(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
2019年2月21日(21.02.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/035223 A1

(51) 国際特許分類:
H05H 1/46 (2006.01) *H01L 21/31* (2006.01)
C23C 16/505 (2006.01) *H01L 21/318* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/006183

(22) 国際出願日： 2018年2月21日(21.02.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2017-156343 2017年8月14日(14.08.2017) JP

(71) 出願人:株式会社ＫＯＫＵＳＡＩ ＥＬＥＣＴＲＩＣ (**KOKUSAI ELECTRIC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1010045 東京都千代田区神田鍛冶町三丁目４番地 Tokyo (JP).

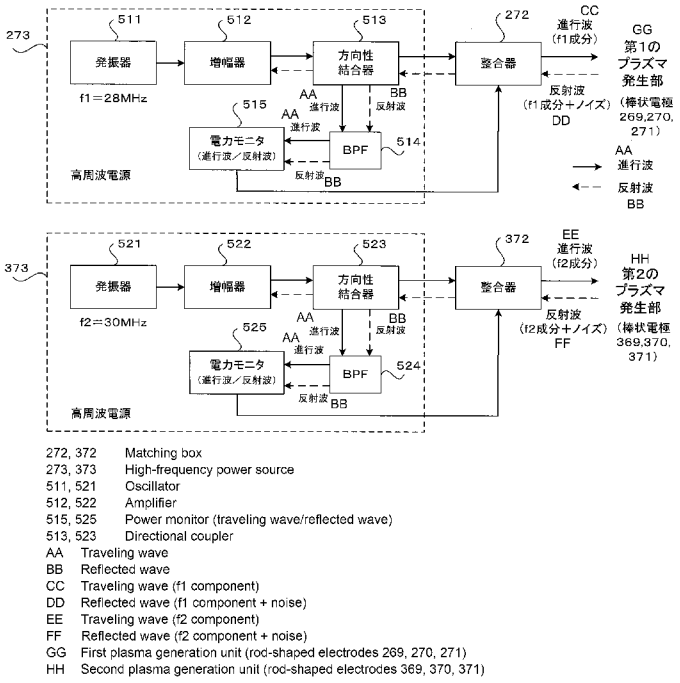
(72) 発明者:竹田 剛(**TAKEDA, Tsuyoshi**); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目１番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP).

(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,

WO 2019/035223 A1

(54) **Title:** PLASMA GENERATION DEVICE, SUBSTRATE TREATMENT DEVICE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称： プラズマ生成装置、基板処理装置および半導体装置の製造方法



272, 372 Matching box
273, 373 High-frequency power source
511, 521 Oscillator
512, 522 Amplifier
515, 525 Power monitor (traveling wave/reflected wave)
513, 523 Directional coupler
AA Traveling wave
BB Reflected wave
CC Traveling wave (f1 component)
DD Reflected wave (f1 component + noise)
EE Traveling wave (f2 component)
FF Reflected wave (f2 component + noise)
GG First plasma generation unit (rod-shaped electrodes 269, 270, 271)
HH Second plasma generation unit (rod-shaped electrodes 369, 370, 371)

(57) **Abstract:** Provided is a technology comprising: a high-frequency power source for supplying power to a plasma generation unit; and a matching box which is disposed between the high-frequency power source and the plasma generation unit, for matching the load impedance of the plasma generation unit and the output impedance of the high-frequency power source. The high-frequency power source comprises: a high-frequency oscillator that produces a high-frequency wave, a directional coupler that is disposed after the high-frequency oscillator, and that extracts part of a traveling wave

[続葉有]

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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))

component from the high-frequency oscillator and part of a reflected wave component from the matching box; a filter that removes a noise signal added to the reflected wave component extracted by the directional coupler; and a power monitor that measures the reflected wave component that has passed through the filter and the traveling wave component extracted by the directional coupler to perform feedback control on the matching box so that the reflected wave component from the matching box is lessened.

(57) 要約: プラズマ発生部に電源を供給するための高周波電源と、前記高周波電源と前記プラズマ発生部との間に設けられ、前記プラズマ発生部の負荷インピーダンスと前記高周波電源の出力インピーダンスとの整合をとるための整合器とを備え、前記高周波電源は、高周波を発振する高周波発振器と、前記高周波発振器の後段に配置され、前記高周波発振器からの進行波成分と前記整合器からの反射波成分の一部をそれぞれ取り出す方向性結合器と、前記方向性結合器によって取り出された前記反射波成分に加わったノイズ信号を除去するフィルタと、前記フィルタを通過後の前記反射波成分と、前記方向性結合器によって取り出された前記進行波成分とを測定して、前記整合器からの反射波成分が少なくなるように前記整合器をフィードバック制御する電力モニタとを有する技術を提供する。

明　細　書

発明の名称 ：

プラズマ生成装置、基板処理装置および半導体装置の製造方法

技術分野

[0001]　本発明は、プラズマ生成装置、基板処理装置および半導体装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002]　半導体装置製造工程の１つに、基板処理装置の処理室内に基板を搬入し、処理室内に供給した原料ガスと反応ガスなどの処理ガスにプラズマを用いて活性化させ、基板上に絶縁膜や半導体膜、導体膜等の各種膜を形成したり、各種膜を除去したりする基板処理が行われることがある。プラズマは、堆積する薄膜の反応を促進したり、薄膜から不純物を除去したり、あるいは成膜原料の化学反応を補助したりする為などに用いられる（例えば、特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１５－９２６３７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、複数の高周波電源を用いてプラズマ生成を行う処理装置では、それぞれの高周波電源の周波数の差が相互に干渉してノイズとなってしまうため、安定したプラズマ生成を行うことができない場合があった。

[0005]　本発明の目的は、複数の高周波電源を用いてプラズマ生成を行う場合でも、安定したプラズマ生成を行うことが可能な技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006]　本発明の一態様によれば、複数のプラズマ発生部を用いて基板処理する技

術であって、

複数のプラズマ発生部のそれぞれに電源を供給するための複数の高周波電源と、

前記複数の高周波電源と前記複数のプラズマ発生部との間に設けられ、前記プラズマ発生部の負荷インピーダンスと前記高周波電源の出力インピーダンスとの整合をそれぞれとるための複数の整合器と、

を備え、

前記複数の高周波電源のうちの少なくとも１つの高周波電源は、

高周波を発振する高周波発振器と、

前記高周波発振器の後段に配置され、前記高周波発振器からの進行波成分と前記整合器からの反射波成分の一部をそれぞれ取り出す方向性結合器と、

前記方向性結合器によって取り出された前記反射波成分に加わったノイズ信号を除去するフィルタと、

前記フィルタを通過後の前記反射波成分と、前記方向性結合器によって取り出された前記進行波成分とを測定して、反射波成分が少なくなるように前記整合器をフィードバック制御する電力モニタとを有する技術が提供される。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、複数の高周波電源を用いてプラズマ生成を行う場合でも、安定したプラズマ生成を行うことが可能な技術を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の実施形態で好適に用いられる基板処理装置の縦型処理炉の概略構成図であり、処理炉部分を縦断面図で示す図である。

[図2]本発明の実施形態で好適に用いられる基板処理装置の縦型処理炉の概略構成図であり、処理炉部分を縦断面図で示す図である。

[図3]本発明の実施形態で好適に用いられる基板処理装置の縦型処理炉の概略構成図であり、処理炉部分を図１のＡ－Ａ線断面図で示す図である。

[図4]本発明の実施形態で好適に用いられる基板処理装置のコントローラの概略構成図であり、コントローラの制御系をブロック図で示す図である。

[図5]本発明の実施形態に係る基板処理工程のフローチャートである。

[図6]本発明の実施形態に係る基板処理工程におけるガス供給のタイミングを示す図である。

[図7]本発明の実施形態に係る他の基板処理工程におけるガス供給のタイミングを示す図である。

[図8]高周波電源２７３，３７３の構成を説明するための図である。

[図9]ＢＰＦ５１４の具体的な回路構成例を示す図である。

[図10]図９に示したＢＰＦ５１４の周波数特性を示す図である。

[図11]高周波電源のその他の構成例を示す図である。

[図12]高周波電源のその他の構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] ＜本発明の実施形態＞

以下、本発明の一実施形態の基板処理装置について図１から図１０を参照しながら説明する。

[0010] （１）基板処理装置の構成 （加熱装置）

本発明の一実施形態の基板処理装置は、図１に示すように、処理炉２０２を有する。この処理炉２０２は基板を垂直方向多段に収容することが可能な、いわゆる縦型炉であり、加熱装置（加熱機構）としてのヒータ２０７を有する。ヒータ２０７は円筒形状であり、保持板としてのヒータベース（図示せず）に支持されることにより垂直に据え付けられている。ヒータ２０７は、後述するようにガスを熱で活性化（励起）させる活性化機構（励起部）としても機能する。

[0011] （処理室）

ヒータ２０７の内側には、ヒータ２０７と同心円状に反応管２０３が配設されている。反応管２０３は、例えば石英（SiO_2）または炭化シリコン（ＳｉＣ）等の耐熱性材料からなり、上端が閉塞し下端が開口した円筒形状に

形成されている。反応管２０３の下方には、反応管２０３と同心円状に、マニホールド（インレットフランジ）２０９が配設されている。マニホールド２０９は、例えばステンレス（ＳＵＳ）等の金属からなり、上端および下端が開口した円筒形状に形成されている。マニホールド２０９の上端部は、反応管２０３の下端部に係合しており、反応管２０３を支持するように構成されている。マニホールド２０９と反応管２０３との間には、シール部材としてのＯリング２２０ａが設けられている。マニホールド２０９がヒータベースに支持されることにより、反応管２０３は垂直に据え付けられた状態となる。主に、反応管２０３とマニホールド２０９とにより処理容器（反応容器）が構成されている。処理容器の内側である筒中空部には処理室２０１が形成されている。処理室２０１は、複数枚の基板としてのウエハ２００を収容可能に構成されている。なお、処理容器は上記の構成に限らず、反応管２０３のみを処理容器と称する場合もある。

[0012] 処理室２０１内には、ノズル２４９ａ，２４９ｂ，２４９ｃが、マニホールド２０９の側壁を貫通するように設けられている。なお、ノズル２４９ａが見える面の断面図を図１に示し、ノズル２４９ｂ，２４９ｃが見える面の断面図を図２に示す。

[0013] ノズル２４９ａ，２４９ｂ，２４９ｃには、ガス供給管２３２ａ，２３２ｂ，２３２ｃが、それぞれ接続されている。このように、反応管２０３には３本のノズル２４９ａ，２４９ｂ，２４９ｃと、３本のガス供給管２３２ａ，２３２ｂ，２３２ｃとが設けられており、処理室２０１内へ複数種類のガスを供給することが可能となっている。なお、マニホールド２０９を設置せず、反応管２０３のみを処理容器とした場合、ノズル２４９ａ，２４９ｂ，２４９ｃは反応管２０３の側壁を貫通するように設けられていてもよい。

[0014] ガス供給管２３２ａ，２３２ｂ，２３２ｃには、ガス流の上流側から順に、流量制御器（流量制御部）であるマスフローコントローラ（ＭＦＣ）２４１ａ，２４１ｂ，２４１ｃおよび開閉弁であるバルブ２４３ａ，２４３ｂ，２４３ｃがそれぞれ設けられている。ガス供給管２３２ａ，２３２ｂ，２３２ｃの

バルブ２４３ａ，２４３ｂ，２４３ｃよりも下流側には、不活性ガスを供給するガス供給管２３２ｄ，２３２ｅ，２３２ｆがそれぞれ接続されている。ガス供給管２３２ｄ，２３２ｅ，２３２ｆには、ガス流の上流側から順に、ＭＦＣ２４１ｄ，２４１ｅ，２４１ｆおよびバルブ２４３ｄ，２４３ｅ，２４３ｆがそれぞれ設けられている。

[0015] ノズル２４９ａは、図３に示すように、反応管２０３の内壁とウエハ２００との間における空間に、反応管２０３の内壁の下部より上部に沿って、ウエハ２００の積載方向上方に向かって立ち上がるように設けられている。すなわち、ノズル２４９ａは、ウエハ２００が配列（載置）されるウエハ配列領域（載置領域）の側方の、ウエハ配列領域を水平に取り囲む領域に、ウエハ配列領域に沿うように設けられている。すなわち、ノズル２４９ａは、処理室２０１内へ搬入された各ウエハ２００の端部（周縁部）の側方にウエハ２００の表面（平坦面）と垂直となる方向に設けられている。ノズル２４９ａの側面には、ガスを供給するガス供給孔２５０ａが設けられている。ガス供給孔２５０ａは、反応管２０３の中心を向くように開口しており、ウエハ２００に向けてガスを供給することが可能となっている。ガス供給孔２５０ａは、反応管２０３の下部から上部にわたって複数設けられ、それぞれが同一の開口面積を有し、更に同じ開口ピッチで設けられている。

[0016] ノズル２４９ｂ，２４９ｃは、ガス分散空間であるバッファ室２３７ｂ，２３７ｃ内にそれぞれ設けられている。バッファ室２３７ｂ，２３７ｃは、図３に示すように、それぞれ反応管２０３の内壁とウエハ２００との間における平面視において円環状の空間に、また、反応管２０３の内壁の下部より上部にわたる部分に、ウエハ２００の積載方向に沿って設けられている。すなわち、バッファ室２３７ｂ，２３７ｃは、ウエハ配列領域の側方のウエハ配列領域を水平に取り囲む領域に、ウエハ配列領域に沿うようにバッファ構造３００，４００によって形成されている。バッファ構造３００，４００は、石英などの絶縁物によって構成されており、バッファ構造３００の円弧状に形成された壁面には、ガスを供給するガス供給口３０２，３０４が形成され、バッ

ファ構造４００の円弧状に形成された壁面には、ガスを供給するガス供給口４０２，４０４が形成されている。

[0017] ガス供給口３０２，３０４は、図３に示すように、後述する棒状電極２６９，２７０間、棒状電極２７０，２７１間のプラズマ生成領域２２４ａ，２２４ｂに対向する位置にそれぞれ反応管２０３の中心を向くように開口しており、ウエハ２００に向けてガスを供給することが可能となっている。ガス供給口３０２，３０４は、反応管２０３の下部から上部にわたって複数設けられ、それぞれが同一の開口面積を有し、更に同じ開口ピッチで設けられている。また、同様に、ガス供給口４０２，４０４は、棒状電極３６９，３７０間、棒状電極３７０，３７１間のプラズマ生成領域３２４ａ、３２４ｂに対向する位置にそれぞれ反応管２０３の中心を向くように開口しており、ウエハ２００に向けてガスを供給することが可能となっている。ガス供給口４０２，４０４は、反応管２０３の下部から上部にわたって複数設けられ、それぞれが同一の開口面積を有し、更に同じ開口ピッチで設けられている。

[0018] ノズル２４９ｂ，２４９ｃは、それぞれ反応管２０３の内壁の下部より上部に沿って、ウエハ２００の積載方向上方に向かって立ち上がるように設けられている。すなわち、ノズル２４９ｂ，２４９ｃは、それぞれバッファ構造３００，４００の内側であって、ウエハ２００が配列されるウエハ配列領域の側方の、ウエハ配列領域を水平に取り囲む領域に、ウエハ配列領域に沿うように設けられている。すなわち、ノズル２４９ｂ，２４９ｃは、処理室２０１内へ搬入されたウエハ２００の端部の側方にウエハ２００の表面と垂直となる方向に設けられている。

[0019] ノズル２４９ｂの側面には、ガスを供給するガス供給孔２５０ｂが設けられている。ガス供給孔２５０ｂは、バッファ構造３００の円弧状に形成された壁面に対して径方向に形成された壁面に向くように（すなわち、ガス供給口３０２，３０４の開口向きとは異なる周方向に）開口しており、壁面に向けてガスを供給することが可能となっている。これにより、反応ガスがバッファ室２３７ｂ内で分散され、棒状電極２６９～２７１に直接吹き付けること

がなくなり、パーティクルの発生が抑制される。ガス供給孔２５０ｂは、ガス供給孔２５０ａと同様に、反応管２０３の下部から上部にわたって複数設けられている。なお、ノズル２４９ｃにおいてもノズル２４９ｂと同様の構造を有する。

[0020] ガス供給管２３２ａからは、所定元素を含む原料として、例えば、所定元素としてのシリコン（Ｓｉ）を含むシラン原料ガスが、ＭＦＣ２４１ａ、バルブ２４３ａ、ノズル２４９ａを介して処理室２０１内へ供給される。

[0021] シラン原料ガスとしては、例えば、Ｓｉおよびハロゲン元素を含む原料ガス、すなわち、ハロシラン原料ガスを用いることができる。ハロシラン原料とは、ハロゲン基を有するシラン原料のことである。ハロゲン元素は、塩素（Ｃｌ）、フッ素（Ｆ）、臭素（Ｂｒ）、ヨウ素（Ｉ）からなる群より選択される少なくとも１つを含む。

[0022] ハロシラン原料ガスとしては、例えば、ＳｉおよびＣｌを含む原料ガス、すなわち、クロロシラン原料ガスを用いることができる。クロロシラン原料ガスとしては、例えば、ジクロロシラン（SiH_2Cl_2、略称：ＤＣＳ）ガスを用いることができる。

[0023] ガス供給管２３２ｂからは、上述の所定元素とは異なる元素を含むリアクタント（反応体）として、例えば、反応ガスとしての窒素（Ｎ）含有ガスが、ＭＦＣ２４１ｂ、バルブ２４３ｂ、ノズル２４９ｂを介して処理室２０１内へ供給されるように構成されている。Ｎ含有ガスとしては、例えば、窒化水素系ガスを用いることができる。窒化水素系ガスは、ＮおよびＨの２元素のみで構成される物質ともいえ、窒化ガス、すなわち、Ｎソースとして作用する。窒化水素系ガスとしては、例えば、アンモニア（NH_3）ガスを用いることができる。

[0024] ガス供給管２３２ｃからは、改質ガスとして例えば水素（H_2）ガスが、ＭＦＣ２４１ｃ、バルブ２４３ｃ、ノズル２４９ｃを介して処理室２０１内へ供給されるように構成されている。

[0025] ガス供給管２３２ｄ，２３２ｅ，２３２ｆからは、不活性ガスとして、例え

ば、窒素（N_2）ガスが、それぞれＭＦＣ２４１ｄ，２４１ｅ,２４１ｆ、バルブ２４３ｄ，２４３ｅ,２４３ｆ、ガス供給管２３２ａ，２３２ｂ,２３２ｃ、ノズル２４９ａ，２４９ｂ,２４９ｃを介して処理室２０１内へ供給される。

[0026] 主に、ガス供給管２３２ａ、ＭＦＣ２４１ａ、バルブ２４３ａにより、第１のガス供給系としての原料供給系が構成される。主に、ガス供給管２３２ｂ、ＭＦＣ２４１ｂ、バルブ２４３ｂにより、第２のガス供給系としての反応体供給系（リアクタント供給系）が構成される。主に、ガス供給管２３２ｃ、ＭＦＣ２４１ｃ、バルブ２４３ｃにより、第３のガス供給系としての改質ガス供給系が構成される。主に、ガス供給管２３２ｄ，２３２ｅ,２３２ｆ、ＭＦＣ２４１ｄ，２４１ｅ,２４１ｆ、バルブ２４３ｄ，２４３ｅ,２４３ｆにより、不活性ガス供給系が構成される。原料供給系、反応体供給系、改質ガス供給系および不活性ガス供給系を総称して単にガス供給系（ガス供給部）とも称する。なお、後述するように、第２のガス供給系と第３のガス供給系は同一ガスを供給するようにしても良い。

[0027] （プラズマ生成装置）

バッファ室２３７ｂ内には、図３に示すように、導電体からなり、細長い構造を有する３本の棒状電極２６９，２７０，２７１が、反応管２０３の下部より上部にわたりウエハ２００の配列方向に沿って配設されている。棒状電極２６９，２７０，２７１のそれぞれは、ノズル２４９ｂと平行に設けられている。棒状電極２６９，２７０，２７１のそれぞれは、上部より下部にわたって電極保護管２７５により覆われることで保護されている。棒状電極２６９，２７０，２７１のうち両端に配置される棒状電極２６９，２７１は、整合器２７２を介して高周波電源２７３に接続されている。棒状電極２７０は、基準電位であるアースに接続され、接地されている。すなわち、高周波電源２７３に接続される棒状電極と、接地される棒状電極と、が交互に配置され、高周波電源２７３に接続された棒状電極２６９，２７１の間に配置された棒状電極２７０は、接地された棒状電極として、棒状電極２６９，２

７１に対して共通して用いられている。換言すると、接地された棒状電極２７０は、隣り合う高周波電源２７３に接続された棒状電極２６９，２７１に挟まれるように配置され、棒状電極２６９と棒状電極２７０、同じく、棒状電極２７１と棒状電極２７０がそれぞれ対となるように構成されてプラズマを生成する。つまり、接地された棒状電極２７０は、棒状電極２７０に隣り合う２本の高周波電源２７３に接続された棒状電極２６９，２７１に対して共通して用いられている。そして、高周波電源２７３から棒状電極２６９，２７１に高周波（ＲＦ）電力を印加することで、棒状電極２６９，２７０間のプラズマ生成領域２２４ａ、棒状電極２７０，２７１間のプラズマ生成領域２２４ｂにプラズマが生成される。

[0028] 同様に、バッファ室２３７ｃ内には、図３に示すように、導電体からなり、細長い構造を有する３本の棒状電極３６９，３７０，３７１が、反応管２０３の下部より上部にわたりウエハ２００の配列方向に沿って配設されている。この３本の棒状電極３６９，３７０，３７１は、上記で説明した３本の棒状電極２６９，２７０，２７１と同様な構成となっている。

[0029] そして、棒状電極２６９，２７０，２７１によりプラズマ生成領域２２４ａ，２２４ｂにプラズマを生成する第１のプラズマ発生部が構成される。同様に、棒状電極３６９，３７０，３７１によりプラズマ生成領域３２４ａ，３２４ｂにプラズマを生成する第２のプラズマ発生部が構成される。なお、電極保護管２７５をプラズマ発生部に含めて考えてもよい。そして、高周波電源２７３，３７３と、整合器２７２，３７２および上記で説明した第１および第２のプラズマ発生部によりプラズマ生成装置が構成される。

[0030] プラズマ生成装置は、後述するように、ガスをプラズマ励起、すなわち、プラズマ状態に励起（活性化）させるプラズマ励起部（活性化機構）として機能する。そして、プラズマ生成装置は、上述したように複数のプラズマ発生部を有して、この複数のプラズマ発生部により発生したプラズマを用いて基板処理を行うことにより成膜処理を行うために用いられる。

[0031] そして、高周波電源２７３，３７３は、複数のプラズマ発生部のそれぞれに

電源を供給する。また、整合器２７２，３７２は、２台の高周波電源２７３，３７３と、２つのプラズマ発生部との間に設けられ、プラズマ発生部の負荷インピーダンスと高周波電源２７３，３７３の出力インピーダンスとの整合をそれぞれとるために設けられている。

[0032] なお、バッファ構造３００とバッファ構造４００は、排気管２３１を挟んで、排気管２３１と反応管２０３の中心を通る線に対して線対称に設けられている。また、ノズル２４９ａは、排気管２３１のウエハ２００を挟んで対向する位置に設けられている。また、ノズル２４９ｂとノズル２４９ｃは、それぞれバッファ室２３７内の排気管２３１から遠い位置に設けられている。

[0033] 電極保護管２７５は、棒状電極２６９，２７０，２７１，３６９，３７０，３７１のそれぞれをバッファ室２３７ｂ，２３７ｃ内の雰囲気と隔離した状態でバッファ室２３７ｂ，２３７ｃ内へ挿入できる構造となっている。電極保護管２７５の内部のO_2濃度が外気（大気）のO_2濃度と同程度であると、電極保護管２７５内へそれぞれ挿入された棒状電極２６９，２７０，２７１，３６９，３７０，３７１は、ヒータ２０７による熱で酸化されてしまう。このため、電極保護管２７５の内部にN_2ガス等の不活性ガスを充填しておくか、不活性ガスパージ機構を用いて電極保護管２７５の内部をN_2ガス等の不活性ガスでパージすることで、電極保護管２７５の内部のO_2濃度を低減させ、棒状電極２６９，２７０，２７１，３６９，３７０，３７１の酸化を防止することができる。

[0034] （排気部）

反応管２０３には、処理室２０１内の雰囲気を排気する排気管２３１が設けられている。排気管２３１には、処理室２０１内の圧力を検出する圧力検出器（圧力検出部）としての圧力センサ２４５および排気バルブ（圧力調整部）としてのＡＰＣ（Ａｕｔｏ　Ｐｒｅｓｓｕｒｅ　Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｒ）バルブ２４４を介して、真空排気装置としての真空ポンプ２４６が接続されている。ＡＰＣバルブ２４４は、真空ポンプ２４６を作動させた状態で弁

を開閉することで、処理室２０１内の真空排気および真空排気停止を行うことができ、更に、真空ポンプ２４６を作動させた状態で、圧力センサ２４５により検出された圧力情報に基づいて弁開度を調節することで、処理室２０１内の圧力を調整することができるように構成されているバルブである。主に、排気管２３１、ＡＰＣバルブ２４４、圧力センサ２４５により、排気系が構成される。真空ポンプ２４６を排気系に含めて考えてもよい。排気管２３１は、反応管２０３に設ける場合に限らず、ノズル２４９ａ，２４９ｂ，２４９ｃと同様にマニホールド２０９に設けてもよい。

[0035] マニホールド２０９の下方には、マニホールド２０９の下端開口を気密に閉塞可能な炉口蓋体としてのシールキャップ２１９が設けられている。シールキャップ２１９は、マニホールド２０９の下端に垂直方向下側から当接されるように構成されている。シールキャップ２１９は、例えばＳＵＳ等の金属からなり、円盤状に形成されている。シールキャップ２１９の上面には、マニホールド２０９の下端と当接するシール部材としてのＯリング２２０ｂが設けられている。シールキャップ２１９の処理室２０１と反対側には、後述するボート２１７を回転させる回転機構２６７が設置されている。回転機構２６７の回転軸２５５は、シールキャップ２１９を貫通してボート２１７に接続されている。回転機構２６７は、ボート２１７を回転させることでウエハ２００を回転させるように構成されている。シールキャップ２１９は、反応管２０３の外部に垂直に設置された昇降機構としてのボートエレベータ１１５によって垂直方向に昇降されるように構成されている。ボートエレベータ１１５は、シールキャップ２１９を昇降させることで、ボート２１７を処理室２０１内外に搬入および搬出することが可能なように構成されている。ボートエレベータ１１５は、ボート２１７すなわちウエハ２００を、処理室２０１内外に搬送する搬送装置（搬送機構）として構成されている。また、マニホールド２０９の下方には、ボートエレベータ１１５によりシールキャップ２１９を降下させている間、マニホールド２０９の下端開口を気密に閉塞可能な炉口蓋体としてのシャッタ２１９ｓが設けられている。シャッタ

２１９ｓは、例えばＳＵＳ等の金属により構成され、円盤状に形成されている。シャッタ２１９ｓの上面には、マニホールド２０９の下端と当接するシール部材としてのＯリング２２０ｃが設けられている。シャッタ２１９ｓの開閉動作（昇降動作や回動動作等）は、シャッタ開閉機構１１５ｓにより制御される。

[0036]（基板支持具）

図１、図２に示すように基板支持具としてのボート２１７は、１枚または複数枚、例えば２５～２００枚のウエハ２００を、水平姿勢で、かつ、互いに中心を揃えた状態で垂直方向に整列させて多段に支持するように、すなわち、所定の間隔を空けて配列させるように構成されている。ボート２１７は、例えば石英やＳｉＣ等の耐熱性材料からなる。ボート２１７の下部には、例えば石英やＳｉＣ等の耐熱性材料からなる断熱板２１８が多段に支持されている。

[0037] 図３に示すように反応管２０３の内部には、温度検出器としての温度センサ２６３が設置されている。温度センサ２６３により検出された温度情報に基づきヒータ２０７への通電具合を調整することで、処理室２０１内の温度を所望の温度分布とする。温度センサ２６３は、ノズル２４９ａ，２４９ｂ，２４９ｃと同様に反応管２０３の内壁に沿って設けられている。

[0038]（制御装置）

次に制御装置について図４を用いて説明する。図４に示すように、制御部（制御装置）であるコントローラ１２１は、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ Ｕｎｉｔ）１２１ａ、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ Ａｃｃｅｓｓ Ｍｅｍｏｒｙ）１２１ｂ、記憶装置１２１ｃ、Ｉ／Ｏポート１２１ｄを備えたコンピュータとして構成されている。ＲＡＭ１２１ｂ、記憶装置１２１ｃ、Ｉ／Ｏポート１２１ｄは、内部バス１２１ｅを介して、ＣＰＵ１２１ａとデータ交換可能なように構成されている。コントローラ１２１には、例えばタッチパネル等として構成された入出力装置１２２が接続されている。

[0039] 記憶装置１２１ｃは、例えばフラッシュメモリ、ＨＤＤ（Ｈａｒｄ Ｄｉｓｋ Ｄｒｉｖｅ）等で構成されている。記憶装置１２１ｃ内には、基板処理装置の動作を制御する制御プログラムや、後述する成膜処理の手順や条件等が記載されたプロセスレシピ等が、読み出し可能に格納されている。プロセスレシピは、後述する各種処理（成膜処理）における各手順をコントローラ１２１に実行させ、所定の結果を得ることが出来るように組み合わされたものであり、プログラムとして機能する。以下、プロセスレシピや制御プログラム等を総称して、単に、プログラムともいう。また、プロセスレシピを、単に、レシピともいう。本明細書においてプログラムという言葉を用いた場合は、レシピ単体のみを含む場合、制御プログラム単体のみを含む場合、または、それらの両方を含む場合がある。ＲＡＭ１２１ｂは、ＣＰＵ１２１ａによって読み出されたプログラムやデータ等が一時的に保持されるメモリ領域（ワークエリア）として構成されている。

[0040] Ｉ／Ｏポート１２１ｄは、上述のＭＦＣ２４１ａ～２４１ｆ、バルブ２４３ａ～２４３ｆ、圧力センサ２４５、ＡＰＣバルブ２４４、真空ポンプ２４６、ヒータ２０７、温度センサ２６３、整合器２７２,３７２、高周波電源２７３,３７３、回転機構２６７、ボートエレベータ１１５、シャッタ開閉機構１１５ｓ等に接続されている。

[0041] ＣＰＵ１２１ａは、記憶装置１２１ｃから制御プログラムを読み出して実行すると共に、入出力装置１２２からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置１２１ｃからレシピを読み出すように構成されている。ＣＰＵ１２１ａは、読み出したレシピの内容に沿うように、回転機構２６７の制御、ＭＦＣ２４１ａ～２４１ｆによる各種ガスの流量調整動作、バルブ２４３ａ～２４３ｆの開閉動作、ＡＰＣバルブ２４４の開閉動作および圧力センサ２４５に基づくＡＰＣバルブ２４４による圧力調整動作、真空ポンプ２４６の起動および停止、温度センサ２６３に基づくヒータ２０７の温度調整動作、回転機構２６７によるボート２１７の正逆回転、回転角度および回転速度調節動作、ボートエレベータ１１５によるボート２１７の昇降動作等を制御するよう

に構成されている。

[0042] コントローラ１２１は、外部記憶装置（例えば、ハードディスク等の磁気ディスク、ＣＤ等の光ディスク、ＭＯ等の光磁気ディスク、ＵＳＢメモリ等の半導体メモリ）１２３に格納された上述のプログラムを、コンピュータにインストールすることにより構成することができる。記憶装置１２１ｃや外部記憶装置１２３は、コンピュータ読み取り可能な記録媒体として構成されている。以下、これらを総称して、単に、記録媒体ともいう。本明細書において記録媒体という言葉を用いた場合は、記憶装置１２１ｃ単体のみを含む場合、外部記憶装置１２３単体のみを含む場合、または、それらの両方を含む場合がある。なお、コンピュータへのプログラムの提供は、外部記憶装置１２３を用いず、インターネットや専用回線等の通信手段を用いて行ってもよい。

[0043] （２）基板処理工程

次に、本実施形態の基板処理装置を使用して、半導体装置の製造工程の一工程として、ウエハ２００上に薄膜を形成する工程について、図５及び図６を参照しながら説明する。以下の説明において、基板処理装置を構成する各部の動作はコントローラ１２１により制御される。

[0044] ここでは、原料ガスとしてＤＣＳガスを供給するステップと、反応ガスとしてプラズマ励起させたNH_3ガスを供給するステップと、改質ガスとしてプラズマ励起させたH_2ガスを供給するステップとを非同期に、すなわち同期させることなく所定回数（１回以上）行うことで、ウエハ２００上に、ＳｉおよびＮを含む膜として、シリコン窒化膜（ＳｉＮ膜）を形成する例について説明する。また、例えば、ウエハ２００上には、予め所定の膜が形成されていてもよい。また、ウエハ２００または所定の膜には予め所定のパターンが形成されていてもよい。

[0045] 本明細書では、図５に示す成膜処理のプロセスフローを、便宜上、以下のように示すこともある。以下の他の実施形態の説明においても、同様の表記を用いることとする。

[0046] （ＤＣＳ→NH_3^*→H_2^*）×ｎ ⇒ ＳｉＮ

[0047] 本明細書において「ウエハ」という言葉を用いた場合は、ウエハそのものを意味する場合や、ウエハとその表面に形成された所定の層や膜との積層体を意味する場合がある。本明細書において「ウエハの表面」という言葉を用いた場合は、ウエハそのものの表面を意味する場合や、ウエハ上に形成された所定の層等の表面を意味する場合がある。本明細書において「ウエハ上に所定の層を形成する」と記載した場合は、ウエハそのものの表面上に所定の層を直接形成することを意味する場合や、ウエハ上に形成されている層等の上に所定の層を形成することを意味する場合がある。本明細書において「基板」という言葉を用いた場合も、「ウエハ」という言葉を用いた場合と同義である。

[0048]（搬入ステップ：Ｓ１）

複数枚のウエハ２００がボート２１７に装填（ウエハチャージ）されると、シャッタ開閉機構１１５ｓによりシャッタ２１９ｓが移動させられて、マニホールド２０９の下端開口が開放される（シャッタオープン）。その後、図１に示すように、複数枚のウエハ２００を支持したボート２１７は、ボートエレベータ１１５によって持ち上げられて処理室２０１内へ搬入（ボートロード）される。この状態で、シールキャップ２１９は、Ｏリング２２０ｂを介してマニホールド２０９の下端をシールした状態となる。

[0049]（圧力・温度調整ステップ：Ｓ２）

処理室２０１の内部、すなわち、ウエハ２００が存在する空間が所望の圧力（真空度）となるように、真空ポンプ２４６によって真空排気（減圧排気）される。この際、処理室２０１内の圧力は圧力センサ２４５で測定され、この測定された圧力情報に基づきＡＰＣバルブ２４４がフィードバック制御される。また、処理室２０１内のウエハ２００が所望の温度となるようにヒータ２０７によって加熱される。この際、処理室２０１内が所望の温度分布となるように、温度センサ２６３が検出した温度情報に基づきヒータ２０７への通電具合がフィードバック制御される。続いて、回転機構２６７による

ボート２１７およびウエハ２００の回転を開始する。処理室２０１内の排気、ウエハ２００の加熱および回転は、いずれも、少なくともウエハ２００に対する処理が終了するまでの間は継続して行われる。

[0050]（成膜ステップ：Ｓ３，Ｓ４，Ｓ５，Ｓ６,Ｓ７,Ｓ８）

その後、ステップＳ３，Ｓ４，Ｓ５，Ｓ６,Ｓ７,Ｓ８を順次実行することで成膜ステップを行う。

[0051]（原料ガス供給ステップ：Ｓ３，Ｓ４）

ステップＳ３では、処理室２０１内のウエハ２００に対してＤＣＳガスを供給する。

[0052] バルブ２４３ａを開き、ガス供給管２３２ａ内へＤＣＳガスを流す。ＤＣＳガスは、ＭＦＣ２４１ａにより流量調整され、ノズル２４９ａを介してガス供給孔２５０ａから処理室２０１内へ供給され、排気管２３１から排気される。このとき同時にバルブ２４３ｄを開き、ガス供給管２３２ｄ内へN_2ガスを流してもよい。N_2ガスは、ＭＦＣ２４１ｄにより流量調整され、ＤＣＳガスと一緒に処理室２０１内へ供給され、排気管２３１から排気される。

[0053] また、ノズル２４９ｂ,２４９ｃ内へのＤＣＳガスの侵入を抑制するため、バルブ２４３ｅ,２４３ｆを開き、ガス供給管２３２ｅ,２３２ｆ内へN_2ガスを流してもよい。N_2ガスは、ガス供給管２３２ｂ,２３２ｃ、ノズル２４９ｂ,２４９ｃを介して処理室２０１内へ供給され、排気管２３１から排気される。

[0054] ＭＦＣ２４１ａで制御するＤＣＳガスの供給流量は、例えば１ｓｃｃｍ以上、６０００ｓｃｃｍ以下、好ましくは２０００ｓｃｃｍ以上、３０００ｓｃｃｍ以下の範囲内の流量とする。ＭＦＣ２４１ｄ，２４１ｅ,２４１ｆで制御するN_2ガスの供給流量は、それぞれ例えば１００ｓｃｃｍ以上、１０００ｓｃｃｍ以下の範囲内の流量とする。処理室２０１内の圧力は、例えば１Ｐａ以上、２６６６Ｐａ以下、好ましくは６６５Ｐａ以上、１３３３Ｐａの範囲内の圧力とする。ＤＣＳガスの供給時間は、例えば１秒以上、１０秒以下、好ましくは１秒以上、３秒以下の範囲内の時間とする。

[0055] ヒータ２０７の温度は、ウエハ２００の温度が、例えば０℃以上７００℃以下、好ましくは室温（２５℃）以上５５０℃以下、より好ましくは４０℃以上５００℃以下の範囲内の温度となるような温度に設定する。本実施形態のように、ウエハ２００の温度を７００℃以下、さらには５５０℃以下、さらには５００℃以下とすることで、ウエハ２００に加わる熱量を低減させることができ、ウエハ２００が受ける熱履歴の制御を良好に行うことができる。

[0056] 上述の条件下でウエハ２００に対してＤＣＳガスを供給することにより、ウエハ２００（表面の下地膜）上に、Ｃｌを含むＳｉ含有層が形成される。Ｃｌを含むＳｉ含有層はＣｌを含むＳｉ層であってもよいし、ＤＣＳの吸着層であってもよいし、それらの両方を含んでいてもよい。以下、Ｃｌを含むＳｉ含有層を、単にＳｉ含有層とも称する。

[0057] Ｓｉ含有層が形成された後、バルブ２４３ａを閉じ、処理室２０１内へのＤＣＳガスの供給を停止する。このとき、ＡＰＣバルブ２４４を開いたままとし、真空ポンプ２４６により処理室２０１内を真空排気し、処理室２０１内に残留する未反応もしくはＳｉ含有層の形成に寄与した後のＤＣＳガスや反応副生成物等を処理室２０１内から排除する（Ｓ４）。また、バルブ２４３ｄ，２４３ｅ，２４３ｆは開いたままとして、処理室２０１内へのN_2ガスの供給を維持する。N_2ガスはパージガスとして作用する。なお、このステップＳ４を省略してもよい。

[0058] 原料ガスとしては、ＤＣＳガスのほか、テトラキスジメチルアミノシランガス、トリスジメチルアミノシランガス、ビスジメチルアミノシランガス、ビスジエチルアミノシランガス、ビスターシャリーブチルアミノシランガス、ジメチルアミノシランガス、ジエチルアミノシランガス、ジプロピルアミノシランガス、ジイソプロピルアミノシランガス、ブチルアミノシランガス、ヘキサメチルジシラザンガス等の各種アミノシラン原料ガスや、モノクロロシランガス、トリクロロシランガス、テトラクロロシランガス、ヘキサクロロジシランガス、オクタクロロトリシランガス等の無機系ハロシラン原料

ガスや、モノシランガス、ジシランガス、トリシランガス等のハロゲン基非含有の無機系シラン原料ガスを好適に用いることができる。

[0059] 不活性ガスとしては、N_2ガスの他、Ａｒガス、Ｈｅガス、Ｎｅガス、Ｘｅガス等の希ガスを用いることができる。

[0060]（反応ガス供給ステップ：Ｓ５，Ｓ６）

成膜処理が終了した後、処理室２０１内のウエハ２００に対して反応ガスとしてのプラズマ励起させたNH_3ガスを供給する（Ｓ５）。

[0061] このステップでは、バルブ２４３ｂ,２４３ｄ～２４３ｆの開閉制御を、ステップＳ３におけるバルブ２４３ａ，２４３ｄ～２４３ｆの開閉制御と同様の手順で行う。NH_3ガスは、ＭＦＣ２４１ｂにより流量調整され、ノズル２４９ｂを介してバッファ室２３７ｂ内へ供給される。このとき、棒状電極２６９，２７０，２７１間に高周波電力を供給する。バッファ室２３７ｂ内へ供給されたNH_3ガスはプラズマ状態に励起され（プラズマ化して活性化され）、活性種（NH_3^*）として処理室２０１内へ供給され、排気管２３１から排気される。

[0062] ＭＦＣ２４１ｂで制御するNH_3ガスの供給流量は、例えば１００ｓｃｃｍ以上、１００００ｓｃｃｍ以下、好ましくは１０００ｓｃｃｍ以上、２０００ｓｃｃｍ以下の範囲内の流量とする。棒状電極２６９，２７０，２７１に印加する高周波電力は、例えば５０Ｗ以上、６００Ｗ以下の範囲内の電力とする。処理室２０１内の圧力は、例えば１Ｐａ以上、５００Ｐａ以下の範囲内の圧力とする。プラズマを用いることで、処理室２０１内の圧力をこのような比較的低い圧力帯としても、NH_3ガスを活性化させることが可能となる。NH_3ガスをプラズマ励起することにより得られた活性種をウエハ２００に対して供給する時間、すなわち、ガス供給時間（照射時間）は、例えば１秒以上、１８０秒以下、好ましくは１秒以上、６０秒以下の範囲内の時間とする。その他の処理条件は、上述のＳ３と同様な処理条件とする。

[0063] 上述の条件下でウエハ２００に対してNH_3ガスを供給することにより、ウエハ２００上に形成されたＳｉ含有層がプラズマ窒化される。この際、プラ

ズマ励起されたNH_3ガスのエネルギーにより、Ｓｉ含有層が有するＳｉ－Ｃｌ結合、Ｓｉ－Ｈ結合が切断される。Ｓｉとの結合を切り離されたＣｌ、Ｈは、Ｓｉ含有層から脱離することとなる。そして、Ｃｌ等が脱離することで未結合手（ダングリングボンド）を有することとなったＳｉ含有層中のＳｉが、NH_3ガスに含まれるＮと結合し、Ｓｉ－Ｎ結合が形成されることとなる。この反応が進行することにより、Ｓｉ含有層は、ＳｉおよびＮを含む層、すなわち、シリコン窒化層（ＳｉＮ層）へと変化させられる。なお、この変化を伴う処理を改質処理と呼ぶ場合もある。

[0064] なお、Ｓｉ含有層をＳｉＮ層へと改質させるには、NH_3ガスをプラズマ励起させて供給する必要がある。NH_3ガスをノンプラズマの雰囲気下で供給しても、上述の温度帯では、Ｓｉ含有層を窒化させるのに必要なエネルギーが不足しており、Ｓｉ含有層からＣｌやＨを充分に脱離させたり、Ｓｉ含有層を充分に窒化させてＳｉ－Ｎ結合を増加させたりすることは、困難なためである。

[0065] Ｓｉ含有層をＳｉＮ層へ変化させた後、バルブ２４３ｂを閉じ、NH_3ガスの供給を停止する。また、棒状電極２６９，２７０，２７１間への高周波電力の供給を停止する。そして、ステップＳ４と同様の処理手順、処理条件により、処理室２０１内に残留するNH_3ガスや反応副生成物を処理室２０１内から排除する（Ｓ６）。なお、このステップＳ６を省略してもよい。

[0066] 窒化剤、すなわち、プラズマ励起させるNH_3含有ガスとしては、NH_3ガスの他、ジアゼン（N_2H_2）ガス、ヒドラジン（N_2H_4）ガス、N_3H_8ガス等を用いてもよい。

[0067] 不活性ガスとしては、N_2ガスの他、例えば、ステップＳ４で例示した各種希ガスを用いることができる。

[0068]（改質ガス供給ステップ：Ｓ７，Ｓ８）

Ｓｉ含有層をＳｉＮ層へ変化させる改質処理が終了した後、処理室２０１内のウエハ２００に対して改質ガスとしてのプラズマ励起させたH_2ガスを供給する（Ｓ７）。

[0069] このステップでは、バルブ２４３ｃ，２４３ｄ～２４３ｆの開閉制御を、ステップＳ３におけるバルブ２４３ａ，２４３ｄ～２４３ｆの開閉制御と同様の手順で行う。H_2ガスは、ＭＦＣ２４１ｃにより流量調整され、ノズル２４９ｃを介してバッファ室２３７ｃ内へ供給される。このとき、棒状電極３６９，３７０，３７１間に高周波電力を供給する。バッファ室２３７ｃ内へ供給されたH_2ガスはプラズマ状態に励起され（プラズマ化して活性化され）、活性種（H_2^*）として処理室２０１内へ供給され、排気管２３１から排気される。

[0070] 上述したステップにより形成されているＳｉＮ層に対してプラズマ励起されたH_2ガス、すなわち水素の活性種(H_2^*)を供給することで、ウエハ２００上に形成されているＳｉＮ層に存在する塩素原子を除去することができ、高品質なＳｉＮ層を得ることができる(改質することができる)。

[0071] その後、バルブ２４３ｃを閉じ、H_2ガスの供給を停止する。また、棒状電極３６９，３７０，３７１間への高周波電力の供給を停止する。そして、ステップＳ４，Ｓ６と同様の処理手順、処理条件により、処理室２０１内に残留するH_2ガスや反応副生成物を処理室２０１内から排除する（Ｓ８）。なお、このステップＳ８を省略してもよい。

[0072] 不活性ガスとしては、N_2ガスの他、例えば、ステップＳ４で例示した各種希ガスを用いることができる。

[0073] （所定回数実施：Ｓ９）

上述したＳ３，Ｓ４，Ｓ５，Ｓ６，Ｓ７，Ｓ８をこの順番に沿って非同時に、すなわち、同期させることなく行うことを１サイクルとし、このサイクルを所定回数（ｎ回）、すなわち、１回以上行う（Ｓ９）ことにより、ウエハ２００上に、所定組成および所定膜厚のＳｉＮ膜を形成することができる。上述のサイクルは、複数回繰り返すことが好ましい。すなわち、１サイクルあたりに形成されるＳｉＮ層の厚さを所望の膜厚よりも小さくし、ＳｉＮ層を積層することで形成されるＳｉＮ膜の膜厚が所望の膜厚になるまで、上述のサイクルを複数回繰り返すことが好ましい。

[0074]（大気圧復帰ステップ：Ｓ１０）

上述の成膜処理が完了したら、ガス供給管２３２ｄ，２３２ｅ，２３２ｆのそれぞれから不活性ガスとしてのN_2ガスを処理室２０１内へ供給し、排気管２３１から排気する。これにより、処理室２０１内が不活性ガスでパージされ、処理室２０１内に残留するガス等が処理室２０１内から除去される（不活性ガスパージ）。その後、処理室２０１内の雰囲気が不活性ガスに置換され（不活性ガス置換）、処理室２０１内の圧力が常圧に復帰される（Ｓ１０）。

[0075]（搬出ステップ：Ｓ１１）

その後、ボートエレベータ１１５によりシールキャップ２１９が下降されて、マニホールド２０９の下端が開口されるとともに、処理済のウエハ２００が、ボート２１７に支持された状態でマニホールド２０９の下端から反応管２０３の外部に搬出（ボートアンロード）される（Ｓ１１）。ボートアンロードの後は、シャッタ２１９ｓが移動させられ、マニホールド２０９の下端開口がＯリング２２０ｃを介してシャッタ２１９ｓによりシールされる（シャッタクローズ）。処理済のウエハ２００は、反応管２０３の外部に搬出された後、ボート２１７より取り出されることとなる（ウエハディスチャージ）。なお、ウエハディスチャージの後は、処理室２０１内へ空のボート２１７を搬入するようにしてもよい。

[0076] このように本実施形態では、上記で説明したような基板処理方法によりウエハ２００に対する基板処理が実行されて半導体装置が製造される。つまり、本実施形態の基板処理装置の処理室２０１内にウエハ２００を搬入する工程と、処理室２０１内へプラズマ生成装置によりプラズマ励起させた処理ガスを供給して、搬入したウエハ２００を処理する工程と、処理室２０１内から処理後のウエハ２００を搬出する工程とを行うことにより半導体装置を製造する製造方法が実現される。そして、コントローラ１２は、上記で説明したプラズマ生成処理を制御するプラズマ制御装置として機能する。

[0077] なお、第２のガス供給系と第３のガス供給系は同一ガスを供給するように

しても良い。すなわち、例えば、第２のガス供給系を第１の反応体供給系とし、第３のガス供給系を第２の反応体供給系として第２のガス供給系と同一の反応体を供給するように構成しても良い。

[0078] 例えば、図７に示すように、原料ガスとしてＤＣＳガスを供給し、第２のガス供給系と第３のガス供給系からは同一の反応体としてNH_3ガスを供給するようにしてもよい。その際、NH_3ガスのガス源は同一のものとしても良いし、個別に配置するようにしても良い。

[0079] この場合、原料ガスとしてＤＣＳガスを供給するステップと、反応ガスとしてプラズマ励起させたNH_3ガスを供給するステップとを非同時に、すなわち同期させることなく所定回数（１回以上）行うことで、ウエハ２００上に、ＳｉおよびＮを含む膜として、シリコン窒化膜（ＳｉＮ膜）が形成され、反応プロセスは以下のようになる。

[0080] （ＤＣＳ→NH_3^*）×ｎ ⇒ ＳｉＮ

[0081] （３）整合器２７２，３７２の調整

次に、整合器２７２，３７２の調整を行ってプラズマ発生部の負荷インピーダンスと高周波電源２７３，３７３の出力インピーダンスとを一致させるインピーダンスマッチングを行う際の処理について説明する。

[0082] 先ず、高周波電源２７３，３７３の構成について図８を参照して説明する。

[0083] 高周波電源２７３は、図８に示されるように、発振器５１１と、増幅器５１２と、方向性結合器（カプラ）５１３と、バンドパスフィルタ（以降、ＢＰＦと略す。）５１４と、電力モニタ５１５とから構成されている。

[0084] 図８に示されるように、高周波電源２７３と高周波電源３７３とは同様な構成となっており、発振器（高周波発振器）５１１、増幅器５１２、方向性結合器５１３、ＢＰＦ５１４、電力モニタ５１５は、それぞれ、発振器５２１、増幅器５２２、方向性結合器５２３、ＢＰＦ５２４、電力モニタ５２５と対応する構成となっている。そのため、以降の説明においては、主として高周波電源２７３の構成について説明する。

[0085] 本実施形態において、発振器５１１は、２８ＭＨｚ（周波数ｆ１）の高周

波を発振し、高周波電源３７３における発振器５２１は、３０ＭＨｚ（周波数ｆ２）の高周波を発振するものとして説明する。なお、発振器５１１，５２１のそれぞれの発振周波数はこれに限られず、例えば１３．５６ＭＨｚなどの周波数帯を利用しても良い。

[0086] 増幅器５１２は、発振器５１１により発振された高周波を増幅して方向性結合器５１３に出力する。

[0087] 方向性結合器５１３は、発振器５１１の後段に配置され、発振器５１１からの進行波成分と整合器２７２からの反射波成分の一部をそれぞれ取り出す。

[0088] ＢＰＦ５１４は、方向性結合器５１３によって取り出された反射波成分に加わったノイズ信号を除去するためのフィルタである。なお、ＢＰＦ５１４は同一特性の２つのフィルタにより構成され、反射波成分と進行波成分の間の位相ずれを相殺するために、方向性結合器５１３によって取り出された進行波成分もＢＰＦ５１４を通過するような構成となっている。

[0089] そして、電力モニタ５１５は、ＢＰＦ５１４を通過後の反射波成分と、方向性結合器５１３によって取り出されたＢＰＦ５１４を通過後の進行波成分との比（反射係数）を測定して、この比の値が小さくなるように整合器２７２をフィードバック制御し、反射波成分と進行波成分の位相差が小さくなるように制御する。

[0090] なお、ＢＰＦ５１４，５２４は、２台の高周波電源２７３，３７３のそれぞれの発振器５１１，５２１間の発振周波数の差に起因するノイズを除去するための帯域通過フィルタである。具体的には、ＢＰＦ５１４は、２つの発振器５１１，５２１間の発振周波数の差である２ＭＨｚ（＝｜ｆ１－ｆ２｜）の成分と、その高調波成分のノイズを除去するような通過帯域となるように設定されている。そして、ＢＰＦ５１４，５２４の通過帯域は、２台の高周波電源２７３，３７３のそれぞれの発振器５１１，５２１の発振周波数２８ＭＨｚ、３０ＭＨｚを通過させるような周波数範囲となるように設定されている。すなわち、ＢＰＦ５１４の通過帯域は中心周波数を２８ＭＨｚとして±２ＭＨ

ｚとなる２６ＭＨｚ～３０ＭＨｚを通過帯域とし、ＢＰＦ５２４の通過帯域は中心周波数を３０ＭＨｚとして±２ＭＨｚとなる２８ＭＨｚ～３２ＭＨｚを通過帯域として設定される。

[0091] ここで、ＢＰＦ５１４の具体的な回路構成例を図９に示し、その周波数特性を図１０に示す。なお、図９では、ＢＰＦ５１４に入力された反射波成分のノイズを除去するためのフィルタ構成のみを示すが、方向性結合器５１３により取り出された進行波成分についても同様のフィルタ構成を通過するようになっている。

[0092] ＢＰＦ５１４の回路構成は、広帯域オペアンプ（演算増幅器）８１を用いた非反転型増幅器として構成されており、方向性結合器５１３からの反射波が入力信号Ｖｉｎとして、非反転入力端子に入力されている。そして、広帯域オペアンプ８１には、コンデンサＣ１、Ｃ２、抵抗Ｒ１、Ｒ２等の回路素子が接続されており、出力信号Ｖoutを電力モニタ５１５に出力するような回路構成となっている。

[0093] なお、図９に示した回路構成では、Ｃ１は２４５ｐＦ、Ｃ２は２１２ｐＦとなっており、Ｒ１,Ｒ２は、それぞれ２５Ωとなっている。そのため、図１０に示すように、ＢＰＦ５１４の低域側の遮断周波数（カットオフ周波数）ＦＬ（１／（２π・Ｃ１・Ｒ１））は、約２６ＭＨｚ、高域側の遮断周波数ＦＨ（１／（２π・Ｃ２・Ｒ２））は、約３０ＭＨｚとなっている。また、ＢＰＦ５２４の場合には、Ｃ１を２２７ｐＦ、Ｃ２を２００ｐＦとして、ＦＬは約２８ＭＨｚとなり、ＦＨは約３２ＭＨｚとなる。

[0094] つまり、ＢＰＦ５１４（５２４）は、発振器５１１（５２１）の発振周波数である２８ＭＨｚ（３０ＭＨｚ）の周波数成分は通過させ、この２つの差分周波数である２ＭＨｚのノイズ信号を除去することができるような周波数特性となるように設定されている。

[0095] そのため、ＢＰＦ５１４,５２４では、方向性結合器５１３,５２３により分離された進行波成分、反射成分の信号は大きなロスなく通過し、ノイズ成分のみが除去されることになる。

[0096] その結果、電力モニタ５１５，５２５において行われる整合器２７２，３７２のフィードバック制御もノイズ成分による影響を大きく受けることなく正確に行われ、第１のプラズマ発生部および第２のプラズマ発生部における成膜特性およびエッチング特性の安定化が図られ、ウエハ処理に対する生産性や安定性が向上することになる。

[0097] つまり、本実施形態によれば、複数の高周波電源２７３，３７３を用いてプラズマ生成を行う場合でも、安定したプラズマ生成を行うことが可能になるという効果を得ることができる。

[0098] なお、第１のプラズマ発生部におけるプラズマ特性と、第２のプラズマ発生部におけるプラズマ特性との差異をできるだけ発生させずに均一な基板処理特性や成膜特性を実現しようとした場合、高周波電源２７３，３７３の発振周波数はできるだけ同じ方が好ましい。

[0099] しかし、発振器５１１，５２１の発振周波数を同一にしようとしても、発振器の個体差や、温度、湿度等の環境条件の違いにより発振周波数が完全に同一な複数の発振器を構成することは困難である。そのため、複数の高周波電源の発振周波数を同一にしようとした場合、かえって数Ｈｚ～数１００Ｈｚといった周波数が不定な相互干渉ノイズが発生してしまう可能性がある。

[0100] そして、発生するノイズ成分の周波数が大きくばらついてしまうと、ノイズ成分を除去するためにフィルタを用いたとしても効果的に除去ができない場合が発生し得る。そして、ノイズ成分が除去できないと装置内部で誤動作が発生してしまう可能性も否定できない。特に、上記で説明したように方向性結合器５１３，５２３から取り出しは反射波成分のノイズ成分が効果的に除去できない場合、整合器２７２，３７２のフィードバック制御に影響がおよびプラズマ生成特性を悪化しかねない。そして、プラズマ生成特性が悪化することにより、生成されるプラズマの生成量が著しく低下してしまい、成膜特性が大幅に悪化してしまう可能性がある。

[0101] そのため、本実施形態では、２つの高周波電源２７３，３７３の発振周波数を意図的に２ＭＨｚずらして、相互干渉ノイズの周波数を特定できるように

して、発生した相互干渉ノイズを効果的に除去することが可能なようにＢＰＦ５１４，５２４を構成している。

[0102] なお、ＢＰＦを、高周波電源２７３と整合器２７２との間や、高周波電源３７３と整合器３７２との間に設けるようにして、ノイズ成分を除去することも可能である。しかし、このような場所にＢＰＦを設けた場合、ＢＰＦには非常に大きな高周波電力が通過することにより、耐電圧特性や耐電流特性が大きなコンデンサやコイル等の回路素子を用いてＢＰＦを構成する必要があり、ＢＰＦの形状が大型化する。そのため、このようなＢＰＦの配置方法では、設置空間の確保が困難となったり、コストが向上する等の問題が発生する可能性がある。

[0103] これに対して、本実施形態の基板処理装置では、方向性結合器５１３，５２３を設けることにより、発振器５１１，５２１で発振され増幅器５１２，５２２で増幅された高周波電力の一部を取り出すことにより、大きな高周波電力よりも数十ｄＢ減衰した信号がＢＰＦ５１４，５２４に入力されることになる。

[0104] そのため、本実施形態における配置方法によれば、ＢＰＦ５１４，５２４の形状を小型とすることにより、設置空間も少なくコストも低く抑えることが可能となる。また、本実施形態における配置方法によれば、反射波信号成分だけを正確に取得することが可能となる。

[0105] なお、本実施形態では、２つの高周波電源２７３，３７３を同様な構成とする場合について説明したが、２つの高周波電源２７３，３７３のうちのどちらか一方のみを図８に示したような構成とするようにしても良い。また、本実施形態では、２つの周波電源２７３，３７３を用いて２つのプラズマ発生部に高周波電源を供給する場合の構成について説明したが、３つ以上の複数のプラズマ発生部に高周波電源を供給するような構成を用いた場合でも本発明は同様に適用可能である。

[0106] （４）高周波電源のその他の構成

図８に示した高周波電源２７３，３７３とは異なるその他の構成を図１１、

図１２を参照して説明する。

[0107] 図１１は、高周波電源３７３の替りに高周波電源３７３ａを置き換えた構成である。高周波電源３７３ａは、図１１に示すように、高周波電源３７３から発振器５２１を削除して、高周波電源２７３の発振器５１１の発振周波数を入力するように構成された点が異なっている。

[0108] この図１１に示したような構成では、高周波電源２７３，３７３ａの発振周波数が２８ＭＨｚで同一になるため相互干渉ノイズがほぼゼロとなるため、ＢＰＦ５１４，５２４のフィルタ設計が容易になる。しかし、周波数を変化させて整合を取りたい場合には、複数のプラズマ発生部間のインピーダンスに差が生じないように注意を払う必要がある。

[0109] また、高周波電源２７３の発振器５１１からの信号を、増幅器５１２と増幅器５２２に信号線で分配する際に、高周波電源２７３，３７３それぞれの出力に位相差が発生しないように、分配する信号線の距離を同じにすることが望ましい。

[0110] そのため、図１２に示すように、１つの筐体内に２つの高周波電源の電気回路を収納して１つの高周波電源４７３として構成する構造を採用し、発振器５１１からの増幅器５１２までの距離と、発振器５１１から増幅器５２２までの距離がほぼ同じとなるようにし、スイッチ９０により発振器５１１と発振器５２１とを切替え可能とする構成とすることが望ましい。このように構成することによって、通常使用時は、発振器５１１、５１２のそれぞれを用いて基板処理を行い、経年劣化等の問題によって相互干渉ノイズを除去しきれなくなった場合には発振器５１１のみを用いて基板処理するように高周波電源４７３を制御することで、第１および第２のプラズマ発生部のそれぞれに均一なプラズマを生成することが可能となる。なお、上述とは逆に初めは発振器５１１のみを使用し、第１のプラズマ発生部と第２のプラズマ発生部のプラズマ生成に差が生じた場合に第２の発振器５２１を用いるようにしてもよい。

[0111] 以上、本発明の実施形態について具体的に説明した。しかしながら、本発

明は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

[0112] 例えば、上述の実施形態では、２つのバッファ構造を設けた場合に、バッファ構造ごとに異なる反応ガスをプラズマ励起してウエハに供給する構成について説明した。本発明はこのような態様に限定されず、同一の反応ガスをプラズマ励起してウエハに供給するようにしてもよい。

[0113] また、上述の実施形態では、原料を供給した後に反応ガスを供給する例について説明した。本発明はこのような態様に限定されず、原料、反応ガスの供給順序は逆でもよい。すなわち、反応ガスを供給した後に原料を供給するようにしてもよい。供給順序を変えることにより、形成される膜の膜質や組成比を変化させることが可能となる。

[0114] また、上述の実施形態では、ウエハ２００上にＳｉＮ膜を形成する例について説明した。本発明はこのような態様に限定されず、ウエハ２００上に、シリコン酸化膜（ＳｉＯ膜）、シリコン酸炭化膜（ＳｉＯＣ膜）、シリコン酸炭窒化膜（ＳｉＯＣＮ膜）、シリコン酸窒化膜（ＳｉＯＮ膜）等のＳｉ系酸化膜を形成する場合や、ウエハ２００上にシリコン炭窒化膜（ＳｉＣＮ膜）、シリコン硼窒化膜（ＳｉＢＮ膜）、シリコン硼炭窒化膜（ＳｉＢＣＮ膜）、硼炭窒化膜（ＢＣＮ膜）等のＳｉ系窒化膜を形成する場合にも、好適に適用可能である。これらの場合、反応ガスとしては、Ｏ含有ガスの他、C_3H_6等のＣ含有ガスや、NH_3等のＮ含有ガスや、BCl_3等のＢ含有ガスを用いることができる。

[0115] また、本発明は、ウエハ２００上に、チタン（Ｔｉ）、ジルコニウム（Ｚｒ）、ハフニウム（Ｈｆ）、タンタル（Ｔａ）、ニオブ（Ｎｂ）、アルミニウム（Ａｌ）、モリブデン（Ｍｏ）、タングステン（Ｗ）等の金属元素を含む酸化膜や窒化膜、すなわち、金属系酸化膜や金属系窒化膜を形成する場合においても、好適に適用可能である。すなわち、本発明は、ウエハ２００上に、ＴｉＮ膜、ＴｉＯ膜、ＴｉＯＣ膜、ＴｉＯＣＮ膜、ＴｉＯＮ膜等の金属系薄膜を形成する場合にも、好適に適用することが可能となる。

[0116] これらの場合、例えば、原料ガスとして、テトラキス（ジメチルアミノ）チタンガス、テトラキス（エチルメチルアミノ）ハフニウムガス、テトラキス（エチルメチルアミノ）ジルコニウムガス、トリメチルアルミニウムガス、チタニウムテトラクロライドガス、ハフニウムテトラクロライドガス等を用いることができる。反応ガスとしては、上述の反応ガスを用いることができる。

[0117] すなわち、本発明は、半金属元素を含む半金属系膜や金属元素を含む金属系膜を形成する場合に、好適に適用することができる。これらの成膜処理の処理手順、処理条件は、上述の実施形態や変形例に示す成膜処理と同様な処理手順、処理条件とすることができる。これらの場合においても、上述の実施形態や変形例と同様の効果が得られる。

[0118] 成膜処理に用いられるレシピは、処理内容に応じて個別に用意し、電気通信回線や外部記憶装置１２３を介して記憶装置１２１ｃ内に格納しておくことが好ましい。そして、各種処理を開始する際、ＣＰＵ１２１ａが、記憶装置１２１ｃ内に格納された複数のレシピの中から、処理内容に応じて適正なレシピを適宜選択することが好ましい。これにより、１台の基板処理装置で様々な膜種、組成比、膜質、膜厚の薄膜を汎用的に、かつ、再現性よく形成することができるようになる。また、オペレータの負担を低減でき、操作ミスを回避しつつ、各種処理を迅速に開始できるようになる。

[0119] 上述のレシピは、新たに作成する場合に限らず、例えば、基板処理装置に既にインストールされていた既存のレシピを変更することで用意してもよい。レシピを変更する場合は、変更後のレシピを、電気通信回線や当該レシピを記録した記録媒体を介して、基板処理装置にインストールしてもよい。また、既存の基板処理装置が備える入出力装置１２２を操作し、基板処理装置に既にインストールされていた既存のレシピを直接変更するようにしてもよい。

符号の説明

[0120] ２７２，３７２ 整合器

２７３，３７３，３７３ａ，４７３　　高周波電源

５１１，５２１　　発振器

５１３，５２３　　方向性結合器

５１４，５２４　　ＢＰＦ（バンドパスフィルタ）

５１５，５２５　　電力モニタ

産業上の利用可能性

[0121] 以上述べたように、本発明は、複数の高周波電源を用いてプラズマ生成を行う場合でも、安定したプラズマ生成を行うことが可能となる技術を提供することができる。

請求の範囲

[請求項1] 複数のプラズマ発生部のそれぞれに電源を供給するための複数の高周波電源と、

前記複数の高周波電源と前記複数のプラズマ発生部との間に設けられ、前記プラズマ発生部の負荷インピーダンスと前記高周波電源の出力インピーダンスとの整合をそれぞれとるための複数の整合器と、

を備え、

前記複数の高周波電源のうちの少なくとも１つの高周波電源は、

高周波を発振する高周波発振器と、

前記高周波発振器の後段に配置され、前記高周波発振器からの進行波成分と前記整合器からの反射波成分の一部をそれぞれ取り出す方向性結合器と、

前記方向性結合器によって取り出された前記反射波成分に加わったノイズ信号を除去するフィルタと、

前記フィルタを通過後の前記反射波成分と、前記方向性結合器によって取り出された前記進行波成分とを測定して、前記整合器からの反射波成分が少なくなるように前記整合器をフィードバック制御する電力モニタとを有する、

プラズマ生成装置。

[請求項2] 前記フィルタは、前記少なくとも１つの高周波電源に設けられた高周波発振器の発振周波数と、前記少なくとも１つの高周波電源以外の高周波電源に設けられた高周波発振器の発振周波数と、の差に起因するノイズを除去する帯域通過フィルタである請求項１に記載のプラズマ生成装置。

[請求項3] 前記帯域通過フィルタの通過帯域は、前記少なくとも１つの高周波電源に設けられた前記高周波発振器の発振周波数を通過させる周波数範囲である請求項２に記載のプラズマ生成装置。

[請求項4] 前記複数の高周波電源の発信周波数が異なる請求項１に記載のプラ

ズマ生成装置。

[請求項5] 前記フィルタは、同一特性の２つのフィルタにより構成され、前記方向性結合器によって取り出された前記反射波成分と前記進行波成分とを通過させる請求項１記載のプラズマ生成装置。

[請求項6] 前記高周波発振器が発振する高周波を、前記少なくとも１つの高周波電源と前記少なくとも１つの高周波電源以外の高周波電源に共通して使用する請求項１記載のプラズマ装置。

[請求項7] 前記複数の高周波電源のうち少なくとも２つ以上に前記高周波発振器が設けられ、前記高周波発振器が発振する高周波を切り替えるスイッチが前記高周波発振器と前記方向性結合器との間に設けられた請求項１に記載のプラズマ生成装置。

[請求項8] 基板を処理する処理室と、

前記処理室内に所定の処理ガスを供給するガス供給部と、

複数のプラズマ発生部のそれぞれに電源を供給するための複数の高周波電源と、前記複数の高周波電源と前記複数のプラズマ発生部との間に設けられ、前記プラズマ発生部の負荷インピーダンスと前記高周波電源の出力インピーダンスとの整合をそれぞれとるための複数の整合器とを備え、前記複数の高周波電源のうちの少なくとも１つの高周波電源は、高周波を発振する高周波発振器と、前記高周波発振器の後段に配置され、前記高周波発振器からの進行波成分と前記整合器からの反射波成分の一部をそれぞれ取り出す方向性結合器と、前記方向性結合器によって取り出された前記反射波成分に加わったノイズ信号を除去するフィルタと、前記フィルタを通過後の前記反射波成分と、前記方向性結合器によって取り出された前記進行波成分とを測定して、前記整合器からの反射波成分が少なくなるように前記整合器をフィードバック制御する電力モニタと、を有するプラズマ生成装置と、

を備えた基板処理装置。

[請求項9] 前記フィルタは、前記少なくとも１つの高周波電源に設けられた高

周波発振器の発信周波数と、前記少なくとも１つの高周波電源以外の高周波電源に設けられた高周波発振器の発信周波数と、の差に起因するノイズを除去する帯域通過フィルタである請求項８に記載の基板処置装置。

[請求項10] 前記帯域通過フィルタの通過帯域は、前記少なくとも１つの高周波電源に設けられた前記高周波発振器の発信周波数を通過させる周波数範囲である請求項９に記載の基板処理装置。

[請求項11] 前記複数の高周波電源の発信周波数が異なる請求項８記載の基板処理装置。

[請求項12] 前記フィルタは、同一特性の２つのフィルタにより構成され、前記方向性結合器によって取り出された前記反射波成分と前記進行波成分とを通過させる請求項８記載の基板処理装置

[請求項13] 前記高周波発振器が発振する高周波を、前記少なくとも１つの高周波電源と前記少なくとも１つの高周波電源以外の高周波電源に共通して使用する請求項８記載の基板処理装置。

[請求項14] 前記複数の高周波電源のうち少なくとも２つ以上に前記高周波発振器が設けられ、前記高周波発振器が発振する高周波を切り替えるスイッチが前記高周波発振器と前記方向性結合器との間に設けられた請求項８に記載の基板処理装置。

[請求項15] 基板を処理する処理室と、前記処理室内に所定の処理ガスを供給するガス供給部と、複数のプラズマ発生部のそれぞれに電源を供給するための複数の高周波電源と前記複数の高周波電源と前記複数のプラズマ発生部との間に設けられ前記プラズマ発生部の負荷インピーダンスと前記高周波電源の出力インピーダンスとの整合をそれぞれとるための複数の整合器とを備え、前記複数の高周波電源のうちの少なくとも１つの高周波電源は、高周波を発振する高周波発振器と前記高周波発振器の後段に配置され前記高周波発振器からの進行波成分と前記整合器からの反射波成分の一部をそれぞれ取り出す方向性結合器と前記方

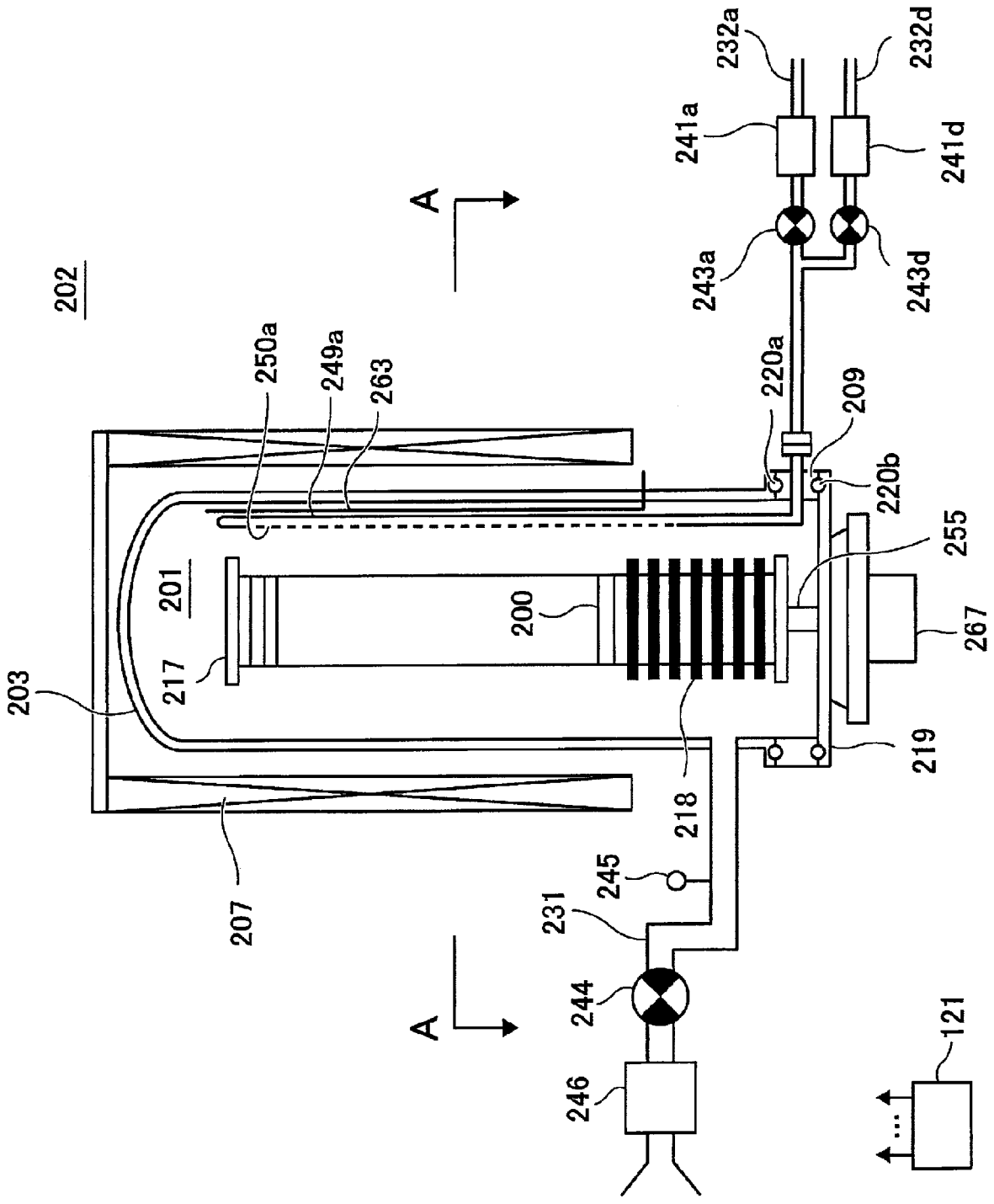
向性結合器によって取り出された前記反射波成分に加わったノイズ信号を除去するフィルタと前記フィルタを通過後の前記反射波成分と前記方向性結合器によって取り出された前記進行波成分とを測定して前記整合器からの反射波成分が少なくなるように前記整合器をフィードバック制御する電力モニタとを有するプラズマ生成装置と、を備えた基板処理装置の前記処理室内に基板を搬入する工程と、

前記処理室内へ、前記プラズマ生成装置によりプラズマ励起させた前記処理ガスを供給し、前記基板を処理する工程と、

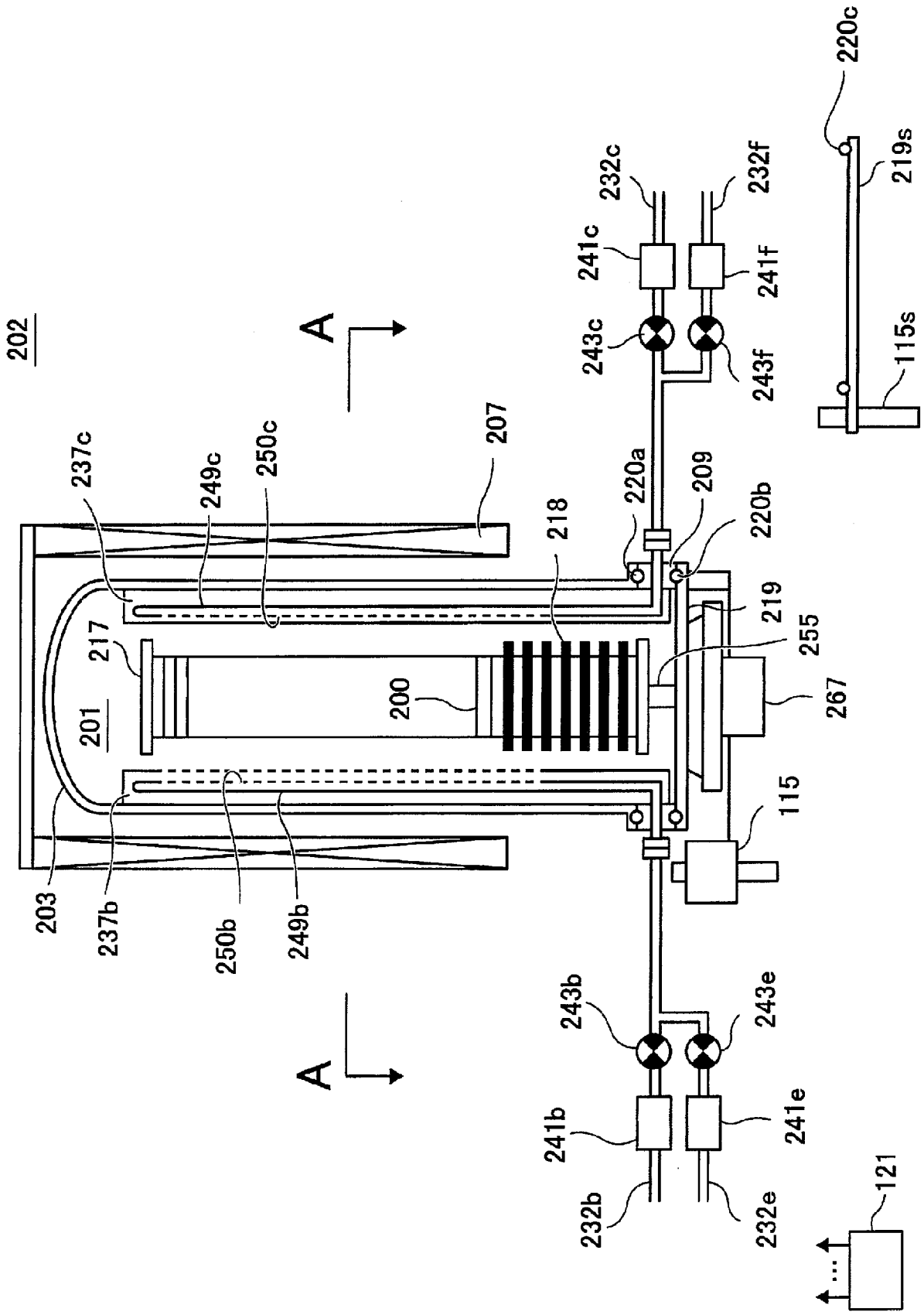
前記処理室内から処理後の前記基板を搬出する工程と、

を有する半導体装置の製造方法。

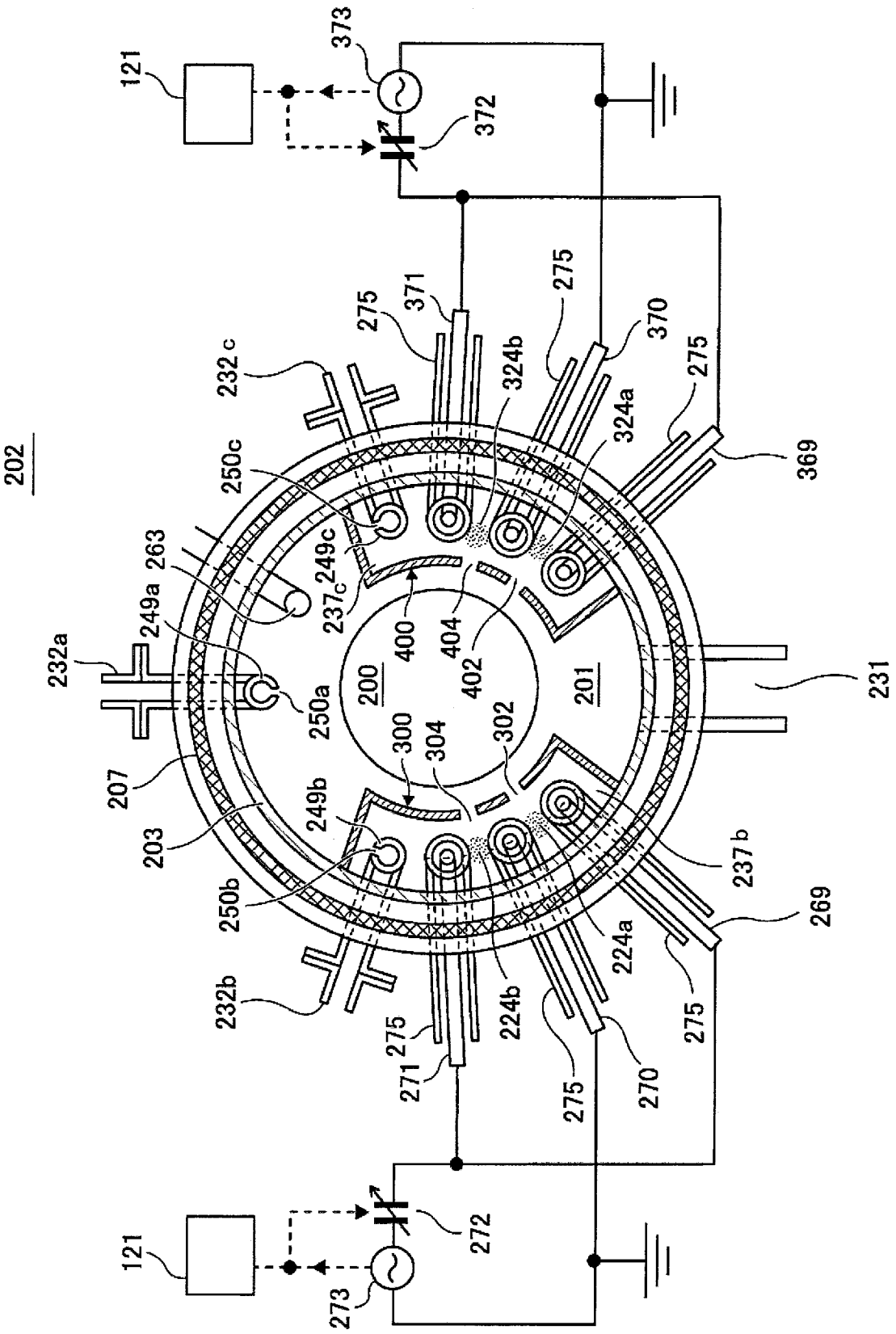
[図1]


202
A
A
232a
232d
241a
241d
243a
243d
250a
249a
263
220a
209
220b
255
201
200
267
203
217
219
218
245
231
207
244
246
121

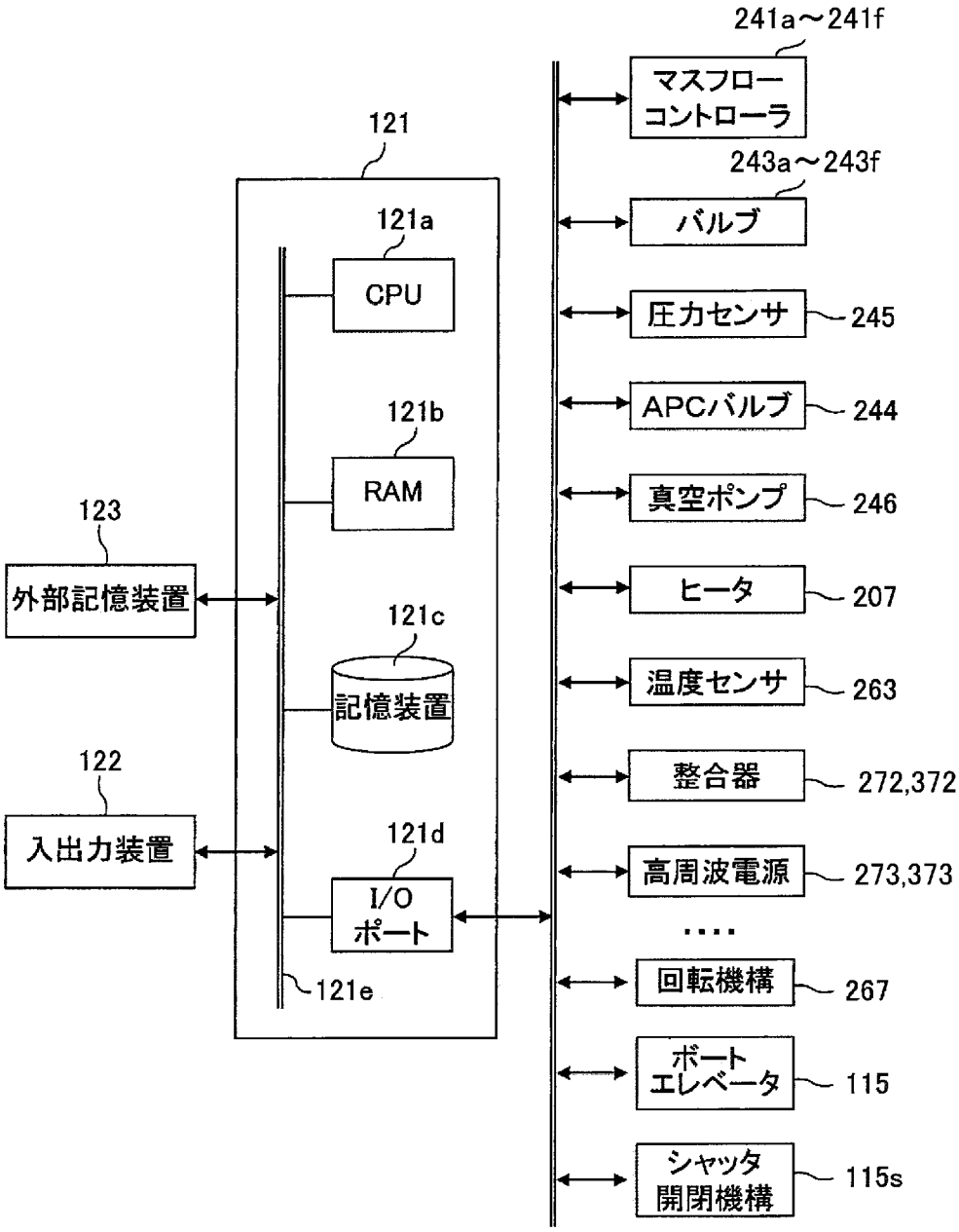
[図2]


202
A
A
237c
249c
250c
207
218
220a
209
220b
220c
219s
115s
232c
232f
241c
241f
243c
243f
217
201
200
219
255
267
115
203
237b
250b
249b
243b
243e
241b
241e
232b
232e
121

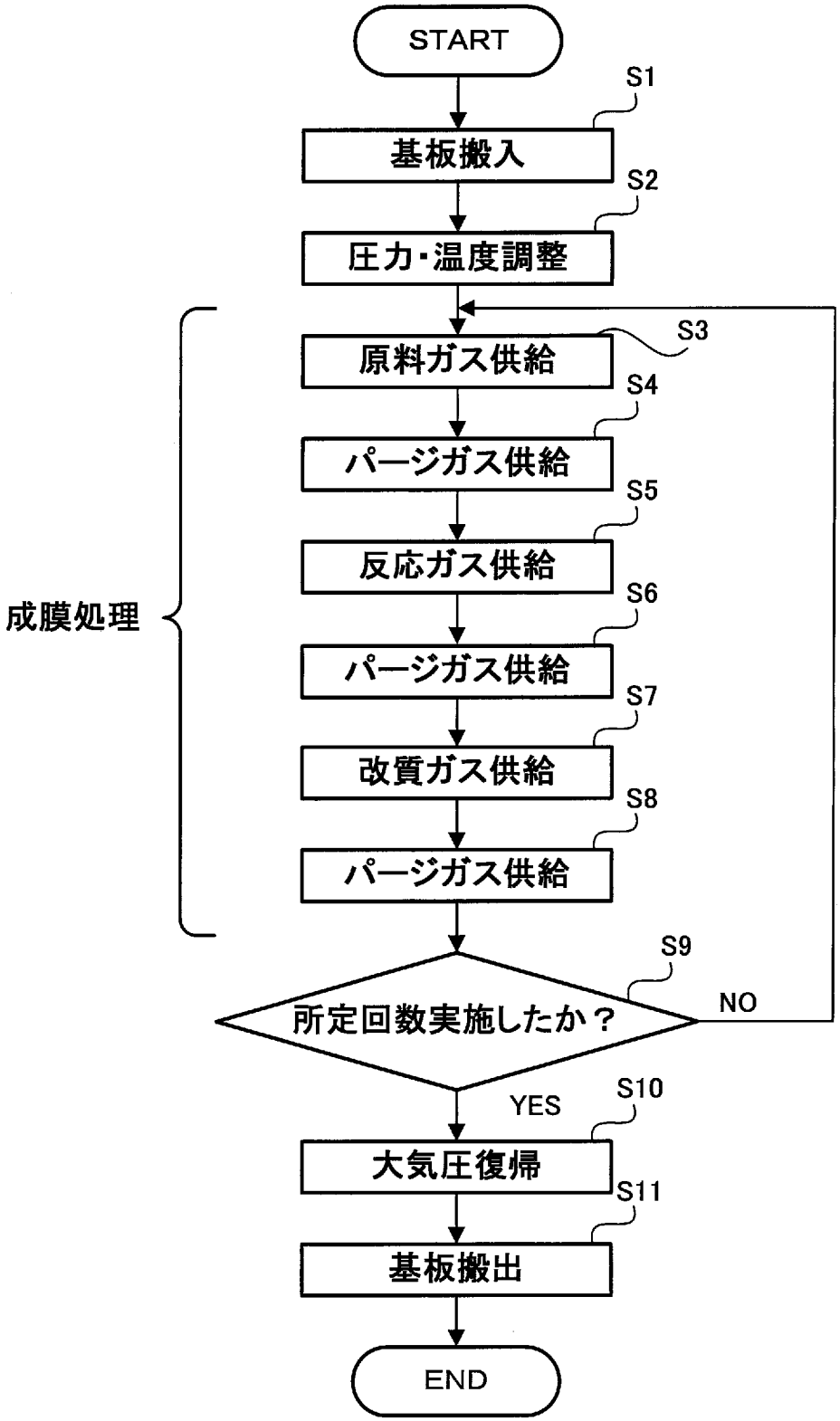
[図3]


202
121
373
372
121
273
272
275
371
275
370
275
369
232c
250c
249c
237c
263
249a
232a
250a
207
203
249b
250b
232b
275
271
275
270
275
269
237b
224a
224b
231
324b
324a
400
404
402
200
201
300
304
302

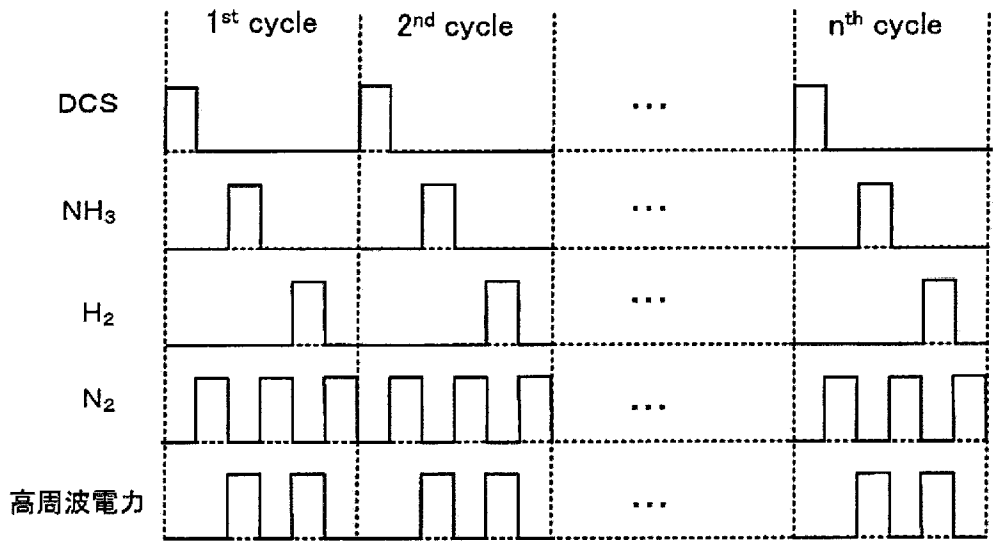
[図4]


241a～241f
マスフローコントローラ
121
243a～243f
バルブ
121a
CPU
圧力センサ
245
121b
RAM
APCバルブ
244
123
真空ポンプ
246
外部記憶装置
ヒータ
207
121c
記憶装置
温度センサ
263
122
整合器
272,372
121d
入出力装置
高周波電源
273,373
I/O
ポート
....
回転機構
267
121e
ボート
エレベータ
115
シャッタ
開閉機構
115s

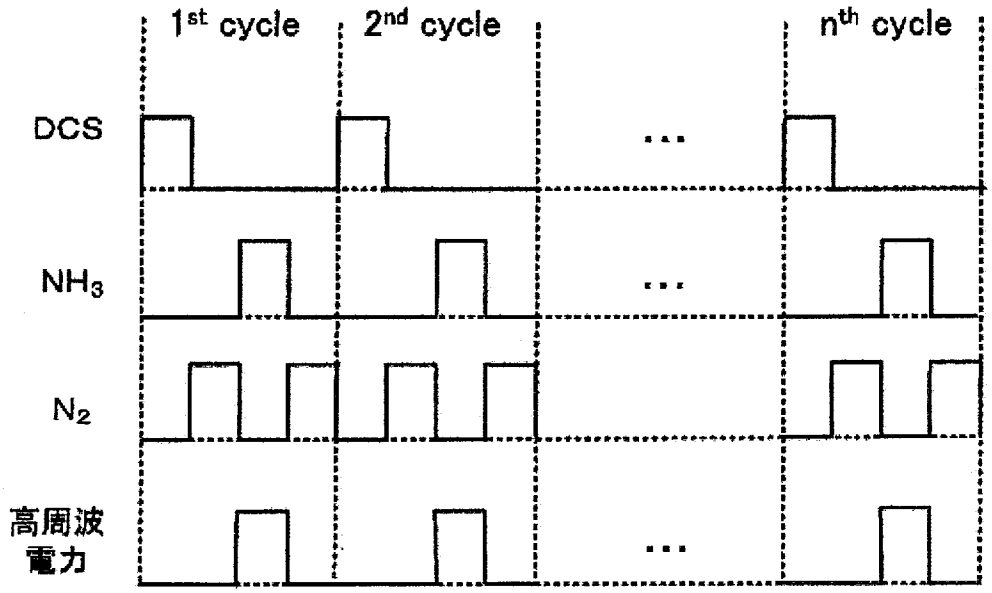
[図5]


START
S1
基板搬入
S2
圧力・温度調整
S3
原料ガス供給
S4
パージガス供給
S5
反応ガス供給
S6
パージガス供給
S7
改質ガス供給
S8
パージガス供給
成膜処理
S9
所定回数実施したか？
NO
YES
S10
大気圧復帰
S11
基板搬出
END

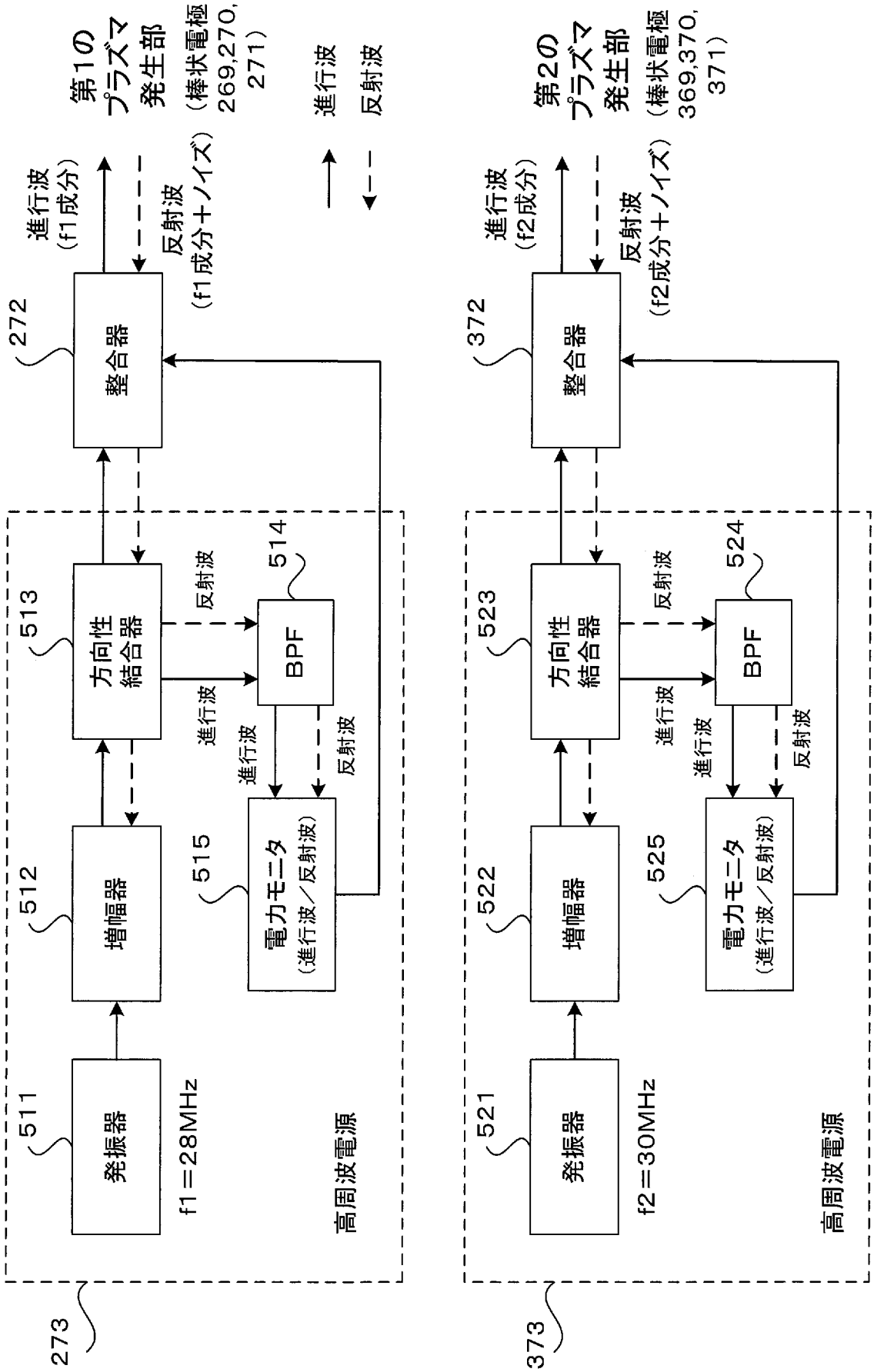
[図6]


1st cycle
2nd cycle
nth cycle
DCS
NH3
H2
N2
高周波電力

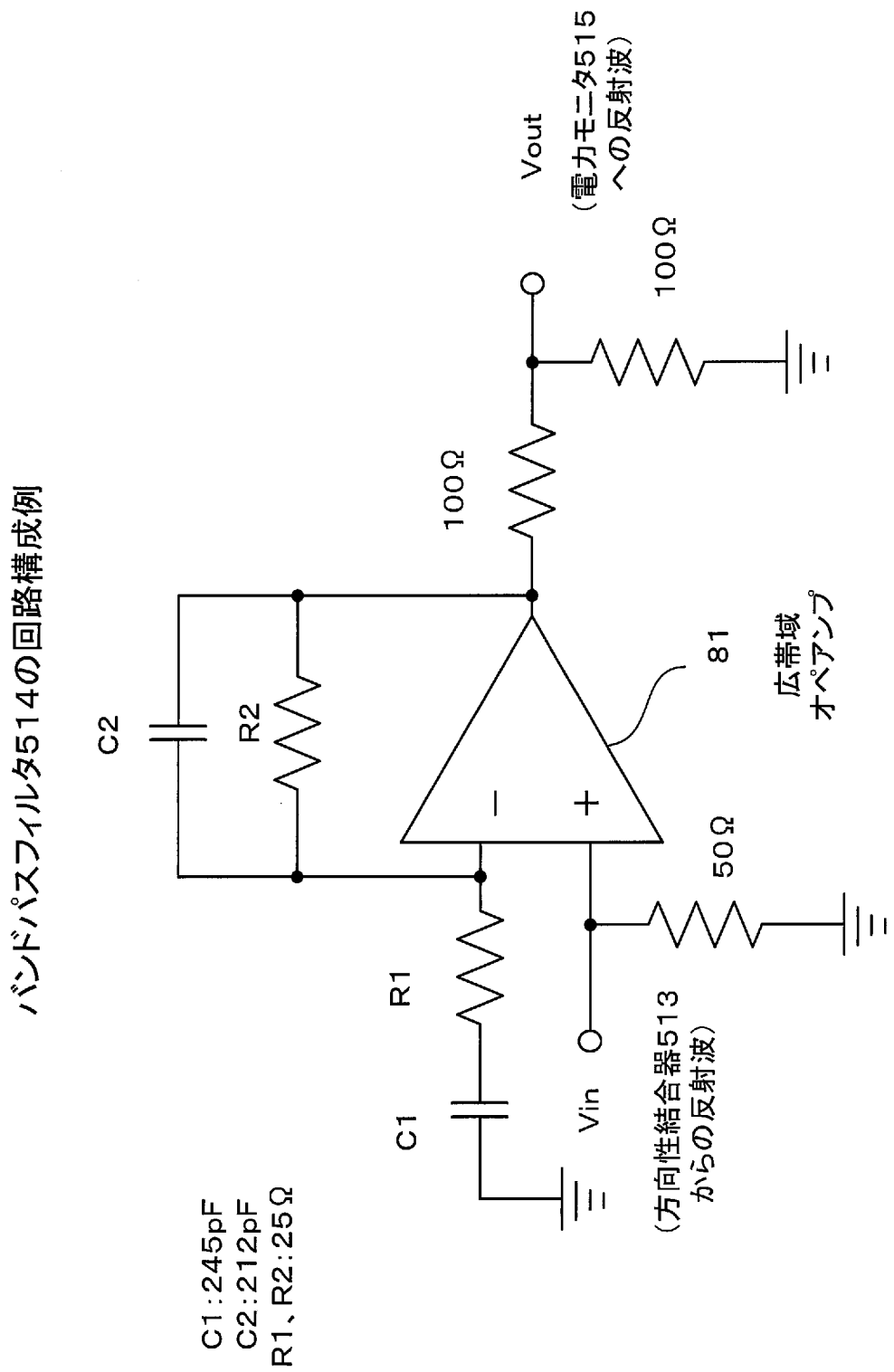
[図7]


1st cycle
2nd cycle
nth cycle
DCS
NH3
N2
高周波
電力

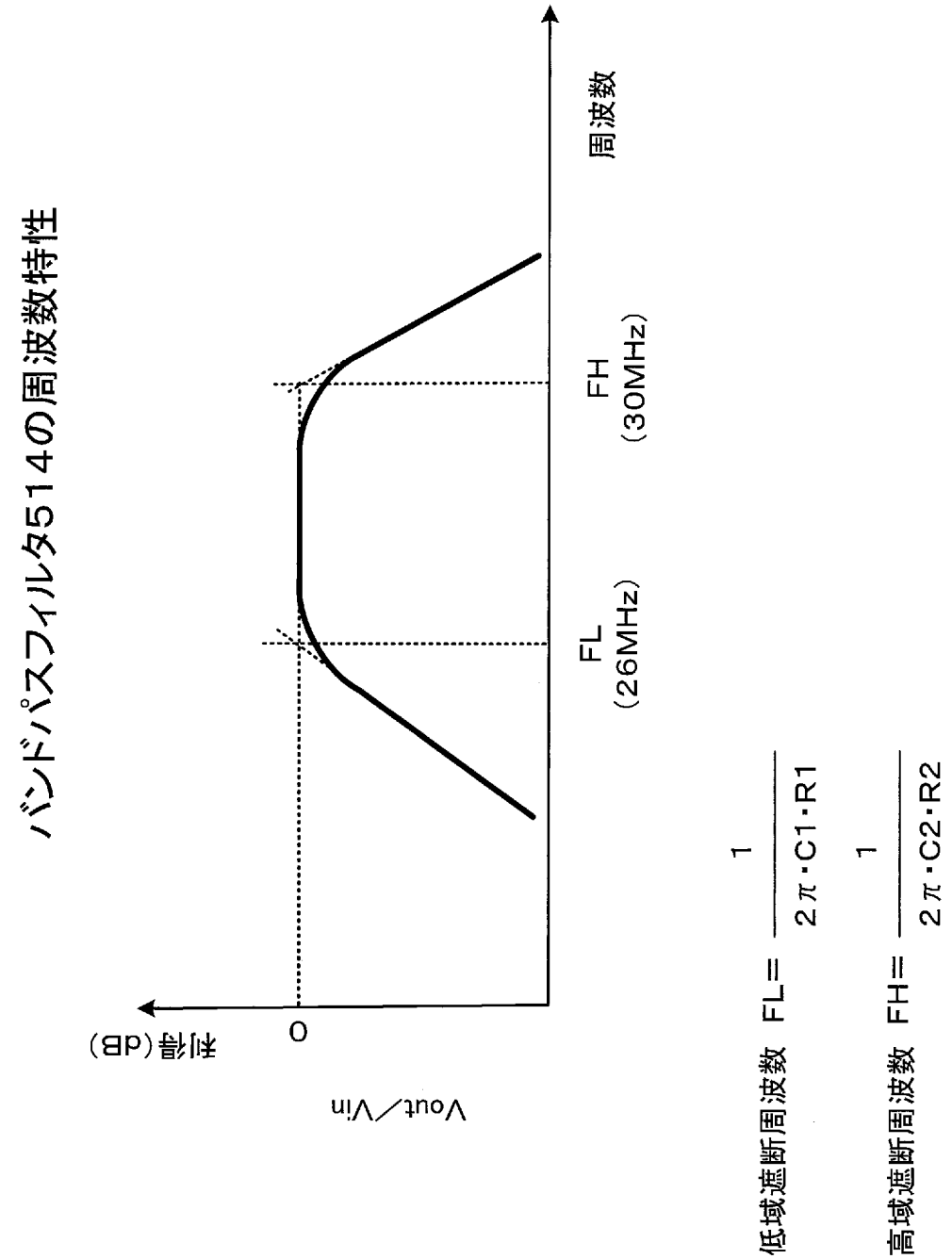
[図8]


第1のプラズマ発生部（棒状電極269,270,271）
第2のプラズマ発生部（棒状電極369,370,371）
進行波
反射波
進行波（f1成分）
反射波（f1成分＋ノイズ）
進行波（f2成分）
反射波（f2成分＋ノイズ）
272
372
整合器
513
523
方向性結合器
514
524
BPF
512
522
増幅器
515
525
電力モニタ（進行波／反射波）
511
521
発振器
f1＝28MHz
f2＝30MHz
高周波電源
273
373

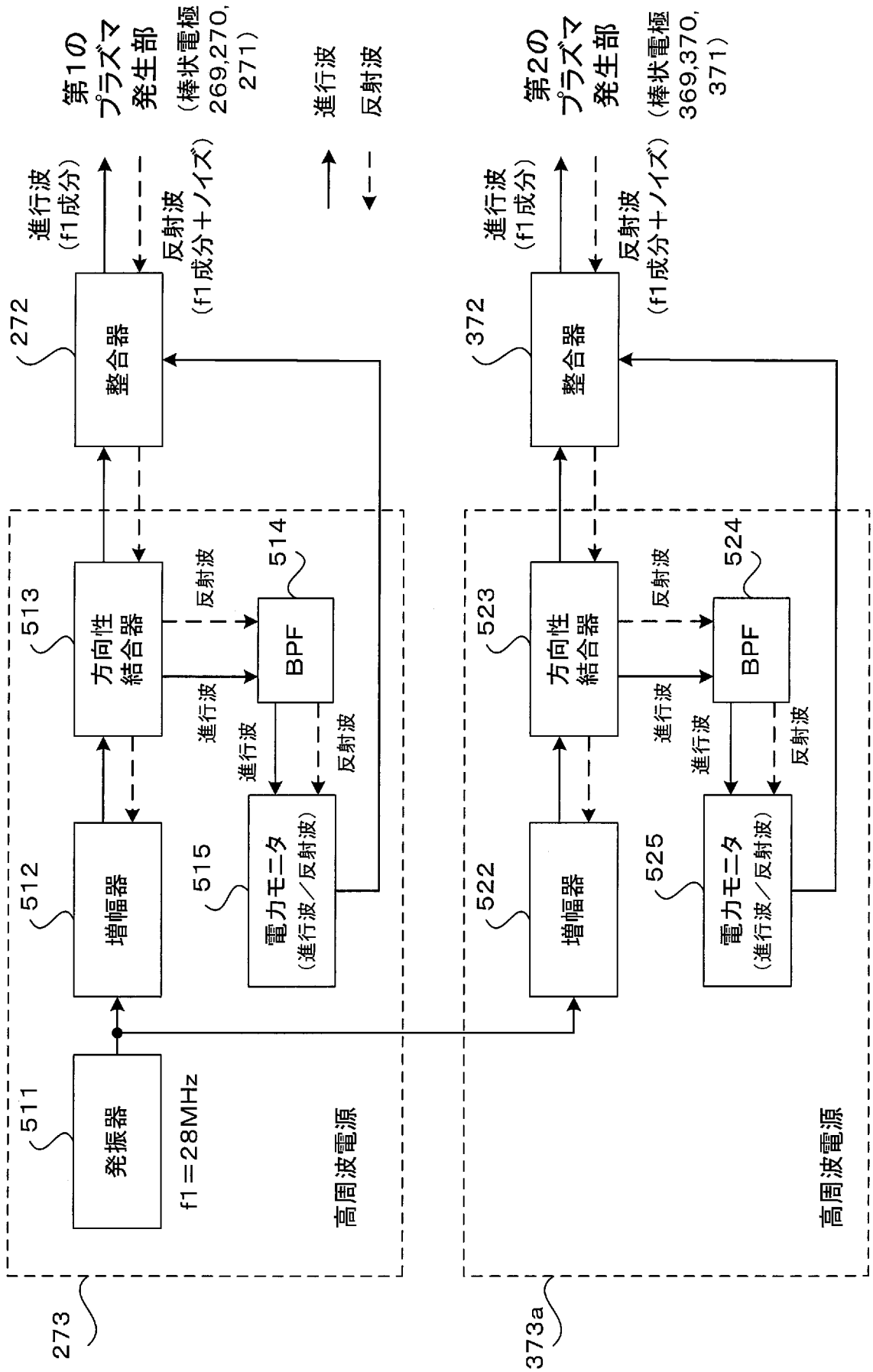
[図9]


バンドパスフィルタ514の回路構成例
C1:245pF
C2:212pF
R1、R2:25Ω
C1
R1
Vin
(方向性結合器513からの反射波)
50Ω
C2
R2
81
広帯域オペアンプ
100Ω
100Ω
Vout
(電力モニタ515への反射波)

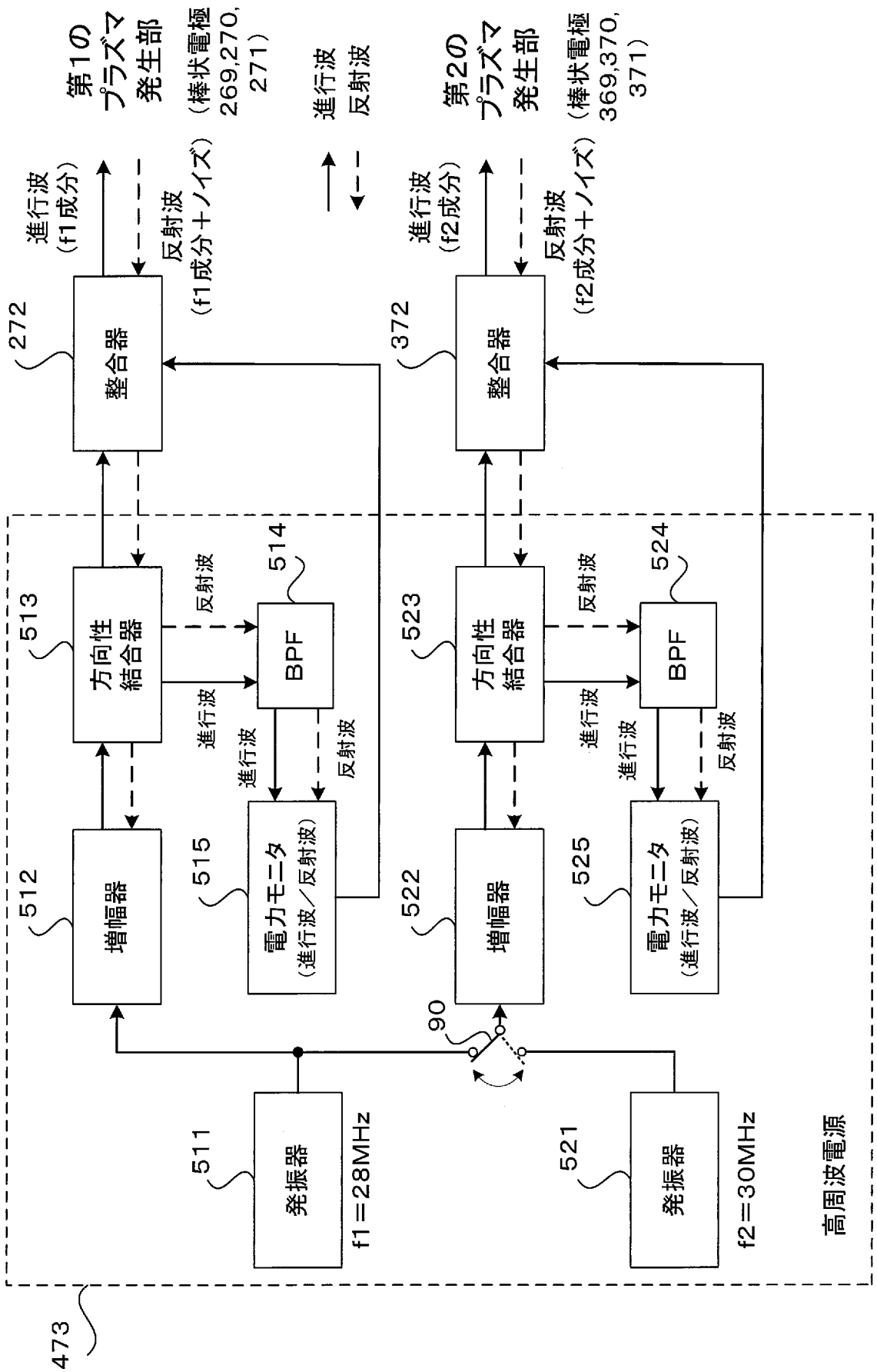
[図10]


バンドパスフィルタ514の周波数特性
利得(dB)
0
Vout／Vin
FL
(26MHz)
FH
(30MHz)
周波数
低域遮断周波数 FL＝ 1 / 2π・C1・R1
高域遮断周波数 FH＝ 1 / 2π・C2・R2

[図11]


第1のプラズマ発生部（棒状電極269,270,271）
第2のプラズマ発生部（棒状電極369,370,371）
進行波
反射波
進行波（f1成分）
反射波（f1成分＋ノイズ）
272
372
整合器
方向性結合器
513
523
反射波
514
524
BPF
進行波
反射波
512
522
増幅器
515
525
電力モニタ（進行波／反射波）
511
発振器
f1＝28MHz
高周波電源
273
373a

[図12]


第1のプラズマ発生部
（棒状電極269,270,271）
第2のプラズマ発生部
（棒状電極369,370,371）
進行波
反射波
進行波（f1成分）
反射波（f1成分＋ノイズ）
進行波（f2成分）
反射波（f2成分＋ノイズ）
272
372
整合器
513
523
方向性結合器
514
524
BPF
515
525
電力モニタ（進行波／反射波）
512
522
増幅器
90
511
521
発振器
f1＝28MHz
f2＝30MHz
高周波電源
473

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/006183

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. H05H1/46(2006.01)i, C23C16/505(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)n, H01L21/318(2006.01)n

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, H01P1/00, G01R21/00

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 1971-2018
Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
Y	JP 2010-219026 A (MKS INSTRUMENTS, INC.) 30 September 2010, paragraphs [0003], [0004], [0017], [0039], [0046]-[0049], fig. 6 & US 2010/0194195 A1, paragraphs [0003], [0004], [0023], [0043], [0050]-[0053], fig. 6 & GB 2467630 A & DE 102010005799 A1 & CN 101801153 A & KR 10-2010-0090213 A	1-15
Y	JP 2003-139804 A (PEARL KOGYO CO., LTD.) 14 May 2003, paragraphs [0014]-[0018], [0022]-[0025], fig. 1, 2, 6 & US 2004/0212400 A1, paragraphs [0022]-[0026], [0030]-[0033], fig. 1, 2, 6 & WO 2003/038453 A1 & EP 1443334 A1 & CN 1582396 A & KR 10-2004-0048999 A	1-15

☒ 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	Date of mailing of the international search report
27.04.2018	15.05.2018
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/JP2018/006183

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-252207 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 06 September 2002, paragraph [0036], fig. 1, 3 & US 2002/0113738 A1, paragraph [0030], fig. 1, 3	5, 12
Y	JP 2006-128075 A (SEIKO EPSON CORP.) 18 May 2006, paragraphs [0080]-[0082], fig. 12 & US 2006/0081624 A1, paragraphs [0146]-[0150], fig. 12 & EP 1643641 A2 & KR 10-2006-0051930 A & CN 1764332 A	6, 13
Y	JP 2013-225672 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 31 October 2013, paragraph [0025], fig. 1 & US 2013/0260567 A1, paragraph [0029], fig. 1 & KR 10-2013-0110104 A & CN 103367206 A	7, 14
A	JP 2002-80971 A (CANON INC.) 22 March 2002, fig. 1-3 (Family: none)	1-15

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／００６１８３

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, C23C16/505(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)n, H01L21/318(2006.01)n

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, H01P1/00, G01R21/00

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	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８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
Y	JP 2010-219026 A (エム　ケー　エス　インストルメンツ　インコーポレーテッド) 2010.09.30, 段落 0003-0004, 0017, 0039, 0046-0049, 図 6 & US 2010/0194195 A1, 段落 0003-0004, 0023, 0043, 0050-0053, 図 6 & GB 2467630 A & DE 102010005799 A1 & CN 101801153 A & KR 10-2010-0090213 A	1-15

☑　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	国際調査報告の発送日
２７．０４．２０１８	１５．０５．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｇ　４８４９
右田　純生
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２２４

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	JP 2003-139804 A（パール工業株式会社）2003.05.14, 段落 0014-0018,0022-0025, 図 1-2,6 & US 2004/0212400 A1, 段落 0022-0026,0030-0033, 図 1-2,6 & WO 2003/038453 A1 & EP 1443334 A1 & CN 1582396 A & KR 10-2004-0048999 A	1-15
Y	JP 2002-252207 A（松下電器産業株式会社）2002.09.06, 段落 0036, 図 1,3 & US 2002/0113738 A1, 段落 0030, 図 1,3	5,12
Y	JP 2006-128075 A（セイコーエプソン株式会社）2006.05.18, 段落 0080-0082, 図 12 & US 2006/0081624 A1, 段落 0146-0150, 図 12 & EP 1643641 A2 & KR 10-2006-0051930 A & CN 1764332 A	6,13
Y	JP 2013-225672 A（ラム　リサーチ　コーポレーション） 2013.10.31, 段落 0025, 図 1 & US 2013/0260567 A1, 段落 0029, 図 1 & KR 10-2013-0110104 A & CN 103367206 A	7,14
A	JP 2002-80971 A（キヤノン株式会社）2002.03.22, 図 1-3（ファミリーなし）	1-15