

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6515665号
(P6515665)

(45) 発行日 令和1年5月22日(2019.5.22)

(24) 登録日 平成31年4月26日(2019.4.26)

(51) Int. Cl.	F I		
H05H 1/46 (2006.01)	H05H	1/46	M
H01L 21/31 (2006.01)	H01L	21/31	C
C23C 16/505 (2006.01)	C23C	16/505	
	H05H	1/46	L

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-95130 (P2015-95130)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成27年5月7日(2015.5.7)	(74) 代理人	110002756 特許業務法人弥生特許事務所
(65) 公開番号	特開2016-213033 (P2016-213033A)	(74) 代理人	100091513 弁理士 井上 俊夫
(43) 公開日	平成28年12月15日(2016.12.15)	(74) 代理人	100133776 弁理士 三井田 友昭
審査請求日	平成29年11月7日(2017.11.7)	(72) 発明者	佐藤 聖信 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
		審査官	藤本 加代子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数枚の基板を基板保持具に棚状に保持して縦型の反応容器内に搬入し、プラズマ化された処理ガスにより基板を処理する基板処理装置において、

前記反応容器内を真空排気するための排気機構と、

前記反応容器の側壁に沿って当該反応容器の外方へ向けて膨らみかつ縦方向に伸びるように形成されたプラズマ形成室と、

前記プラズマ形成室を介して前記基板に対して処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記反応容器の外側において前記プラズマ形成室に隣接して縦方向に設けられ、高周波電源に接続されたプラズマ発生用の導電体と、

前記反応容器の外側において前記導電体から見て反応容器側に寄った位置に設けられたプラズマ調整用の導電体と、

前記プラズマ調整用の導電体とアースとの間に設けられたインピーダンス調整部と、を備え、

前記プラズマ調整用の導電体は、反応容器の長さ方向に複数に分割され、分割された導電体の各々とアースとの間に前記インピーダンス調整部が設けられていることを特徴とする基板処理装置。

【請求項2】

前記インピーダンス調整部の調整範囲は、前記プラズマ調整用の導電体が接地された状態に相当するインピーダンスを含むことを特徴とする請求項1記載の基板処理装置。

【請求項 3】

前記インピーダンス調整部の調整範囲は、前記プラズマ調整用の導電体がフローティング状態に相当するインピーダンスを含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の基板処理装置。

【請求項 4】

前記インピーダンス調整部は、可変容量コンデンサと、インダクタンスが可変であるインダクタと、を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 5】

複数枚の基板を基板保持具に棚状に保持して縦型の反応容器内に搬入し、プラズマ化された処理ガスにより基板を処理する基板処理装置において、

前記反応容器内を真空排気するための排気機構と、

前記反応容器の側壁に沿って当該反応容器の外方へ向けて膨らみかつ縦方向に伸びるように形成されたプラズマ形成室と、

前記プラズマ形成室を介して前記基板に対して処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記反応容器の外側において前記プラズマ形成室に隣接して縦方向に設けられ、高周波電源に接続されたプラズマ発生用の導電体と、

前記反応容器の外側において前記導電体から見て反応容器側に寄った位置に設けられ、反応容器の長さ方向に複数に分割されたプラズマ調整用の導電体と、

を備え、

前記複数に分割されたプラズマ調整用の導電体のうち、少なくとも 2 つは、アースとの間のインピーダンスが互いに異なることを特徴とする基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数枚の基板を基板保持具に棚状に保持して縦型の反応容器内に搬入し、プラズマ化された処理ガスを基板に供給して処理を行う基板処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

縦型の反応容器内において、ウエハポートに棚状に保持された半導体ウエハ（以下「ウエハ」という）に対して、ガス供給部から供給されるガスをプラズマ化して成膜処理を行う手法がある。例えば反応容器の側壁の一部を外方に突出させてプラズマ形成室が形成され、このプラズマ形成室の外部に縦方向に設けられた電極に高周波電力を印加することによりプラズマが生成される。

【0003】

このプラズマの生成状態が成膜に影響を与え、例えばプラズマ強度が大きく、ウエハポートに搭載されているウエハの外縁近傍がプラズマに晒されると、当該外縁近傍の膜は収縮し、中央領域の膜厚に比べて薄くなることが認められている。従ってプラズマ強度がウエハの配列方向において揃わない場合には、膜厚の面内均一性が前記配列方向においてばらつき、良好な均一性をもって処理を行うことができない懸念がある。しかしながらプラズマ強度は電極の構成に依存するため、ガス流量や圧力等の処理条件を変更しても、ウエハの配列方向におけるプラズマの強度変化の傾向を調整することは難しい。

【0004】

特許文献 1 には、プラズマ形成室に、蛇行しながら上下方向に伸びる誘導結合プラズマ発生用の電極を設け、この電極に高周波電源を接続する構成が記載されている。またプラズマ形成室の外部には地絡した地絡電極が配置されており、ウエハ近傍でのプラズマの生成を抑制している。しかしながらこの地絡電極は、プラズマ強度をウエハの配列方向において調整するものではないので、本発明の課題を解決することはできない。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

【特許文献1】特開2015-122275号公報（段落0065～0073、図2等）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

本発明は、このような事情に基づいてなされたものであり、その目的は、縦型の反応容器内にて、基板保持具に棚状に保持された複数の基板に対して、プラズマ化された処理ガスを供給して処理を行うにあたり、基板の面内及び配列方向における処理の均一性を改善できる技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

10

【 0 0 0 7 】

このため本発明は、

複数枚の基板を基板保持具に棚状に保持して縦型の反応容器内に搬入し、プラズマ化された処理ガスにより基板を処理する基板処理装置において、

前記反応容器内を真空排気するための排気機構と、

前記反応容器の側壁に沿って当該反応容器の外方へ向けて膨らみかつ縦方向に伸びるように形成されたプラズマ形成室と、

前記プラズマ形成室を介して前記基板に対して処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記反応容器の外側において前記プラズマ形成室に隣接して縦方向に設けられ、高周波電源に接続されたプラズマ発生用の導電体と、

20

前記反応容器の外側において前記導電体から見て反応容器側に寄った位置に設けられたプラズマ調整用の導電体と、

前記プラズマ調整用の導電体とアースとの間に設けられたインピーダンス調整部と、を備え、

前記プラズマ調整用の導電体は、反応容器の長さ方向に複数に分割され、分割された導電体の各々とアースとの間に前記インピーダンス調整部が設けられていることを特徴とする。

30

【 0 0 0 8 】

また本発明の他の発明は、

複数枚の基板を基板保持具に棚状に保持して縦型の反応容器内に搬入し、プラズマ化された処理ガスにより基板を処理する基板処理装置において、

前記反応容器内を真空排気するための排気機構と、

前記反応容器の側壁に沿って当該反応容器の外方へ向けて膨らみかつ縦方向に伸びるように形成されたプラズマ形成室と、

前記プラズマ形成室を介して前記基板に対して処理ガスを供給する処理ガス供給部と、

前記反応容器の外側において前記プラズマ形成室に隣接して縦方向に設けられ、高周波電源に接続されたプラズマ発生用の導電体と、

40

前記反応容器の外側において前記導電体から見て反応容器側に寄った位置に設けられ、反応容器の長さ方向に複数に分割されたプラズマ調整用の導電体と、を備え、

前記複数に分割されたプラズマ調整用の導電体のうち、少なくとも2つは、アースとの間のインピーダンスが互いに異なることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明では、プラズマ発生用の導電体から見て反応容器側に寄った位置にプラズマ調整用の導電体を設けると共に、この導電体とアースとの間にインピーダンス調整部を備えている。プラズマ調整用の導電体とアースとの間のインピーダンスを調整することにより、

50

プラズマ発生用の導電体から発生される電界がプラズマ調整用の導電体に吸収される程度が変化するため、プラズマ強度を調整できる。これにより基板の配列方向のプラズマ強度の均一性が改善され、処理の面内均一性が前記配列方向において揃えられるので、基板の面内及び配列方向における処理の均一性を改善できる。

【0010】

また本発明の他の発明は、反応容器の長さ方向に複数に分割されたプラズマ調整用の導電体を備え、これら複数に分割されたプラズマ調整用の導電体のうち、少なくとも2つは、アースとの間のインピーダンスが互いに異なるように構成される。このため基板の配列方向においてプラズマ強度がより一層均一になるように調整でき、基板の面内及び配列方向において、良好な均一性をもって処理を行うことができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の基板処理装置を適用した縦型熱処理装置の第1の実施形態を示す縦断面図である。

【図2】縦型熱処理装置を示す横断面図である。

【図3】縦型熱処理装置を示す側面図である。

【図4】縦型熱処理装置を示す横断面図である。

【図5】縦型熱処理装置を示す縦断面図である。

【図6】縦型熱処理装置の作用を説明するための側面図と特性図である。

【図7】本発明の基板処理装置を適用した縦型熱処理装置の第2の実施形態を示す概略斜視図である。

20

【図8】縦型熱処理装置を示す横断面図である。

【図9】縦型熱処理装置を示す縦断面図である。

【図10】本発明の基板処理装置を適用した縦型熱処理装置の第3の実施形態を示す側面図である。

【図11】縦型熱処理装置を示す縦断面図である。

【図12】本発明の評価試験の結果を示す特性図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

(第1の実施形態)

30

本発明の基板処理装置を適用した縦型熱処理装置の第1の実施形態について、図1及び図2を参照して説明する。図1は縦型熱処理装置の縦断面図、図2はその横断面図である。図1及び図2中1は、誘電体例えば石英により縦型の円筒状に形成された反応管であり、この反応管1内の上部側は、石英製の天井板11により封止されている。また反応管1の下端側には、例えばステンレスにより円筒状に形成されたマニホール2が連結されており、反応管1とマニホール2とにより反応容器10が形成される。マニホール2の下端は基板搬入出口として開口され、エレベータ20に設けられた石英製の蓋体21により気密に閉じられるようになっている。蓋体21の中央部には回転軸22が貫通して設けられ、その上端部には基板保持具であるウエハポート23が搭載される。

【0013】

40

ウエハポート23は複数本例えば3本の支柱231を備えており、ウエハWの外縁部を支持して、複数枚のウエハWを棚状に保持できるようになっている。ウエハポート23は、当該ウエハポート23が反応管1内に搬入され、蓋体21により反応管1の基板搬入出口が塞がれる処理位置と、反応管1の下方側の搬出位置との間で昇降自在に構成されると共に、回転機構24により回転軸22を介して鉛直軸周りに回転自在に構成される。図1中25は断熱ユニットである。

【0014】

反応管1の側壁には開口部12が形成されており、この開口部12の外側にはプラズマ発生部3が設けられている。開口部12は、プラズマ発生部3にて発生する活性種を各ウエハWに供給できるように、例えばウエハポート23の上端よりも高い位置から下端のウ

50

エハWよりも低い位置に亘って上下に細長く形成されている。この開口部12は例えば石英により横断面が凹部状に形成されたプラズマ形成用ボックス31によって外側から塞がれており、こうして反応管1の側壁に沿って反応管1の外方へ向けて膨らむように縦方向に伸びるようにプラズマ形成室32が形成されることになる。プラズマ発生部3のさらなる構成については後述する。

【0015】

反応管1における開口部12に対向する領域には、反応管1内の雰囲気真空排気するために、上下に細長い排気口13が形成されている。この排気口13には、これを覆うようにして例えば石英よりなる断面コ字状に形成された排気カバー部材14が取り付けられている。排気カバー部材14は、例えば反応管1の側壁に沿って上下に伸びて反応管1の上方側を覆うように構成され、例えば排気カバー部材14の天井側にはガス出口15が形成される。このガス出口15には、反応容器10内を真空排気するために、真空ポンプ及び排気流量の調整部などにより構成された排気機構16が接続されている。

10

【0016】

反応管1の外側には、反応管1の外周を囲むように、天井を備えた筒状のシールド17が設けられている。このシールド17は、金属により構成されると共に接地されており、プラズマ発生部3により発生する電界を遮蔽する機能を備えている。またシールド17の内側面には図示しないヒータが設けられており、反応管1内を加熱する役割を果たす。

【0017】

上記のマニホールド2の側壁には、例えばシラン系のガスであるジクロロシラン(DCS: SiH_2Cl_2)を供給するための第1のガス供給路41が挿入され、この第1のガス供給路41の先端側は例えば2本に分岐して、夫々ガスノズル42、43に接続されている。ガスノズル42、43は例えば石英管よりなり、排気口13に対向し、且つ開口部12から外れた位置において反応管1の側壁に沿って上方へ伸びるように設けられる。これらガスノズル42、43には、夫々その長さ方向に沿って複数のガス吐出孔421、431が所定の間隔を隔てて形成されている。

20

【0018】

またマニホールド2の側壁には、処理ガスであるアンモニア(NH_3)ガスを供給するための第2のガス供給路51の一端と、置換用のガスである窒素(N_2)ガスを反応管1内に供給するための置換ガス供給路61の一端とが夫々挿入されている。第2のガス供給路51の先端部には、例えば石英管よりなり、処理ガス供給部をなすガスノズル52が設けられている。ガスノズル52は反応管1内を上方へ伸びる途中で屈曲し、上記のプラズマ形成室32内を上方へ伸びるように設けられる。このガスノズル52には、その長さ方向に沿って複数のガス吐出孔521が所定の間隔を隔てて形成されている。

30

【0019】

第1のガス供給路41の上流側は、バルブV1、流量調整部MF1をこの順に介してDCSガスの供給源44に接続されている。また第2のガス供給路51の上流側は、バルブV2、流量調整部MF2をこの順に介して NH_3 ガスの供給源53に接続されている。さらに置換ガス供給路61の上流側は、バルブV3、流量調整部MF3をこの順に介して N_2 ガスの供給源62に接続されている。各バルブV1~V3はガスの給断を、流量調整部MF1~MF3はガス供給量の調整を夫々行うものである。

40

【0020】

続いてプラズマ発生部3について説明する。このプラズマ発生部3を説明するにあたり、ウエハポート23に載置されたウエハWに近接する側を前方側、ウエハWから遠ざかった側を後方側とする。プラズマ形成室32内において、上記のガスノズル52は後方側に配置され、前方側に向けて NH_3 ガスを吐出するように設けられる。反応管1の外側には、プラズマ発生用の導電体をなす一対の電極33、34が、夫々プラズマ形成室32に隣接するように設けられている。これら電極33、34は平行平板電極を構成するものであり、夫々プラズマ形成用ボックス31の左右方向に対向する側壁に沿って、その下端部から上端部に亘って縦方向に伸びるように設けられている。これら電極33、34には夫々

50

導電路 35 の一端が接続され、この導電路 35 の他端はシールド 17 の外側へと引き出され、整合回路 36 を介して高周波電源 37 に接続されている。高周波電源 37 は、例えば 13.56MHz の高周波電力を電極 33、34 に印加するよう構成されている。

【0021】

プラズマ形成用ボックス 31 の外側には電極 33、34 を空間を介して囲むように、横断面が凹部状に形成された絶縁部材 38、39 が夫々縦方向に伸びるように配設されている。また例えば一方の絶縁部材 38 の外側には、電極 33 から見て反応管 1 側に寄った位置に、プラズマ調整用の導電体 7 が設けられている。導電体 7 は例えば平面的に見て L 字状に形成され、絶縁部材 38 とプラズマ形成用ボックス 31 との接続部に、夫々の側壁に跨るように配置されている。この例における導電体 7 は、例えば図 3 に示すように、反応管 1 の長さ方向に沿って複数例えば 3 個に分割されており、上方側から第 1 の導電体 71、第 2 の導電体 72、第 3 の導電体 73 とする。これら第 1 ~ 第 3 の導電体 71 ~ 73 は、例えば夫々側方から見て細長い四角形状に形成され、例えばプラズマ形成用ボックス 31 の下端側から上端側までカバーするように、反応管 1 の長さ方向に沿って夫々縦方向に並ぶように配置されている。

【0022】

第 1 ~ 第 3 の導電体 71 ~ 73 の夫々は、インピーダンス調整部であるインピーダンス調整回路 81 ~ 83 を介してアースに接続されている。以降の説明では、第 1 ~ 第 3 の導電体 71 ~ 73 を代表して導電体 7、インピーダンス調整回路 81 ~ 83 を代表してインピーダンス調整回路 8 とする場合もある。インピーダンス調整回路 8 は、例えば図 2 に示すように、互いに直列に接続された可変コンデンサ 841 及び可変インダクタ 842 と、これらと直列に設けられた第 1 のスイッチ 85 と、第 1 のスイッチ 85 と並列に設けられた第 2 のスイッチ 86 とを備えている。そして可変コンデンサ 841 の容量及び可変インダクタ 842 のインダクタンスを変更してインピーダンスを調整するように構成される。こうしてインピーダンス調整回路 81 ~ 83 の調整範囲は、プラズマ調整用の導電体 7 が接地された状態に相当するインピーダンスから、導電体 7 がフローティング状態に相当するインピーダンスを含むように構成されている。

【0023】

例えばインピーダンス調整回路 81 ~ 83 では、第 1 及び第 2 のスイッチ 85、86 をオフにすることによりフローティング状態が設定される。また第 1 のスイッチ 85 をオフ、第 2 のスイッチ 86 をオンにすることにより接地状態が設定される。そして第 1 のスイッチ 85 をオン、第 2 のスイッチ 86 をオフにして、可変コンデンサ 841 の容量及び可変インダクタ 842 のインダクタンスを変化させることにより、第 1 ~ 第 3 の導電体 71 ~ 73 とアースとの間のインピーダンスが調整される。こうして可変コンデンサ 841 の容量及び可変インダクタ 842 のインダクタンスの変化と、第 1 及び第 2 のスイッチ 85、86 のオン、オフとの組み合わせにより、第 1 ~ 第 3 の導電体 71 ~ 73 とアースとの間のインピーダンスが、フローティング状態から接地された状態まで調整される。例えば可変コンデンサ 841 の容量及び可変インダクタ 842 のインダクタンスは手動又は自動で調整され、第 1 及び第 2 のスイッチ 85、86 のオン、オフ状態は後述する制御部 100 により設定されるが、手動で設定するようにしてもよい。なお図 2 はインピーダンス調整回路 8 (81) により、導電体 7 (71) を接地状態に設定した場合を示している。

【0024】

図 4 を用いてプラズマ調整用の導電体 7 及びインピーダンス調整回路 8 の機能を説明する。この図 4 (a) は導電体 7 が設けられていない構成、図 4 (b) はインピーダンス調整回路 8 を導電体 7 がフローティング状態となるように設定した構成、図 4 (c) はインピーダンス調整回路 8 を導電体 7 が接地状態となるように設定した構成を夫々示す。高周波電源 37 からの高周波電力の印加により、電極 33、34 から電界が発生し、プラズマ形成室 32 内において、容量結合型のプラズマが発生して拡散する。図 4 において、点線部分 P1 ~ P3 は、各構成において生成されたプラズマの発光領域を模式的に示している。電極 33、34 によりウエハ W の配置領域まで電界が形成されており、このためプラズ

10

20

30

40

50

マは視覚的には見えないが、発光領域の外まで広がっている。

【 0 0 2 5 】

図 4 (b) に示すように、導電体 7 がフローティング状態となるように設定した場合には、導電体 7 が電極 3 3、3 4 から発生した電界の電位を受けて、あたかも電極のように機能する。このため同図に示すように、プラズマの発光領域 P 2 が反応管 1 側に向けて広がり、反応管 1 内のウエハ W から見ると、プラズマがウエハ W 側に引き寄せられた状態になって、ウエハ W 近傍のプラズマ強度が強くなる。

【 0 0 2 6 】

一方図 4 (c) に示すように、導電体 7 が接地状態となるように設定した場合には、電極 3 3、3 4 から発生した電界が導電体 7 に吸収され、導電体 7 を介してアースに逃げるため、電界強度が小さくなる。このためプラズマの発光領域 P 3 は、導電体 7 が設けられていない場合に比べて縮退し、これによりウエハ W の周縁部位におけるプラズマ強度も小さくなっている。なお図 4 (b)、(c) では、インピーダンス調整回路 8 を簡略化して描いている。

【 0 0 2 7 】

そしてインピーダンス調整回路 8 の可変コンデンサ 8 4 1 の容量及び可変インダクタ 8 4 2 のインダクタンスを変えることによって、高周波電源 3 7 から見たインピーダンスの整合を崩さずにインピーダンスを変えて高周波の振幅を調整することができる。言い換えれば可変コンデンサ 8 4 1 及び可変インダクタ 8 4 2 を用いることにより、高周波の振幅について広い調整幅を確保し、これによりプラズマを、導電体 7 がフローティング状態にあるときの強い状態と、導電体 7 が接地された状態にあるときの弱い状態との間で自在に調整できる。概略的な言い方をすれば、インピーダンスを大きくすると（フローティング状態に近付けると）、導電体 7 の電極的な役割が大きくなり、プラズマがウエハポート 2 3 に載置されたウエハ W 側に寄る。逆にインピーダンスを小さくすると（接地状態に近付けると）、導電体 7 に吸収される程度が大きくなり、プラズマが弱められる。

【 0 0 2 8 】

本実施形態のように、平行平板電極によりプラズマを形成する装置では、図 5 (a) に模式的にプラズマの状態を示すように、プラズマがウエハポート 2 3 の上段側で強く、下段側で弱くなる傾向にある。図 5 において点線はプラズマの発光領域ではなく、プラズマの強度が同じ部位を縦方向に繋げた模式的なラインであり、図 5 (a) はプラズマ調整用の導電体 7 を設けない構成を示している。このためこの例では、図 5 (b) に示すように、上段側の第 1 の導電体 7 1 は接地してプラズマを弱め、下段側の第 3 の導電体 7 3 はフローティング状態として、プラズマを強めるように夫々のインピーダンス調整回路 8 1、8 3 が設定されている。また中段側の第 2 の導電体 7 2 は、接地状態とフローティング状態との間のインピーダンスになるようにインピーダンス調整回路 8 2 が設定され、こうしてウエハ W の配列方向におけるプラズマの強度を揃えている。このように第 1 ~ 第 3 の導電体 7 1 ~ 7 3 には夫々別個にインピーダンス調整回路 8 1 ~ 8 3 が接続され、互いに独立してインピーダンスを調整できるので、反応管 1 の長さ方向（ウエハ W の配列方向）のプラズマ強度が調整できる。

【 0 0 2 9 】

また図 6 (a) は反応管 1 の長さ方向に分割されていないプラズマ調整用の導電体 7 4 を設け、導電体 7 4 が接地された構成を示す。この構成では、導電体 7 4 を接地しているので、導電体 7 4 を設けない構成に比べてプラズマが弱くなり、ウエハポート 2 3 の上段側の面内均一性は改善される。但しウエハ W の配列方向のプラズマ強度変化の傾向は調整できないため、ウエハポート 2 3 の下段側ではプラズマ生成状態が弱くなり過ぎ、結果として上段側及び下段側のウエハ W では面内均一性が低くなってしまふ。なお図 6 (a)、(b) において、右側の図はウエハポートにおけるウエハ W の位置とウエハ W 上に形成された薄膜の膜厚の面内均一性との関係を模式的に示す図である。

【 0 0 3 0 】

これに対して、本実施形態を示す図 6 (b) の構成では、ウエハ W の配列方向（面間方

10

20

30

40

50

向)におけるプラズマ強度が揃うように第1～第3の導電体71～73のインピーダンスが調整されている。このため処理の面内均一性を、ウエハポート23の上段(T)、中段(C)、下段(B)の間で揃えることができ、良好な面間均一性(配列方向の均一性)を確保することができる。

【0031】

以上に説明した構成を備えた縦型熱処理装置は制御部100と接続されている。制御部100は例えばCPUと記憶部とを備えたコンピュータからなり、記憶部には縦型熱処理装置の作用、この例では反応管1内にてウエハWに成膜処理を行うときの制御についてのステップ(命令)群が組まれたプログラムが記録されている。このプログラムは、例えばハードディスク、コンパクトディスク、マグネットオプティカルディスク、メモリーカード等の記憶媒体に格納され、そこからコンピュータにインストールされる。

10

【0032】

続いて本発明の縦型熱処理装置にて実施される成膜方法の一例について説明する。先ず、多数枚のウエハWをウエハポート23に棚状に載置し、反応管1内にその下方より搬入して、蓋体21により基板搬入出口を閉じ、反応管1を密閉する。そして反応管1内を排気機構16によって所定の圧力の真空雰囲気となるように真空引きすると共に、反応管1内の温度を所定の温度に加熱する。また回転機構24によりウエハポート23を回転させる。

【0033】

その後、高周波電源37をオフにした状態で、ガスノズル42、43により反応管1内にDCSガスを供給する。反応管1はガスノズル42、43に対してウエハポート23を挟んで対向するように設けられた排気口13を介して真空排気されていることから、DCSガスは反応管1の左右方向の一方側から他方側に向けて通流していき、DCSガスの分子が各ウエハWの表面に吸着される。その後DCSガスの供給を停止して、反応管1内にN₂ガスを供給し、残留するDCSガスをパージする。次いでN₂ガスの供給を停止すると共に、ガスノズル52からNH₃ガスの吐出を開始し、このNH₃ガスの吐出の開始と共に高周波電源37をオンにする。

20

【0034】

このとき第1の導電体71のインピーダンス調整回路81は導電体71が接地状態になり、第2の導電体72のインピーダンス調整回路82は導電体72が所定のインピーダンスとなり、第3の導電体73のインピーダンス調整回路83は導電体73がフローティング状態になるように夫々設定される。プラズマ形成室32内では、ガスノズル52から吐出されたNH₃ガスが電離して、Nラジカル、Hラジカル、NHラジカル、NH₂ラジカル、NH₃ラジカル等の各種の活性種が生じる。この活性種はウエハW表面全体に到達し、ウエハW表面のDCSがラジカルにより窒化されてSiN膜が形成される。

30

【0035】

ウエハポート23の上段側は、第1の導電体71を接地状態に設定することによってプラズマ強度を弱める一方、ウエハポート23の下段側は、第3の導電体73をフローティング状態に設定することによりプラズマ強度を強めている。またウエハポート23の中段側は上段側及び下段側のプラズマ強度に揃えるように、第2の導電体72のインピーダンス調整回路82では可変コンデンサ841の容量及び可変インダクタ842のインダクタンスが調整される。こうしてプラズマ強度がウエハWの配列方向において調整されるので、配列方向における処理の良好な均一性が確保できる。

40

【0036】

然る後、NH₃ガスの供給を停止して、N₂ガスを供給し、反応管1内に残留するNH₃ガス及びその分解物をパージする。このようなDCSガスの供給、パージ、NH₃ガスの活性種の供給、パージからなるサイクルを複数回繰り返すことによって、ウエハWの表面にSiN膜の薄膜が、いわば一層ずつ積層されて成長し、ウエハWの表面に所望の厚さのSiN膜が形成される。プロセス終了後、ウエハポート23が反応管1から搬出される。

50

なおプロセスとしては、以上に説明したいわゆるALD法に限らず、例えばDCSガスとNH₃ガスを同時に吐出するCVD法であってもよい。

【0037】

上述の実施形態によれば、プラズマ発生用の電極33、34から見て反応管1側に寄った位置にプラズマ調整用の導電体7を設けると共に、この導電体7とアースとの間にインピーダンス調整回路8を備えている。このため導電体7とアースとの間のインピーダンスを調整することにより、プラズマ発生用の電極33、34から発生される電界が導電体7に吸収される程度が変化するため、プラズマ強度を調整できる。これによりウエハWの配列方向におけるプラズマ強度の均一性を改善でき、処理の面内均一性が配列方向において揃えられる。既述の成膜処理では、ウエハポート23の上段側において、ウエハWの外縁近傍の膜厚が中央部に比べて薄くなることが抑えられ、膜厚の面内均一性が配列方向において揃えられる。この結果、膜厚の面内及び配列方向の均一性を改善できる。

10

【0038】

またプラズマ調整用の導電体7を反応管1の長さ方向に複数に分割し、夫々の導電体7に別個にインピーダンス調整回路8を接続することにより、各導電体7とアースとの間のインピーダンスを独立して調整できる。このため反応管1の長さ方向において、より均一にプラズマ生成状態が揃えられ、より一層ウエハの面内及び配列方向について良好な均一性をもって処理を行うことができる。これにより処理の再現性が良好となり、装置の生産性の向上を図ることができる。さらにプラズマ形成室32の外部にプラズマ調整用の導電体7を設け、この導電体7とアースとの間にインピーダンス調整回路8を設置するという構成であるので、既存の装置を利用でき、装置の大幅な改造は不要であるという利点も有する。

20

【0039】

(第2の実施形態)

続いて本発明の基板処理装置を適用した縦型熱処理装置の第2の実施形態について、図7～図9を参照して説明する。この実施形態が第1の実施形態と異なる点は、プラズマ発生用の導電体の構造である。この例においては、プラズマ形成室32内に誘導結合プラズマを発生させるための導電体をなす電極9が、プラズマ形成用ボックス31の下端部から上端部に亘って縦方向に伸びるように設けられている。この電極は縦方向に伸びる途中で前後に繰り返し蛇行するように形成されており、以下蛇行電極9と記載する。この蛇行電極9の周囲は絶縁部材91により囲まれており、例えば蛇行電極9の上端側はプラズマ形成用ボックス31の上方側にてプラズマ形成用ボックス31とは反対方向に折り返され、下方側まで垂直に伸びるように設けられている。

30

【0040】

蛇行電極9の基端部には導電路92の一端が接続され、この導電路92の他端はシールド17の外側へと引き出され、整合回路93を介して高周波電源94に接続されている。また蛇行電極9の先端部は導電路95の一端に接続されている。導電路95の他端はシールド17の外側に引き出され、整合回路93を介して分岐し、分岐した一端は接地され、分岐した他端は高周波電源94に接続されている。高周波電源94は例えば13.56MHzの高周波電力を蛇行電極9に印加するように構成されている。反応管1やシールド17、第1～第3の導電体71～73、第1～第3のインピーダンス調整回路81～83等、その他の構成は第1の実施形態と同様であり、同じ構成部材については同符号を付し、説明を省略する。

40

【0041】

高周波電源94から高周波が印加されると、電界は蛇行電極9を中心に広がるように形成され、ガスノズル52からプラズマ形成室32の手前側に吐出されたNH₃ガスは、プラズマ形成室32にて誘導結合型のプラズマを生じる。そして、NH₃ラジカルなどの各種のラジカルが生じ、これらのラジカルがウエハWに供給される。プラズマ形成用の電極としては蛇行電極9に限られず、例えばコイル状の電極を配置してもよい。

【0042】

50

本実施形態のように、蛇行電極 9 によりプラズマを形成する装置では、図 9 (a) に模式的にプラズマの状態を示すように、プラズマがウエハポート 2 3 の下段側で強く、上段側で弱くなる傾向にある。なお図 9 (a) はプラズマ調整用の導電体 7 を設けない構成であり、図 9 において点線はプラズマの発光領域ではなく、プラズマの強度が同じ部位を縦方向に繋げた模式的なラインである。このためこの例では、図 9 (b) に示すように、上段側の第 1 の導電体 7 1 はフローティング状態としてプラズマを強め、下段側の第 3 の導電体 7 3 は接地して、プラズマを弱めるように夫々のインピーダンス調整回路 8 1、8 3 が設定されている。また中段側の第 2 の導電体 7 2 は、接地状態とフローティング状態との間のインピーダンスになるようにインピーダンス調整回路 8 2 が設定され、こうしてウエハ W の配列方向におけるプラズマ強度を揃えている。従ってこの構成においても、処理の面内均一性をウエハ W の配列方向において揃えることができ、良好な面内均一性及び配列方向の均一性を確保することができる。

10

【 0 0 4 3 】

第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態では、第 1 ~ 第 3 の導電体 7 1 ~ 7 3 は、アースとの間のインピーダンスが互いに異なるように設定されるが、本発明では、プラズマ調整用の複数の導電体 7 のうち、少なくとも 2 つがアースとの間のインピーダンスが互いに異なるように設定されればよい。例えば第 1 の実施形態では、第 1 の導電体 7 1 を接地状態に設定し、第 2 の導電体 7 2 及び第 3 の導電体 7 3 はフローティング、又はアースとの間のインピーダンスが互いに同じになるように設定してもよい。

【 0 0 4 4 】

(第 3 の実施形態)

続いて本発明の基板処理装置を適用した縦型熱処理装置の第 3 の実施形態について、図 1 0 及び図 1 1 を参照して説明する。この実施形態が第 1 の実施形態及び第 2 の実施形態と異なる点は、プラズマ調整用の導電体の構造である。この例においては、プラズマ調整用の導電体 9 6 は分割されておらず、反応管 1 の長さ方向のほぼ全体に縦方向に沿って伸びるように設けられている。導電体 9 6 とアースとの間には、第 1 及び第 2 の実施形態と同様に構成されたインピーダンス調整回路 9 7 が設けられている。反応管 1 やシールド 1 7、プラズマ発生用の電極等、その他の構成は第 1 の実施形態又は第 2 の実施形態と同様であり、同じ構成部材については同符号を付し、説明を省略する。

20

【 0 0 4 5 】

図 1 0 は第 2 の実施形態のプラズマ発生用の蛇行電極 9 を備えた構成に、本実施形態の導電体 9 6 を設けた縦型熱処理装置を示している。この例においてもインピーダンス調整回路 9 7 により導電体 9 6 とアースとの間のインピーダンスを調整することにより、プラズマの状態を制御することができるので、ウエハ W の配列方向におけるプラズマの強度を調整できる。このため処理の面内均一性及び配列方向の均一性が改善される。

30

【 0 0 4 6 】

また図 1 1 に示すように、導電体 9 6 を反応管 1 の長さ方向の一部に縦方向に設けるようにしてもよい。図 1 1 には第 1 の実施形態のプラズマ発生用の電極 3 3、3 4 を備えた構成に導電体 9 6 を設ける例を示している。この縦型熱処理装置では、既述のように上段側のプラズマが強くなるので、図 1 1 (a) に示すように、導電体 9 6 を反応管 1 の上段側に対応する高さ位置に設け、インピーダンス調整回路 9 7 により導電体 9 6 を接地状態か、接地状態に近いインピーダンスに設定する。これにより上段側のプラズマが弱められるので、ウエハ W の配列方向におけるプラズマ強度が揃えられる。また図 1 1 (b) に示すように、導電体 9 6 を反応管 1 の下段側に対応する高さ位置に設け、インピーダンス調整回路 9 7 により導電体 9 6 をフローティング状態に設定するか、フローティング状態に近いインピーダンスに設定するようにしてもよい。これにより下段側のプラズマが強くなるので、ウエハ W の配列方向におけるプラズマが揃えられる。この結果処理の面内均一性及び配列方向の均一性を改善することができる。

40

【 0 0 4 7 】

以上においてプラズマ調整用の導電体は、プラズマ発生用の導電体から見て反応容器側

50

に寄った位置に設けられるが、この位置は反応容器と前記導電体との間の領域に限らず、当該領域から反応容器の周方向に外れた位置であっても、ウエハが置かれている領域におけるプラズマの強度の調整ができる位置であれば含まれる。またプラズマ調整用の導電体の形状は上述の構成に限られず、平面形状が四角形状等、プラズマ強度が調整できる形状であればよい。また第1～第3の実施形態の構成では、プラズマ調整用の導電体を反応容器の周方向に一個設ける場合を用いて説明したが、例えばプラズマ形成室の対向する側壁に夫々設ける場合等のように、反応容器の周方向の異なる位置に2個以上配設するようにしてもよい。

【0048】

またインピーダンス調整部をなすインピーダンス調整回路は、上述の例に限らず、可変コンデンサ及び可変インダクタのいずれか一方を用いて構成してもよい。さらにインピーダンス調整回路は、フローティング状態を設定するときにプラズマ調整用の導電体とアースとを切り離し、接地状態を設定するときに前記導電体と可変コンデンサ及び可変インダクタ（又は可変コンデンサ及び可変インダクタのいずれか一方）とを切り離して接地できる構成であれば、上述の構成には限らない。

【0049】

さらにまたプラズマ調整用の導電体を反応容器の長さ方向に分割して設ける場合は、例えば上段側から下段側へ行くほど順次インピーダンスが小さくなる場合等、インピーダンスが予め設定された値に固定されていてもよく、インピーダンスが可変な構成には限らない。さらにプラズマ調整用の導電体を、反応容器の長さ方向に分割して設ける場合は、前記導電体は2個でもよい。例えば反応管1を2分割して、夫々の分割領域をカバーするように配置してもよいし、反応管1を長さ方向に3つ以上に分割して、そのうちの2つの分割領域に配置してもよい。例えば反応管1を長さ方向に3つに分割したときに、上段側の領域と、下段側の領域のみに導電体を設けるようにしてもよい。2枚の導電体を設けるときには、導電体とアースとの間のインピーダンスは互いに異なるものであっても、同じものであってもよい。さらにプラズマ調整用の導電体を、反応容器の長さ方向に分割して設ける場合は、必ずしも縦方向に並ぶように配置する必要はない。例えば上段側の導電体と中段側の導電体とを互いに周方向に異なる位置に設けるようにしてもよい。

【0050】

以上ではSiN膜を成膜する場合を例にとって説明したが、本発明において成膜する膜種は特に限定されない。またプラズマ処理としてプラズマALD処理を例にとって説明したが、これに限定されず、プラズマCVD処理、プラズマ改質処理、プラズマ酸化拡散処理、プラズマスパッタ処理、プラズマ窒化処理等のプラズマを用いる全ての処理に対して本発明を適用することができる。

【0051】

（評価試験）

本発明に関連して行われた評価試験について説明する。この評価試験では既述の図10に示す縦型熱処理装置を用い、ウエハをウエハポート23の各スロットに搭載し、実施形態で説明した手順でALDを行い、SiN膜を形成した。成膜条件は、処理圧力をDCSの吸着工程では133Pa（1Torr）、プラズマを用いる窒化工程では39.9Pa（0.3Torr）、処理温度を550度、DCSガスの流量を1L/分、NH₃ガスの流量を1L/分とした。このとき導電体96を接地状態に設定した場合（実施例1）と、導電体96をフローティング状態に設定した場合（実施例2）について夫々成膜処理を行い、これら実施例1、実施例2で成膜されたウエハについて、膜厚の面内均一性を求めた。面内均一性は、ウエハの中心を含む49箇所のSiN膜の膜厚を測定し、（最大膜厚 - 最小膜厚） / （膜厚の平均値 × 2）により算出し、値の小さい方が均一性が良好であることを示している。

【0052】

この結果を図12に、実施例1（接地状態）については のプロット、実施例2（フローティング状態）については のプロットにて夫々示す。また縦軸は膜厚の面内均一性、

10

20

30

40

50

横軸の上段（T）はウエハポートの上から3枚目のウエハ、中段（C）はウエハポートの上から55枚目のウエハ、下段（B）はウエハポートの上から107枚目のウエハのデータを夫々示している。図12により、導電体96を接地状態に設定する場合（実施例1）とフローティング状態に設定する場合（実施例2）とで、ウエハポート23の上段、中段、下段の面内均一性が大きく変化することが確認された。これによりプラズマ調整用の導電体を設け、当該導電体とアースとの間のインピーダンスを調整することにより、膜厚の面内均一性を調整できることが認められた。データでは導電体96を接地状態に設定したときと、フローティング状態に設定したときとの間で面内均一性に幅があり、インピーダンス調整回路97の可変コンデンサの容量及び可変インダクタのインダクタンスを調整することにより、面内均一性を所定の値に調整できることが理解される。なおこの評価試験は導電体96のインピーダンスを調整することで面内均一性が調整できることを確認するためのものであり、面内均一性の改善を目的としたものではない。

10

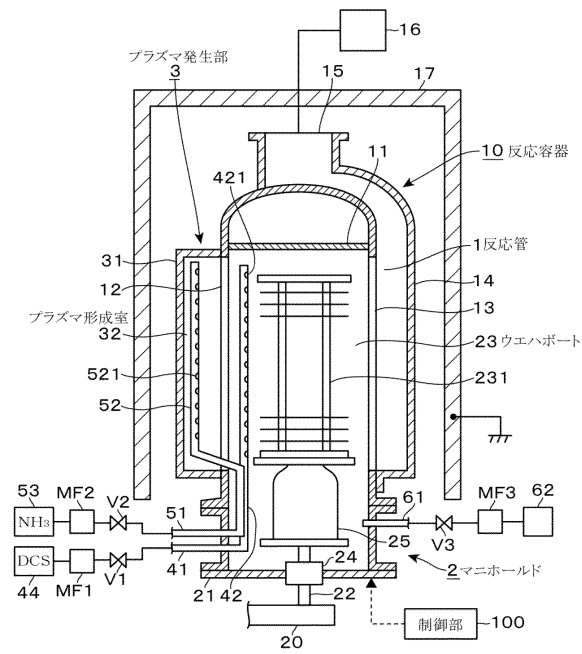
【符号の説明】

【0053】

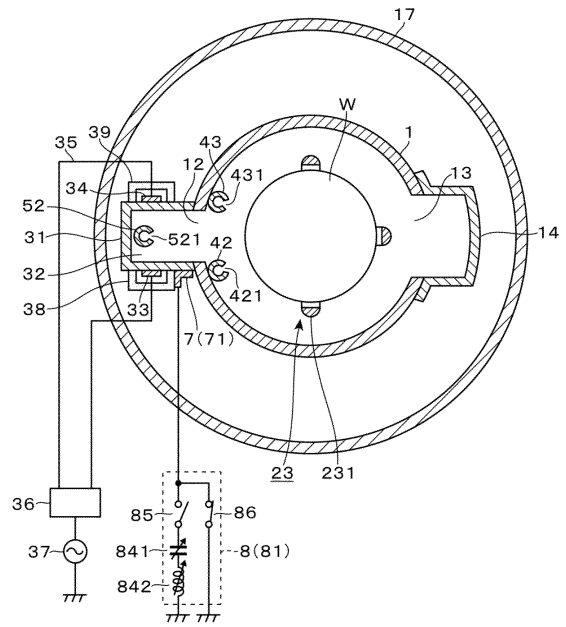
W	ウエハ
1	反応管
10	反応容器
2	マニホールド
3	プラズマ発生部
31	プラズマ形成用ボックス
32	プラズマ形成室
33、34	電極
37、94	高周波電源
42、43、52	ガスノズル
7、71～73、74、96	プラズマ調整用の導電体
8、81～83、97	インピーダンス調整回路
9	蛇行電極

20

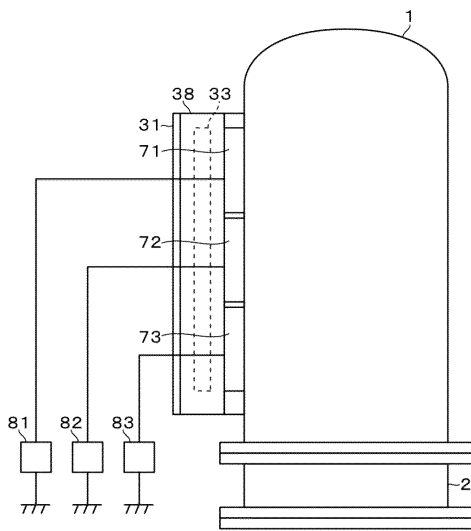
【図1】



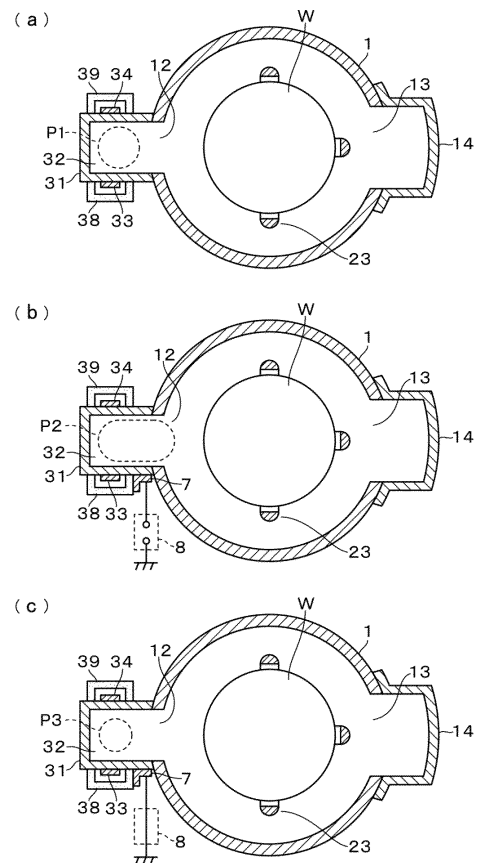
【図2】



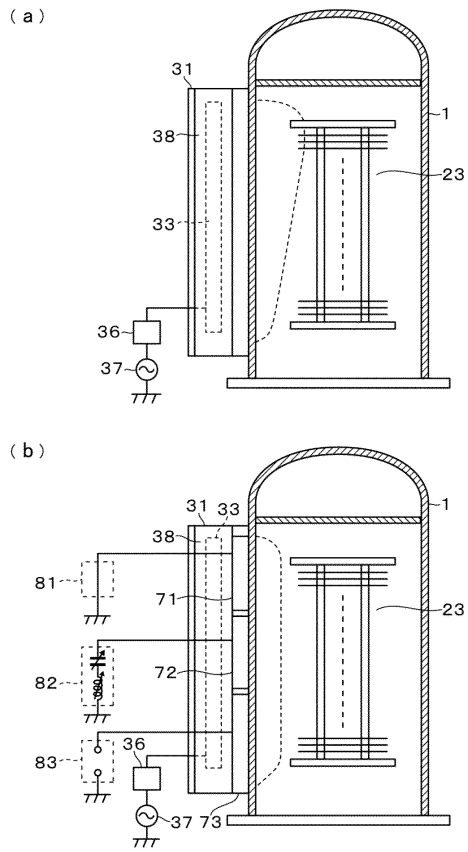
【図3】



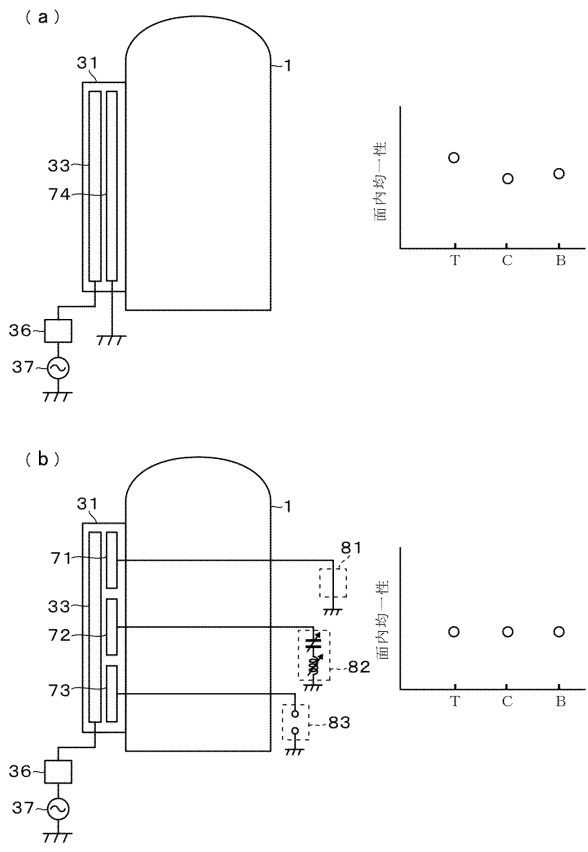
【図4】



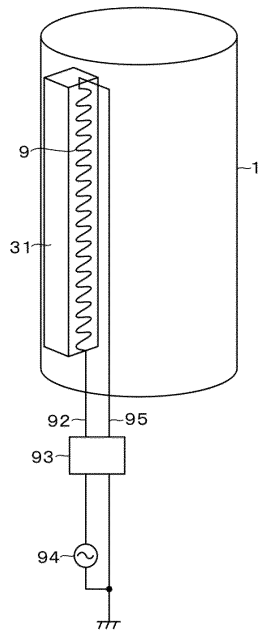
【 図 5 】



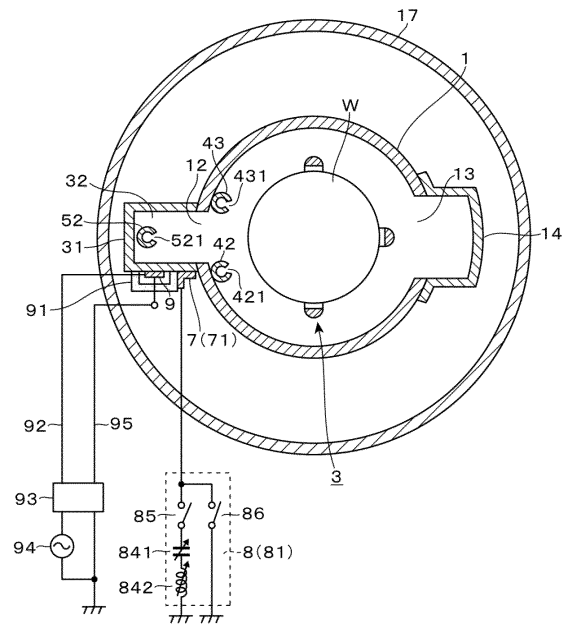
【 図 6 】



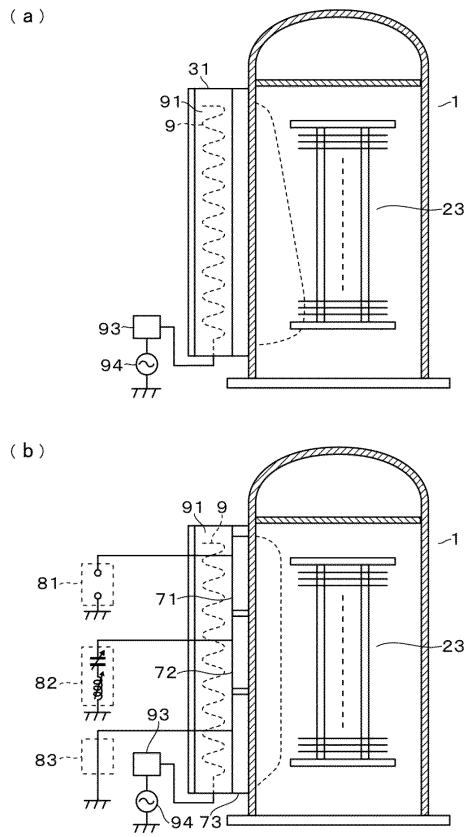
【 図 7 】



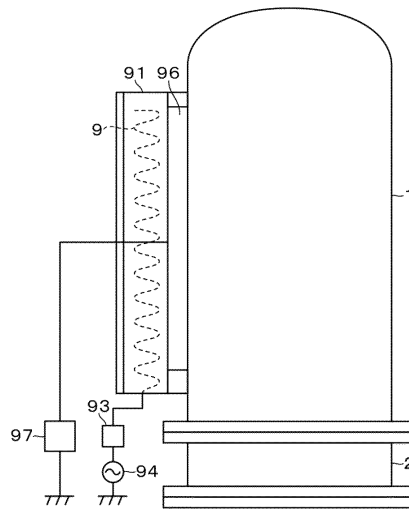
【 図 8 】



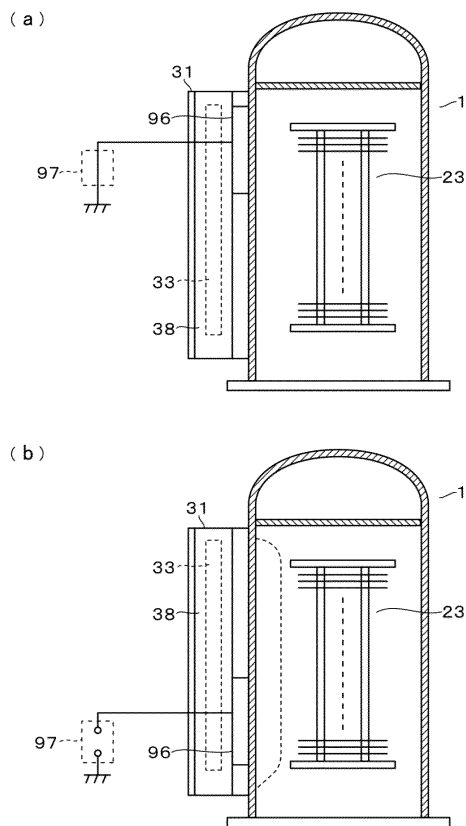
【図9】



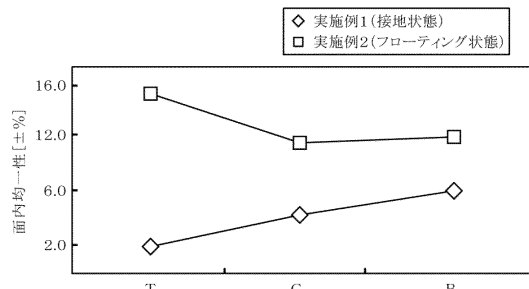
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06 - 013352 (JP, A)
特開平09 - 330798 (JP, A)
特開2005 - 097672 (JP, A)
特開2015 - 005475 (JP, A)
特開2010 - 212321 (JP, A)
米国特許第06551447 (US, B1)
特開2009 - 076876 (JP, A)
特開2015 - 062160 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H 1/46
C23C 16/50 - 16/517
H01L 21/31