

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-311338

(P2008-311338A)

(43) 公開日 平成20年12月25日(2008.12.25)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>H01L 21/3065 (2006.01)</b>	H01L 21/302 103	4K030
<b>H01L 21/205 (2006.01)</b>	H01L 21/205	5FO04
<b>C23C 16/50 (2006.01)</b>	C23C 16/50	5FO45
<b>C23C 16/52 (2006.01)</b>	C23C 16/52	
<b>H01L 21/265 (2006.01)</b>	H01L 21/265 603Z	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2007-156135 (P2007-156135)	(71) 出願人	591145483 原田産業株式会社 大阪府大阪市中央区南船場2丁目10番1 4号
(22) 出願日	平成19年6月13日 (2007.6.13)	(74) 代理人	100115738 弁理士 驚頭 光宏
		(74) 代理人	100121681 弁理士 緒方 和文
		(72) 発明者	鈴木 功一 大阪府大阪市中央区南船場2丁目10番1 4号原田産業株式会社内
		(72) 発明者	佐藤 充男 大阪府大阪市中央区南船場2丁目10番1 4号原田産業株式会社内

最終頁に続く

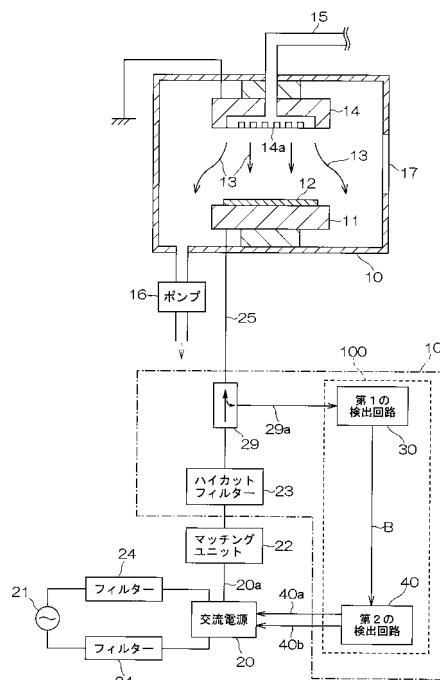
(54) 【発明の名称】真空処理装置及びこれに用いる異常放電予知装置、並びに、真空処理装置の制御方法

## (57) 【要約】

【課題】真空チャンバー内における異常放電の発生を予知し、処理対象物の損傷などを未然に防止する。

【解決手段】真空チャンバー10と、真空チャンバー10内にて連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出する第1の検出回路30と、第1の検出回路30が一定時間に亘り連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出したことに応答して、予知信号40a, 40bを発生する第2の検出回路と、予知信号40a, 40bに応じて真空チャンバー10内に配置された電極11, 14への交流電圧の印加パターンを変化させる交流電源20とを備える。このように、異常放電自体を検出するのではなく、異常放電の予兆現象を検出していることから、異常放電の発生を未然に防止することができる。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

真空チャンバーにて発生する異常放電を予知する異常放電予知装置であって、前記真空チャンバー内にて連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を一定時間に亘り検出したことに応答して予知信号を発生することを特徴とする異常放電予知装置。

**【請求項 2】**

前記真空チャンバー内にて連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出する第1の検出手段と、前記第1の検出手段が一定時間に亘り連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出したことに応答して前記予知信号を発生する第2の検出手段とを含むことを特徴とする異常放電予知装置。

10

**【請求項 3】**

前記第1の検出手段は、 $1 \mu s$ 以下の間隔で発生する低エネルギー放電を検出することを特徴とする請求項2に記載の異常放電予知装置。

**【請求項 4】**

前記第2の検出手段は、前記第1の検出手段が第1の時間に亘り連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出したことに応答して第1の予知信号を発生し、前記第1の検出手段が第1の時間よりも長い第2の時間に亘り連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出したことに応答して第2の予知信号を発生することを特徴とする請求項2又は3に記載の異常放電予知装置。

20

**【請求項 5】**

前記第2の検出手段は、前記予知信号に応じて前記真空チャンバー内の環境を変化させることを特徴とする請求項2乃至4のいずれか一項に記載の異常放電予知装置。

**【請求項 6】**

前記第2の検出手段は、前記予知信号に応じて前記真空チャンバー内に配置された電極に交流電圧を印加する交流電源の動作を制御することを特徴とする請求項5に記載の異常放電予知装置。

**【請求項 7】**

前記第2の検出手段は、前記予知信号に応じて前記交流電源による交流電圧の印加パターンを変化させることを特徴とする請求項6に記載の異常放電予知装置。

30

**【請求項 8】**

前記第2の検出手段は、前記予知信号に応じて前記交流電源による交流電圧の印加を一時的に中断させることを特徴とする請求項6に記載の異常放電予知装置。

**【請求項 9】**

真空チャンバーと、前記真空チャンバー内にて連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を一定時間に亘り検出したことに応答して予知信号を発生する異常放電予知手段と、前記予知信号に応じて前記真空チャンバー内の環境を変化させる制御手段とを備えることを特徴とする真空処理装置。

**【請求項 10】**

真空チャンバー内にて一定時間に亘り連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出したことに応答して、前記真空チャンバー内の環境を変化させることを特徴とする真空処理装置の制御方法。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、真空処理装置及びこれに用いる異常放電予知装置、並びに、真空処理装置の制御方法に関し、特に、真空チャンバー内の異常放電による処理対象物の損傷などを未然に防止することが可能な真空処理装置及びこれに用いる異常放電予知装置、並びに、真空処理装置の制御方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

50

半導体デバイスの製造プロセスにおいては、プラズマCVD装置やプラズマエッティング装置などの真空処理装置が数多く用いられている。プラズマCVD装置やプラズマエッティング装置は、真空チャンバー内に電極が配置されており、この電極に交流電圧を印加することによってプラズマ放電を発生させることができる。プラズマ放電が発生すると、真空チャンバー内のプロセスガスは衝突により活性化されてラジカルとなるため、熱による励起を行う装置と比べてより低温下での反応を起こすことが可能となる。

#### 【0003】

しかしながら、プラズマCVD装置やプラズマエッティング装置では、真空チャンバー内で異常放電が発生することがあり、これによって半導体ウェハの一部が損傷するおそれがある。このような異常放電は、プラズマCVD装置やプラズマエッティング装置だけでなく、イオンミリング装置、イオン注入装置、スパッタリング装置など、他の真空処理装置においても発生することがある。このような問題を解決すべく、本発明者らの一人は、異常放電に伴って発生する電磁波などによって、異常放電の検出を行う技術を提案した（特許文献1参照）。

10

#### 【0004】

この方法によれば、より確実に異常放電の検出を行うことができることから、半導体デバイスなど、真空処理装置を用いて生産される各種デバイスの歩留まりを向上させるものと期待される。

#### 【特許文献1】特許第3631212号公報

20

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

しかしながら、異常放電を検出してから事後的に装置を停止させても、既に処理対象物の損傷などが生じていることがあった。このため、障害を引き起こす異常放電自体を検出するのではなく、障害を引き起こす異常放電の発生を予知し、事前に対処することが望まれる。

#### 【0006】

したがって、本発明の目的は、異常放電の発生を予知し、処理対象物の損傷などを未然に防止することが可能な真空処理装置及びこれに用いる異常放電予知装置、並びに、真空処理装置の制御方法を提供することである。

30

#### 【0007】

また、本発明の他の目的は、異常放電の発生を大幅に抑制可能な真空処理装置及びこれに用いる異常放電予知装置、並びに、真空処理装置の制御方法を提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

本発明者らは、上記の課題を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、異常放電が発生する直前において、障害に至らない低エネルギー放電が頻発することを見いだした。このような低エネルギー放電は通常時においてもしばしば発生するが、異常放電が発生する直前においては、一定時間に亘って連続的又は断続的に発生する。本発明は、このような予兆現象の発見に基づきなされたものである。

40

#### 【0009】

本発明による異常放電予知装置は、真空チャンバーにて発生する異常放電を予知する異常放電予知装置であって、真空チャンバー内にて連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を一定時間に亘り検出したことに応答して予知信号を発生することを特徴とする。

#### 【0010】

また、本発明による真空処理装置は、真空チャンバーと、真空チャンバー内にて連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を一定時間に亘り検出したことに応答して予知信号を発生する異常放電予知手段と、予知信号に応じて前記真空チャンバー内の環境を変化させる制御手段とを備えることを特徴とする。

#### 【0011】

50

また、本発明による真空処理装置の制御方法は、真空チャンバー内にて一定時間に亘り連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出したことに応答して、真空チャンバー内の環境を変化させることを特徴とする。

#### 【0012】

本発明によれば、異常放電を検出してからではなく、異常放電の予兆現象が発生したか否かを判定していることから、異常放電の発生を未然に防止することができる。これにより、異常放電の発生による処理対象物の損傷などを防止することが可能となる。

#### 【0013】

尚、本発明において「低エネルギー放電」とは、障害に至らない放電、つまり、処理対象物の焼損やパーティクル汚染を引き起こさない程度の放電を指し、障害を引き起こす異常放電とは明確に区別される。高エネルギー放電であっても実際に障害が発生するか否かは確率の問題であり、したがって、障害を引き起こす異常放電のエネルギー量を定義することは困難である。しかしながら、本発明で言うところの「低エネルギー放電」は、障害を引き起こす確率が実質的にゼロであり、このような観点から、異常放電と区別することができる。

10

#### 【0014】

また、「真空」とは、完全な真空状態を指すものではなく、プロセスガスやキャリアガスなどが低圧状態で存在する状態を指す。

#### 【0015】

本発明において、異常放電予知装置は、真空チャンバー内にて連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出する第1の検出手段と、第1の検出手段が一定時間に亘り連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出したことに応答して、予知信号を発生する第2の検出手段とを含むことが好ましい。

20

#### 【0016】

第1の検出手段は、 $1 \mu s$ 以下の間隔で発生する低エネルギー放電を検出することが好ましい。これによれば、発生した低エネルギー放電が予兆現象であるか否かを正しく区別することが可能となる。

#### 【0017】

また、第2の検出手段は、第1の検出手段が第1の時間に亘り連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出したことに応答して第1の予知信号を発生し、第1の検出手段が第1の時間よりも長い第2の時間に亘り連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出したことに応答して第2の予知信号を発生することが好ましい。これによれば、異常放電の発生危険度に応じたきめ細かい制御を行うことが可能となる。

30

#### 【0018】

予兆現象を検出した場合は、異常放電の発生を防止すべく、真空チャンバー内の環境を変化させることが好ましい。例えば、真空チャンバー内に配置された電極への交流電圧の印加を断続的としても構わないし、交流電圧を低下させても構わない。また、その両方であっても構わない。さらに、予兆現象を検出した後、一定時間後に交流電圧の印加パターンを異常放電の検出前の状態に戻すことが好ましい。或いは、予兆現象を検出した場合、交流電圧の印加を一時的に中断しても構わない。このように、フィードバックを交流電源に対して行えば、真空チャンバー内の環境を容易に且つ速やかに変化させることができる。

40

#### 【発明の効果】

#### 【0019】

このように、本発明によれば、異常放電自体を検出するのではなく、異常放電の予兆現象を検出していることから、異常放電の発生を未然に防止することができる。これにより、異常放電の発生による処理対象物の損傷などを防止することが可能となる。このため、プラズマCVD装置、プラズマエッティング装置、イオンミリング装置、イオン注入装置、スパッタリング装置などの真空処理装置を用いて生産される各種デバイスの生産性を高めることができる。

50

**【発明を実施するための最良の形態】****【0020】**

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施の形態について詳細に説明する。

**【0021】**

図1は、本発明の好ましい第1の実施形態による真空処理装置の構成を概略的に示す模式図である。

**【0022】**

図1に示すように、本実施形態による真空処理装置はプラズマエッティング装置であり、真空チャンバー10と、真空チャンバー10内に配置された電極11に交流電圧を印加する交流電源20と、真空チャンバー10にて発生する異常放電を予知する異常放電予知装置100とを備えている。 10

**【0023】**

真空チャンバー10に設けられた電極11は、処理対象物である半導体ウェハ12を載置するステージを兼ねている。真空チャンバー10には、電極11のほか、プロセスガス13の吹き出し口14aを兼ねた電極14が設けられており、この電極14にはグランド電位が与えられている。プロセスガス13は、配管15を通じて真空チャンバー10内に導入され、半導体ウェハ12の近傍を通じて、真空ポンプ16により排出される。そして、交流電源20を用いて電極11に交流電圧を印加すると、電極11と電極14との間のプロセスガス13がプラズマ化し、そのプラズマが半導体ウェハ12の表面に形成された膜をエッティングする。特に限定されるものではないが、交流電源20の出力は、200W～2kW程度に設定される。 20

**【0024】**

また、真空チャンバー10の外壁にはガラス窓17が設けられており、ここから内部の様子を観察することができる。但し、このようなガラス窓17は、外来電磁波の侵入口となったり、内部からの電磁波の出口となることから、これをシールドするためにメッシュ状又はスリット状のシールド材をガラス窓17に配置することが好ましい。メッシュ状又はスリット状のシールド材の隙間としては、低エネルギー放電などにより発生する電磁波の主要成分以下の電磁波を遮断可能なサイズに設定することが好ましい。具体的には、上記の隙間を、低エネルギー放電などにより発生する電磁波の主要成分の波長の1/4以下に設定することが好ましい。 30

**【0025】**

交流電源20は、主電源21からの電力供給を受けて、例えば13.56MHzの交流電圧20aを発生させる回路である。発生させた交流電圧20aは、マッチングユニット22及びハイカットフィルター23を通して真空チャンバー10内の電極11に印加される。交流電源20と主電源21との間の電源ラインには、フェライトなどの磁性体を用いたノイズフィルタ24が設けられている。ノイズフィルタ24のフィルタ特性としては、低エネルギー放電などにより発生する電磁波の主要成分以下の電磁波を遮断可能な特性を有していることが好ましい。

**【0026】**

ハイカットフィルター23と電極11とを接続する配線25には、方向性結合器（好ましくは、同軸型方向性結合器）29が配置されている。方向性結合器29は、電極11からの反射波に含まれる高周波成分を分離する役割を果たす。ここで、「高周波成分」とは、交流電源20により生成される交流電圧20aの周波数よりも十分に高い周波数を指し、生成される交流電圧20aの周波数が例えば13.56MHzであれば、100MHz以上の周波数成分を指す。このような高周波成分は、真空チャンバー10内で放電が発生した場合に観測される電磁波である。本実施形態においては、真空チャンバー10内で発生する低エネルギー放電を検出する必要があることから、これを観測可能な感度に設定する必要がある。 40

**【0027】**

10

20

30

40

50

真空チャンバー 10 内の放電に起因する電磁波は、ナノ秒オーダーで完結する過渡応答性を持っており、その最大レベルの周波数帯は約 800 MHz ~ 2 GHz 程度であることが多い。

#### 【0028】

尚、真空チャンバー 10 内の放電に起因しない高周波成分、例えば、外来電磁波、電源ノイズなどは、ガラス窓 17 に設けられたシールド材や、電源ラインに設けられたノイズフィルタ 24 によって大半が除去される。このため、方向性結合器 29 によって分離された反射波の高周波成分は、ほぼ全てが真空チャンバー 10 内の放電に起因するものであるとみなすことができる。方向性結合器 29 の分離出力 29a は、異常放電予知装置 100 に供給される。

10

#### 【0029】

図 1 に示すように、異常放電予知装置 100 は、真空チャンバー 10 内にて連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出する第 1 の検出回路 30 と、第 1 の検出回路 30 が一定時間に亘り連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電を検出したことに応答して予知信号 40a, 40b を発生する第 2 の検出回路 40 とを備える。既に述べたように、「低エネルギー放電」とは、処理対象物の焼損やパーティクル汚染を引き起こさない程度の放電を指す。

#### 【0030】

図 2 は、異常放電予知装置 100 の回路図である。

20

#### 【0031】

図 2 に示すように、異常放電予知装置 100 に含まれる第 1 の検出回路 30 は、方向性結合器 29 からの分離出力 29a を受けるプリアンプ 31 と、キャパシタ C1 及び抵抗 R1 からなる時定数回路 32 と、プリアンプ 31 と時定数回路 32 との間に挿入されたダイオード 33 と、線路 A の電位と基準電位 V<sub>CMP</sub> とを比較するコンパレータ 34 とを備えている。

#### 【0032】

プリアンプ 31 及びダイオード 33 は、方向性結合器 29 からの分離出力 29a によって線路 A の電位を高める役割を果たし、時定数回路 32 は、線路 A の電位を徐々に低下させる役割を果たす。時定数回路 32 は、1 μs 以下の間隔で信号が連続的又は断続的に供給された場合に線路 A の電位が上昇し、信号の供給間隔が 1 μs 超である場合に線路 A の電位が低下するよう、時定数が設定される。このため、分離出力 29a が 1 μs 以下の間隔で連続的又は断続的に供給された場合、つまり、低エネルギー放電が 1 μs 以下の間隔で連続的又は断続的に発生した場合には、コンパレータ 34 の出力である線路 B のレベルが活性化する。

30

#### 【0033】

一方、異常放電予知装置 100 に含まれる第 2 の検出回路 40 は、5 μs のパルスを発生する第 1 のモノマルチバイブレータ 41 と、20 μs のパルスを発生する第 2 のモノマルチバイブレータ 42 と、キャパシタ C2 及び抵抗 R2 からなる微分回路 43 と、キャパシタ C3、抵抗 R3 及びダイオード G3 からなる微分回路 44 と、キャパシタ C4、抵抗 R4 及びダイオード G4 からなる微分回路 45 と、AND ゲート 46, 47 とを備えている。

40

#### 【0034】

図 2 に示すように、モノマルチバイブルエタ 41, 42 のリセット端子は線路 B に接続され、トリガー端子は線路 C に接続されている。線路 C とは、微分回路 43 を構成するキャパシタ C2 と抵抗 R2 の接続点である。モノマルチバイブルエタ 41 はリセット端子がハイレベルである期間に動作し、トリガー端子にトリガー信号が入力されると 5 μs 幅のパルスを生成する。同様に、モノマルチバイブルエタ 42 はリセット端子がハイレベルである期間に動作し、トリガー端子にトリガー信号が入力されると 20 μs 幅のパルスを生成する。

#### 【0035】

50

また、ANDゲート46は、一方の入力端子が線路Bに接続され、他方の入力端子が線路E1に接続されている。同様に、ANDゲート47は、一方の入力端子が線路Bに接続され、他方の入力端子が線路E2に接続されている。ここで、線路E1,E2とは、それぞれ微分回路44,45の出力である。微分回路44,45は、それぞれモノマルチバイブレータ41,42の出力に接続された線路D1,D2のレベルがハイからローに変化した場合にパルスを生成する回路である。

#### 【0036】

そして、ANDゲート46の出力は第1の予知信号40aとして用いられ、ANDゲート47の出力は第2の予知信号40bとして用いられる。これらの予知信号40a,40bは、図1に示すように交流電源20に供給される。10

#### 【0037】

図3は、異常放電予知装置100の動作を説明するための波形図であり、(a)は1μs以下の間隔で連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電の継続時間が5μs未満である場合の波形を示し、(b)は1μs以下の間隔で連続的又は断続的に発生する低エネルギー放電の継続時間が5μs以上である場合の波形を示している。

#### 【0038】

図3(a)に示すように、継続時間が5μs未満である場合には、モノマルチバイブルエタ41が動作可能な時間も5μs未満となるため、モノマルチバイブルエタ41の出力である線路D1の波形は、線路Bの波形とほぼ一致する。但し、多少の伝送時間が存在することから、線路E1にワンショットのパルスが発生した時点では線路Bのレベルがローレベルに戻っており、このため、予知信号40aは発生しない。20

#### 【0039】

これに対し、図3(b)に示すように、継続時間が5μs以上である場合には、モノマルチバイブルエタ41は5μsのパルスを生成する。このため、線路E1にワンショットのパルスが発生すると、これに応答して予知信号40aが活性化する。

#### 【0040】

このようにして、継続時間が5μs以上である低エネルギー放電を検出することができる。継続時間が20μs以上である低エネルギー放電を検出する場合の動作も同様である。これにより、継続時間が5μs以上になるとANDゲート46の出力である第1の予知信号40aが活性化し、継続時間が20μs以上になるとANDゲート47の出力である第2の予知信号40bが活性化する。30

#### 【0041】

本発明者らの度重なる実験によれば、障害を引き起こす異常放電が発生する直前に、処理対象物の焼損やパーティクル汚染を引き起こさない程度の低エネルギー放電が頻発することが見いだされた。より具体的には、連続的又は断続的な低エネルギー放電が5μs程度継続すると、直後に異常放電が発生する可能性があり、連続的又は断続的な低エネルギー放電が20μs程度継続すると、直後に異常放電が発生する可能性がかなり高いことが判明した。一方で、連続的又は断続的な低エネルギー放電が発生しても、その継続時間が5μs未満である場合には、直後に異常放電が発生することはほとんどない。

#### 【0042】

このような現象が生じる理由については必ずしも明らかではないが、プロセス条件を変えたり、異なる真空処理装置を用いたりしても、結果はほぼ同じであった。このため、上記の現象は特定の真空処理装置における特定の条件下で発生するものではなく、普遍的に生じる現象であるものと推察される。

#### 【0043】

したがって、第1の予知信号40aの活性化は、直後に異常放電が生じる可能性があることを示し、第2の予知信号40bの活性化は、直後に異常放電が生じる可能性がかなり高いことを示している。これらの予知信号40a,40bの利用方法については特に限定されないが、図1に示すように、本実施形態では交流電源20へのフィードバックを行っている。40

## 【0044】

本実施形態では、第1又は第2の予知信号40a, 40bが活性化した場合、これに応答して、交流電源20は、電極11に対する交流電圧20aの印加パターンを変化させる。具体的には、予知信号40a又は40bの活性化に応答して、電極11に対する交流電圧の印加を断続的とすることが好ましい。つまり、図4に示すように、交流電圧20aの印加と停止を周期的に繰り返せばよい。交流電圧20aの印加と停止の繰り返し周波数としては、特に限定されるものではないが、交流電圧20aの周波数が13.56MHzであれば、例えば1~10MHz程度に設定すればよい。

## 【0045】

また、交流電圧の印加を断続的とする期間Tについては、50μs以上に設定することが好ましい。これは、50μs以内に交流電圧20aの印加パターンを元に戻すと、多くの場合、再び低エネルギー放電が頻発するからである。但し、交流電圧20aの印加パターンを元に戻しても、低エネルギー放電の発生により再び予知信号40a, 40bが活性化すれば再び交流電圧20aの印加パターンが変化することから、結果的に異常放電の発生は防止される。或いは、ガラス窓70を介してプラズマ光を観測し、プラズマ光がほとんど観測できなくなった場合に交流電圧20aの印加パターンを元に戻しても構わない。これによれば、期間Tを最も適切に設定することができることから、予知信号40a, 40bが連続して発生することが少ない。

10

## 【0046】

これにより、真空チャンバー10内で所定以上の異常放電が発生しそうになると、電極11に印加される交流電圧20aが断続的となることから、一時的にプラズマ密度が低下する。その結果、異常放電の発生が抑制され、半導体ウェハ12の損傷が未然に防止される。しかしながら、交流電圧20aの印加を完全に停止したわけではないことから、プラズマ密度は所定値まで短時間で復帰する。このため、プロセス（この場合はドライエッチング）はそのまま進行する。つまり、プロセスを進行させながら異常放電の発生を予防することが可能となる。

20

## 【0047】

尚、交流電源20へのフィードバックは、第1及び第2の予知信号40a, 40bの両方であっても構わないし、いずれか一方のみであっても構わない。両方の信号を交流電源20にフィードバックする場合、第1の予知信号40aが活性化した場合と、第2の予知信号40bが活性化した場合とで処理を異なれることもできる。例えば、第1の予知信号40aが活性化した場合に比べて、第2の予知信号40bが活性化した場合の方が交流電圧20aの停止を長く設定すればよい。これによれば、異常放電の発生危険度に応じた処置を施すことが可能となることから、異常放電の発生をより効果的に防止することが可能となる。

30

## 【0048】

交流電圧20aの印加パターンの変化としてはこれに限定されず、例えば、図5に示すように、予知信号40a又は40bの活性化に応答して電極11に印加する交流電圧20aの電圧レベルを低下させても構わない。交流電圧20aの低下量としては、特に限定されるものではないが、通常時の電力が200Wであれば、例えば50~100Wとなるような電圧に設定すればよい。

40

## 【0049】

この場合も、予知信号40a又は40bに応答して、真空チャンバー10内のプラズマ密度が一時的に低下することから、異常放電の発生が抑制され、半導体ウェハ12の損傷が未然に防止される。しかも、交流電圧20aの印加を完全に停止したわけではないことから、プロセスはそのまま進行する。

## 【0050】

ここでも、第1及び第2の予知信号40a, 40bの両方を交流電源20にフィードバックする場合、例えば、第1の予知信号40aが活性化した場合に比べて、第2の予知信号40bが活性化した場合の方が交流電圧20aの電圧低下量が大きくなるよう設定すれ

50

ば、異常放電の発生をより効果的に防止することが可能となる。

【0051】

そして、一定期間Tが経過すると交流電圧の印加パターンが元に戻り、そのままプロセスは継続される。

【0052】

以上説明したように、本実施形態では、異常放電の発生を予知し、これに基づいて交流電圧の印加パターンを変化させていることから、半導体ウェハ12の損傷を未然に防止することができる。しかも、異常放電の発生を予知しても、交流電圧20aの印加を完全には停止していないことから、プロセスをそのまま継続させることができる。このため、半導体ウェハ12など各種デバイスの生産性を高めることが可能となる。

10

【0053】

また、低エネルギー放電に起因する高周波成分を方向性結合器29によって分離していることから、プラズマ生成に必要な交流電圧（例えば13.56MHz）についてはほぼ無損失で通過させることができる。また、インダクタンス成分の大きいマッチングユニット22から見て電極11側に方向性結合器29を配置していることから、低エネルギー放電に起因する高周波成分をほぼ直接的に観測することが可能となる。このため、ナノ秒オーダーで完結する過渡応答性を持った高周波成分を正しく検出することが可能となる。

【0054】

尚、本実施形態では、第1又は第2の予知信号40a, 40bが活性化した場合、これに応答して交流電圧20aの印加パターンを変化させているが、本発明がこれに限定されるものではなく、例えば交流電圧20aの印加を一時的に中断しても構わない。この場合、プロセスが中断してしまうが、プラズマが消滅することから異常放電の発生を確実に防止することが可能となる。

20

【0055】

或いは、第1の予知信号40aが活性化した場合には、図4又は図5に示すように交流電圧20aの印加パターンを変化させ、第2の予知信号40bが活性化した場合には、交流電圧20aの印加を一時的に中断することも可能である。

【0056】

次に、本発明の好ましい第2の実施形態について説明する。

30

【0057】

図6は、本発明の好ましい第2の実施形態による真空処理装置の構成を概略的に示す模式図である。

【0058】

本実施形態による真空処理装置は、低エネルギー放電の検出機構が異なる他は、図1に示した真空処理装置と同じ構成を有している。このため、同一の構成要件には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0059】

図6に示すように、本実施形態による真空処理装置では、電極11に接続された配線25と電極14に接続された配線26の周囲に電流プローブ50が配置されており、これによつて高周波成分の検出が行われる。

40

【0060】

電流プローブとは、図7に示すように、測定したい電流線路52を筒状のコア51に通し、コア51に巻回したコイル53に流れる電流を抵抗54によって電流-電圧変換することにより、電流線路52に流れる電流を測定する器具である。電流プローブは、特に高周波電流の検出に優れており、電極11に接続された配線25の周囲に配置することにより、低エネルギー放電に起因する高周波成分を感度良く検知することができる。

【0061】

また、本実施形態では、電極11に接続された配線25のみならず、電極14に接続された配線26についても電流プローブ50に通されている。交流電源20からの信号はグランド線の電流と逆位相なため、電流プローブ32は交流を検出しない。これに対し、真

50

空チャンバー 10 内で発生した低エネルギー放電から放射される電磁波に誘導される電流は、配線 25 と配線 26 とで同位相で流れるため、検出される。電流プローブ 50 の出力 50 a は異常放電予知装置 100 に供給されており、異常放電の予兆を検出すると予知信号 40 a, 40 b を活性化させる。

## 【0062】

このように、本実施形態では、方向性結合器 29 を用いることなく、配線 25 上に流れ 10 る高周波成分を電流プローブ 50 によって直接検出していることから、装置全体を小型化することが可能となる。

## 【0063】

次に、本発明の好ましい第 3 の実施形態について説明する。

10

## 【0064】

図 8 は、本発明の好ましい第 3 の実施形態による真空処理装置の構成を概略的に示す模式図である。

## 【0065】

本実施形態による真空処理装置も、低エネルギー放電の検出機構が異なる他は、図 1 及び図 6 に示した真空処理装置と同様の構成を有している。このため、同一の構成要件には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

## 【0066】

図 8 に示すように、本実施形態による真空処理装置では、マッチングユニット 22 及びハイカットフィルター 23 が収容されたマッチングボックス 22 a 内に容量 22 b が設けられており、これによって高周波成分の検出が行われる。容量 22 b による分離出力はハイパスフィルター 27 を介して異常放電予知装置 100 に供給される。ハイパスフィルター 27 の特性としては、交流電圧 20 a の周波数（例えば 13.56 MHz）を実質的に遮断し、低エネルギー放電による高周波成分（例えば 800 MHz ~ 2 GHz）を実質的に透過させる特性を有している必要がある。

20

## 【0067】

図 9 は容量 22 b の構成例を示す模式的な斜視図であり、(a) は平板型の容量を用いた例を示し、(b) は円筒型の容量を用いた例を示している。

## 【0068】

図 9 (a) に示す例では、配線 25 の一部を板状電極 61 とし、その一方の面にポリテトラフルオロエチレンなどの絶縁体 62 を介して板状電極 63 を配置している。これにより、容量 22 b が構成されることから、低エネルギー放電による反射波を容量結合によって取り出すことが可能となる。

30

## 【0069】

一方、図 9 (b) に示す例では、配線 25 の一部 64 をポリテトラフルオロエチレンなどからなる筒状の絶縁体 65 によって覆い、さらに、絶縁体 65 の周囲を筒状電極 66 によって覆っている。このような構成によても容量 22 b が構成されることから、低エネルギー放電による反射波を容量結合によって取り出すことが可能となる。

## 【0070】

このように、本実施形態では、配線 25 上に流れる高周波成分を容量 22 b によって直接検出していることから、装置全体を小型化することが可能となる。

40

## 【0071】

次に、本発明の好ましい第 4 の実施形態について説明する。

## 【0072】

図 10 は、本発明の好ましい第 4 の実施形態による真空処理装置の構成を概略的に示す模式図である。

## 【0073】

本実施形態による真空処理装置は、容量 22 b とハイパスフィルター 27 との間にもう一つのハイパスフィルター 28 が追加されている点において図 8 に示した真空処理装置と相違する。その他の点については、図 8 に示した真空処理装置と同じであることから、同

50

一の構成要件には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0074】

図10に示すように、追加されたハイパスフィルター28は、マッチングボックス22aの内部に設けられている。これは、マッチングボックス22aの内部は高調波などが充満していることから、マッチングボックス22aの内部で一旦フィルタリングすることにより、低エネルギー放電による高周波成分の検出をより正確に行うことができるからである。また、ハイカットフィルターを直列に2段接続することにより、容量22bからの出力電圧を十分に低下させることができるという利点もある。

【0075】

また、交流電源20の電圧は比較的高電圧であることから、マッチングボックス22aの内部に設けられるハイパスフィルター28は十分な耐圧を有している必要があり、20kV以上の耐圧を有していることが好ましい。同様の理由から、ハイパスフィルター28は、出力信号の電圧を下げる特性を有していることが好ましい。但しこの場合、通過させる高周波成分の信号レベルについてはできるだけ減衰させないことが好ましい。ハイパスフィルター28の出力電圧が高すぎる場合には、ハイパスフィルター27の前段にアンプなどを挿入することが好ましい。

【0076】

尚、ハイパスフィルター28としては、それ単体でハイパスフィルターとしての特性を有する回路であっても構わないし、容量22bのキャパシタンスを利用することによってハイパスフィルターとしての特性を発揮するものであっても構わない。

【0077】

本実施形態において、ハイパスフィルター28の通過帯域は、ハイパスフィルター27の通過帯域よりも広いことが好ましい。これによれば、ノイズの多いマッチングボックス22a内のハイパスフィルター28によって大まかなフィルタリングを行った後、ノイズの少ないマッチングボックス22a外のハイパスフィルター27によってさらにフィルタリングすることができ、低エネルギー放電による高周波成分の検出をよりいっそう正確に行うことが可能となる。

【0078】

次に、本発明の好ましい第5の実施形態について説明する。

【0079】

図11は、本発明の好ましい第5の実施形態による真空処理装置の構成を概略的に示す模式図である。

【0080】

本実施形態による真空処理装置は、真空チャンバー10のガラス窓17に受信アンテナ70が設けられており、これによって低エネルギー放電の発生を検出している点において、図1に示した真空処理装置と相違する。その他の点については、図1に示した真空処理装置と同じであることから、同一の構成要件には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

【0081】

受信アンテナ70は、真空チャンバー10の内部の放電によって発生する電磁波を受信するためのアンテナである。真空チャンバー10の内部で放電が発生すると、これに伴って電磁波が生じるが、金属からなる真空チャンバー10によってその大部分は遮蔽される。しかしながら、ガラス窓17は電磁波を透過することから、ここを通過する電磁波Eを受信アンテナ70により観測すれば、低エネルギー放電の発生を検出することができる。したがって、本実施形態ではガラス窓17にシールド材などを設けるべきではない。

【0082】

受信アンテナ70の出力は、異常放電予知装置100に供給される。これにより、上記の各実施形態と同様、低エネルギー放電が一定期間に亘り連続的又は断続的に検出されると、予知信号40a, 40bが活性化する。

【0083】

10

20

30

40

50

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、上記の実施形態に限定されることなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

#### 【0084】

例えば、本発明の適用範囲はプラズマエッティング装置に限定されるものではなく、プラズマCVD装置、イオンミリング装置、イオン注入装置、スパッタリング装置など、異常放電が発生しやすい各種の真空処理装置に適用することが可能である。

#### 【0085】

また、上記各実施形態では、交流電源20、第1の検出回路30、第2の検出回路40などを別個の要素として説明したが、これらが物理的に別個の要素である必要はなく、これらの一部又は全部が一体化された構成を有していても構わない。例えば、図1に示す符号101で示す部分や、図6に示す符号102で示す部分の一部又は全部を一体化させれば、既存の真空処理装置に対してこの部分を付加するだけで、簡単に本発明の効果を得ることが可能となる。

10

#### 【0086】

さらに、上記各実施形態では、第2の検出回路40が2種類の予知信号40a, 40bを発生可能であるが、本発明がこれに限定されるものではなく、少なくとも1つの予知信号を発生可能であれば足りる。また、危険度レベルの異なる3種類以上の予知信号を発生可能としても構わない。

20

#### 【0087】

また、上記各実施形態では、低エネルギー放電の継続時間が5μs以上である場合に第1の予知信号40aを活性化させ、20μs以上である場合に第2の予知信号40bを活性化させているが、これらの時間設定は任意であり、これ以外の時間設定であっても構わない。しかしながら、上述の通り、低エネルギー放電の継続時間が5μs未満であれば直後に異常放電が発生することはほとんど無く、20μs以上であれば直後に異常放電が発生する可能性がかなり高いことが多くの実験によって確認されている。この点を考慮すれば、継続時間の設定は、5μs及び20μsの少なくとも一方、特に、上記各実施形態のように、5μs及び20μsの両方とすることが好ましい。

30

#### 【0088】

また、上記各実施形態では、異常放電の発生を予知した場合、交流電源20に対してフィードバックを行い、これにより異常放電の発生を未然に防止している。しかしながら、フィードバック先としてはこれに限定されず、異常放電の発生を未然に防止可能である限り、真空チャンバー内の環境を変化させる他の制御手段に対してフィードバックを行っても構わない。例えば、半導体ウェハ12を電極11に吸着固定するための静電チャックの電圧を低下させたり、プロセスガスの流量を変化させたり、或いは、イオンビーム電流を低下させるなどのフィードバックを行うことも可能である。但し、異常放電の発生を確実に防止するためには、交流電源20に対してフィードバックを行うことが最も簡単且つ効果的である。

30

#### 【0089】

さらに、上記各実施形態では、真空チャンバー内の低エネルギー放電を検出する手段として、いくつかの例を挙げたが、低エネルギー放電を検出する方法としてはこれらに限定されず、他の方法を用いても構わない。但し、上記各実施形態で挙げた低エネルギー放電の検出方法は、いずれもナノ秒オーダーで完結する過渡応答性を持った高周波成分を正しく検出可能な優れた方法であり、上記実施形態で挙げた低エネルギー放電の検出方法のいずれかを用いることが特に好ましい。

40

#### 【0090】

さらに、第1～第4の各実施形態では、一対の電極11, 14のうち、半導体ウェハ12が載置される電極11側に各種回路を接続することにより低エネルギー放電の検出を行っているが、これとは逆に、シャワーヘッドとなる電極14側に各種回路を接続することにより低エネルギー放電の検出を行っても構わない。

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0091】

【図1】本発明の好ましい第1の実施形態による真空処理装置の構成を概略的に示す模式図である。

【図2】異常放電予知装置100の回路図である。

【図3】異常放電予知装置100の動作を説明するための波形図である。

【図4】交流電圧の印加パターンの変化の一例を示す模式的な電圧波形図である。

【図5】交流電圧の印加パターンの変化の別の例を示す模式的な電圧波形図である。

【図6】本発明の好ましい第2の実施形態による真空処理装置の構成を概略的に示す模式図である。 10

【図7】電流プローブの構成を示す図である。

【図8】本発明の好ましい第3の実施形態による真空処理装置の構成を概略的に示す模式図である。

【図9】容量22bの構成例を示す模式的な斜視図であり、(a)は平板型の容量を用いた例を示し、(b)は円筒型の容量を用いた例を示している。

【図10】本発明の好ましい第4の実施形態による真空処理装置の構成を概略的に示す模式図である。

【図11】本発明の好ましい第5の実施形態による真空処理装置の構成を概略的に示す模式図である。

## 【符号の説明】 20

## 【0092】

1 0	真空チャンバー
1 1	電極
1 2	半導体ウェハ
1 3	プロセスガス
1 4	電極
1 4 a	吹き出し口
1 5	配管
1 6	真空ポンプ
1 7	ガラス窓
2 0	交流電源
2 0 a	交流電圧
2 1	主電源
2 2	マッチングユニット
2 2 a	マッチングボックス
2 2 b	容量
2 3	ハイカットフィルター
2 4	ノイズフィルタ
2 5	配線(交流電圧用)
2 6	配線(グランド用)
2 7 , 2 8	ハイパスフィルター
2 9	方向性結合器
2 9 a	分離出力
3 0	第1の検出回路
3 1	プリアンプ
3 2	時定数回路
3 3	ダイオード
3 4	コンパレータ
4 0	制御回路
4 0 a	第1の予知信号

10

20

30

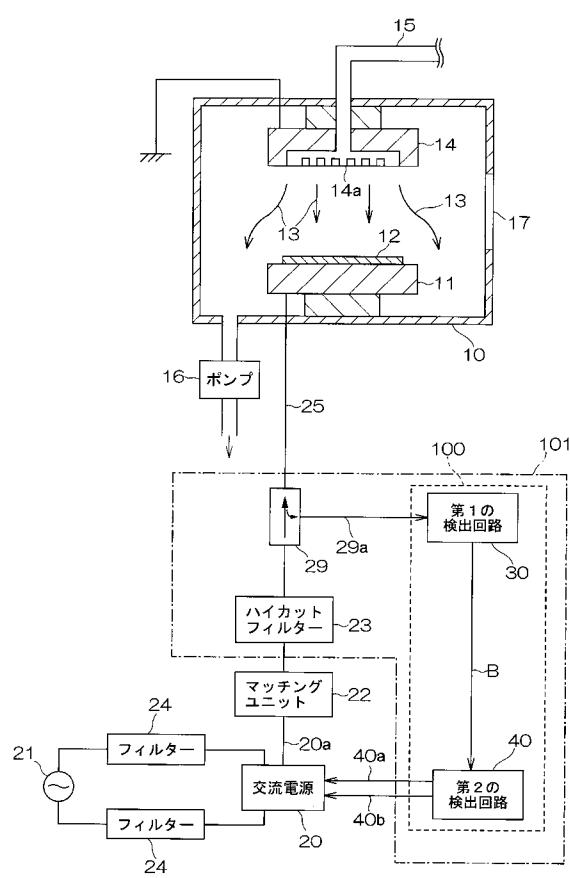
40

50

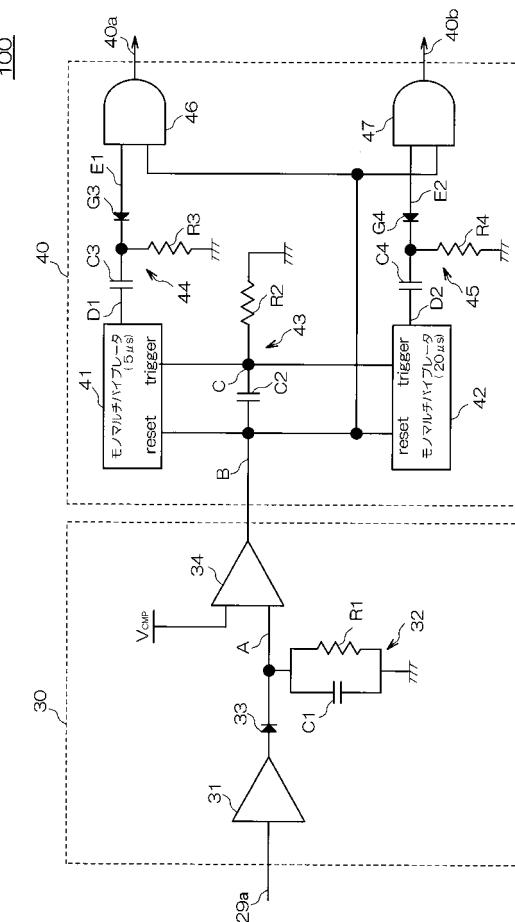
4 0 b 第 2 の予知信号  
 4 1 第 1 のモノマルチバイブレータ  
 4 2 第 2 のモノマルチバイブレータ  
 4 3 ~ 4 5 微分回路  
 4 6 , 4 7 A N D ゲート  
 5 0 電流プローブ  
 5 0 a 電流プローブの出力  
 5 1 コア  
 5 2 電流線路  
 5 3 コイル  
 5 4 抵抗  
 6 1 , 6 3 板状電極  
 6 2 , 6 5 絶縁体  
 6 4 配線の一部  
 6 6 筒状電極  
 7 0 受信アンテナ  
 1 0 0 異常放電予知装置  
 1 0 1 , 1 0 2 一体化することが好ましい要素

10

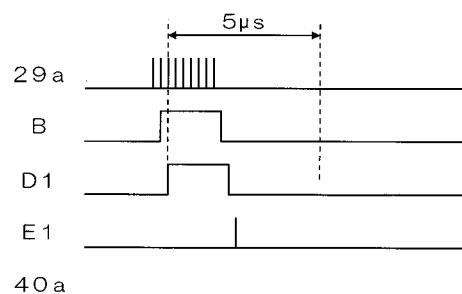
【図 1】



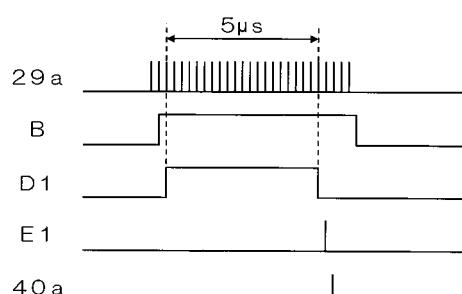
【図 2】



【図3】

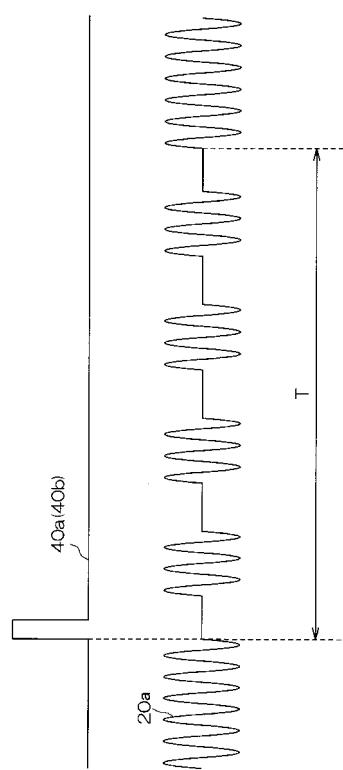


(a)

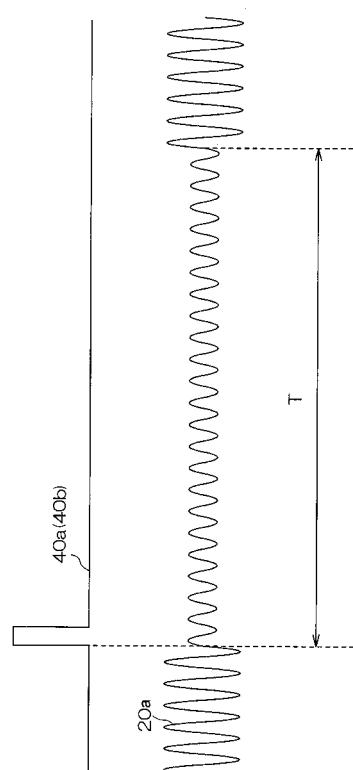


(b)

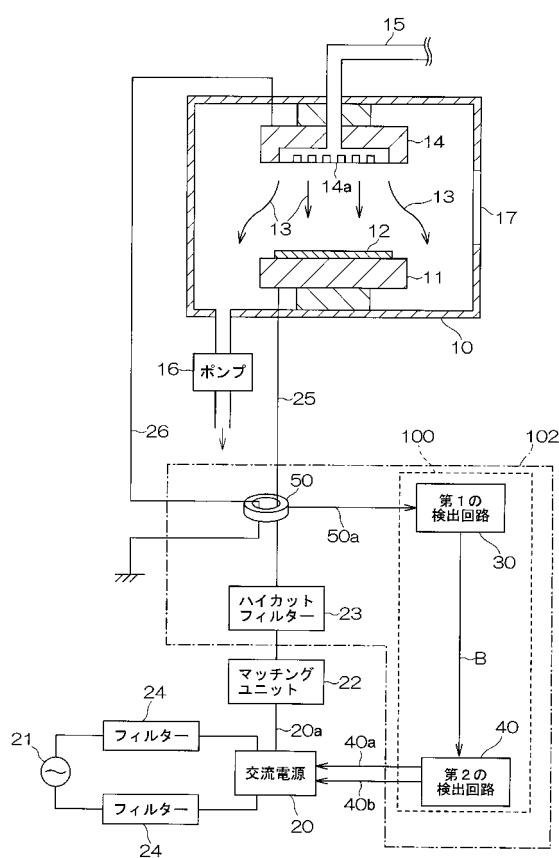
【図4】



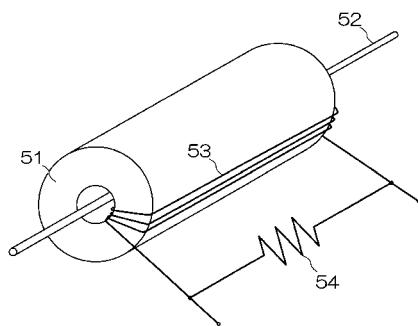
【図5】



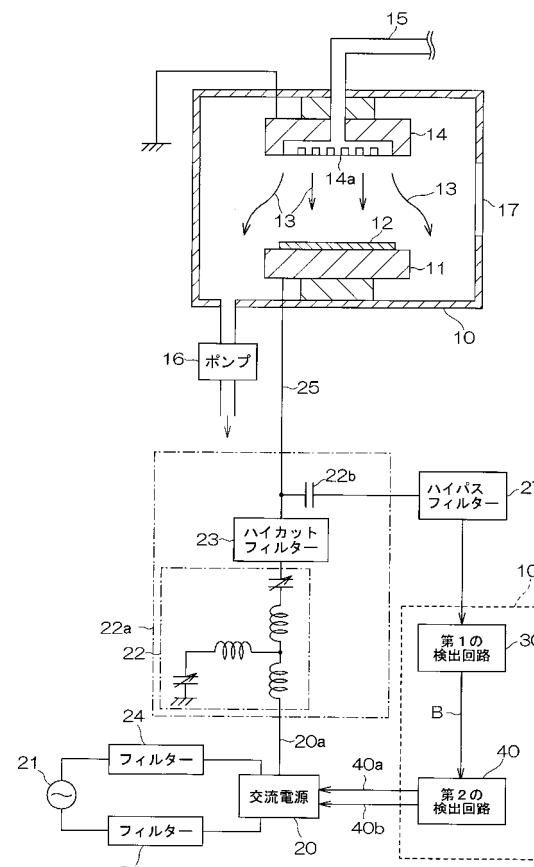
【図6】



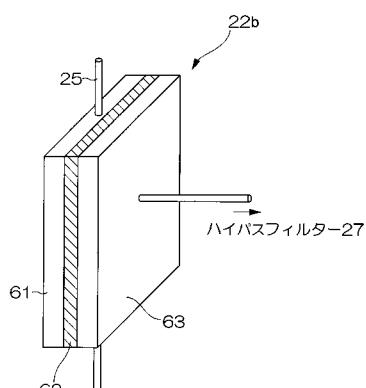
【図 7】



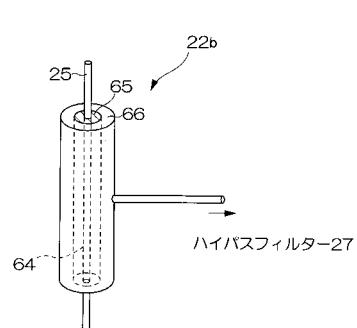
【図 8】



【図 9】

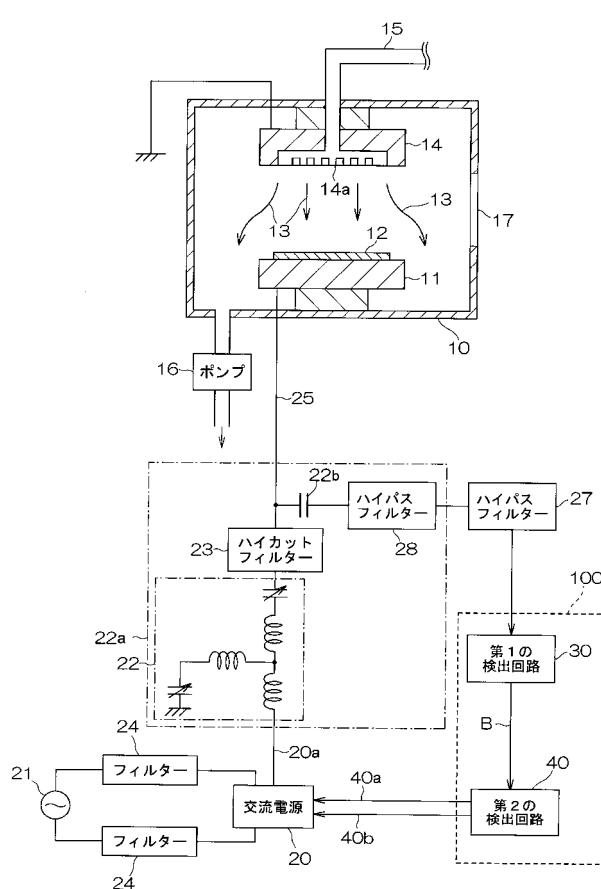


(a)

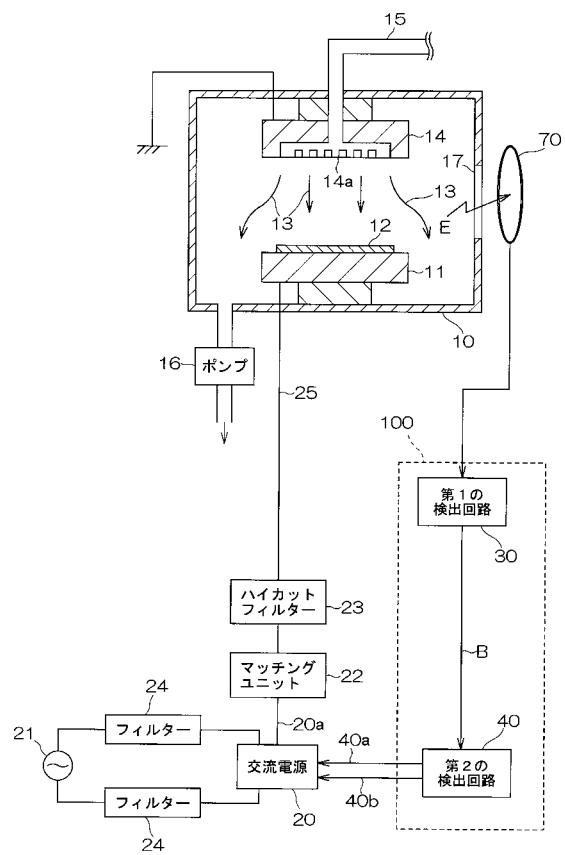


(b)

【図 10】



【図 11】



---

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
H 05 H 1/00 (2006.01)	H 05 H 1/00	A
H 05 H 1/46 (2006.01)	H 05 H 1/46	M

(72)発明者 鋒 治幸

大阪府大阪市中央区南船場2丁目10番14号原田産業株式会社内

Fターム(参考) 4K030 CA04 CA12 FA03 HA11 KA30 KA43 LA15  
5F004 AA16 BA04 BB13 BD03 BD04 BD05 BD06 CA08 CB05  
5F045 AA08 BB02 BB08 EH14 EH19 GB08