、
- 複数の前記スリットが互いに平行に形成されている請求項1又は2に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項4] 前記金属板の内部には冷却用流体が流通可能な流路が形成されている請求項1～3のいずれかに記載のプラズマ処理装置。
- [請求項5] 前記流路が、少なくとも互いに隣り合うスリットの間を通るように形成されている請求項3を引用する請求項4に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項6] 前記開口を塞ぐように前記容器本体に取り付けられ、前記アンテナから生じた高周波磁場を前記処理室内に透過させる磁場透過窓を形成する窓部材を備え、
- 前記窓部材が、前記金属板と、前記誘電体板と、前記金属板及び前記誘電体板を保持する保持枠とを有する請求項1～5のいずれかに記載のプラズマ処理装置。
- [請求項7] 前記厚さ方向から視て、前記スリットと前記アンテナとの成す角度

が 30° 以上、 90° 以下である請求項1～6のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

[請求項8] 前記スリットと前記アンテナとの成す角度が 45° 以上、 90° 以下である請求項7に記載のプラズマ処理装置。

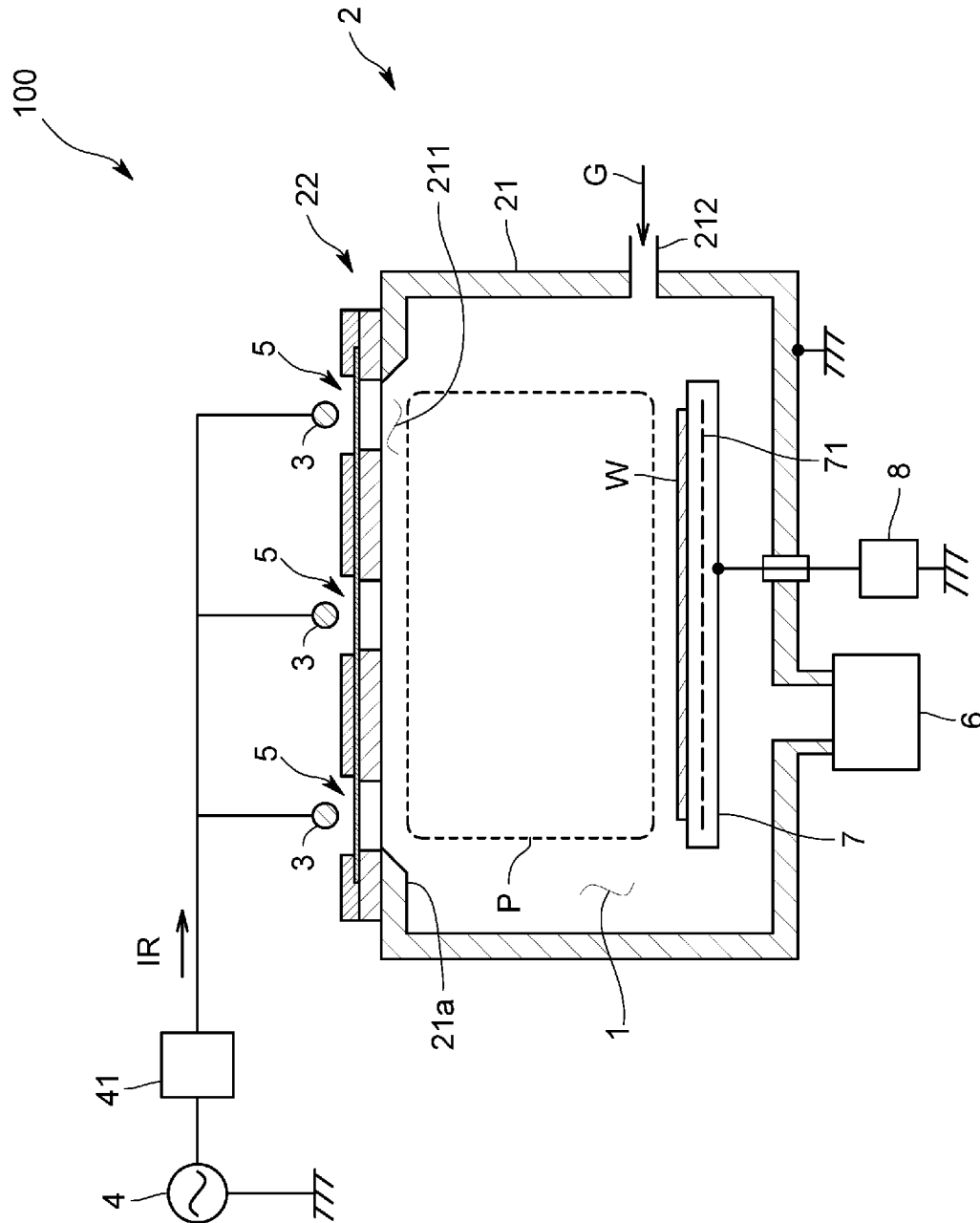
[請求項9] 前記スリットの幅寸法が、前記金属板の板厚以下である請求項1～8のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

[請求項10] 前記スリットの幅寸法が、前記金属板の板厚の $1/2$ 倍以下である請求項9に記載のプラズマ処理装置。

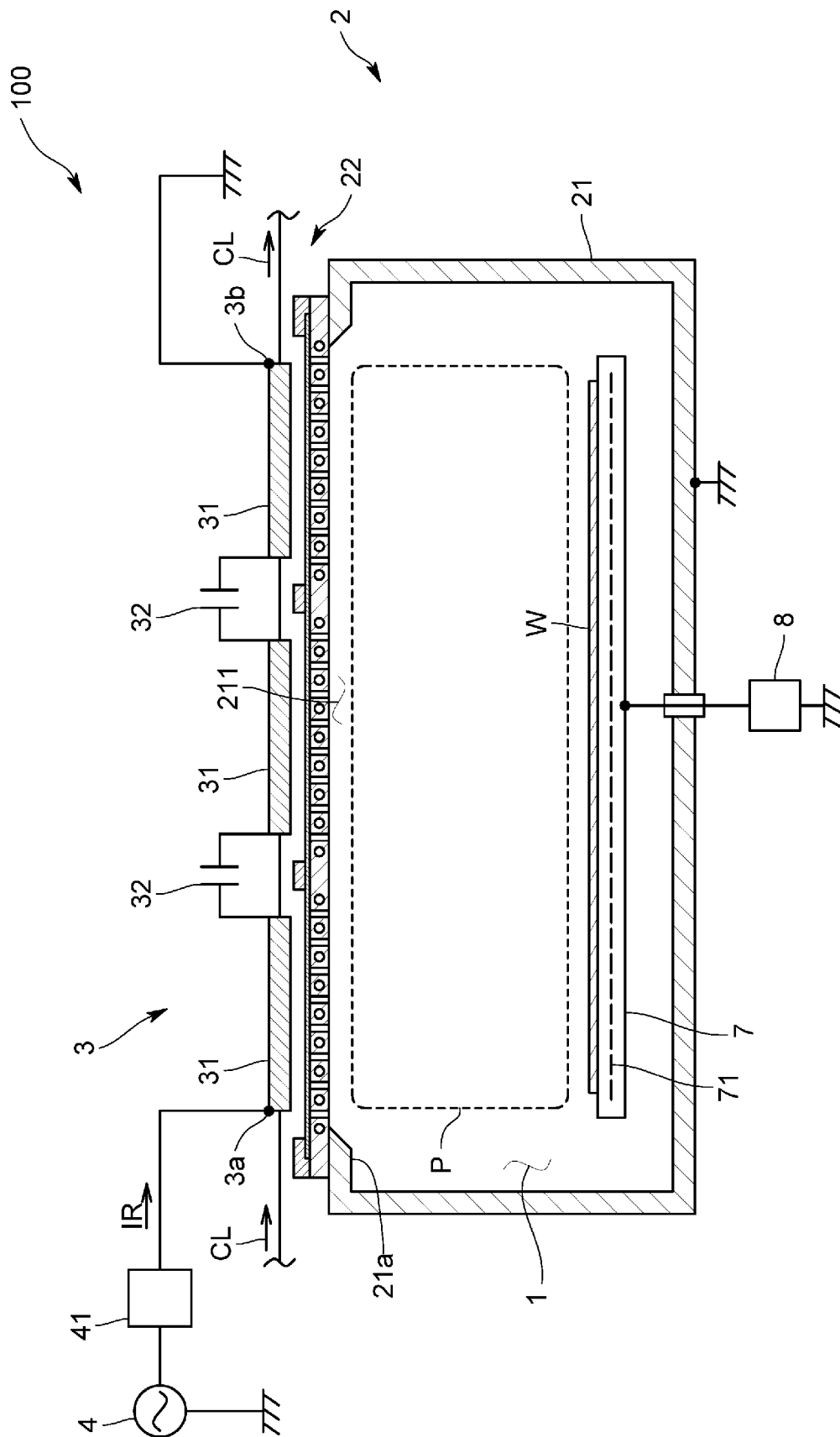
[請求項11] 互いに隣り合うスリット間における前記金属板の幅寸法が 15 mm 以下である請求項3又は請求項3を引用する請求項4～10のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

[請求項12] 互いに隣り合うスリット間における前記金属板の幅寸法が 5 mm 以下である請求項11に記載のプラズマ処理装置。

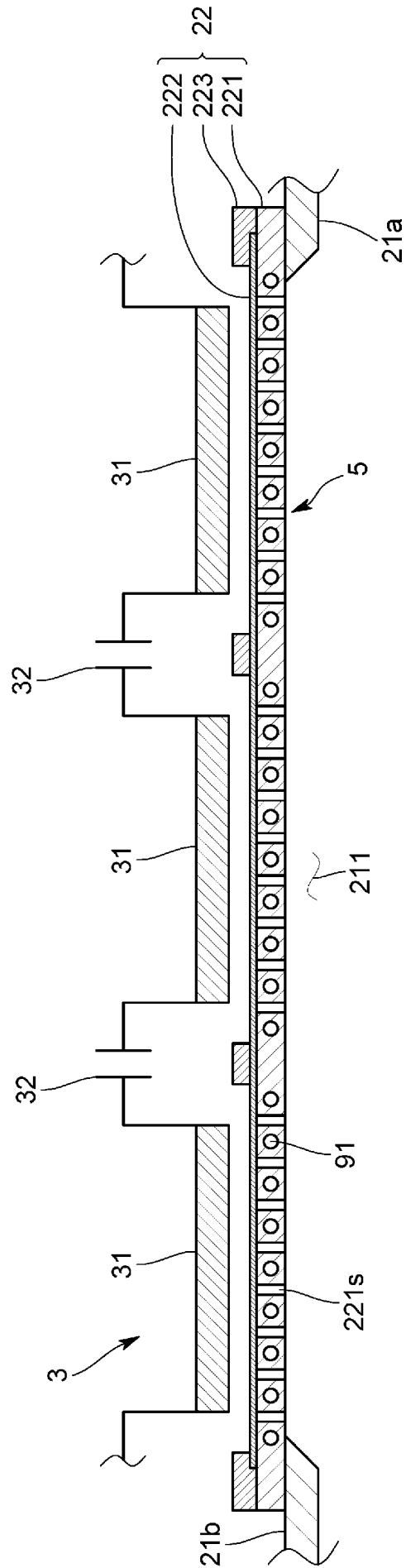
[図1]



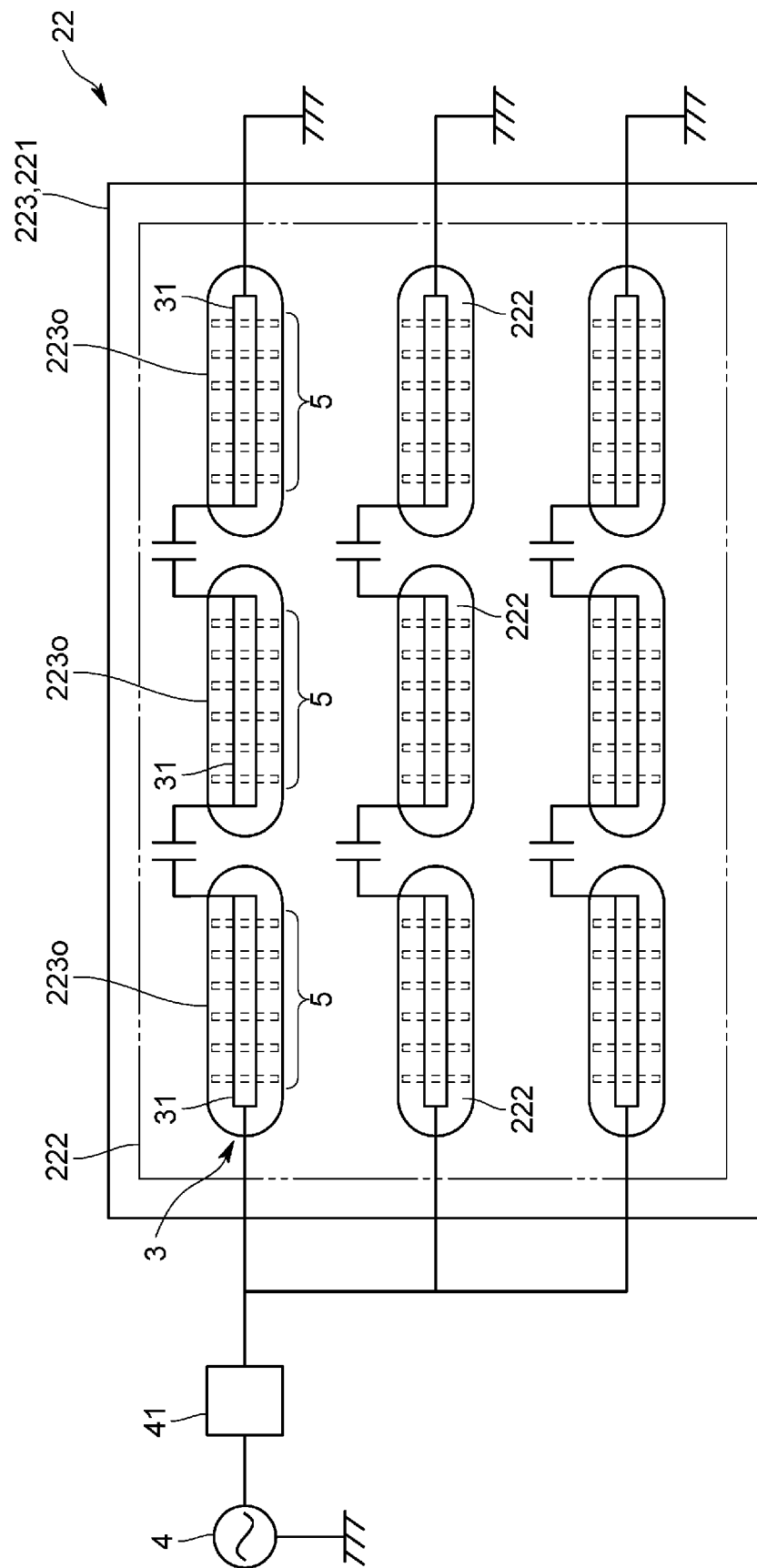
[図2]



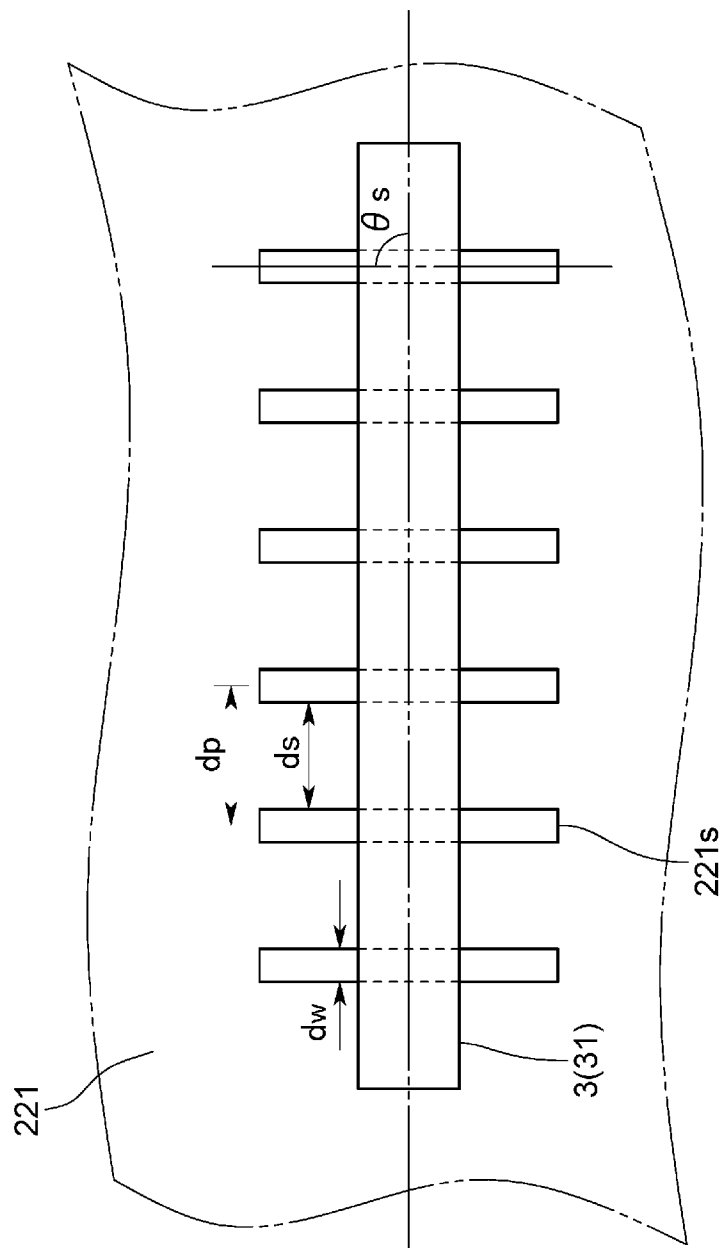
[図3]



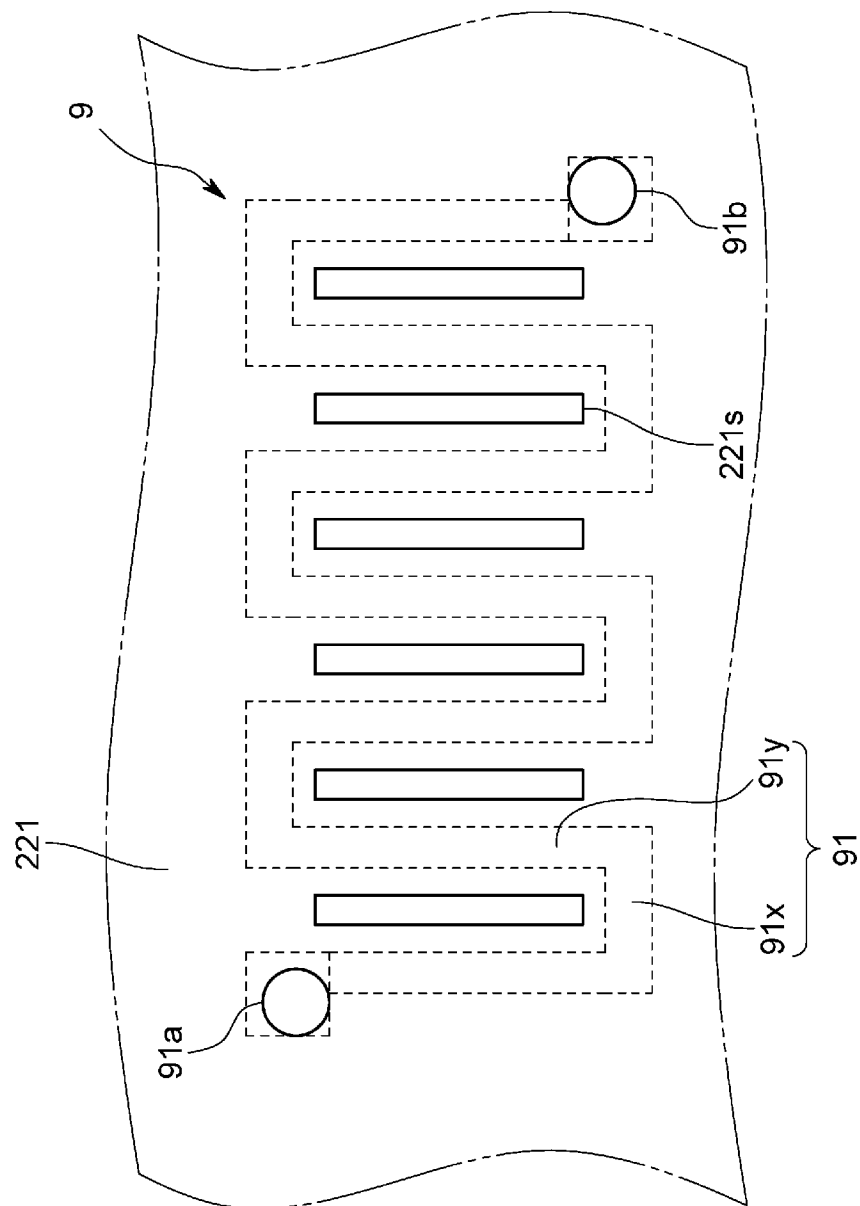
[図4]



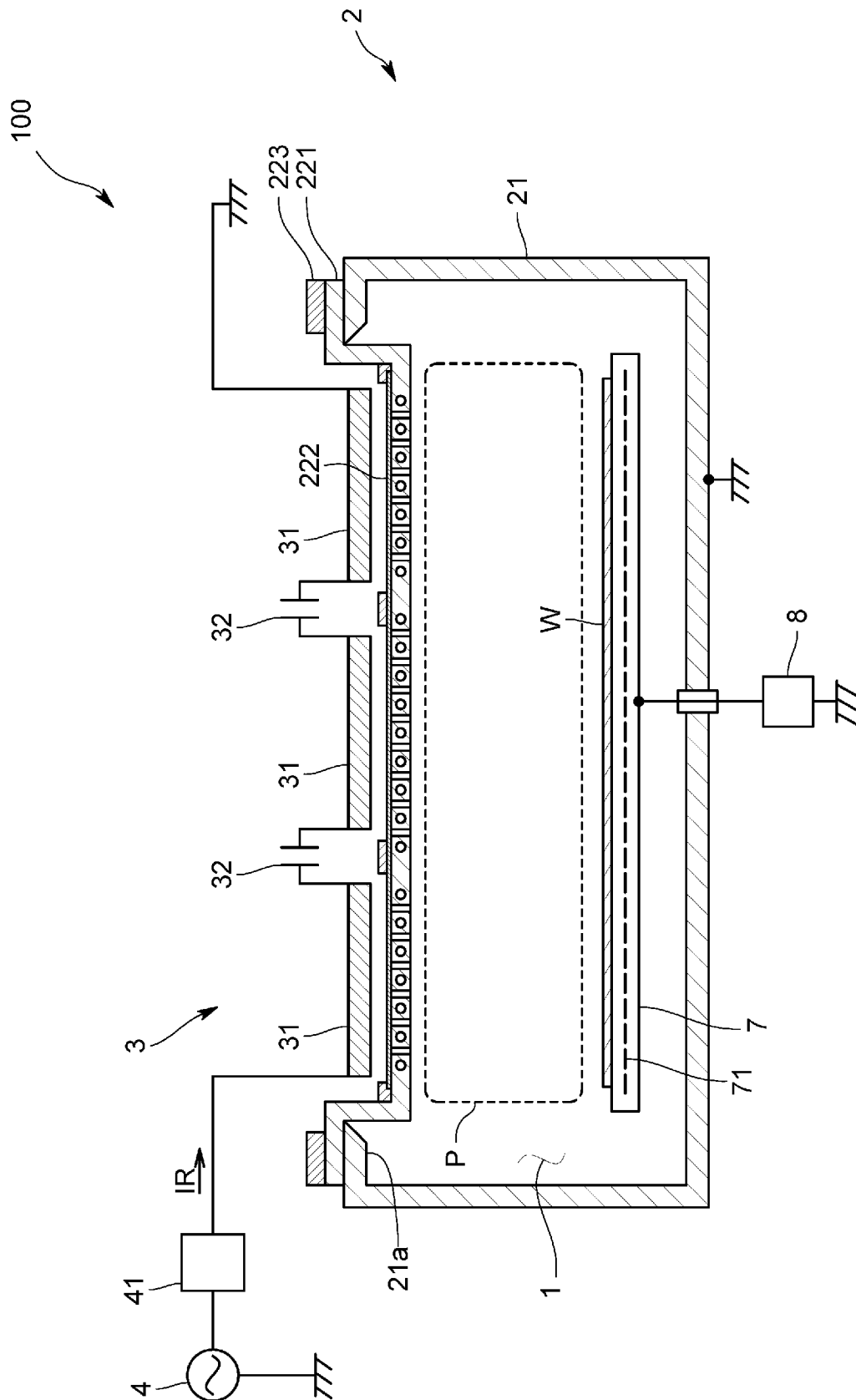
[図5]



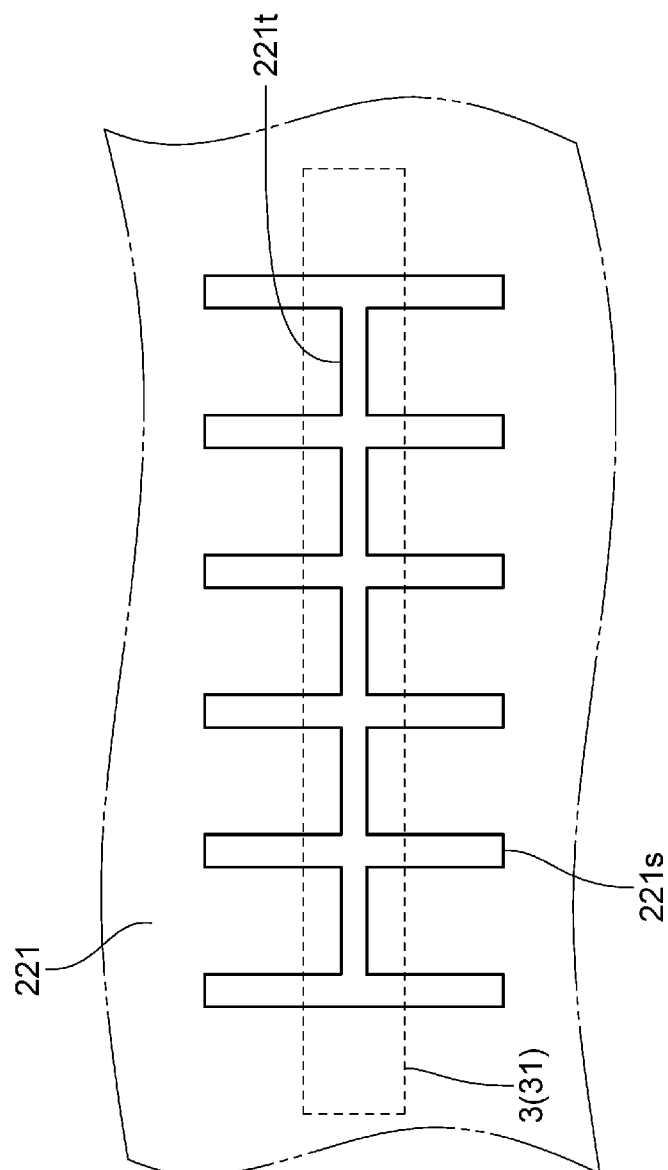
[図6]



[図7]

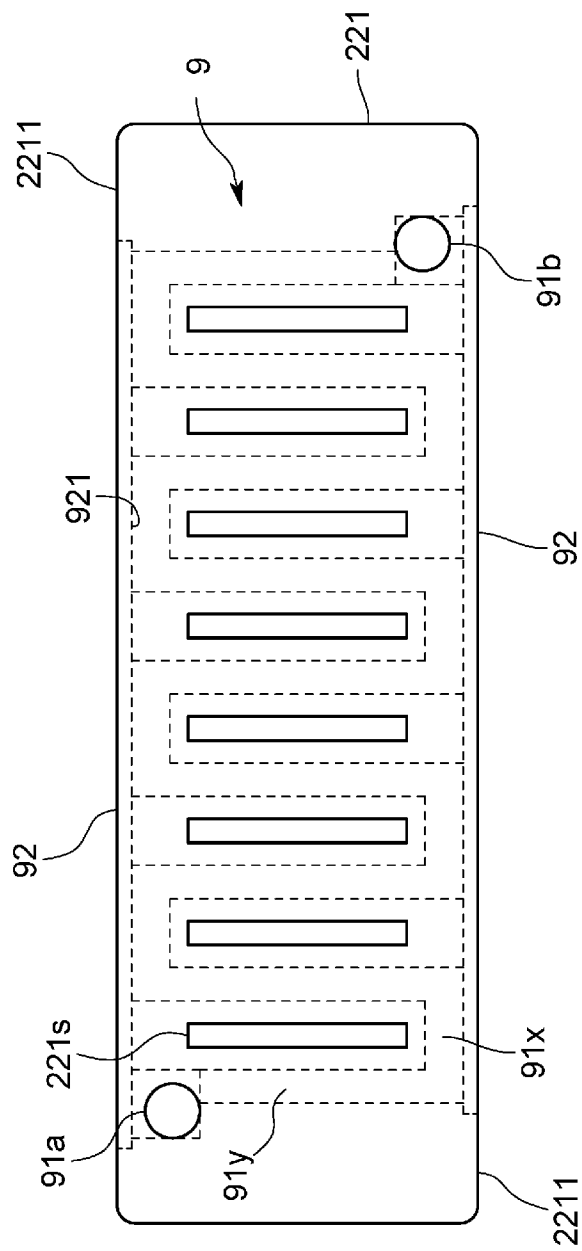


[図8]

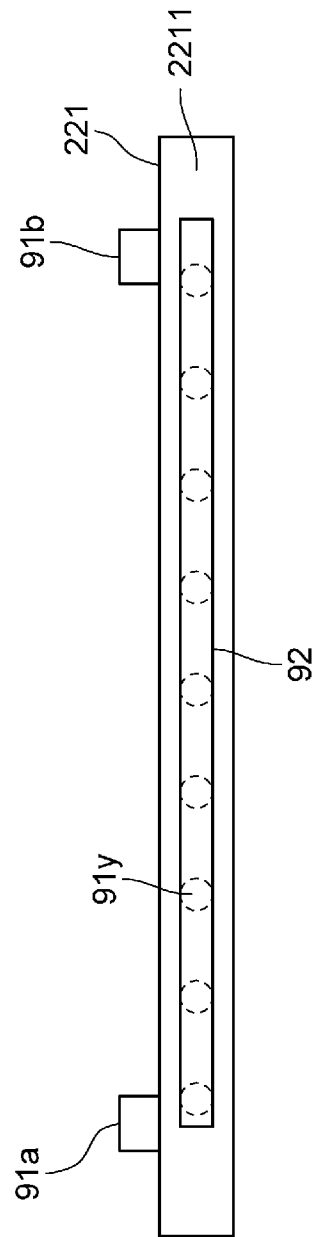


[図9]

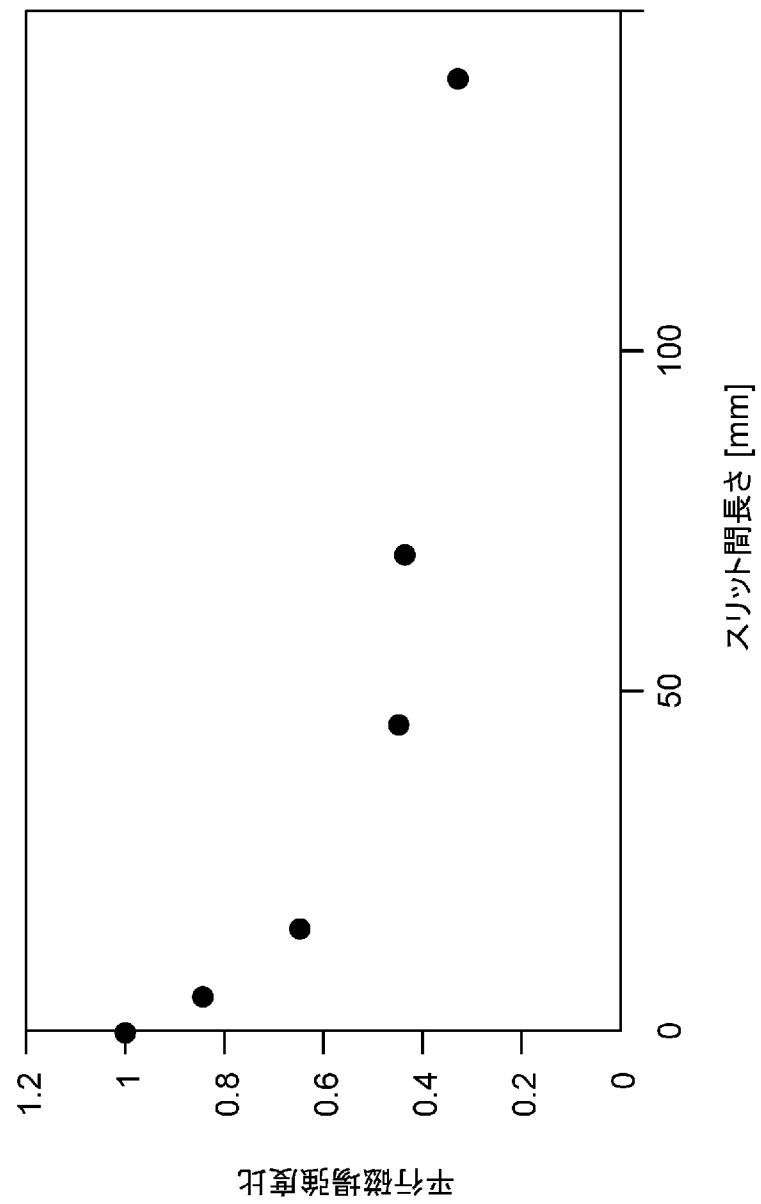
(a)



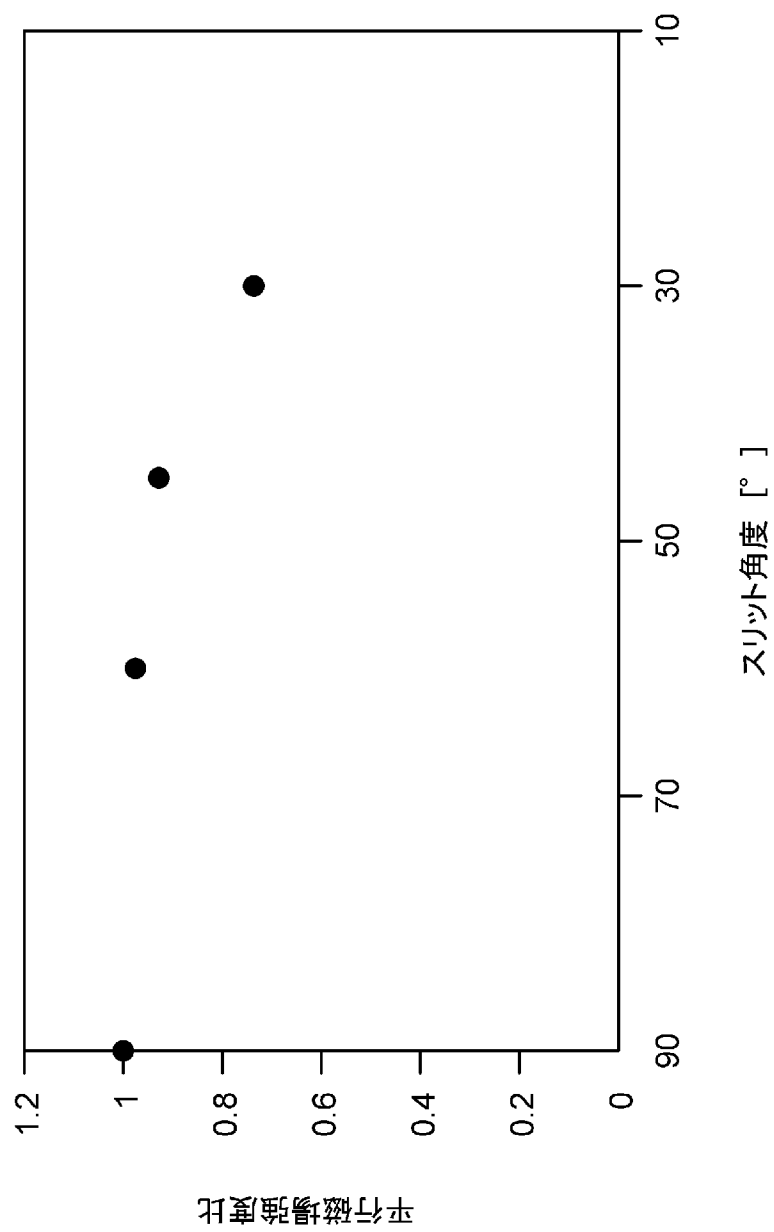
(b)



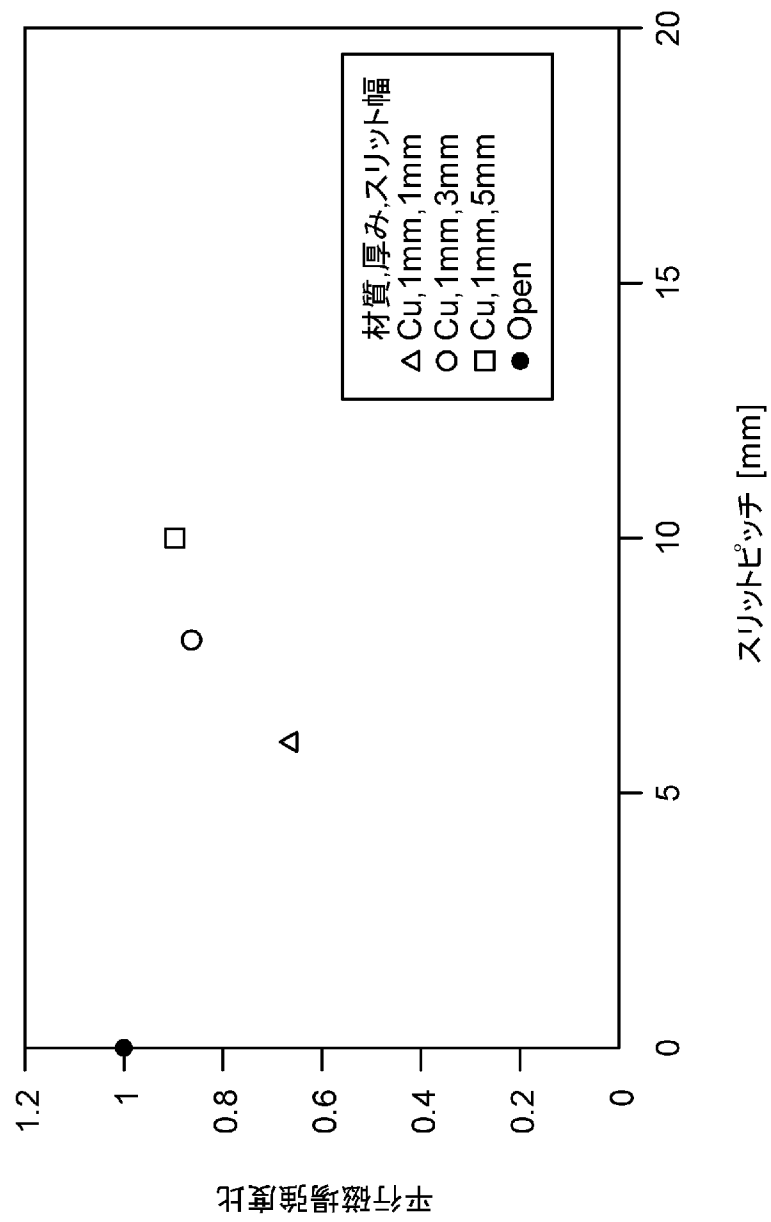
[図10]



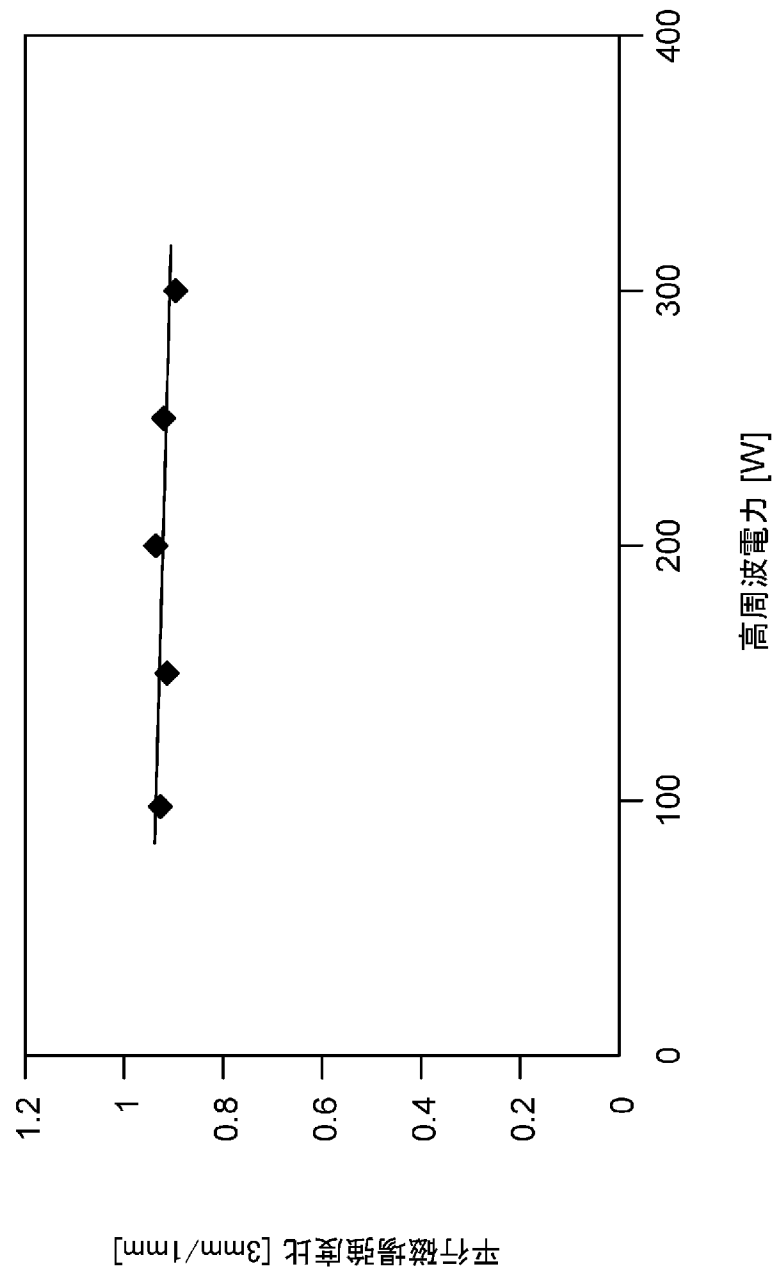
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/011829

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H05H1/46 (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)

Int. Cl. H05H1/46, H01J37/32

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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	US 2014/0342568 A1 (LAM RESEARCH CORPORATION) 20	1-2, 6-10
Y	November 2014, fig. 1, 2, paragraphs [0044], [0048], [0056] & KR 10-2014-0135663 A & TW 201511160 A	3-5, 11-12
A	JP 10-55983 A (VARIAN ASSOCIATES, INC.) 24 February 1998, paragraphs [0028], [0030], [0031], [0046], fig. 3, 5, 6 & EP 801413 A1, column 6, line 52 to column 7, line 5, column 7, line 31 to column 8, line 7, column 11, lines 21-38, fig. 3, 5, 6	1-12
Y	US 2018/0374685 A1 (APPLIED MATERIALS INC.) 27 December 2018, fig. 1, 3, 5, paragraphs [0044], [0061] & WO 2018/237113 A1	3-5, 11-12



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

09.04.2019

Date of mailing of the international search report

23.04.2019

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/011829

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4795879 A (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY) 03 January 1989, fig. 1, 2, column 3, lines 18-45 (Family: none)	4-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. 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（IPC））

Int.Cl. H05H1/46, H01J37/32

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 Y	US 2014/0342568 A1 (LAM RESEARCH CORPORATION) 2014.11.20, 図1, 2; 段落0044, 0048, 0056 & KR 10-2014-0135663 A & TW 201511160 A	1-2, 6-10 3-5, 11-12
A	JP 10-55983 A (バリアン・アソシエイツ・インコーポレイテッド) 1998.02.24, 段落0028, 0030-0031, 0046; 図3, 5, 6 & EP 801413 A1, 6欄52行-7欄5行, 7欄31行-8欄7行, 11欄21-38行; 図3, 5, 6	1-12

☒ 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

09.04.2019

国際調査報告の発送日

23.04.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

右▲高▼ 孝幸

2G

9808

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

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	US 2018/0374685 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.) 2018.12.27, 図 1, 3, 5; 段落 0044, 0061 & WO 2018/237113 A1	3-5, 11-12
Y	US 4795879 A (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY) 1989.01.03, 図 1, 2; 3 欄 18-45 行 (ファミリーなし)	4-5