

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6454488号
(P6454488)

(45) 発行日 平成31年1月16日(2019.1.16)

(24) 登録日 平成30年12月21日(2018.12.21)

(51) Int.Cl.

F I

H05H 1/46 (2006.01)

H05H 1/46 L

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/302 I O I C

C23C 16/507 (2006.01)

C23C 16/507

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2014-141882 (P2014-141882)
 (22) 出願日 平成26年7月10日(2014.7.10)
 (65) 公開番号 特開2016-18727 (P2016-18727A)
 (43) 公開日 平成28年2月1日(2016.2.1)
 審査請求日 平成28年12月7日(2016.12.7)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 (74) 代理人 100091720
 弁理士 岩崎 重美
 (72) 発明者 小川 芳文
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 株式会社 日立ハイ
 テクノロジーズ内
 (72) 発明者 西尾 良司
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 株式会社 日立ハイ
 テクノロジーズ内
 審査官 大門 清

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマが生成される円筒形状のプラズマ生成部と、前記プラズマ生成部の外側を巻回するとともに両端が接地されたヘリカルコイルと、前記ヘリカルコイルに高周波電力を供給する高周波電源と、試料が前記プラズマにより処理される処理部とを備えるプラズマ処理装置において、

前記ヘリカルコイルは、第一のヘリカルコイルと第二のヘリカルコイルと第三のヘリカルコイルを具備し、

前記第一のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相と前記第二のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相の差である第一の位相差、前記第二のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相と前記第三のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相の差である第二の位相差および前記第三のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相と前記第一のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相の差である第三の位相差がそれぞれの所定の値となるように前記第一の位相差、前記第二の位相差および前記第三の位相差を制御する位相制御器をさらに備え、

前記第一のヘリカルコイルと前記第二のヘリカルコイルと前記第三のヘリカルコイルは、3本のつる巻き線に沿ってねじ山が作られたねじのように前記プラズマ生成部の外側を巻回し、

前記ヘリカルコイルにおける前記プラズマ生成部の中央付近以外に巻回された箇所は、前記ヘリカルコイルにおける前記プラズマ生成部の中央付近に巻回された箇所より前記プラ

10

20

ズマ生成部から離れており、

前記第二のヘリカルコイルの給電端は、前記第一のヘリカルコイルの給電端に対して時計回りの方向に120度回転した位置に配置され、

前記第三のヘリカルコイルの給電端は、前記第二のヘリカルコイルの給電端に対して時計回りの方向に120度回転した位置に配置されていることを特徴とするプラズマ処理装置

。

【請求項2】

請求項1に記載のプラズマ処理装置において、

前記第一の位相差、前記第二の位相差および前記第三の位相差は、全て120度であることと特徴とするプラズマ処理装置。

10

【請求項3】

請求項1に記載のプラズマ処理装置において、

前記高周波電源は、前記第一のヘリカルコイルと前記第二のヘリカルコイルと前記第三のヘリカルコイルのそれぞれにパルス変調された高周波電力を供給することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】

請求項2に記載のプラズマ処理装置において、

前記高周波電源は、前記第一のヘリカルコイルと前記第二のヘリカルコイルと前記第三のヘリカルコイルのそれぞれにパルス変調された高周波電力を供給することを特徴とするプラズマ処理装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エッチングやCVDやアッシング、表面改質などの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。

【背景技術】

【0002】

例えば、半導体素子製造や、液晶、太陽電池といった電気素子の製造にプラズマ処理装置は欠くことのできない重要な製造装置である。プラズマを利用した処理装置としては、具体的にアッシング装置、エッチング装置、PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)装置が代表的な製造装置である。他にもプラズマを補助的に用いるPEALD(Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition)や、表面改質の目的でもプラズマ処理装置は用いられる。

30

【0003】

これらプラズマ処理装置では、気体分子の励起手段としてさまざまな手法が用いられる。

これらの手法の中でも、高密度なプラズマが得られる手段としては大きく2種類が多用されている。一つは、特許文献1に開示された、マイクロ波電界と磁場の共鳴現象を利用したECR(Electron Cyclotron Resonance)放電である。また、他の手段としては、特許文献2に開示された、コイル状の電極にRFを流して真空容器の内側に発生する電磁界を利用するICP(Inductive Coupled Plasma)である。このICPの中でも、特に波長にリンクさせて、一定位置にプラズマを形成できる手段として、特許文献3に開示された、プラズマ生成用螺旋共振装置がある。

40

【0004】

これらの高密度のプラズマを発生できる装置の取り扱い、非常に技術的なハードルが高い。発生したプラズマの荷電粒子が、チャンバー壁面まで入射して、壁を損傷したり、不純物を発生させたりする機会が増大する。また、極端な場合はチャージアップの発生で、壁面の表面処理した絶縁保護膜を破壊して、異物を発生させる場合がある。実際にデバイス等を垂直に加工性良くエッチング処理しようとしたり、パターンに沿って着きまわりよく純度が高い膜を形成したり、高密度ラジカルを発生させて高速で表面処理を実施した

50

りするには、生産性（処理速度）を維持して、再現性良く処理するための工夫が必要になる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開昭53-096938号公報

【特許文献2】特開平03-079025号公報

【特許文献3】特表2000-501568号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0006】

プラズマ処理における反応速度を大きく保ち、プラズマ処理の再現性を得るためには、一般に高密度プラズマを選択し、低処理圧力、大ガス流量下で処理を実施する。これは、材料やチャンバーからのアウトガスや、表面に付着する反応生成物がプラズマ処理の外乱となり、反応を阻害するためである。このため、高速排気と呼ばれるチャンバーの中のガス気体をできるだけ短い時間の間に入れ替えられるように、低圧、大流量の条件が選ばれる。装置のハード条件としては、チャンバーの容積や表面積をできるだけ減らして、表面の材料を選び、温度制御をして、上述した外乱要因を排除する必要がある。

【0007】

ところで、特許文献3に開示されたヘリカル型プラズマ源では、円筒形のチャンバーの周囲に印加する高周波の波長を基本とした励起用のコイルを巻きつけるものである。このため、ヘリカル型プラズマ源では、チャンバーの容積や表面積が大きくなるという問題があった。

20

【0008】

チャンバーの円筒径を不用意に拡大して、同様にコイルを巻くと、強いプラズマが形成できるリングが完全に周回できず、チャンバーの片側のみに帯状のプラズマが形成され、リング状のプラズマが形成されない。チャンバー径を大きくして、チャンバー高さも低くして容積と表面積を単に減らすことを狙ってもうまくいかない。また、ある程度の大口径のチャンバーが例えば、450mm用の大型基板の処理に必要となるような場合、特許文献3に開示されたヘリカル型プラズマ源では、上述したプラズマリングが形成できないことから、面内処理の不均一を発生させる課題があった。

30

【0009】

このようなことから、本発明は、プラズマ処理室の周方向のプラズマ制御性を向上できるプラズマ処理装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、プラズマが生成される円筒形状のプラズマ生成部と、前記プラズマ生成部の外側を巻回するとともに両端が接地されたヘリカルコイルと、前記ヘリカルコイルに高周波電力を供給する高周波電源と、試料が前記プラズマにより処理される処理部とを備えるプラズマ処理装置において、前記ヘリカルコイルは、第一のヘリカルコイルと第二のヘリカルコイルと第三のヘリカルコイルを具備し、前記第一のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相と前記第二のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相の差である第一の位相差、前記第二のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相と前記第三のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相の差である第二の位相差および前記第三のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相と前記第一のヘリカルコイルに供給される高周波電力の位相の差である第三の位相差がそれぞれの所定の値となるように前記第一の位相差、前記第二の位相差および前記第三の位相差を制御する位相制御器をさらに備え、前記第一のヘリカルコイルと前記第二のヘリカルコイルと前記第三のヘリカルコイルは、3本のつる巻き線に沿ってねじ山が作られたねじのように前記プラズマ生成部の外側を巻回し、前記ヘリカルコイルにおける前記プラズマ生成部の中央付近以外に巻回された箇所は、

40

50

前記ヘリカルコイルにおける前記プラズマ生成部の中央付近に巻回された箇所より前記プラズマ生成部から離れており、前記第二のヘリカルコイルの給電端は、前記第一のヘリカルコイルの給電端に対して時計回りの方向に120度回転した位置に配置され、前記第三のヘリカルコイルの給電端は、前記第二のヘリカルコイルの給電端に対して時計回りの方向に120度回転した位置に配置されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明により、プラズマ処理室の周方向のプラズマ制御性を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

10

【図1】本発明のヘリコン波型プラズマ処理装置の概略断面図である。

【図2】本発明のヘリカル型プラズマ源の上面図である。

【図3】本発明に係るヘリカルコイルの図1と異なる巻き方を示す図である。

【図4】本発明に係るヘリカルコイルの図1と異なる巻き方を示す図である。

【図5】本発明に係るヘリカルコイルの図1と異なる巻き方を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の一実施形態を図面を用いて説明する。

【0014】

図1は、本発明に係るヘリコン波型プラズマ処理装置の概略断面図である。プラズマ生成部である放電部1は、絶縁チャンバー11によって囲われた放電空間で形成されている。放電部1の最上部には、放電部1でプラズマ化させるためのガスを供給するガス供給口5が設けられている。放電部1で生成されたプラズマにより、試料台52に載置された、試料であるウエハ51を処理する。

20

【0015】

また、絶縁チャンバー11の外側には、ヘリカル型プラズマ源を形成するためのヘリカルコイル8(8a)が巻回されている。高周波電源14(14a)からの高周波電力は、導入端子15(15a)と銅板13(13a)を介してヘリカルコイル8(8a)の給電端である給電点12(12a)の位置に供給される。尚、本実施例での高周波電源14の周波数を27MHzとした。

30

【0016】

さらに、絶縁チャンバー11の頂上部に配置された冷却水配管21等とコイル上端アース端9(9a)等によりヘリカルコイル8(8a)の上端はグラウンド電位に保たれている。同様に、コイル下端アース端10(10a)と、ヘリカルコイル8の冷却水回収リング22により、コイル下端もグラウンド電位に保たれている。

【0017】

このため、絶縁チャンバー11の中の電界は、コイル上端アース端9とコイル下端アース端10とヘリカルコイル8の中央の3点が一電位となる定在波が形成される。このときヘリカルコイル8のコイル上端アース端9とコイル下端アース端10の接続点間の長さが、印加する高周波の1波長に相当する。このヘリカル型プラズマ源では、この3点のアース位置にプラズマリング19が形成されるが、このヘリカルコイル8の中央のアース位置に形成されるプラズマリング19(模式図として、プラズマリング19を記入)が最も密度が高く、安定なプラズマとして存在できる。

40

【0018】

ここで、絶縁チャンバー11の形状は、半球と円筒を組み合わせたドーム状である。また、従来の円筒型絶縁チャンバーの内部容積は約26リットルであったが、絶縁チャンバー11の内部容積は約11リットルとなり、半分未満に小さくできた。

【0019】

さらにこの部分を通過するガスの滞在時間を半減できた。また、従来の円筒型絶縁チャンバーの内部表面積は約0.44m²であったが、絶縁チャンバー11の内部表面積は約0.24m²

50

となり、概ね半減することができた。このことにより、反応生成物が付着してアウトガスを放出する内部表面積を減らせることができ、再現性の良いプラズマ処理装置とすることができた。

【 0 0 2 0 】

また、ヘリカルコイル 8 は、図 2 に示すように、ヘリカルコイル 8 a、ヘリカルコイル 8 b およびヘリカルコイル 8 c の 3 系統のコイルからなる。また、ヘリカルコイル 8 a、ヘリカルコイル 8 b およびヘリカルコイル 8 c は、それぞれ、配置箇所が異なるだけで同一のコイルであり、ドーム状の絶縁チャンバー 1 1 の表面を 3 条ねじの山部（もしくは溝部）と同じような位置関係のように沿って巻かれている。ここで、3 条ねじとは、リードがピッチの 3 倍である「ねじ」のことである。

10

【 0 0 2 1 】

さらに、ヘリカルコイル 8 は、上述したように 3 系統のコイルからなるため、高周波電源 1 4 もヘリカルコイル 8 a、ヘリカルコイル 8 b およびヘリカルコイル 8 c にそれぞれ対応した、高周波電源 1 4 a、高周波電源 1 4 b および高周波電源 1 4 c の 3 つの高周波電源からなる。同様に導入端子 1 5 もヘリカルコイル 8 a、ヘリカルコイル 8 b およびヘリカルコイル 8 c にそれぞれ対応した、導入端子 1 5 a、導入端子 1 5 b および導入端子 1 5 c の 3 つの導入端子からなる。さらに銅板 1 3 もヘリカルコイル 8 a、ヘリカルコイル 8 b およびヘリカルコイル 8 c にそれぞれ対応した、銅板 1 3 a、銅板 1 3 b および銅板 1 3 c の 3 つの銅板からなる。

【 0 0 2 2 】

20

また、図 2 に示すように導入端子 1 5 a、導入端子 1 5 b および導入端子 1 5 c は、それぞれ 1 2 0 度の間隔になるように配置されている。高周波電源 1 4 a、高周波電源 1 4 b および高周波電源 1 4 c のそれぞれと導入端子 1 5 a、導入端子 1 5 b および導入端子 1 5 c のそれぞれとの間に高周波回路整合器（図示せず）を設けてもよい。

【 0 0 2 3 】

導入端子 1 5 a、導入端子 1 5 b および導入端子 1 5 c のそれぞれの近傍に配置された位相検出器（図示せず）からの信号を位相制御器（図示せず）に送られて位相制御器が高周波電源 1 4 a、高周波電源 1 4 b および高周波電源 1 4 c のそれぞれの位相を制御し、3 相高周波を形成している。

【 0 0 2 4 】

30

基本的には高周波電源 1 4 a、高周波電源 1 4 b および高周波電源 1 4 c のそれぞれの位相の差を 120 度とするが、高周波電源 1 4 a、高周波電源 1 4 b および高周波電源 1 4 c のそれぞれの位相の差を 120 度から若干ずらし、かつ高周波電源 1 4 a、高周波電源 1 4 b および高周波電源 1 4 c のそれぞれの出力を若干変えることにより、プラズマの位置や面内の均一性を微調性できる。このような制御を行うことにより、3 つの帯び状のプラズマベルト 1 9 a、1 9 b、1 9 c を形成することによって絶縁チャンバー 1 1 の周方向の一周に亘ってプラズマリングを形成する。

【 0 0 2 5 】

また、高周波電源 1 4 a、高周波電源 1 4 b および高周波電源 1 4 c のそれぞれから供給される高周波電力を例えばパルス変調させることにより、チャンバー内のプラズマ帯を順次励起させて、あたかも絶縁チャンバー 1 1 内に生成されたプラズマの強い位置を巡回させるように制御できる。こうすることで、電子の偏り（回転電場）を発生させて意図的にイオンの方向性を乱すことも可能となる。

40

【 0 0 2 6 】

次に絶縁チャンバーへのヘリカルコイルの巻き方における他の例を図 3 ないし 5 に示す。図 3 における絶縁チャンバー 1 1 a へのヘリカルコイルの巻き方は、図 3 に示すように電流値がピークとなる絶縁チャンバー 1 1 a の中央付近は、絶縁チャンバー 1 1 a の壁面近くに配置し、絶縁チャンバー 1 1 a の中央付近以外は、絶縁チャンバー 1 1 a の中央付近に配置されたヘリカルコイルより絶縁チャンバー 1 1 a の壁面から離れて配置された巻き方である。尚、絶縁チャンバー 1 1 a の形状は円筒状である。また、6 1 は、単なる水

50

冷コイルであり、高周波電力は印加されていない。

【 0 0 2 7 】

次に図 4 における絶縁チャンバー 1 1 b へのヘリカルコイルの巻き方は、絶縁チャンバー 1 1 b は、図 4 に示すように上部が他の箇所に比べて絶縁チャンバー 1 1 b の直径が大きい形状であり、図 4 に示すような絶縁チャンバー 1 1 b の形状の壁に沿って配置された巻き方である。尚、20 は石英やアルミなどの絶縁物の部材である。

【 0 0 2 8 】

さらに図 5 における絶縁チャンバー 1 1 c へのヘリカルコイルの巻き方は、図 5 に示すようにコイル上端アース端子 9 およびコイル下端アース端子 1 0 付近は、絶縁チャンバー 1 1 c の壁より離れて配置され、コイル上端アース端子 9 およびコイル下端アース端子 1 0 付近以外は、絶縁チャンバー 1 1 c の壁に沿って配置された巻き方である。尚、絶縁チャンバー 1 1 c の形状は、円筒状であり、ヘリカルコイルの両端は、グランドに囲まれている。また、32 はアルミ等の金属の部材である。

10

【 0 0 2 9 】

また、図 3 ないし 5 に示されたヘリカルコイルも絶縁チャンバーへ 3 条ねじのように巻かれ、3 つの帯び状のプラズマベルト 1 9 a、1 9 b、1 9 c を形成することによって絶縁チャンバーの周方向の一周に亘ってプラズマリングを形成する。

【 0 0 3 0 】

本発明により、ヘリカル型プラズマ源を用いてプラズマ処理を行うプラズマ処理装置において、大面積で、より高速排気条件下で反応速度を保ち、均一に処理され、外乱要因の受け難い安定した処理が実現できる。

20

【 0 0 3 1 】

以上、説明した本実施例に係る本発明により、プラズマ処理室の周方向のプラズマ制御性を向上できる。また、本発明は、ヘリカルコイルの巻き方、チャンバー形状の工夫により、放電部の容積や表面積を小さくして、ガスの置換率を向上させるとともに、一方で複数のヘリカルコイルを用いて、大面積のプラズマの周回方向の制御を行うことができる。さらに高周波を順に印加することで、プラズマを旋回させたりすることもできる。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 2 】

- 1 放電部
- 3 シールドカバー
- 4 天板
- 5 ガス供給口
- 6 絶縁カバー
- 8 ヘリカルコイル
- 9 コイル上端アース端子
- 1 0 コイル下端アース端子
- 1 1 絶縁チャンバー
- 1 2 給電点
- 1 4 高周波電源
- 1 5 導入端子
- 1 9 プラズマリング
- 2 6 絶縁
- 3 2 ベースフランジ
- 4 3 底板
- 4 4 排気口
- 4 5 ウエハ搬送路
- 4 6 コイル冷却パイプ
- 5 1 ウエハ
- 5 2 試料台

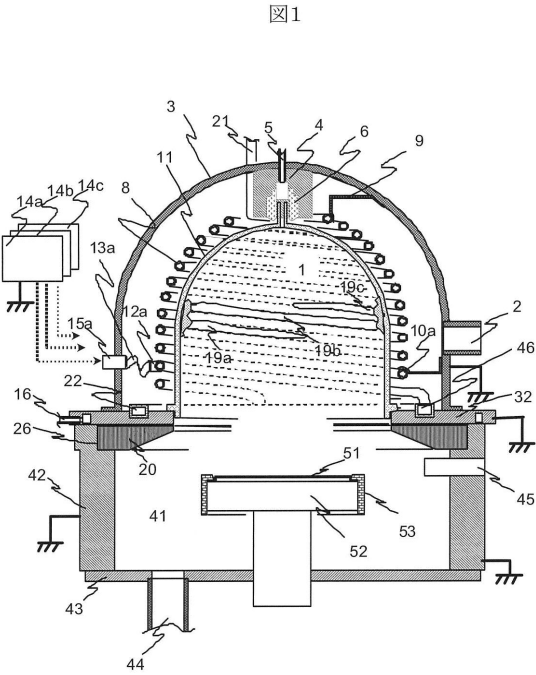
30

40

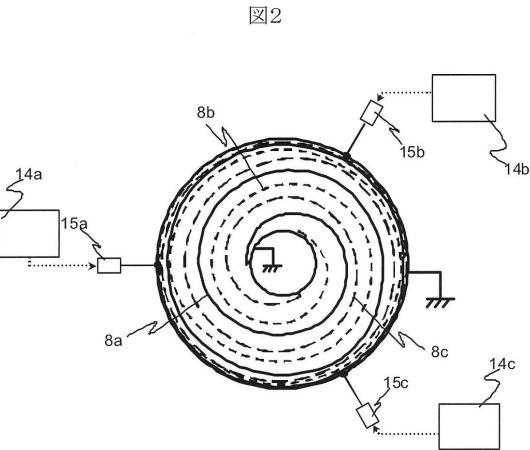
50

5 3 絶縁カバー

【図 1】

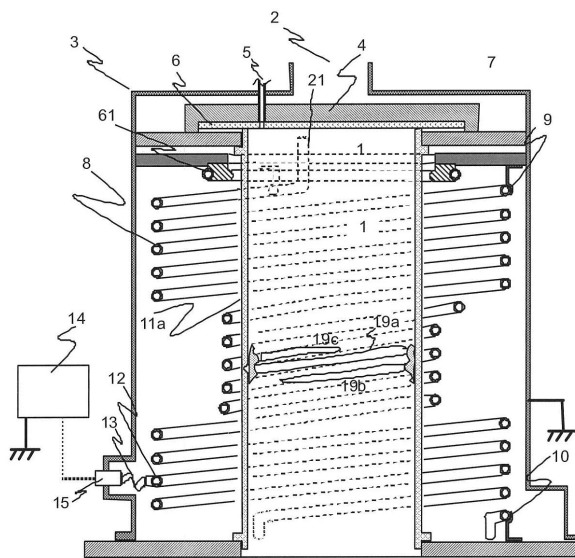


【図 2】



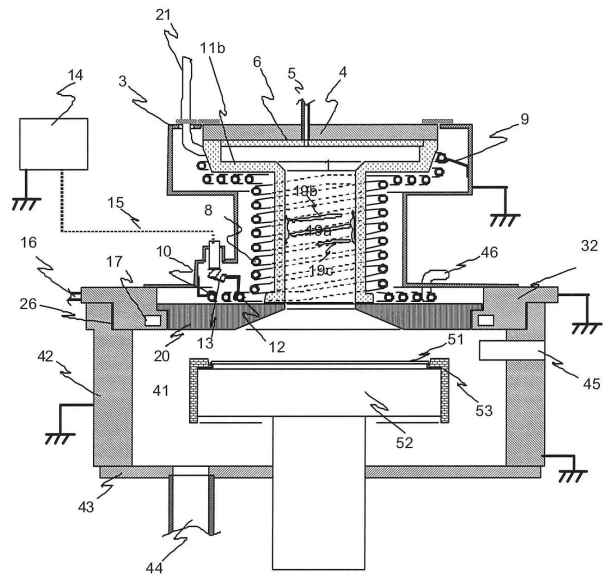
【図3】

図3



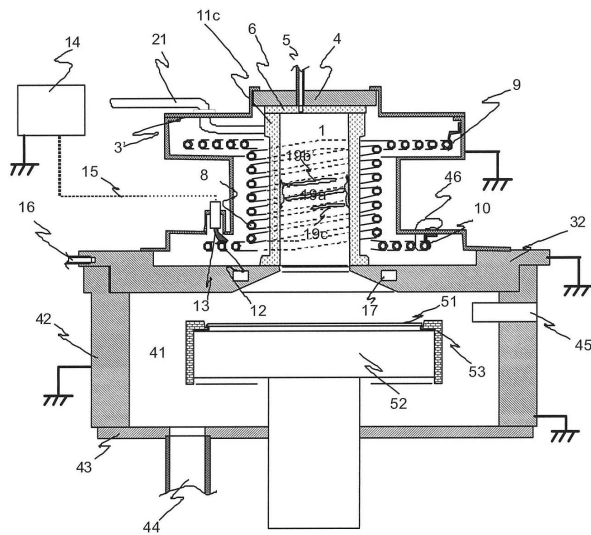
【図4】

図4



【図5】

図5



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-012287(JP,A)
特開2007-142444(JP,A)
特表2003-525519(JP,A)
特開平09-293600(JP,A)
国際公開第2013/062929(WO,A1)
特開2002-151492(JP,A)
特表2000-501568(JP,A)
米国特許第04918031(US,A)
特開2005-19412(JP,A)
特開2015-50362(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0193967(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

IPC H05H 1/00-1/54
H01L 21/3065
C23C 16/507