

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

the surface of the upper electrode, and includes an electrode plate having a mesh structure. The electrode plate having the mesh structure is configured to allow communication between an inner region and outer region of the plasma supply unit provided by the lower electrode part. The plasma supply unit and the voltage adjustment unit are configured to lower a sheath voltage of a sheath region formed on the lower electrode part during the generation of plasma in the plasma supply unit.

(57) 要約: リモートプラズマ源がプラズマによって受け得る影響を低減する一つの例示的实施形態においてプラズマ処理装置が提供される。プラズマ供給部は上部電極及び下部電極部を含み処理容器にラジカルのみ、又はラジカル及び一部のイオンを供給するように構成され、上部電極は高周波電源から高周波電圧が印加されるように構成され、電圧調整部は上部電圧の電圧の調整に用いられ、下部電極部は上部電極に対向するように設けられ上部電極の表面に沿って拡がっておりメッシュ構造の電極板を含み、メッシュ構造の電極板は下部電極部によって提供されるプラズマ供給部の内領域及び外領域を連通するように構成され、プラズマ供給部及び電圧調整部はプラズマ供給部におけるプラズマの生成中に下部電極部上に形成されるシース領域のシース電圧を下げるように構成される。

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本開示の例示的实施形態は、プラズマ処理装置に関するものである。

背景技術

[0002] 半導体ウエハ等の基板に対する処理としてプラズマ処理が多用されている。プラズマ処理にはプラズマ処理装置が用いられ、例えばリモートプラズマ源によってプラズマが提供され得る。特許文献1～4には、リモートプラズマ源を有するプラズマ処理装置に係る技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2020-155387号公報

特許文献2：特開2008-172168号公報

特許文献3：特開2007-103944号公報

特許文献4：特開2022-018062号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示は、リモートプラズマ源がプラズマによって受け得る影響を低減する技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、処理容器と、高周波電源とプラズマ供給部とガス供給部と電圧調整部とを備え得る。プラズマ供給部は、上部電極及び下部電極部を含み、処理容器にラジカルのみ、又はラジカル及び一部のイオンを供給するように構成され得る。上部電極は、高周波電源に電氣的に接続され高周波電源から高周波電圧が印加されるように構成され得る。下部電極部は、上部電極に対向するように設けられ得る。ガス供給部は、プラズマ供給部におけるプラ

ズマの生成に用いる処理ガスをプラズマ供給部に供給するように構成され得る。電圧調整部は、上部電極の電圧の調整に用いられ得る。上部電極及び下部電極部によって提供される空間は、ガス供給部によって処理ガスが供給されるように構成され得る。下部電極部は、上部電極の表面に沿って拡がっており、メッシュ構造の電極板を含み得る。メッシュ構造の電極板は、下部電極部によって提供されるプラズマ供給部の内領域及び外領域を連通するように構成され得る。プラズマ供給部及び電圧調整部は、プラズマ供給部におけるプラズマの生成中に下部電極部上に形成されるシース領域のシース電圧を下げるように構成され得る。

発明の効果

[0006] 一つの例示的实施形態によれば、リモートプラズマ源がプラズマによって受け得る影響を低減するための技術が提供される。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を示す図である。

[図2]図1に示す電圧調整部を含まないプラズマ処理装置のプラズマ供給部の内領域において生じ得る電位を例示する図である。

[図3]プラズマ供給部の内領域において生じ得る図2に示す電位を発生させる上部電極の電位を示す図である。

[図4]図1に示すプラズマ供給部及び電圧調整部の一実施例を示す図である。

[図5]図1に示すプラズマ供給部及び電圧調整部の一実施例を示す図である。

[図6]図4及び図5に示す電圧調整部に電氣的に接続されたプラズマ供給部の内領域において生じ得る電位を例示する図である。

[図7]プラズマ供給部の内領域において生じ得る図6に示す電位を発生させる上部電極の電位を示す図である。

[図8]図1に示すプラズマ供給部及び電圧調整部の一実施例を示す図である。

[図9]図8に示すフィルタ回路を例示する図である。

[図10]図8に示す電圧調整部に電氣的に接続されたプラズマ供給部の内領域において生じ得る電位を例示する図である。

[図11]プラズマ供給部の内領域において生じ得る図10に示す電位を発生させる上部電極の電位を示す図である。

[図12]図1に示すプラズマ供給部及び電圧調整部の一実施例を示す図である。

[図13]図1に示すプラズマ供給部及び電圧調整部の一実施例を示す図である。

[図14]図12及び図13に示す電圧調整部に電氣的に接続されたプラズマ供給部の内領域において生じ得る電位を例示する図である。

[図15]プラズマ供給部の内領域において生じ得る図14に示す電位を発生させる上部電極の電位を示す図である。

[図16]図1に示すプラズマ供給部及び電圧調整部の一実施例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、種々の例示的实施形態について説明する。

[0009] プラズマを生成しプロセス空間にラジカルのみ、又はラジカル及び一部のイオンを供給するプラズマ供給部がリモートプラズマ源の場合を考える。この場合、プラズマ供給部10の内領域ではプラズマが生成され、プラズマ供給部の外領域ではラジカルのみ、又はラジカル及び一部のイオンによるプロセス処理が行われる。プラズマ供給部の内領域及び外領域の画定に（両領域を仕切る手段として）、両領域を貫通しプラズマ中のラジカルの通過を可能とするメッシュ構造が用いられる場合があり得る。更に、容量結合型のプラズマ処理装置にこのようなメッシュ構造が用いられる場合があり得る。この場合、プラズマ中のイオンの衝突によってメッシュにダメージが生じ、メッシュが加熱されて、メッシュ構造自体の欠損や、欠損によって生じるパーティクルがプラズマ供給部の外領域に漏出する現象が生じ得る。

[0010] 一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、処理容器と、高周波電源とプラズマ供給部とガス供給部と電圧調整部とを備え得る。プラズマ供給部は、上部電極及び下部電極部を含み

、処理容器にラジカルのみ、又ははラジカル及び一部のイオンを供給するように構成され得る。上部電極は、高周波電源に電氣的に接続され高周波電源から高周波電圧が印加されるように構成され得る。下部電極部は、上部電極に対向するように設けられ得る。ガス供給部は、プラズマ供給部におけるプラズマの生成に用いる処理ガスをプラズマ供給部に供給するように構成され得る。電圧調整部は、上部電極の電圧の調整に用いられ得る。上部電極及び下部電極部によって提供される空間は、ガス供給部によって処理ガスが供給されるように構成され得る。下部電極部は、上部電極の表面に沿って拡がり、メッシュ構造の電極板を含み得る。メッシュ構造の電極板は、下部電極部によって提供されるプラズマ供給部の内領域及び外領域を連通するように構成され得る。プラズマ供給部及び電圧調整部は、プラズマ供給部におけるプラズマの生成中に下部電極部上に形成されるシース領域のシース電圧を下げるように構成され得る。

[0011] このように、プラズマ供給部や電圧調整部によって、プラズマの生成中にメッシュ構造の電極を含む下部電極部上に形成されるシース領域のシース電圧が低減され得る。したがって、下部電極部へのダメージ及び加熱が低減され、メッシュ構造自体の欠損や、欠損によって生じるパーティクルがプラズマ供給部の外領域に漏出する現象が抑制され得る。

[0012] 一つの例示的实施形態において、電圧調整部は、ダイオードを含み得る。ダイオードのアノードは、上部電極に電氣的に接続され得る。ダイオードのカソードは、下部電極部と共にグラウンドに電氣的に接続され得る。

[0013] 一つの例示的实施形態において、電圧調整部は、スイッチ回路を含み得る。下部電極部は、グラウンドに電氣的に接続され得る。スイッチ回路は、下部電極部及び上部電極の間に電氣的に接続され、高周波電源によって上部電極に印加される高周波電圧の正電圧成分を抑制するように構成され得る。

[0014] 一つの例示的实施形態において、電圧調整部は、ダイオード、フィルタ回路、及び直流電源を含み得る。ダイオードのアノードは、上部電極に電氣的に接続され得る。フィルタ回路は、第1のキャパシタ、第2のキャパシタ、

第3のキャパシタ、及びインダクタを含み得る。インダクタ及び第2のキャパシタは、ダイオード及び直流電源の間において電氣的に並列接続され得る。ダイオードのカソードは、インダクタ及び第2のキャパシタを介して直流電源のマイナス端子に電氣的に接続され得る。ダイオードのカソードは、第1のキャパシタを介してグラウンドに電氣的に接続され得る。直流電源のマイナス端子は、第3のキャパシタを介してグラウンドに電氣的に接続され得る。直流電源のプラス端子は、下部電極部及びグラウンドに電氣的に接続され得る。

[0015] 一つの例示的实施形態において、上部電極及び下部電極部の間に延びるプラズマ供給部の側壁に設けられ、グラウンドに電氣的に接続された電極を更に備え得る。電圧調整部は、電極をグラウンドに電氣的に接続するように構成され得る。下部電極部は、電氣的にフローティング状態となるように構成され得る。

[0016] 一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置は、上部電極及び下部電極部の間に延びるプラズマ供給部の側壁に設けられ、LC直列共振回路を介してグラウンドに電氣的に接続された電極を更に備え得る。電圧調整部は、LC直列共振回路を含み得る。下部電極部は、電氣的にフローティング状態となるように構成され得る。

[0017] 一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置は、上部電極及び下部電極部の間に延びるプラズマ供給部の側壁に設けられ、グラウンドに電氣的に接続された電極を更に備え得る。下部電極部は、それぞれメッシュ構造を有し互いに平行に延びる第1の電極板及び第2の電極板を含み得る。第1の電極板は、第2の電極板及び上部電極の間に配置され、電氣的にフローティング状態となるように構成され得る。第2の電極板は、グラウンドに電氣的に接続され得る。電圧調整部は、電極及び第2の電極板をグラウンドに電氣的に接続するように構成され得る。

[0018] 以下、図面を参照して種々の例示的实施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附することと

する。

[0019] 図1は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す断面図である。プラズマ処理装置100は、基板Wを含むプロセス空間に対してラジカル処理を行うものであり、容量結合プラズマを用いたリモートプラズマ処理装置として構成されている。基板Wとしては、例えば半導体ウエハを挙げることができるが、これに限定されない。

[0020] プラズマ処理装置100は、略円筒状の金属製の処理容器1を有している。処理容器1は、グラウンドに電氣的に接続（接地）されている。処理容器1の内部には、基板Wを水平に載置するための基板載置台2が設けられている。

[0021] 基板載置台2には、プラズマ処理に応じて、加熱機構または冷却機構を有していてもよい。基板載置台2には、その上面に対し突没可能に複数の昇降ピン（図示せず）が挿通されており、昇降機構（図示せず）による複数の昇降ピンの昇降動作により、基板載置台2に対する基板Wの授受が行われるようになっている。

[0022] プラズマ処理装置100は、ガス供給部20を備える。ガス供給部20は、プラズマ供給部10におけるプラズマの生成に用いる処理ガスをプラズマ供給部10に供給するように構成されている。

[0023] ガス供給部20は、プラズマ処理に必要な処理ガス、プラズマ生成ガス、パージガス等の複数のガスを供給し得る。処理ガスとしては、実施されるプラズマ処理に応じて適切なものが選択され得る。ガス供給部20は、複数のガス供給源およびガス供給配管を有し、ガス供給配管には、バルブ類およびマスフローコントローラのような流量制御器が設けられている。

[0024] 処理容器1の底壁には排気口41が設けられており、排気口41には排気管42を介して排気装置43が接続されている。排気装置43は、自動圧力制御バルブ及び真空ポンプを含み、排気装置43によって処理容器1内を排気するとともに、処理容器1内を所望の真空度に保持できるように構成されている。

- [0025] ガス供給部20のバルブ類及び流量制御器、並びに高周波電源30等のプラズマ処理装置100の各部は、制御部50によって制御され得る。制御部50は、CPUを有する主制御部と、入力装置、出力装置、表示装置、および記憶装置とを有し得る。記憶装置の記憶媒体に記憶された処理レシピに基づいてプラズマ処理装置100の処理が制御され得る。
- [0026] なお、図示していないが、処理容器1の側壁には、処理容器1に対して基板Wを搬入出するための搬入出口が設けられており、この搬入出口はゲートバルブで開閉するように構成され得る。
- [0027] 処理容器1の上部には、開口が形成されており、開口には絶縁部材9を介してプラズマ供給部10が基板載置台2に対向するように嵌め込まれている。プラズマ供給部10は、処理容器1にプラズマを供給するように構成されている。プラズマ供給部10は、上部電極10a及び下部電極部10cを含んでいる。
- [0028] 上部電極10aは、高周波電源30に電氣的に接続され高周波電源30から高周波電圧が印加されるように構成されている。下部電極部10cは、上部電極10aに対向するように設けられている。高周波電源30は、10kHz〜60MHzの高周波電圧を上部電極10aに印加し得る。給電ライン31の高周波電源30下流側には整合器32が接続されている。整合器32は高周波電源30の内部（または出力）インピーダンスに負荷インピーダンスを整合させるものである。
- [0029] 下部電極部10cは、上部電極10aの表面に沿って拡がっている。下部電極部10cは、電極板10c1を含む。電極板10c1は、下部電極部10cによって提供されるプラズマ供給部10の内領域（プラズマが生成される領域）及び外領域（プラズマによる基板Wへのプロセス処理が行われる領域）を連通するように構成されたメッシュ構造を有する。上部電極10a及び下部電極部10cによって提供される空間は、ガス供給部20によって処理ガスが供給されるように構成され得る。プラズマ供給部10は、この処理ガスからプラズマを生成し、プラズマに含まれる電氣的に中性なラジカルを

メッシュ構造の下部電極部 10c を介して処理容器 1 内に供給するように構成されている。

[0030] プラズマ供給部 10 において生成されるプラズマ中のイオンは下部電極部 10c 上のシース領域 MS のシース電圧（プラズマの電位及び下部電極部 10c の電位の差分）で下部電極部 10c に向けて加速され得る。プラズマ中のイオンは、下部電極部 10c に含まれるメッシュ構造の電極板に衝突し得る。このため、下部電極部 10c は、このメッシュ構造によって、プラズマ供給部 10 の外領域へのイオンの供給を抑制するとともに、プラズマ中のラジカルをプラズマ供給部 10 の外領域に供給する（流入させ得る）。

[0031] プラズマ処理装置 100 は、電圧調整部 33 を備える。電圧調整部 33 は、上部電極 10a の電圧の調整に用いられる。電圧調整部 33、又はプラズマ供給部 10 及び電圧調整部 33（図 4、5、8、12、13、16 のそれぞれに示す構成）は、プラズマ供給部 10 におけるプラズマの生成中に下部電極部 10c 上に形成されるシース領域 MS の電圧を下げるように構成されている。このように、電圧調整部 33、又は電圧調整部 33 及びプラズマ供給部 10 によって、プラズマの生成中にメッシュ構造の電極を含む下部電極部 10c 上に形成されるシース領域 MS のシース電圧が低減され得る。したがって、下部電極部 10c へのダメージ及び加熱が低減され、メッシュ構造自体の欠損や、欠損によって生じるパーティクルがプラズマ供給部 10 の外領域に漏出する現象が抑制され得る。尚、プラズマ供給部 10 から処理容器 1 の内側に供給するものをラジカルとして説明したが、基板 W のプロセス処理を向上する目的で、プラズマ供給部 10 はプラズマ中のイオンの一部をラジカルと共に処理容器 1 の内側に供給しても良い。

[0032] 図 2 は、電圧調整部 33 が設けられていないプラズマ処理装置 100 に含まれるプラズマ供給部 10 の内領域において生じ得る電位を例示する図である。図 3 は、プラズマ供給部 10 の内領域において生じ得る図 2 に示す電位を発生させる上部電極 10a の電位を示す図である。図 2 及び図 3 を参照して、電圧調整部 33 が設けられていないプラズマ処理装置 100 において、

高周波電源 30 によってグラフ G 1 b に示す波形の高周波電圧が下部電極部 10 c に印加される場合に生じ得るシース領域 MS のシース電圧を考える。この場合、上部電極 10 a には高周波電源 30 から高周波電圧が印加され、下部電極部 10 c はグラウンドに電氣的に接続されている。

[0033] 図 2 のグラフ G 1 a の横軸は、上部電極 10 a 及び下部電極部 10 c の間の空間（プラズマ供給部 10 の内領域という）の位置（Position）を表しており、横軸の左側は下部電極部 10 c に対応し、横軸の右側は上部電極 10 a に対応している。グラフ G 1 a の縦軸は、内領域で生じ得る電位（Potential）を表している。図 3 のグラフ G 1 b の横軸は、時間（Time）を表しており、グラフ G 1 b の縦軸は、下部電極部 10 c に印加される高周波電圧の電圧（Voltage）を表している。図 6 のグラフ G 2 a 及び図 7 のグラフ G 2 b の横軸及び縦軸は、図 2 のグラフ G 1 a 及び図 3 のグラフ G 1 b の横軸及び縦軸と同様である。更に、図 10 のグラフ G 3 a 及び図 11 のグラフ G 3 b の横軸及び縦軸も、図 2 のグラフ G 1 a 及び図 3 のグラフ G 1 b の横軸及び縦軸と同様である。更に、図 14 のグラフ G 4 a 及び図 15 のグラフ G 4 b の横軸及び縦軸も、図 2 のグラフ G 1 a 及び図 3 のグラフ G 1 b の横軸及び縦軸と同様である。

[0034] プラズマ供給部 10 の内領域では、グラフ G 1 a に示す折線 K 1 a、折線 K 1 b、及び折線 K 1 c のそれぞれによって表される電位（Potential）が生じ得る。折線 K 1 a は、上部電極 10 a に印加されるグラフ G 1 b のポイント P 1 a に示す高周波電圧の正のピーク（最大値）に応じたプラズマ供給部 10 の内領域の電位を表している。グラフ G 1 b の折線 K 1 b は、上部電極 10 a に印加されるポイント P 1 b に示す高周波電圧の負のピーク（最小値）に応じたプラズマ供給部 10 の内領域の電位を表している。グラフ G 1 b の折線 K 1 c は、上部電極 10 a に印加されるポイント P 1 c に示す高周波電圧のゼロ値に応じたプラズマ供給部 10 の内領域の電位を表している。

[0035] 高周波電圧の正のピーク（ポイント P 1 a）に対応した内領域に生じ得る電位（折線 K 1 a）のうち、シース領域 MS のシース電圧は、下部電極部 1

0 c に向けたプラズマ中のイオンの最大加速電圧 M A V に対応している。プラズマ供給部 1 0 の内領域における上部電極 1 0 a 下には、シース領域 S S が形成される。

[0036] 一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置 1 0 0 のプラズマ供給部 1 0 及び電圧調整部 3 3 が図 4 及び図 5 に示されている。

[0037] 図 4 に示す電圧調整部 3 3 は、高周波電源 3 0 によって上部電極 1 0 a に印加される高周波電圧の正電圧成分を抑制するように構成されている。ダイオード 3 3 a を含む。ダイオード 3 3 a のアノードは、上部電極 1 0 a に電氣的に接続されている。ダイオード 3 3 a のカソードは、下部電極部 1 0 c と共にグランドに電氣的に接続されている。

[0038] 図 5 に示す電圧調整部 3 3 も、高周波電源 3 0 によって上部電極 1 0 a に印加される高周波電圧の正電圧成分を抑制するように構成されている。図 5 に示す電圧調整部 3 3 は、スイッチ回路 3 3 b を含む。図 5 に示す下部電極部 1 0 c は、グランドに電氣的に接続されている。スイッチ回路 3 3 b は、下部電極部 1 0 c 及び上部電極 1 0 a の間に電氣的に接続されている。

[0039] このような図 4 又は図 5 に示す下部電極部 1 0 c 及び電圧調整部 3 3 が設けられているプラズマ処理装置 1 0 0 において、図 6 のグラフ G 2 a に示す最大加速電圧 M A V (シース領域 M S のシース電圧) は、図 2 のグラフ G 1 a に示す最大加速電圧 M A V よりも低い。このため、下部電極部 1 0 c に向けたプラズマ中のイオンの加速が、電圧調整部 3 3 が設けられていない場合よりも低減され、下部電極部 1 0 c が受け得るイオン衝突によるダメージも低減され得る。図 4 及び図 5 に示す下部電極部 1 0 c は、メッシュ構造の一枚の電極板 1 0 c 1 によって構成されている。

[0040] 図 6 は、図 4 及び図 5 に示すプラズマ供給部 1 0 の内領域において生じ得る電位を例示する図である。図 7 は、プラズマ供給部 1 0 の内領域において生じ得る図 6 に示す電位を発生させる上部電極 1 0 a の電位を示す図である。図 6 及び図 7 において、上部電極 1 0 a に印加されるグラフ G 2 b のポイント P 2 a に示す高周波電圧のピーク (最大値) に対応したプラズマ供給部

10の内領域に生じ得る電位は、グラフG2aの折線K2aによって表される。上部電極10aに印加されるグラフG2bのポイントP2bに示す高周波電圧のピーク（最小値）に対応したプラズマ供給部10の内領域に生じ得る電位は、グラフG2aの折線K2bによって表される。このように図4及び図5に示す電圧調整部33によって、高周波電源30から出力される高周波電圧の正電圧成分が抑制された図7に示すグラフG2bの波形の電圧が上部電極10aに印加される。高周波電圧の正電圧成分が抑制されるので、シース領域MSのシース電圧に対応する最大加速電圧MAVは、電圧調整部33が設けられていない場合の図2のグラフG1aに示す最大加速電圧MAVに比較して抑制される。よって、下部電極部10cが受け得るイオン衝突によるダメージも抑制され得る。

[0041] 一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置100のプラズマ供給部10及び電圧調整部33が図8及び図9に示されている。

[0042] 図8に示す電圧調整部33は、高周波電源30によって上部電極10aに印加される高周波電圧の正電圧成分を抑制するように構成されている。図8に示す電圧調整部33は、ダイオード33a、フィルタ回路33c、及び直流電源33dを含む。ダイオード33aのアノードは、上部電極10aに電氣的に接続されている。

[0043] フィルタ回路33cは、図9に示すように、キャパシタ33c1、キャパシタ33c2、キャパシタ33c4、及びインダクタ33c3を含む。インダクタ33c3及びキャパシタ33c2は、ダイオード33a及び直流電源33dの間において電氣的に並列接続されている。ダイオード33aのカソードは、インダクタ33c3及びキャパシタ33c2を介して直流電源33dのマイナス端子に電氣的に接続されている。ダイオード33aのカソードは、キャパシタ33c1を介してグラウンドに電氣的に接続されている。直流電源33dのマイナス端子は、キャパシタ33c4を介してグラウンドに電氣的に接続されている。直流電源33dのプラス端子は、下部電極部10c及びグラウンドに電氣的に接続されている。

[0044] このような図8及び図9に示す下部電極部10c及び電圧調整部33が設けられているプラズマ処理装置100において図10のグラフG3aに示す最大加速電圧MAV（シース領域MSのシース電圧）は、図2のグラフG1aに示す最大加速電圧MAVよりも低い。このため、下部電極部10cに向けたプラズマ中のイオンの加速が、電圧調整部33が設けられていない場合よりも低減され、下部電極部10cが受け得るイオン衝突によるダメージも低減され得る。図8に示す下部電極部10cは、メッシュ構造の一枚の電極板10c1によって構成されている。

[0045] 図10は、図8及び図9に示すプラズマ供給部10の内領域において生じ得る電位を例示する図である。図11は、プラズマ供給部10の内領域において生じ得る図10に示す電位を発生させる上部電極10aの電位を示す図である。図10及び図11において、上部電極10aに印加されるグラフG3bのポイントP3aに示す高周波電圧のピーク（最大値）に対応したプラズマ供給部10の内領域に生じ得る電位は、グラフG3aの折線K3aによって表される。上部電極10aに印加されるグラフG3bのポイントP3bに示す高周波電圧のピーク（最小値）に対応したプラズマ供給部10の内領域に生じ得る電位は、グラフG3aの折線K3bによって表される。このように図8及び図9に示す電圧調整部33によって、高周波電源30から出力される高周波電圧の正電圧成分が十分に抑制された図11に示すグラフG3bの波形の電圧が、上部電極10aに印加される。したがって、シース領域MSのシース電圧に対応する最大加速電圧MAVは、電圧調整部33が設けられていない場合の図2のグラフG1aに示す最大加速電圧MAVに比較して抑制される。よって、下部電極部10cが受け得るイオン衝突によるダメージも抑制され得る。

[0046] 一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置100のプラズマ供給部10及び電圧調整部33が図12及び図13に示されている。

[0047] 図12に示すプラズマ供給部10を有するプラズマ処理装置100は、電極10dを更に含む。この電極10dは、上部電極10a及び下部電極部1

0 c の間に延びるプラズマ供給部 1 0 の側壁 1 0 b に設けられている。電極 1 0 d は、グランド（電圧調整部 3 3）に電氣的に接続されている。図 1 2 に示す電圧調整部 3 3 は、電極 1 0 d をグランドに電氣的に接続するように構成されている。図 1 2 に示す下部電極部 1 0 c は、電氣的にフローティング状態となるように構成されている。このように、下部電極部 1 0 c が電氣的にフローティング状態となっている。従って、下部電極部 1 0 c の電位はプラズマ電位に対し追従して変化し得るため、シース電圧に対応する最大加速電圧 MAV は低い状態を維持する。このため、シース領域 MS のシース電圧に対応する最大加速電圧 MAV は、電圧調整部 3 3 が設けられていない場合の図 2 のグラフ $G1a$ に示す最大加速電圧 MAV に比較して抑制され得る。従って、下部電極部 1 0 c が受けるイオン衝突によるダメージも十分に低減され得る。

[0048] 図 1 3 に示すプラズマ供給部 1 0 を有するプラズマ処理装置 1 0 0 は、電極 1 0 d を更に含む。電極 1 0 d は、上部電極 1 0 a 及び下部電極部 1 0 c の間に延びるプラズマ供給部 1 0 の側壁 1 0 b に設けられている。図 1 3 に示す電圧調整部 3 3 は、 LC 直列共振回路 3 3 e を含む。電圧調整部 3 3 は、電極 1 0 d を LC 直列共振回路 3 3 e を介してグランドに電氣的に接続するように構成されている。電極 1 0 d は、 LC 直列共振回路 3 3 e を介してグランドに電氣的に接続されている。図 1 3 に示す下部電極部 1 0 c は、電氣的にフローティング状態となるように構成されている。このように、下部電極部 1 0 c が電氣的にフローティング状態となっている。従って、下部電極部 1 0 c の電位はプラズマ電位に対し追従して変化し得るため、シース電圧に対応する最大加速電圧 MAV は低い状態を維持する。このため、シース領域 MS のシース電圧に対応する最大加速電圧 MAV は、電圧調整部 3 3 が設けられていない場合の図 2 のグラフ $G1a$ に示す最大加速電圧 MAV に比較して抑制され得る。従って、下部電極部 1 0 c が受けるイオン衝突によるダメージも十分に低減され得る。

[0049] このような図 1 2 又は図 1 3 に示す下部電極部 1 0 c 及び電圧調整部 3 3

が設けられているプラズマ処理装置100において図14のグラフG4aに示す最大加速電圧MAVは、図2のグラフG1aに示す最大加速電圧MAVよりも低い。このため、下部電極部10cに向けたプラズマ中のイオンの加速が、電圧調整部33が設けられていない場合よりも低減され、下部電極部10cが受け得るイオン衝突によるダメージも低減され得る。図12及び図13に示す下部電極部10cは、メッシュ構造の一枚の電極板10c1によって構成されている。

[0050] 図14は、図12及び図13に示すプラズマ供給部10の内領域において生じ得る電位を例示する図である。図15は、プラズマ供給部10の内領域において生じ得る図14に示す電位を発生させる上部電極10aの電位を示す図である。図14及び図15において、上部電極10aに印加されるグラフG4bのポイントP4aに示す高周波電圧のピーク（最大値）に対応したプラズマ供給部10の内領域に生じ得る電位は、グラフG4aの折線K4aによって表される。上部電極10aに印加されるポイントP4bに示す高周波電圧のピーク（最小値）に対応したプラズマ供給部10の内領域に生じ得る電位は、グラフG4aの折線K4bによって表される。上部電極10aに印加されるポイントP4cに示す高周波電圧のゼロ値に対応したプラズマ供給部10の内領域に生じ得る電位は、グラフG4aの折線K4cによって表される。このような図14のグラフG4a及び図15のグラフG4bに示されるように、図12及び図13に示す下部電極部10cが電氣的にフローティング状態となっているので、下部電極部10cの電位は、プラズマ電位の変動に追従して変化し得る。このため、シース領域MSのシース電圧に対応する最大加速電圧MAVは、電圧調整部33が設けられていない場合の図2のグラフG1aに示す最大加速電圧MAVに比較して抑制される。よって、下部電極部10cが受け得るイオン衝突によるダメージも抑制され得る。

[0051] 一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置100のプラズマ供給部10及び電圧調整部33が図16に示されている。

[0052] 図16に示すプラズマ供給部10は、図12に示すプラズマ供給部10の

構成に対して追加的に電極板 10c2 が更に設けられている。すなわち、下部電極部 10c は、それぞれメッシュ構造を有し互いに平行に延びる電極板 10c1 及び電極板 10c2 を含む。電極板 10c1 は、上部電極 10a 及び電極板 10c2 の間に配置され、電氣的にフローティング状態となるように構成されている。電極板 10c2 は、グランド（電圧調整部 33）に電氣的に接続されている。図 16 に示す電圧調整部 33 は、電極 10d 及び電極板 10c2 をグランドに電氣的に接続するように構成されている。

[0053] このような図 16 に示す下部電極部 10c 及び電圧調整部 33 が設けられているプラズマ処理装置 100 における最大加速電圧 MAV （シース領域 MS のシース電圧）は、図 14 のグラフ $G4a$ に示す最大加速電圧 MAV と同様である。このため、下部電極部 10c に向けたプラズマ中のイオンの加速が、電圧調整部 33 が設けられていない場合よりも低減され、下部電極部 10c が受け得るイオン衝突によるダメージも低減され得る。すなわち、少なくとも図 12 の構成によって奏される効果と同様の効果が図 16 の構成によっても奏され得る。更に、図 16 の構成において電極板 10c2 が設けられていることによって、プラズマ中のイオンが電極板 10c1 から漏出した場合に、このイオンとグランドに接続された電極板 10c2 との間で電荷交換が行われ得る。これにより、プラズマ供給部 10 の外領域に漏出するプラズマ中のイオンのエネルギーがより低減され得る。このようにエネルギーが低減されてプラズマ供給部 10 の外領域に漏出したプラズマ中のイオンが基板 W 及び処理容器 1 の壁面に衝突する場合があります。この場合、イオンのエネルギーが低減されたことによって、イオンの衝撃による基板 W へのダメージや処理容器 1 内におけるパーティクルの発生が抑制され得る。

[0054] 以上、種々の例示的实施形態について説明してきたが、上述した例示的实施形態に限定されることなく、様々な追加、省略、置換、及び変更がなされてもよい。また、異なる実施形態における要素を組み合わせることで他の実施形態を形成することが可能である。

[0055] 以上の説明から、本開示の種々の実施形態は、説明の目的で本明細書で説

明されており、本開示の範囲及び主旨から逸脱することなく種々の変更をなし得ることが、理解されるであろう。したがって、本明細書に開示した種々の実施形態は限定することを意図しておらず、真の範囲と主旨は、添付の特許請求の範囲によって示される。

符号の説明

[0056] 1…処理容器、10…プラズマ供給部、10a…上部電極、10c…下部電極部、10c1…電極板、10c2…電極板、10d…電極、100…プラズマ処理装置、20…ガス供給部、30…高周波電源、33…電圧調整部、33a…ダイオード、33b…スイッチ回路、33c…フィルタ回路、33c1…キャパシタ、33c2…キャパシタ、33c3…インダクタ、33c4…キャパシタ、33d…直流電源、33e…LC直列共振回路。

請求の範囲

[請求項1]

処理容器と、
高周波電源と、

前記高周波電源に電氣的に接続され該高周波電源から高周波電圧が印加されるように構成された上部電極、及び該上部電極に対向するように設けられた下部電極部を含み、前記処理容器にラジカルのみ、又はラジカル及び一部のイオンを供給するように構成されたプラズマ供給部と、

前記プラズマ供給部におけるプラズマの生成に用いる処理ガスを該プラズマ供給部に供給するように構成されたガス供給部と、

前記上部電極の電圧の調整に用いられる電圧調整部と、
を備え、

前記上部電極及び前記下部電極部によって提供される空間は、前記ガス供給部によって前記処理ガスが供給されるように構成され、

前記下部電極部は、前記上部電極の表面に沿って拡がっており、該下部電極部によって提供される前記プラズマ供給部の内領域及び外領域を連通するように構成されたメッシュ構造の電極板を含み、

前記プラズマ供給部及び前記電圧調整部は、該プラズマ供給部におけるプラズマの生成中に前記下部電極部上に形成されるシース領域のシース電圧を下げるように構成されている、
プラズマ処理装置。

[請求項2]

前記電圧調整部は、ダイオードを含み、

前記ダイオードのアノードは、前記上部電極に電氣的に接続され、

前記ダイオードのカソードは、前記下部電極部と共にグラウンドに電氣的に接続されている、

請求項1に記載のプラズマ処理装置。

[請求項3]

前記電圧調整部は、スイッチ回路を含み、

前記下部電極部は、グラウンドに電氣的に接続され、

前記スイッチ回路は、前記下部電極部及び前記上部電極の間に電氣的に接続され、前記高周波電源によって前記上部電極に印加される高周波電圧の正電圧成分を抑制するように構成されている、
請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項4] 前記電圧調整部は、ダイオード、フィルタ回路、及び直流電源を含み、

前記ダイオードのアノードは、前記上部電極に電氣的に接続され、
前記フィルタ回路は、第 1 のキャパシタ、第 2 のキャパシタ、第 3 のキャパシタ、及びインダクタを含み、

前記インダクタ及び前記第 2 のキャパシタは、前記ダイオード及び前記直流電源の間において電氣的に並列接続され、

前記ダイオードのカソードは、前記インダクタ及び前記第 2 のキャパシタを介して前記直流電源のマイナス端子に電氣的に接続され、

前記ダイオードのカソードは、前記第 1 のキャパシタを介してグラウンドに電氣的に接続され、

前記直流電源のマイナス端子は、前記第 3 のキャパシタを介してグラウンドに電氣的に接続され、

前記直流電源のプラス端子は、前記下部電極部及びグラウンドに電氣的に接続されている、

請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] 前記上部電極及び前記下部電極部の間に延びるプラズマ供給部の側壁に設けられ、グラウンドに電氣的に接続された電極を更に備え、

前記電圧調整部は、前記電極をグラウンドに電氣的に接続するように構成され、

前記下部電極部は、電氣的にフローティング状態となるように構成されている、

請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項6] 前記上部電極及び前記下部電極部の間に延びるプラズマ供給部の側

壁に設けられ、L C直列共振回路を介してグラウンドに電氣的に接続された電極を更に備え、

前記下部電極部は、電氣的にフローティング状態となるように構成されている、

請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7]

前記上部電極及び前記下部電極部の間に延びるプラズマ供給部の側壁に設けられ、グラウンドに電氣的に接続された電極を更に備え、

前記下部電極部は、それぞれメッシュ構造を有し互いに平行に延びる第 1 の電極板及び第 2 の電極板を含み、

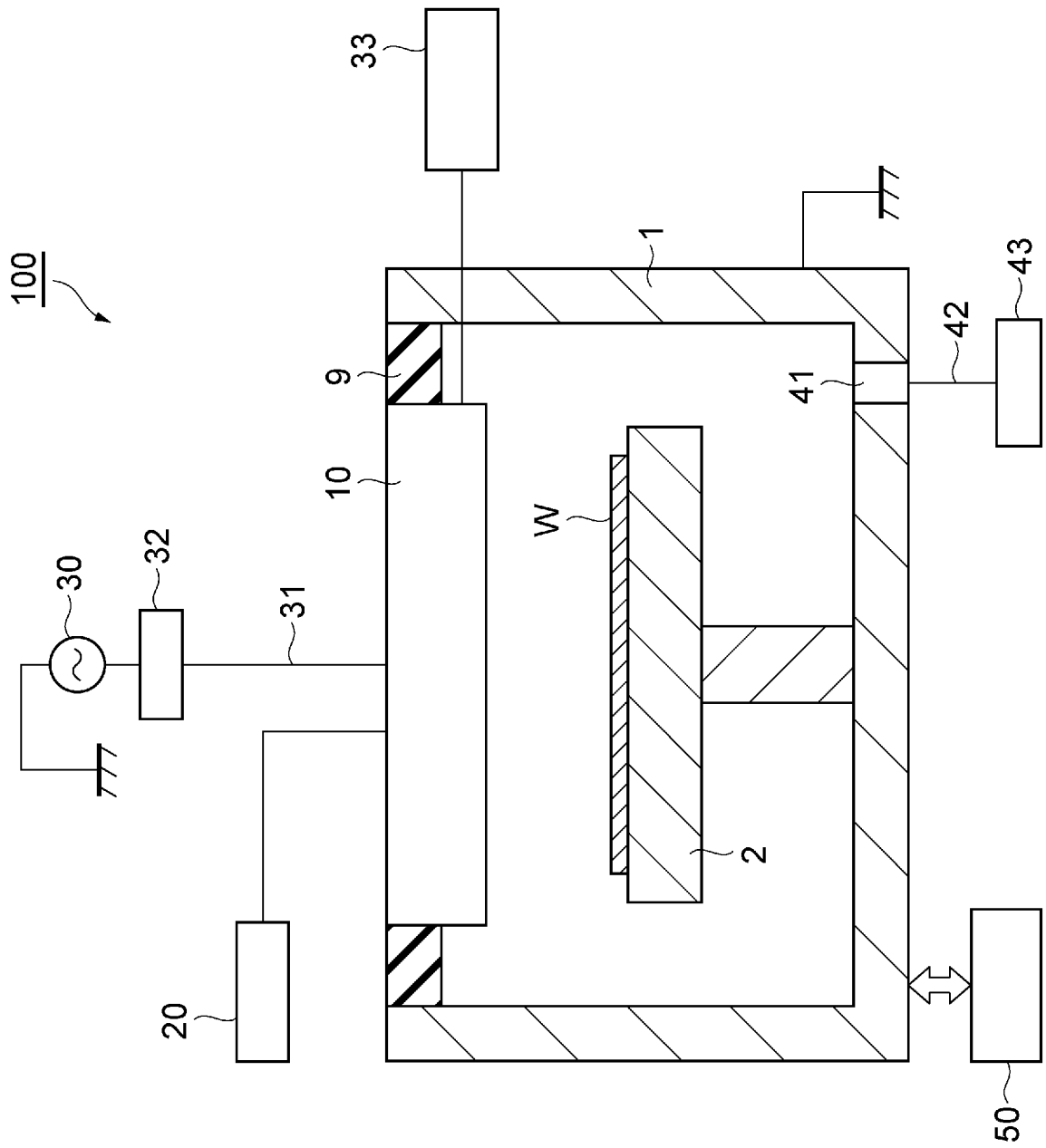
前記第 1 の電極板は、前記第 2 の電極板及び前記上部電極の間に配置され、電氣的にフローティング状態となるように構成され、

前記第 2 の電極板は、グラウンドに電氣的に接続され、

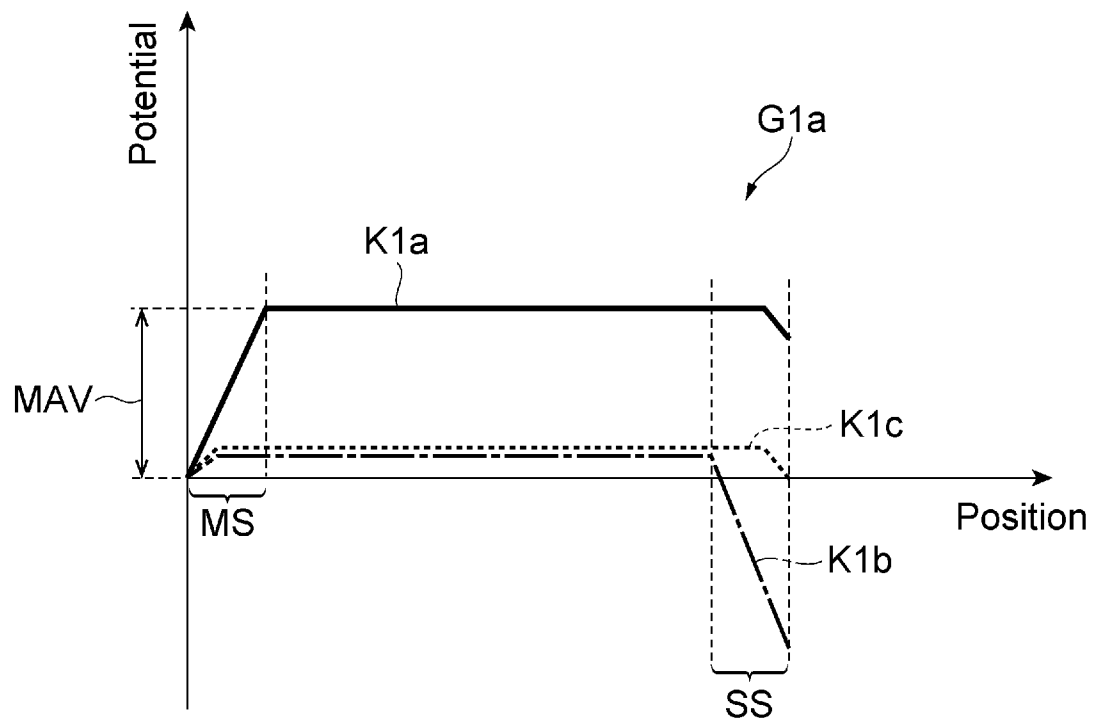
前記電圧調整部は、前記電極及び前記第 2 の電極板をグラウンドに電氣的に接続するように構成されている、

請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

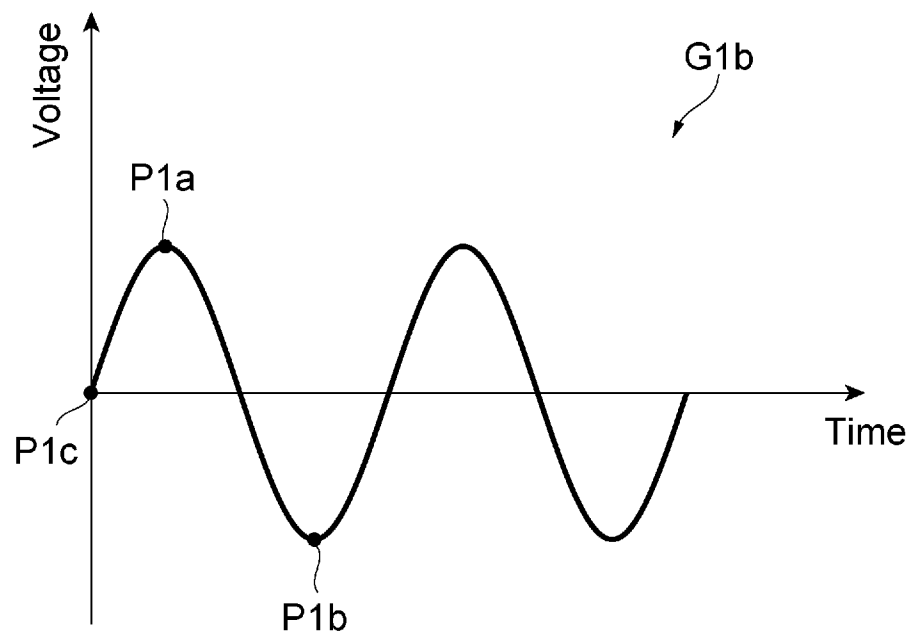
[図1]



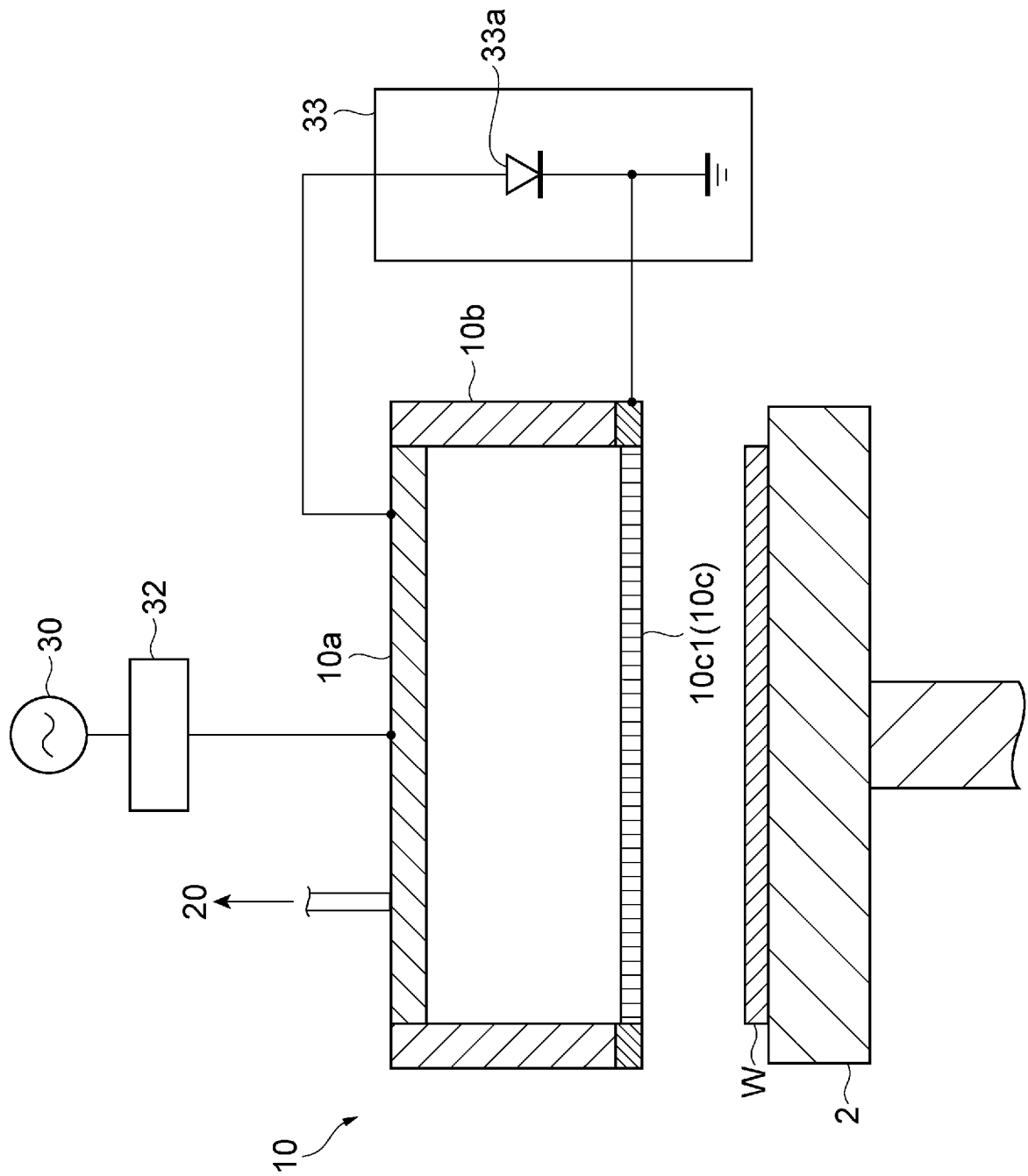
[図2]



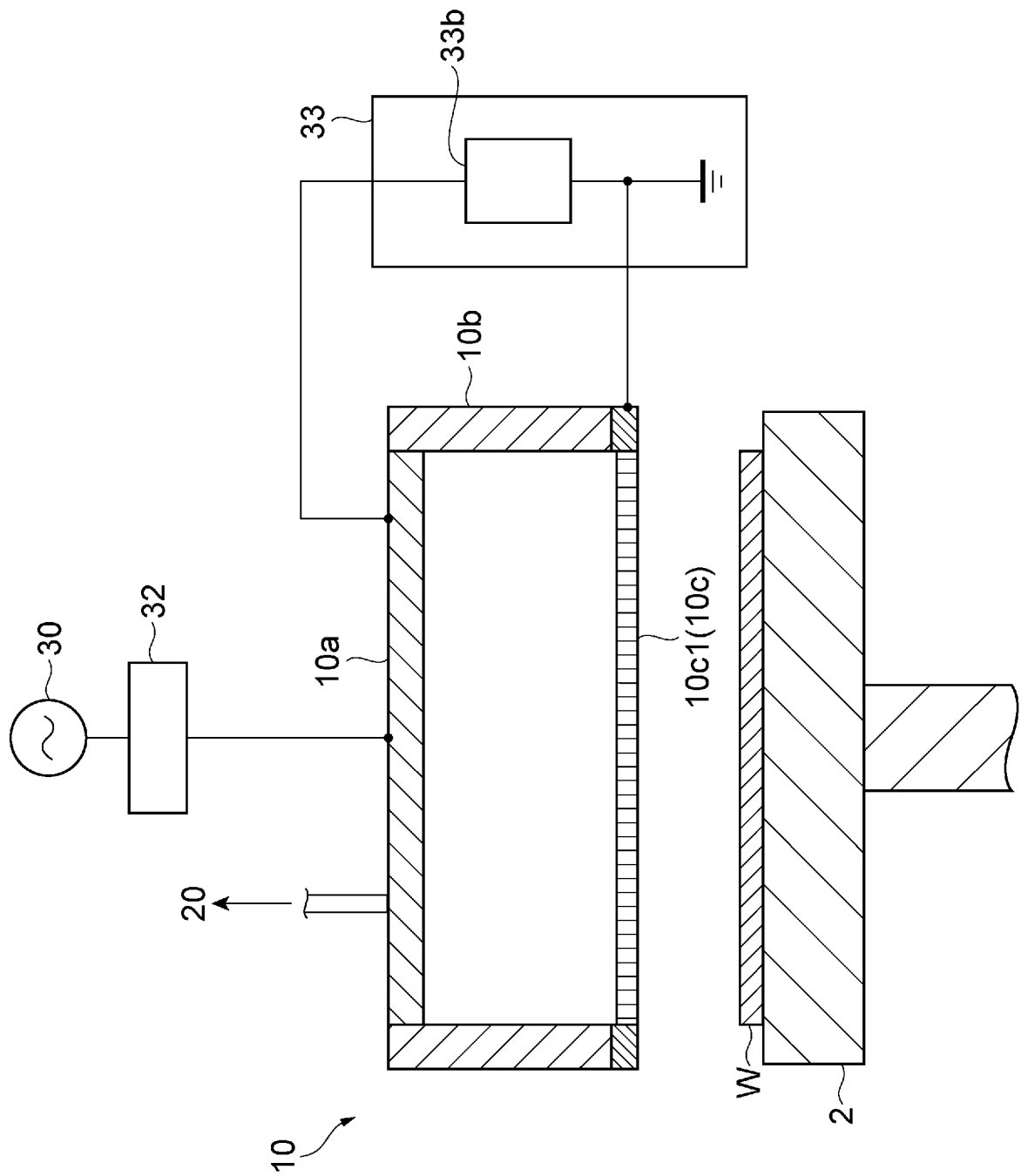
[図3]



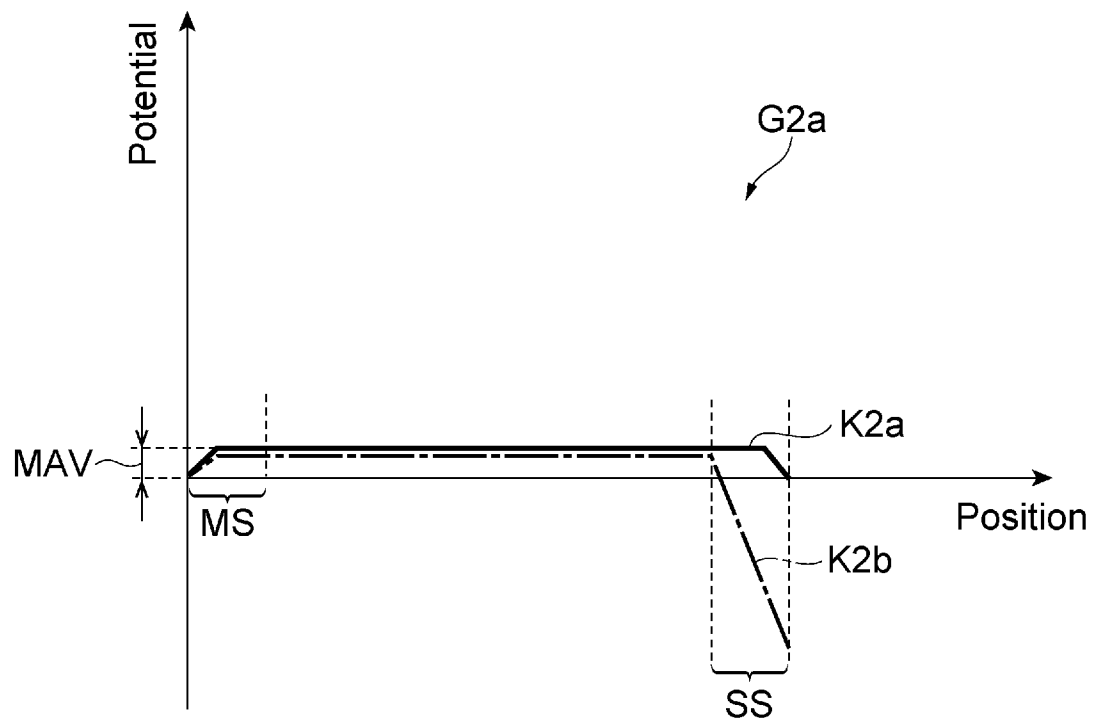
[図4]



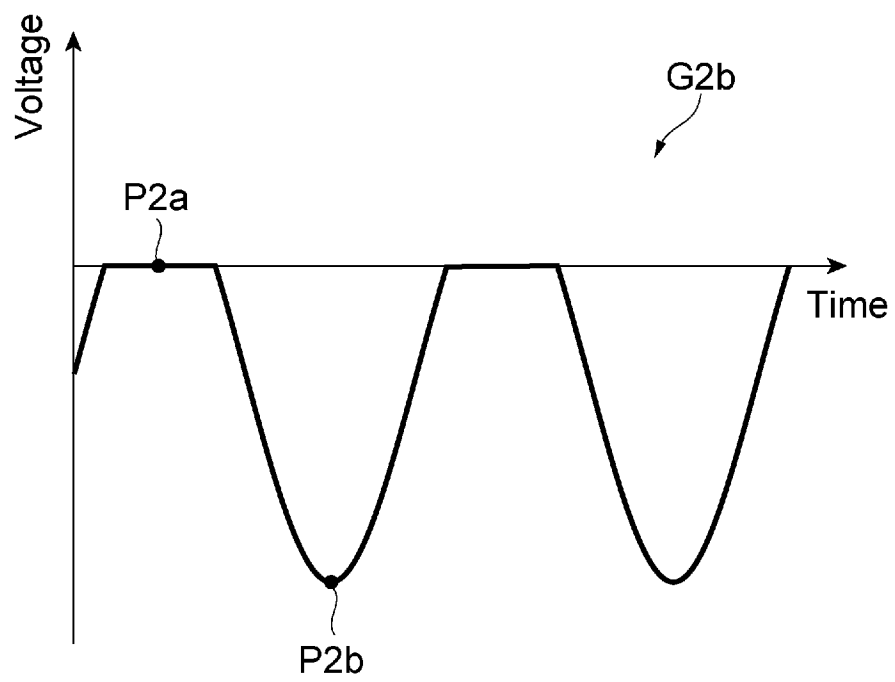
[図5]



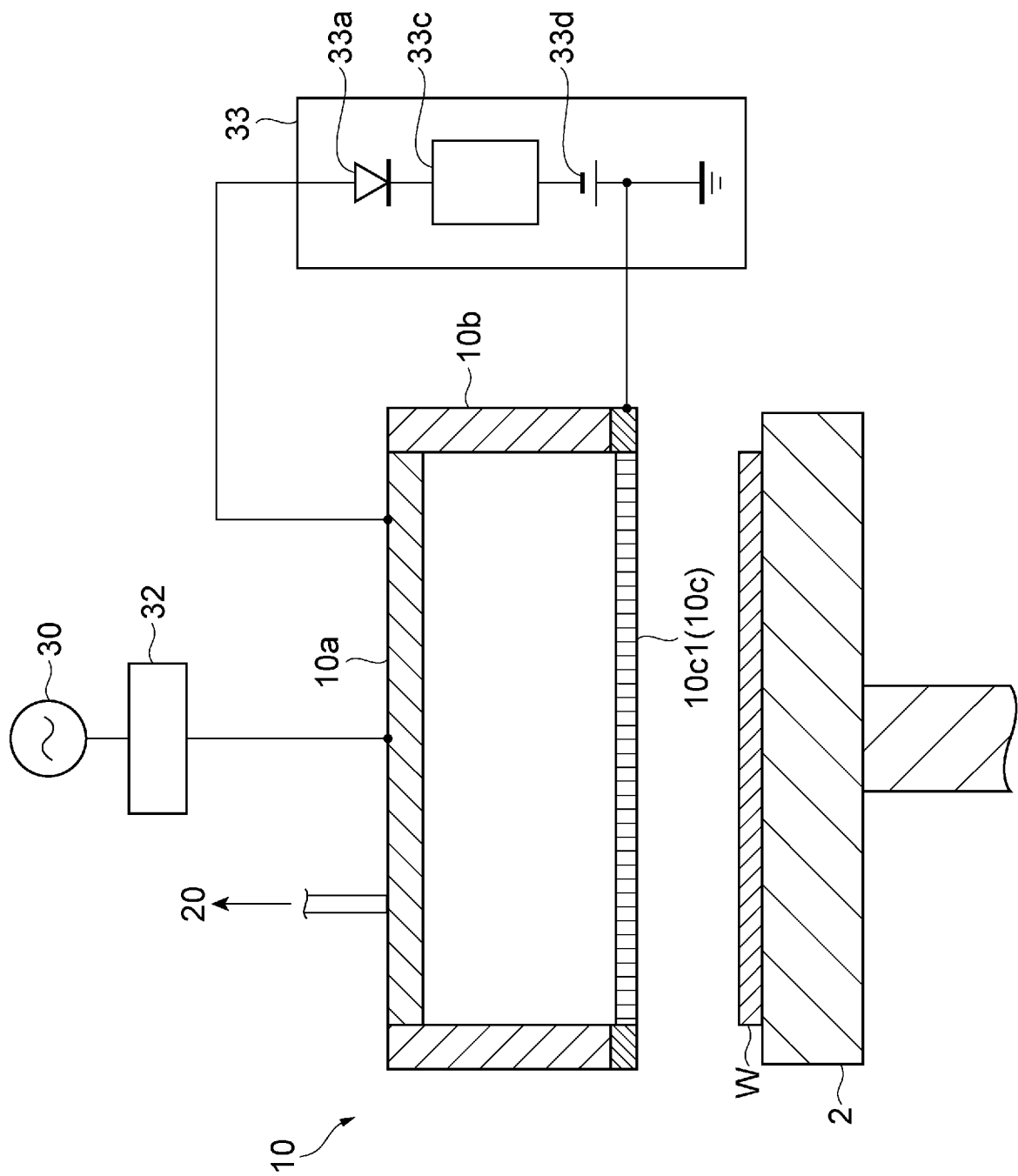
[図6]



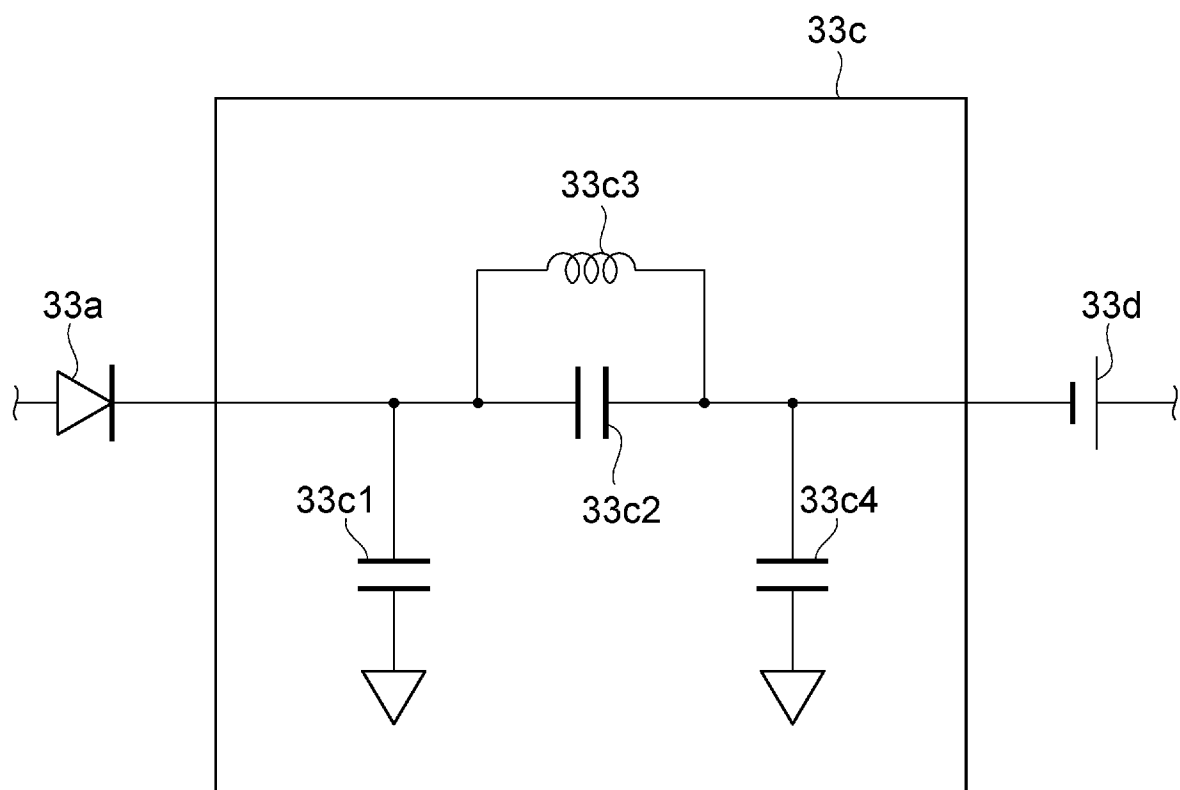
[図7]



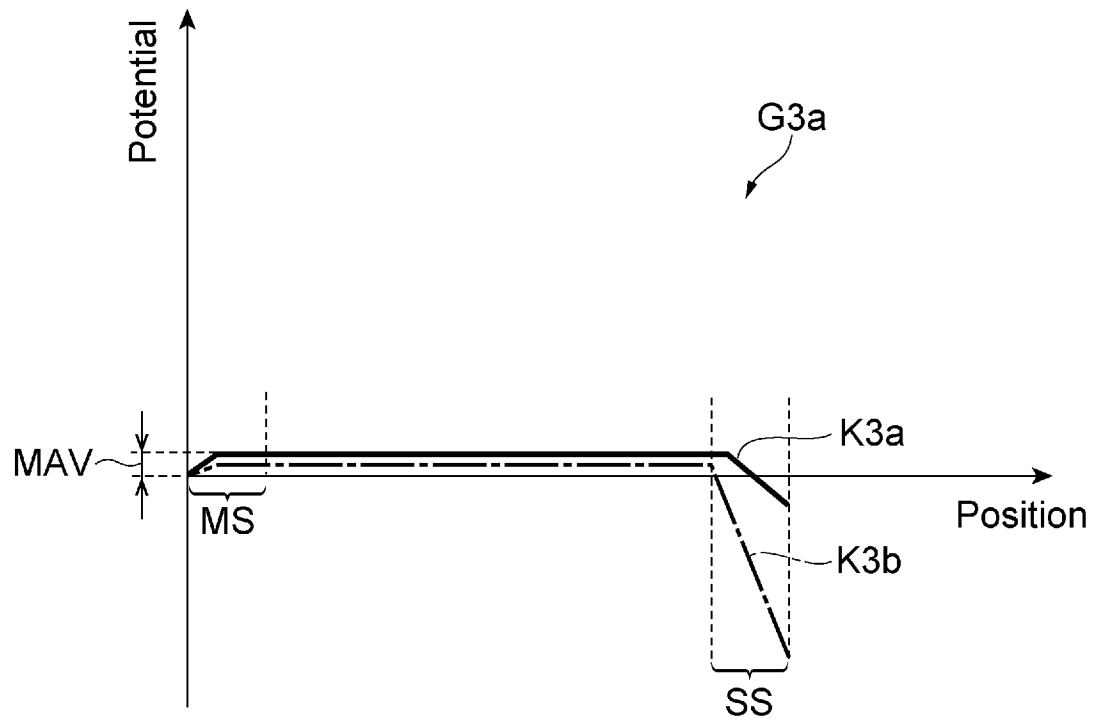
[図8]



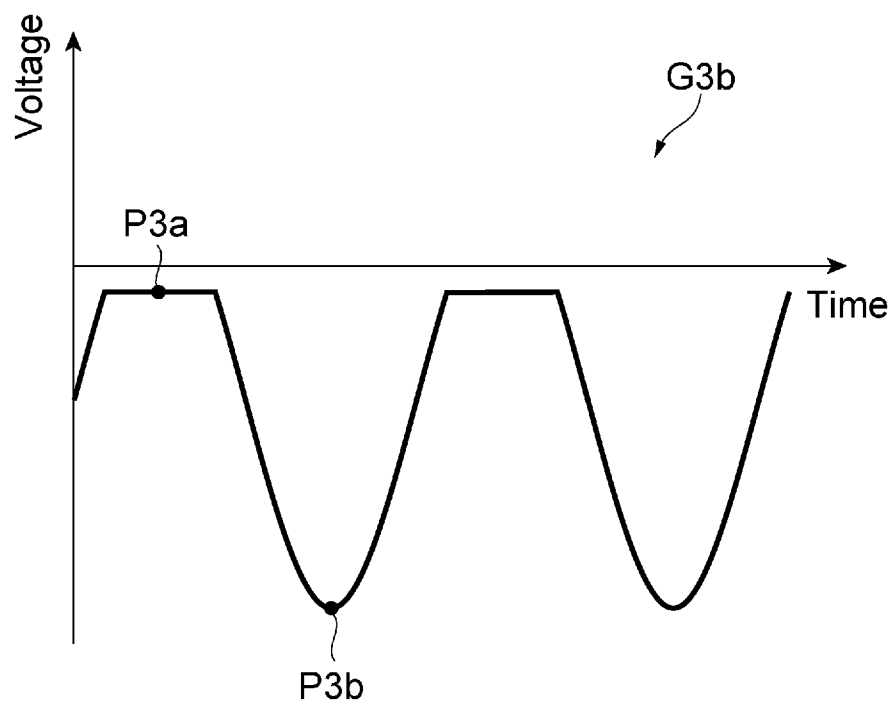
[図9]



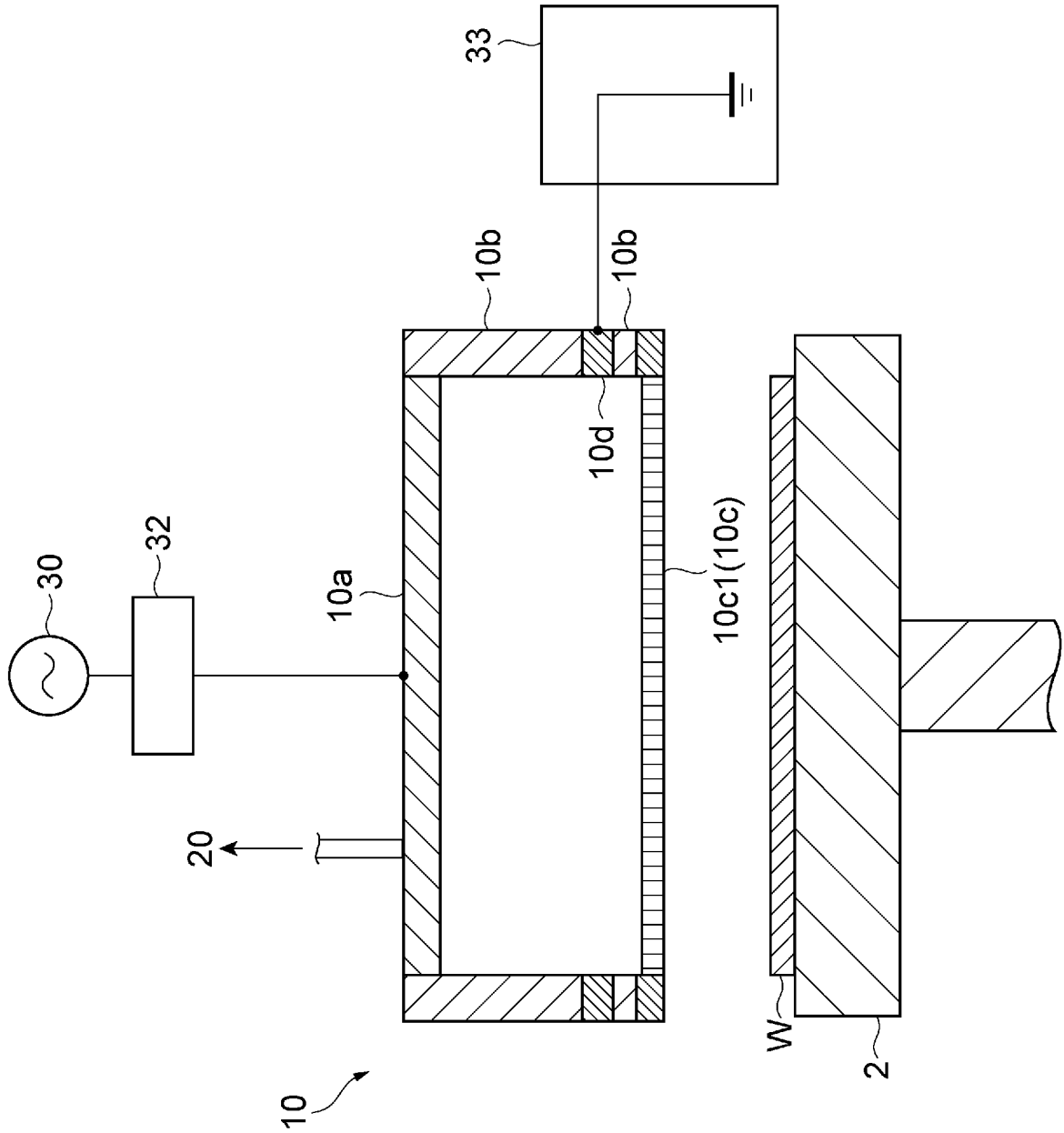
[図10]



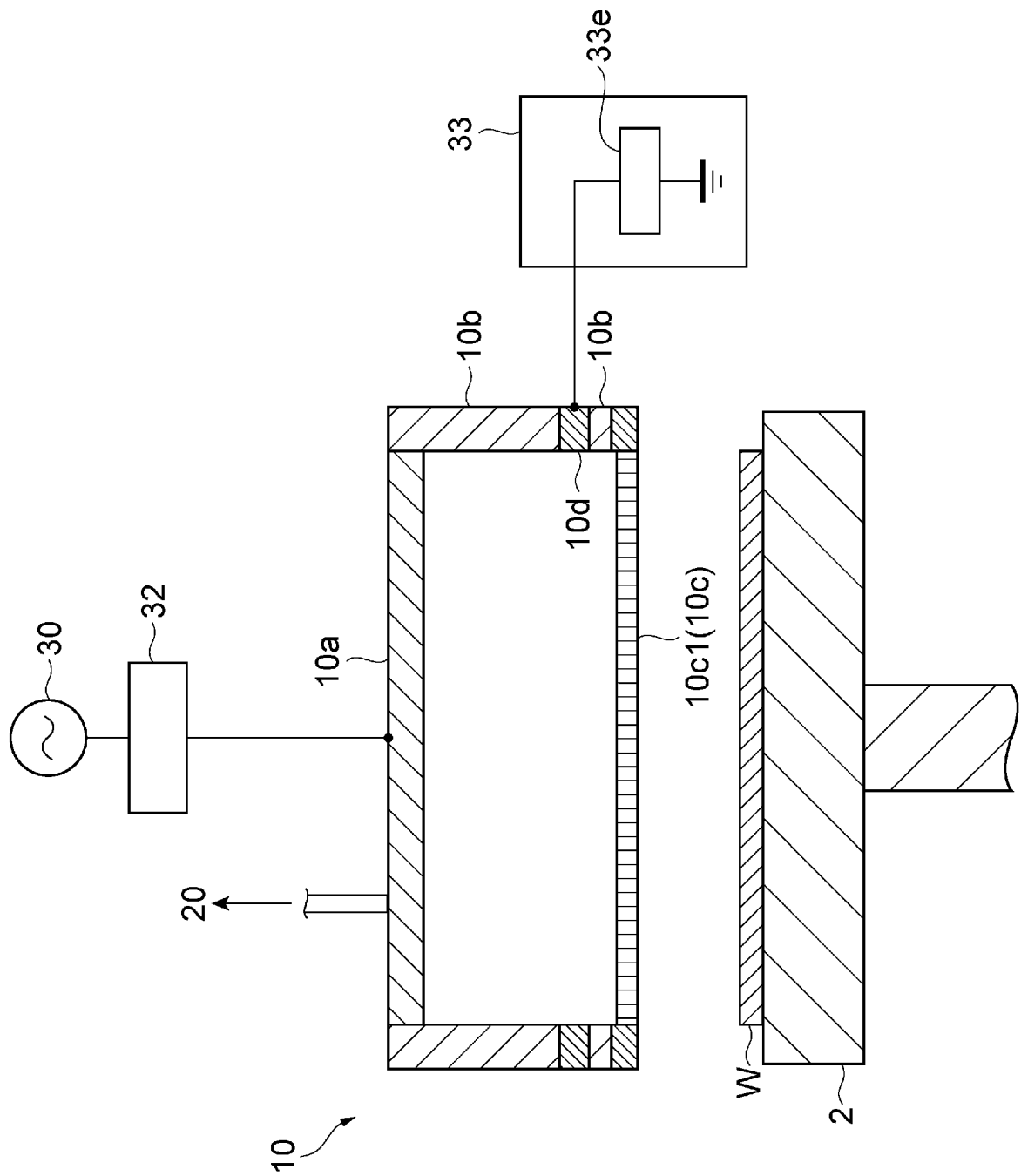
[図11]



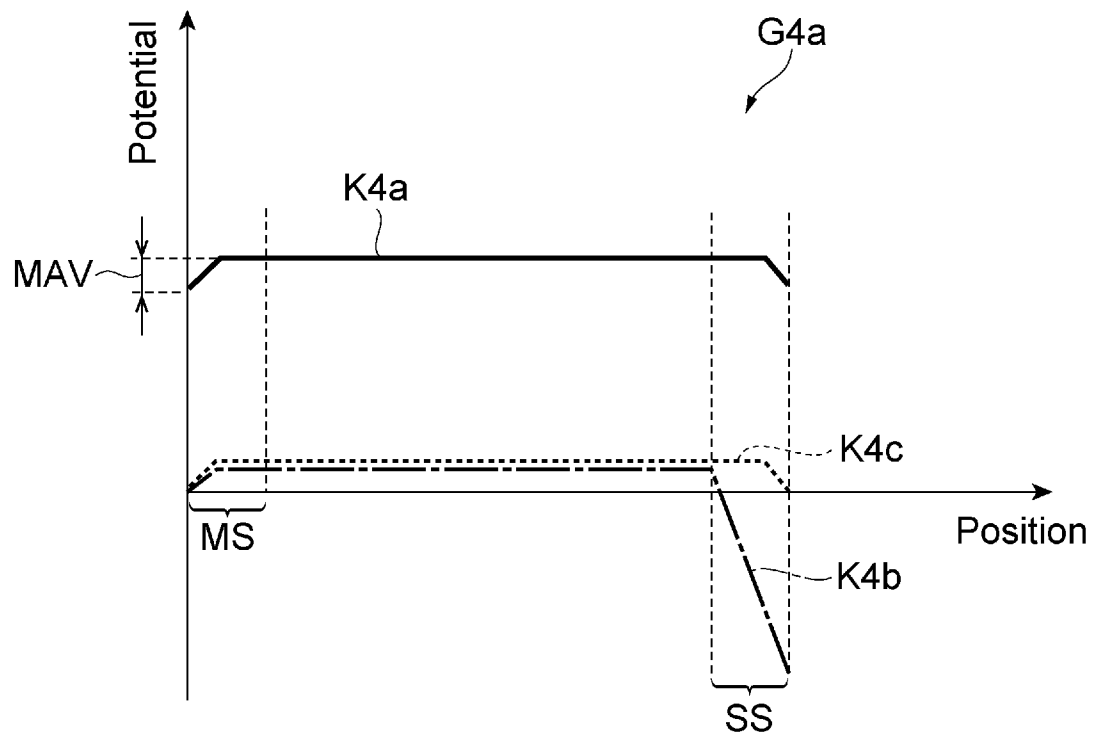
[図12]



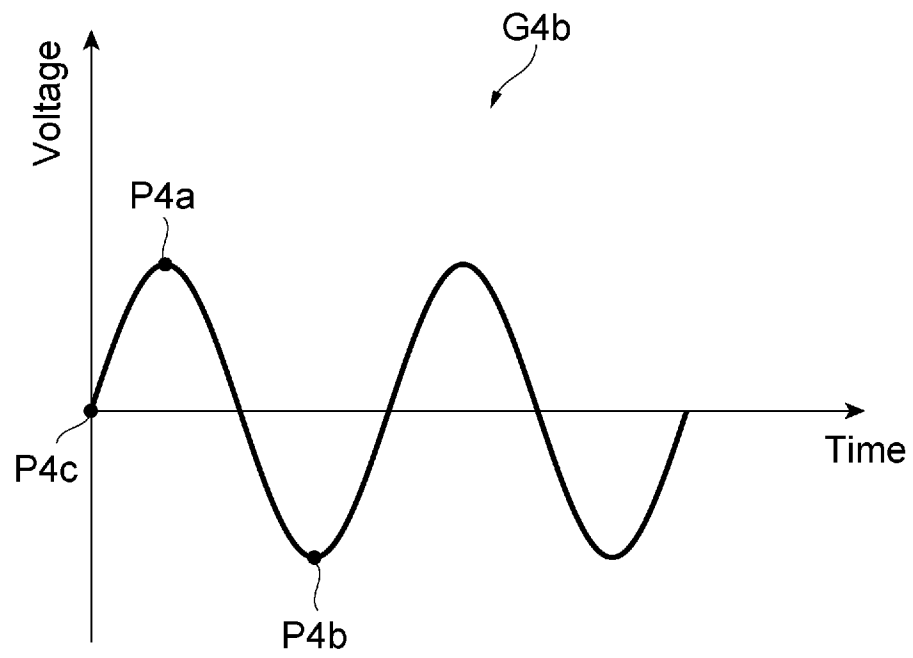
[図13]



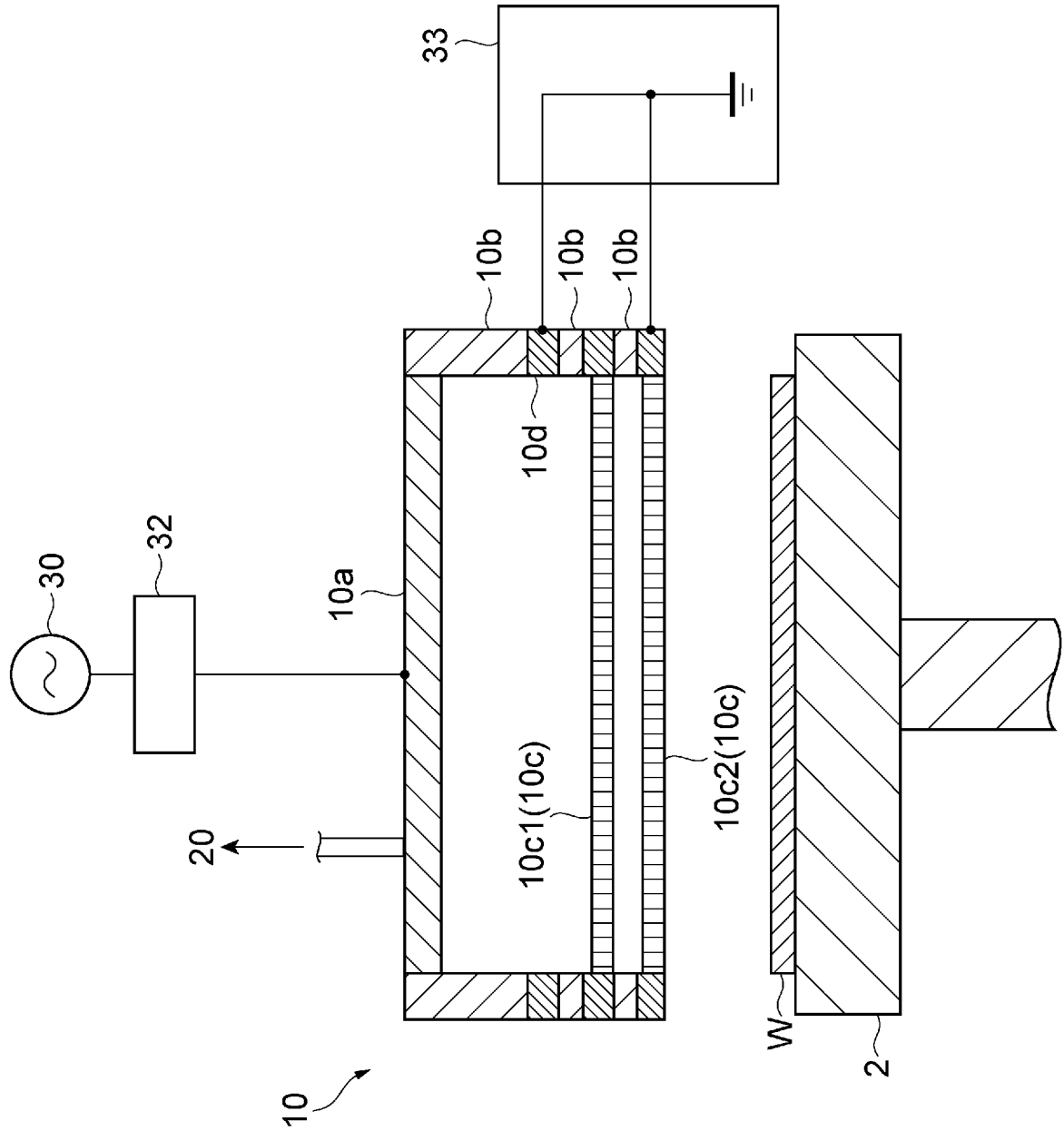
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/016739

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H05H 1/46**(2006.01)i

FI: H05H1/46 M; H05H1/46 B

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

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
A	JP 11-323544 A (NISSIN ELECTRIC CO LTD) 26 November 1999 (1999-11-26) entire text, all drawings	1-7
A	JP 8-279495 A (SEIKO EPSON CORP) 22 October 1996 (1996-10-22) entire text, all drawings	1-7
A	JP 59-139627 A (HITACHI LTD) 10 August 1984 (1984-08-10) entire text, all drawings	1-7
A	JP 2006-236772 A (EBARA CORP) 07 September 2006 (2006-09-07) entire text, all drawings	1-7



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

13 June 2023

Date of mailing of the international search report

11 July 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/016739

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	11-323544	A	26 November 1999	(Family: none)	
JP	8-279495	A	22 October 1996	US 5753886 A entire text, all drawings	
				TW 299560 B	
				KR 10-1996-0032595 A	
JP	59-139627	A	10 August 1984	(Family: none)	
JP	2006-236772	A	07 September 2006	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H05H 1/46(2006.01)i FI: H05H1/46 M; H05H1/46 B		
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）） H05H1/46		
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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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
A	JP 11-323544 A（日新電機株式会社）26.11.1999（1999-11-26） 全文, 全図	1-7
A	JP 8-279495 A（セイコーエプソン株式会社）22.10.1996（1996-10-22） 全文, 全図	1-7
A	JP 59-139627 A（株式会社日立製作所）10.08.1984（1984-08-10） 全文, 全図	1-7
A	JP 2006-236772 A（株式会社荏原製作所）07.09.2006（2006-09-07） 全文, 全図	1-7
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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 13.06.2023	国際調査報告の発送日 11.07.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 大門 清 2G 8355 電話番号 03-3581-1101 内線 3226	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/016739

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	11-323544	A	26.11.1999	(ファミリーなし)	
JP	8-279495	A	22.10.1996	US 5753886 A	
				全文, 全図	
				TW 299560 B	
				KR 10-1996-0032595 A	
JP	59-139627	A	10.08.1984	(ファミリーなし)	
JP	2006-236772	A	07.09.2006	(ファミリーなし)	