

(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
2018年1月25日(25.01.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/016131 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/31 (2006.01) *H01L 21/318* (2006.01)
C23C 16/509 (2006.01) *H05H 1/46* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/012414
- (22) 国際出願日: 2017年3月27日(27.03.2017)
- (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 2016-143285 2016年7月21日(21.07.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立国際電気 (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) [JP/JP]; 〒1058039

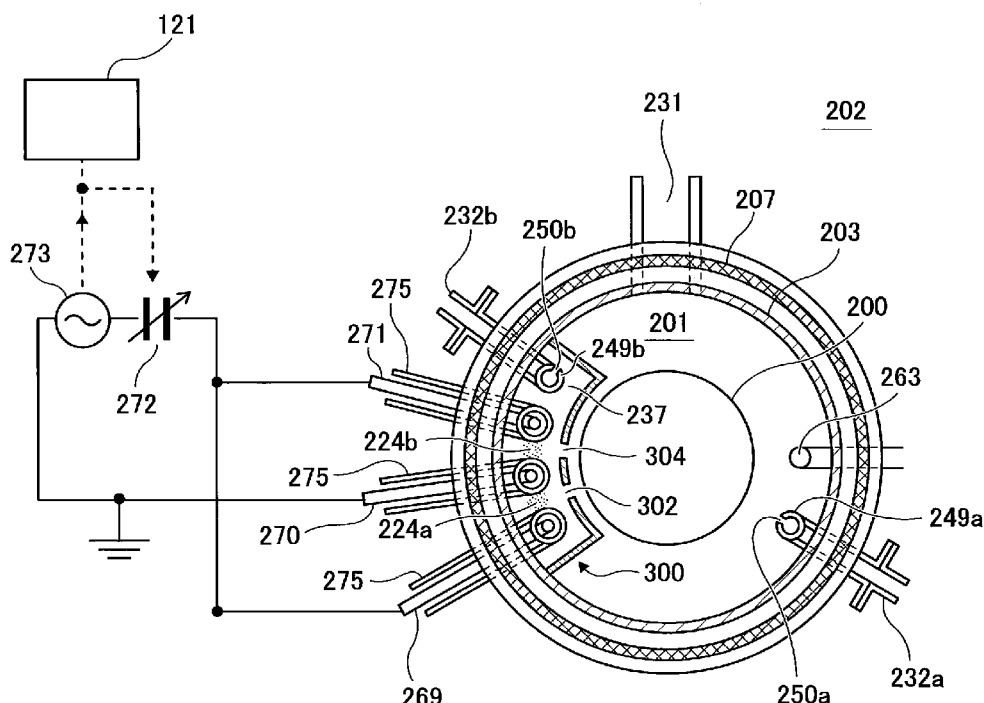
東京都港区西新橋二丁目15番1
2号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 佐藤 明博 (SATO, Akihiro); 〒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). 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). 廣地 志有 (HIROCHI, Yukitomo); 〒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,

(54) Title: PLASMA GENERATING DEVICE, SUBSTRATE PROCESSING DEVICE, AND METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

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



(57) Abstract: The objective of the present invention is to provide a technique with makes it possible to process a substrate uniformly. Provided is a plasma generating device which includes one or more first electrodes connected to a high-frequency power source, and one or more second electrodes which are grounded, wherein the total number of the first electrodes and the second electrodes is an odd number at least equal to three, the first electrodes and the second electrodes are disposed alternately, and each of either the first electrodes or the second electrodes is used commonly by two other



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, 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, 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))

electrodes that are adjacent thereto. Also provided is a technique employing the plasma generating device.

(57) 要約: 基板を均一に処理することが可能な技術を提供する。高周波電源に接続される第1の電極と、接地される第2の電極と、を有し、前記第1の電極と前記第2の電極は、合計が3以上の奇数本で交互に配置され、前記第1の電極と前記第2の電極のいずれか一方の電極は、隣り合う2本の他方の電極に対して共通して用いられるプラズマ生成装置とそれを用いた技術が提供される。

明 細 書

発明の名称：

プラズマ生成装置、基板処理装置及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、基板処理装置及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、半導体装置製造における段階的な微細化に伴い、より低い温度で基板処理することが求められるようになっている。このため、処理対象となる所定の膜を均一に処理するために、プラズマ源となる高周波電力を大きくするなどの解決方法が考えられている。しかし、高周波電力を大きくすると、所定の膜を均一に処理することが困難となってしまう場合がある。

[0005] 本発明の目的は、基板を均一に処理する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、
高周波電源に接続される第 1 の電極と、接地される第 2 の電極と、を有し、
前記第 1 の電極と前記第 2 の電極は、合計が 3 以上の奇数本で交互に配置され、
前記第 1 の電極と前記第 2 の電極のいずれか一方の電極は、隣り合う 2 本の他方の電極に対して共通して用いられるプラズマ生成装置とそれを用いた技術が提供される。

発明の効果

- [0007] 本発明によれば、基板を均一に処理する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、処理炉部分を図 1 の A - A 線断面図で示す図である。
[図3] (a) 本発明の実施形態で好適に用いられる基板処理装置のバッファ構造を説明するための横断面拡大図である。(b) 本発明の実施形態で好適に用いられる基板処理装置のバッファ構造を説明するための模式図である。
[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]本発明の実施形態で好適に用いられる基板処理装置の縦型処理炉の変形例 1 を説明するための概略横断面図である。
[図8]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変形例 2 を説明するための概略横断面図である。

[図9]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変形例3を説明するための概略横断面図である。

[図10]本発明の他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11]本発明の他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。

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について図1から図6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)

図1に示すように、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)や窒化シリコン(SiN)等の耐熱性材料からなり、上端が閉塞し下端が開い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い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。ノズル249a, 249bには、ガス供給管232a, 232bが、それぞれ接続されている。このように、反応管203には2本のノズル249a, 249bと、2本のガス供給管232a, 232b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。

[0013] ガス供給管232a, 232b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および開閉弁であるバルブ243a, 243bがそれぞれ設けられている。ガス供給管232a, 232bのバルブ243a, 243bよりも下流側には、不活性ガスを供給するガス供給管232c, 232dがそれぞれ接続されている。ガス供給管232c, 232dには、ガス流の上流側から順に、MFC241c, 241dおよびバルブ243c, 243dがそれぞれ設けられている。

[0014] ノズル249aは、図2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249

a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。

[0015] ガス供給管232bの先端部には、ノズル249bが接続されている。ノズル249bは、ガス分散空間であるバッファ室237内に設けられている。バッファ室237は、図2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237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によって形成されている。バッファ構造300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が形成されている。ガス供給口302、304は、図2及び図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。

[0016] ノズル249bは、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は、バッファ構造300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2

00の表面と垂直となる方向に設けられている。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237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。

[0017] このように、本実施形態では、反応管203の側壁の内壁と、反応管203内に配列された複数枚のウエハ200の端部で定義される平面視において円環状の縦長の空間内、すなわち、円筒状の空間内に配置したノズル249a、249bおよびバッファ室237を経由してガスを搬送している。そして、ノズル249a、249bおよびバッファ室237にそれぞれ開口されたガス供給孔250a、250b、ガス供給口302、304から、ウエハ200の近傍で初めて反応管203内にガスを噴出させている。そして、反応管203内におけるガスの主たる流れを、ウエハ200の表面と平行な方向、すなわち、水平方向としている。このような構成とすることで、各ウエハ200に均一にガスを供給でき、各ウエハ200に形成される膜の膜厚の均一性を向上させることが可能となる。ウエハ200の表面上を流れたガス、すなわち、反応後の残ガスは、排気口、すなわち、後述する排気管231の方向に向かって流れる。但し、この残ガスの流れの方向は、排気口の位置によって適宜特定され、垂直方向に限ったものではない。

[0018] 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。

[0019] 原料ガスとは、気体状態の原料、例えば、常温常圧下で液体状態である原料を気化することで得られるガスや、常温常圧下で気体状態である原料等のことである。本明細書において「原料」という言葉を用いた場合は、「液体

状態である液体原料」を意味する場合、「気体状態である原料ガス」を意味する場合、または、それらの両方を意味する場合がある。

[0020] 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。すなわち、ハロシラン原料は、クロロ基、フルオロ基、ブロモ基、ヨード基からなる群より選択される少なくとも1つのハロゲン基を含む。ハロシラン原料は、ハロゲン化合物の一種ともいえる。

[0021] 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。

[0022] 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。

[0023] ガス供給管232c、232d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MFC241c、241d、バルブ243c、243d、ガス供給管232a、232b、ノズル249a、249bを介して処理室201内へ供給される。

[0024] 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, 232d、MFC 241c, 241d、バルブ 243c, 243d 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。

[0025] （プラズマ生成部）

バッファ室 237 内には、図 2 及び図 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 の積層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、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, 271 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。主に、棒状電極 269, 270, 271、電極保護管 275 によりプラズマ源としてのプラズマ生成部（プラズマ

生成装置)が構成される。整合器272、高周波電源273をプラズマ源に含めて考えてもよい。プラズマ源は、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。

[0026] 電極保護管275は、棒状電極269、270、271のそれぞれをバッファ室237内の雰囲気と隔離した状態でバッファ室237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の酸化を防止することができる。

[0027] (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と同様にマニホールド209に設けてもよい。

[0028] 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。

[0029] （基板支持具）

図1に示すように基板支持具としてのボート217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。ポート 217 は、例えば石英や SiC 等の耐熱性材料からなる。ポート 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。

[0030] 図 2 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 と同様に反応管 203 の内壁に沿って設けられている。

[0031] (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。RAM 121b、記憶装置 121c、I/O ポート 121d は、内部バス 121e を介して、CPU 121a 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。

[0032] 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せられたものであり、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。RAM 121bは、CPU 121a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。

[0033] I/Oポート121dは、上述のMFC 241a～241d、バルブ243a～243d、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、高周波電源273、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。

[0034] CPU 121a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。CPU 121a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、MFC 241a～241dによる各種ガスの流量調整動作、バルブ243a～243dの開閉動作、インピーダンス監視に基づく高周波電源273の調整動作、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。

[0035] 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 1 2 3 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 1 2 3 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。

[0036] (2) 基板処理工程

次に、基板処理装置 1 0 0 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 2 0 0 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 1 2 1 により制御される。

[0037] ここでは、原料ガスとして D C S 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 N H₃ 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 2 0 0 上に、S i および N を含む膜として、シリコン窒化膜（S i N 膜）を形成する例について説明する。また、例えば、ウエハ 2 0 0 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 2 0 0 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。

[0038] 本明細書では、図 6 に示す成膜処理のプロセスフローを、便宜上、以下のよう示すこともある。以下の変形例や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。

[0039] $(DCS \rightarrow NH_3^*) \times n \Rightarrow SiN$

[0040] 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。

[0041] (搬入ステップ：S1)

複数枚のウエハ200がポート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を支持したポート217は、ポートエレベータ115によって持ち上げられて処理室201内へ搬入（ポートロード）される。この状態で、シールキャップ219は、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。

[0042] (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。真空ポンプ246は、少なくとも後述する成膜ステップが終了するまでの間は常時作動させた状態を維持する。

[0043] 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。ヒータ207による処理室201内の加熱は、少なくとも後述する成膜ステップが終了するまでの間は継続して行われる。ただし、成膜ステップを室温以下の温度条件下で行う場合は、ヒータ207による処理室201内の加熱は行わなくてもよい。なお、このような温度下での処理だけを行う場合には、ヒータ207は不要となり、ヒータ207を基板処理装置に設置しなくてもよい。この場合、基板処理装置の構成を簡素化することができる。

[0044] 続いて、回転機構267によるポート217およびウエハ200の回転を

開始する。回転機構 267 によるポート 217 およびウエハ 200 の回転は、少なくとも成膜ステップが終了するまでの間は継続して行われる。

[0045] (成膜ステップ: S3, S4, S5, S6)

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

[0046] (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。

[0047] 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、MFC 241a 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 243c を開き、ガス供給管 232c 内へ N₂ ガスを流す。N₂ ガスは、MFC 241c 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。

[0048] また、ノズル 249b 内への DCS ガスの侵入を抑制するため、バルブ 243d を開き、ガス供給管 232d 内へ N₂ ガスを流す。N₂ ガスは、ガス供給管 232b、ノズル 249b 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。

[0049] MFC 241a で制御する DCS ガスの供給流量は、例えば 1 sccm 以上、6000 sccm 以下、好ましくは 2000 sccm 以上、3000 sccm 以下の範囲内の流量とする。MFC 241c, 241d で制御する N₂ ガスの供給流量は、それぞれ例えば 100 sccm 以上、10000 sccm 以下の範囲内の流量とする。処理室 201 内の圧力は、例えば 1 Pa 以上、2666 Pa 以下、好ましくは 665 Pa 以上、1333 Pa の範囲内の圧力とする。DCS ガスにウエハ 200 を晒す時間は、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。

[0050] 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。

[0051] 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、例えば1原子層（1分子層）未満から数原子層（数分子層）程度の厚さのSi含有層が形成される。Si含有層は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。

[0052] ここで、1原子層（1分子層）未満の厚さの層とは不連続に形成される原子層（分子層）のことを意味しており、1原子層（1分子層）の厚さの層とは連続的に形成される原子層（分子層）のことを意味している。Si含有層は、Si層とDCSの吸着層との両方を含み得る。但し、上述の通り、Si含有層については「1原子層」、「数原子層」等の表現を用いることとし、「原子層」を「分子層」と同義で用いる。

[0053] ウエハ200上に形成されるSi含有層の厚さが数原子層を超えると、後述する改質処理での改質の作用がSi含有層の全体に届かなくなる。また、ウエハ200上に形成可能なSi含有層の厚さの最小値は1原子層未満である。よって、Si含有層の厚さは1原子層未満から数原子層程度とするのが好ましい。

[0054] 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243c、243dは開いたままとして、処理室201内へのN₂ガスの供給を維持する。N₂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。

[0055] 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 ($\text{Si}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_4$ 、略称：4DMAS) ガス、トリスジメチルアミノシラン ($\text{Si}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_3\text{H}$ 、略称：3DMAS) ガス、ビスジメチルアミノシラン ($\text{Si}[\text{N}(\text{CH}_3)_2]_2\text{H}_2$ 、略称：BDMAS) ガス、ビスジエチルアミノシラン ($\text{Si}[\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2]_2\text{H}_2$ 、略称：BDEAS)、ビスターシャリーブチルアミノシラン ($\text{SiH}_2[\text{NH}(\text{C}_4\text{H}_9)]_2$ 、略称：BTBAS) ガス、ジメチルアミノシラン (DMAS) ガス、ジエチルアミノシラン (DEAS) ガス、ジプロピルアミノシラン (DPAS) ガス、ジイソプロピルアミノシラン (DIPAS) ガス、ブチルアミノシラン (BAS) ガス、ヘキサメチルジシラザン (HMDS) 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 (SiH_3Cl 、略称：MCS) ガス、トリクロロシラン (SiHCl_3 、略称：TCS) ガス、テトラクロロシラン (SiCl_4 、略称：STC) ガス、ヘキサクロロジシラン (Si_2Cl_6 、略称：HCDS) ガス、オクタクロロトリシラン (Si_3Cl_8 、略称：OCTS) ガス等の無機系ハロシラン原料ガスや、モノシラン (SiH_4 、略称：MS) ガス、ジシラン (Si_2H_6 、略称：DS) ガス、トリシラン (Si_3H_8 、略称：TS) 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。

[0056] 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。

[0057] (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)。

[0058] このステップでは、バルブ243b～243dの開閉制御を、ステップS3におけるバルブ243a，243c，243dの開閉制御と同様の手順で行う。 NH_3 ガスは、MFC 241bにより流量調整され、ノズル249bを介してバッファ室237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237内へ供給されたN

H_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。

[0059] 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。

[0060] 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-C結合、Si-H結合が切断される。Siとの結合を切り離されたC、Hは、Si含有層から脱離することとなる。そして、C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（改質される）。

[0061] 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CやHを十分に脱離させたり、Si含有層を十分に窒化させてSi-N結合を増加させたりすることは、困難なためで

ある。

[0062] Si含有層をSiN層へ変化させた後、バルブ243bを閉じ、NH₃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NH₃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。

[0063] 窒化剤、すなわち、プラズマ励起させるNH₃含有ガスとしては、NH₃ガスの他、ジアゼン(N₂H₂)ガス、ヒドラジン(N₂H₄)ガス、N₃H₈ガス等を用いてもよい。

[0064] 不活性ガスとしては、N₂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。

[0065] (所定回数実施：S7)

上述したS3, S4, S5, S6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(S7)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。

[0066] (大気圧復帰ステップ：S8)

上述の成膜処理が完了したら、ガス供給管232c, 232dのそれぞれから不活性ガスとしてのN₂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 gas 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(S8)。

[0067] (搬出ステップ：S9)

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（S9）。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。

[0068] （３）本実施形態による効果

本実施形態によれば、以下に示す 1 つ又は複数の効果が得られる。

（a）本実施形態によれば、電極を複数本とすることにより、電極面積を増やして、ウエハ表面に供給する活性種の生成量を増加させることが可能となり、ウエハ表面に供給される活性種の量を増加させることが可能となる。

（b）本実施形態によれば、電極を複数本とすることにより、低出力にできるため、パーティクルの発生を抑制することが可能となる。

（c）本実施形態によれば、電極を奇数本とし、高周波電源側の電極に対して、接地側の電極を共通にすることにより、偶数本の電極を用いた場合と比較して、設置スペースを小さくすることが可能となる。

（d）本実施形態によれば、バッファ室内に電極を 3 本設けることにより、プラズマ生成領域を 2 か所にし、生成領域に対応する位置（電極間）にガス供給口を設けることでウエハ表面に供給する活性種の供給量を増加させることが可能となる。これにより、短時間で成膜することが可能となり、スループットを向上させることが可能となる。

（e）バッファ室内にプラズマ生成部を設けることにより、バッファ室外にもある程度の活性種を供給することが可能となり、ウエハの面内均一性を向上させることが可能となる。

[0069] (変形例 1)

次に、本実施形態の変形例を図 7 に基づいて説明する。本変形例において、上述した実施形態と異なる部分のみ以下に説明し、同じ部分は説明を省略する。

[0070] 上述した実施形態では、反応管 203 の内壁にバッファ構造 300 を設け、このバッファ構造 300 の内側にそれぞれ電極保護管 275 に覆われた棒状電極 269, 270, 271 及びノズル 249b を設けた構成について詳述したが、本変形例では、反応管 203 の内壁に、さらにバッファ構造 300 と同様の構成であるバッファ構造 400 を設ける。

[0071] バッファ構造 400 の内側には、それぞれ電極保護管 275 に覆われた棒状電極 369, 370, 371 及びノズル 249c が設けられている。棒状電極 369, 370, 371 のうち両端に配置される棒状電極 369, 371 は、整合器 372 を介して高周波電源 373 に接続され、棒状電極 370 は、基準電位であるアースに接続され、接地されている。ノズル 249c は、ガス供給管 232b に接続され、ノズル 249b と同一のガスを供給することが可能となっている。ノズル 249c の側面には、ガスを供給するガス供給孔 250c が反応管 203 の下部から上部にわたって複数設けられている。ガス供給孔 250c は、バッファ構造 400 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。バッファ構造 400 の円弧状に形成された壁面には、バッファ室 237 内のガスを供給するガス供給口 402, 404 が設けられている。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、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。

[0072] 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。

[0073] 本変形例では、プラズマ生成部を備えたバッファ構造が2つ設けられ、各バッファ構造300、400がそれぞれ高周波電源273、373及び整合器272、372を備えている。それぞれの高周波電源273、373はそれぞれコントローラ121に接続され、バッファ構造300、400のバッファ室237ごとのプラズマ制御が可能となる。すなわち、コントローラ121は、各バッファ室237ごとに活性種量の偏りが生じないように、それぞれのプラズマ生成部のインピーダンスを監視してそれぞれの高周波電源273、373を独立して制御し、インピーダンスが大きい場合には、高周波電源の電源が高くなるように制御する。これにより、プラズマ生成部が1つの場合と比較して、各プラズマ生成部の高周波電力を小さくしてもウエハに対して十分な量の活性種を供給することができ、ウエハの面内均一性を向上させることができる。また、2つのプラズマ生成部に対して1つの高周波電源によってプラズマ制御を行うのに対し、プラズマ生成部ごとに高周波電源を設けることによって、各プラズマ生成部に断線等の異常が生じた場合に把握し易くなる。さらに、高周波電源と各電極間の距離を調整し易くなるため、各電極と高周波電源との距離が異なることによって生じるRF電力印加の差異を抑制し易くすることができる。

[0074] (変形例2)

次に、本実施形態の変形例2を図8に基づいて説明する。本変形例2では、反応管203の内壁に、プラズマ生成部を備えたバッファ構造を3つ設け、原料ガスを供給するノズルを2つ設ける。

[0075] バッファ構造500の内側には、バッファ構造300、400と同様に、それぞれ電極保護管275に覆われた棒状電極469、470、471及びノズル249d、が設けられ、棒状電極469、471は、不図示の整合器を介して高周波電源に接続され、棒状電極470は、基準電位であるアース

に接続され、接地されている。ノズル 249 d は、ガス供給管 232 b に接続され、ノズル 249 b と同一のガスを供給することが可能となっている。バッファ構造 500 の円弧状に形成された壁面の電極間には、ガスを供給するガス供給口 502, 504 が設けられている。ガス供給口 502, 504 は、棒状電極 469, 470 間、棒状電極 470, 471 間のプラズマ生成領域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、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、ノズル 249 e は、ガス供給管 232 a に接続され、ノズル 249 a と同一のガスを供給することが可能となっている。

[0076] 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、バッファ機構 500 は、ウエハ 200 を挟んで排気管 231 と対向する位置に設けられている。原料ガスを供給するノズル 249 a, 249 e は、それぞれバッファ構造 300 とバッファ構造 500 の間と、バッファ構造 400 とバッファ構造 500 の間に設けられている。また、反応ガスを供給するノズル 249 b、ノズル 249 c、ノズル 249 d は、それぞれバッファ室 237 内において同じ側に配置され、ノズル 249 b、ノズル 249 c、ノズル 249 d のガス供給孔は、それぞれバッファ構造 300, 400, 500 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開口している。

[0077] 本変形例 2 によっても、上述した実施形態及び変形例 1 と同様の効果が得られる。

[0078] (変形例 3)

次に、本実施形態の変形例 3 を図 9 に基づいて説明する。本変形例 3 では、反応管 203 の内壁に、プラズマ生成部を備えたバッファ構造を 4 つ設ける。

[0079] バッファ構造 600 の内側には、バッファ構造 300, 400, 500 と

同様に、それぞれ電極保護管 275 に覆われた棒状電極 569, 570, 571 及びノズル 249f、が設けられ、棒状電極 569, 571 は、不図示の整合器を介して高周波電源に接続され、棒状電極 570 は、基準電位であるアースに接続され、接地されている。ノズル 249f は、ガス供給管 232b に接続され、ノズル 249b と同一のガスを供給することが可能となっている。バッファ構造 600 の円弧状に形成された壁面の電極間には、ガスを供給するガス供給口 602, 604 が設けられている。ガス供給口 602, 604 は、棒状電極 569, 570 間、棒状電極 570, 571 間のプラズマ生成領域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、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。

[0080] バッファ構造 300, 400, 500, 600 は、等間隔に設けられている。ノズル 249a は、ウエハ 200 を挟んで排気管 231 と対向する位置に設けられている。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 から遠い側に設けられている。また、ノズル 249d とノズル 249f は、それぞれバッファ室 237 内の排気管 231 側に設けられ、ノズル 249b、ノズル 249c、ノズル 249d、ノズル 249f のガス供給孔は、それぞれバッファ構造 300, 400, 500, 600 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開口している。

[0081] 本変形例 3 によっても、上述した実施形態及び変形例 1 と同様の効果が得られる。

[0082] <本発明の他の実施形態>

次に、本発明の他の実施形態について図 10 及び図 11 を参照しながら説明する。本実施形態においても、上述した実施形態と異なる部分のみ以下に説明し、同じ部分は説明を省略する。

[0083] 本実施形態では、ガス供給管 232b のバルブ 243b の下流側に、改質ガスを供給するガス供給管 232e が接続されている。ガス供給管 232e

には、ガス流の上流側から順に、MFC 241 e、バルブ 243 e が設けられている。ガス供給管 232 e のバルブ 243 e よりも下流側には、不活性ガスを供給するガス供給管 232 f が接続されている。ガス供給管 232 f には、ガス流の上流側から順に、MFC 241 f およびバルブ 243 f が設けられている。

[0084] ガス供給管 232 e からは、改質ガスとして、例えば水素 (H_2) ガスが、MFC 241 e、バルブ 243 e、ガス供給管 232 b、ノズル 249 b 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。ガス供給管 232 f 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 MFC 241 f、バルブ 243 f、ガス供給管 232 b、ノズル 249 b を介して処理室 201 内へ供給される。

[0085] そして、図 11 に示すように、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) を形成する。

[0086] $(DCS \rightarrow NH_3^* \rightarrow H_2^*) \times n \Rightarrow SiN$

[0087] 以上のように、ノズル 249 b から反応ガスとして NH_3 ガスをプラズマ励起してウエハに供給した後に H_2 ガスをプラズマ励起して供給する場合にも、本発明は適用することができ、上述した実施形態と同様の効果が得られる。また、変形例 1 のバッファ構造が 2 つの場合や、変形例 2 のバッファ構造が 3 つの場合等、バッファ構造が複数となる場合にも適用することができ、上述した実施形態及び変形例と同様の効果が得られる。

[0088] 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。

[0089] 例えば、上述の実施形態では、プラズマ生成部として 3 本の電極を用いる例について説明したが、これに限らず、5 本や 7 本などの 3 本以上の奇数本

の電極を用いる場合に適用することもできる。例えば5本の電極を用いてプラズマ生成部を構成する場合、最外位置に配置される2本の電極と、中央位置に配置される1本の電極の合計3本の電極を高周波電源に接続し、高周波電源に挟まれる形で配置される2本の電極を接地するように接続することで構成することができる。

[0090] また、上述の実施形態では、高周波電源側の電極の本数を接地側の電極の本数よりも多くして、接地側の電極を高周波電源側の電極に対して共通にする例について説明したが、これに限らず、接地側の電極の本数を高周波電源側の電極の本数よりも多くして、高周波電源側の電極を接地側の電極に対して共通にするようにしてもよい。ただし、接地側の電極の本数を高周波電源側の電極の本数より多くすると、高周波電源側の電極に印加する電力を大きくする必要が生じ、パーティクルが多く発生してしまう。このため、高周波電源側の電極の本数を接地側の電極の本数より多くなるように設定する方が望ましい。

[0091] また、上述の実施形態では、バッファ構造に形成されたガス供給口302，304について、同一の開口面積を有し、同じ開口ピッチで設けられている例について説明したが、これに限らず、ガス供給口302の開口面積をガス供給口304の開口面積に比べて大きくするようにしてもよい。バッファ室237内の電極の本数が増えることによってノズル249bから遠い位置の棒状電極269，270間で生じるプラズマは、近い位置の棒状電極270，271間で生じるプラズマに比べて少なくなる可能性が高い。このため、ノズル249bから遠い位置に設けられたガス供給口302の開口面積を、ノズル249bに近い位置に設けられたガス供給口304の開口面積に比較して大きくするようにしてもよい。

[0092] また、上述の実施形態では、複数のバッファ構造を設けた場合に、同一の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が、これに限らず、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ようにしてもよい。これにより、バッファ室ごとのプラズマ制御

が可能となり、バッファ室ごとに異なる反応ガスを供給することが可能となるとともに、1つのバッファ構造で複数種類の反応ガスを供給する場合に比べて、パージ工程等の不要な工程を削減することが可能となり、スループットの向上を図ることが可能となる。

[0093] 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。

[0094] 上述の実施形態等では、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、C₃H₆等のC含有ガスや、NH₃等のN含有ガスや、BCl₃等のB含有ガスを用いることができる。

[0095] 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、TiO膜、TiN膜、TiOC膜、TiOCN膜、TiON膜、TiBN膜、TiBCN膜、ZrO膜、ZrN膜、ZrOC膜、ZrOCN膜、ZrON膜、ZrBN膜、ZrBCN膜、HfO膜、HfN膜、HfOC膜、HfOCN膜、HfON膜、HfBN膜、HfBCN膜、TaO膜、TaO

C膜、TaOCN膜、TaON膜、TaBN膜、TaBCN膜、NbO膜、NbN膜、NbOC膜、NbOCN膜、NbON膜、NbBN膜、NbBCN膜、AlO膜、AlN膜、AlOC膜、AlOCN膜、AlON膜、AlBN膜、AlBCN膜、MoO膜、MoN膜、MoOC膜、MoOCN膜、MoON膜、MoBN膜、MoBCN膜、WO膜、WN膜、WOC膜、WOCN膜、WON膜、MWBN膜、WBCN膜等を形成する場合にも、好適に適用することが可能となる。

[0096] 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（ $Ti[N(CH_3)_2]_4$ 、略称：TDMA T）ガス、テトラキス（エチルメチルアミノ）ハフニウム（ $Hf[N(C_2H_5)(CH_3)]_4$ 、略称：TEMA H）ガス、テトラキス（エチルメチルアミノ）ジルコニウム（ $Zr[N(C_2H_5)(CH_3)]_4$ 、略称：TEMA Z）ガス、トリメチルアルミニウム（ $Al(CH_3)_3$ 、略称：TMA）ガス、チタニウムテトラクロライド（ $TiCl_4$ ）ガス、ハフニウムテトラクロライド（ $HfCl_4$ ）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。

[0097] 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。

[0098] 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。

[0099] 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。

産業上の利用可能性

[0100] 以上述べたように、本発明によれば、基板を均一に処理することが可能な技術を提供することが可能となる。

符号の説明

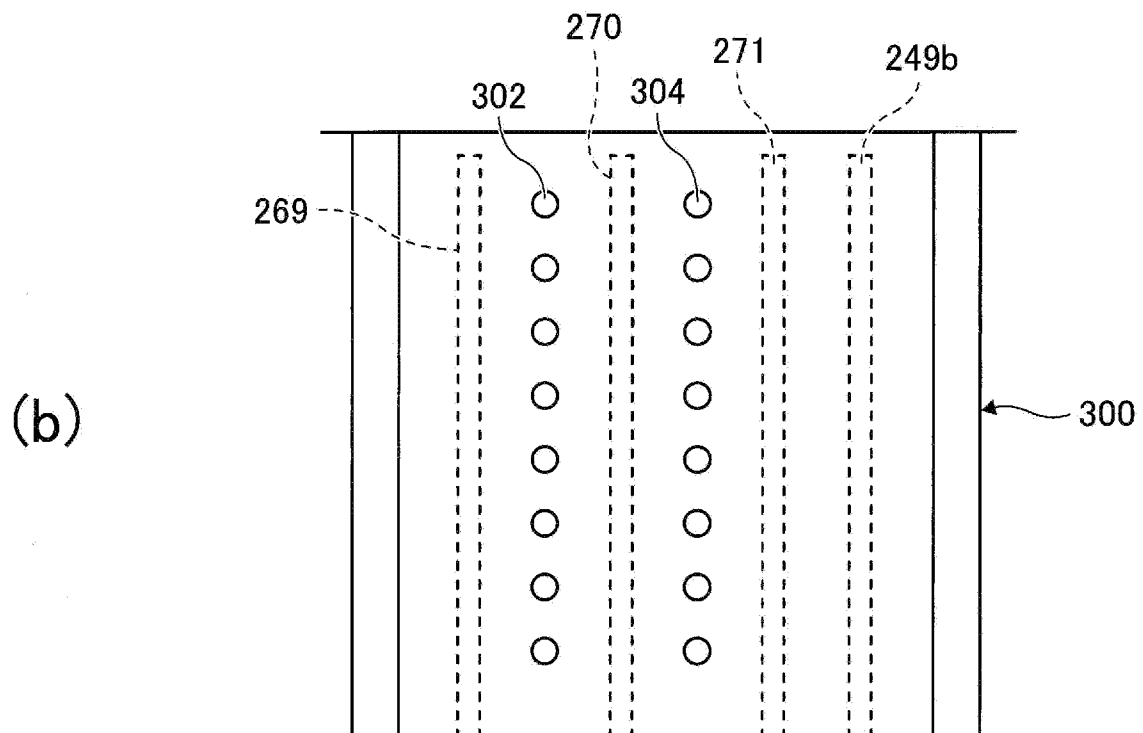
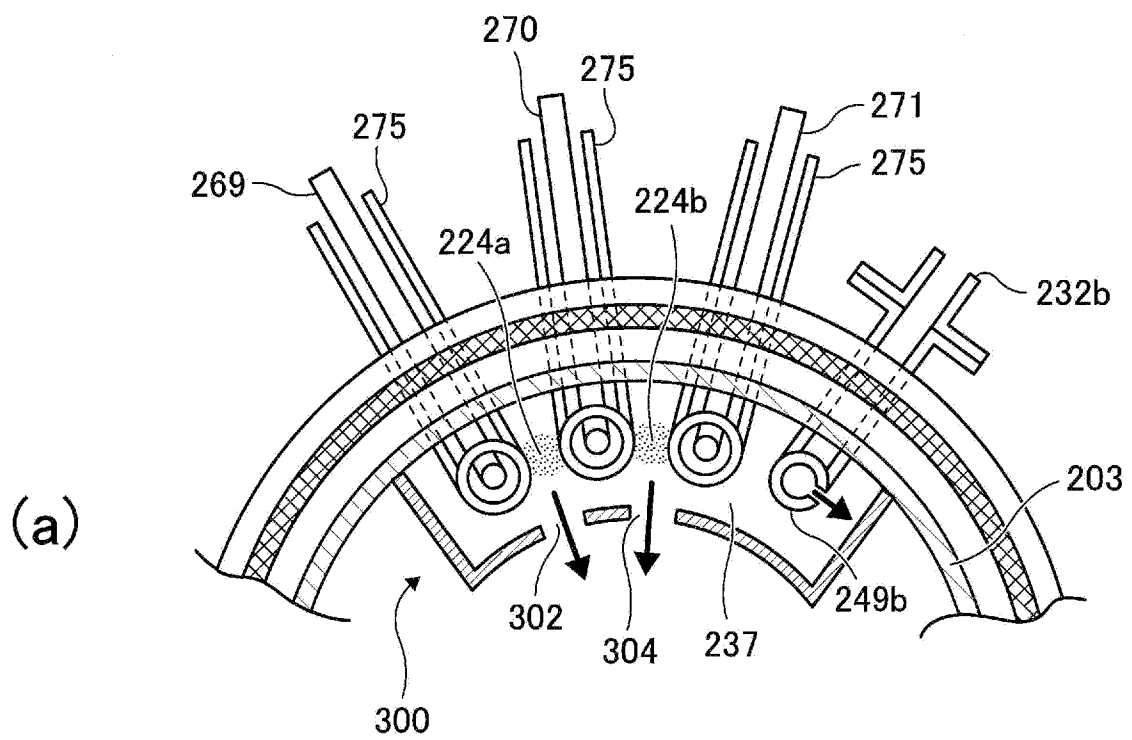
[0101] 200 ウエハ201 処理室237 バッファ室249
ノズル269～271, 369～371, 469～471, 569～571
棒状電極273, 373 高周波電源275 電極保護管300, 400, 500, 600
バッファ構造302, 304, 402, 404, 502, 504, 602, 604 ガス供給口

請求の範囲

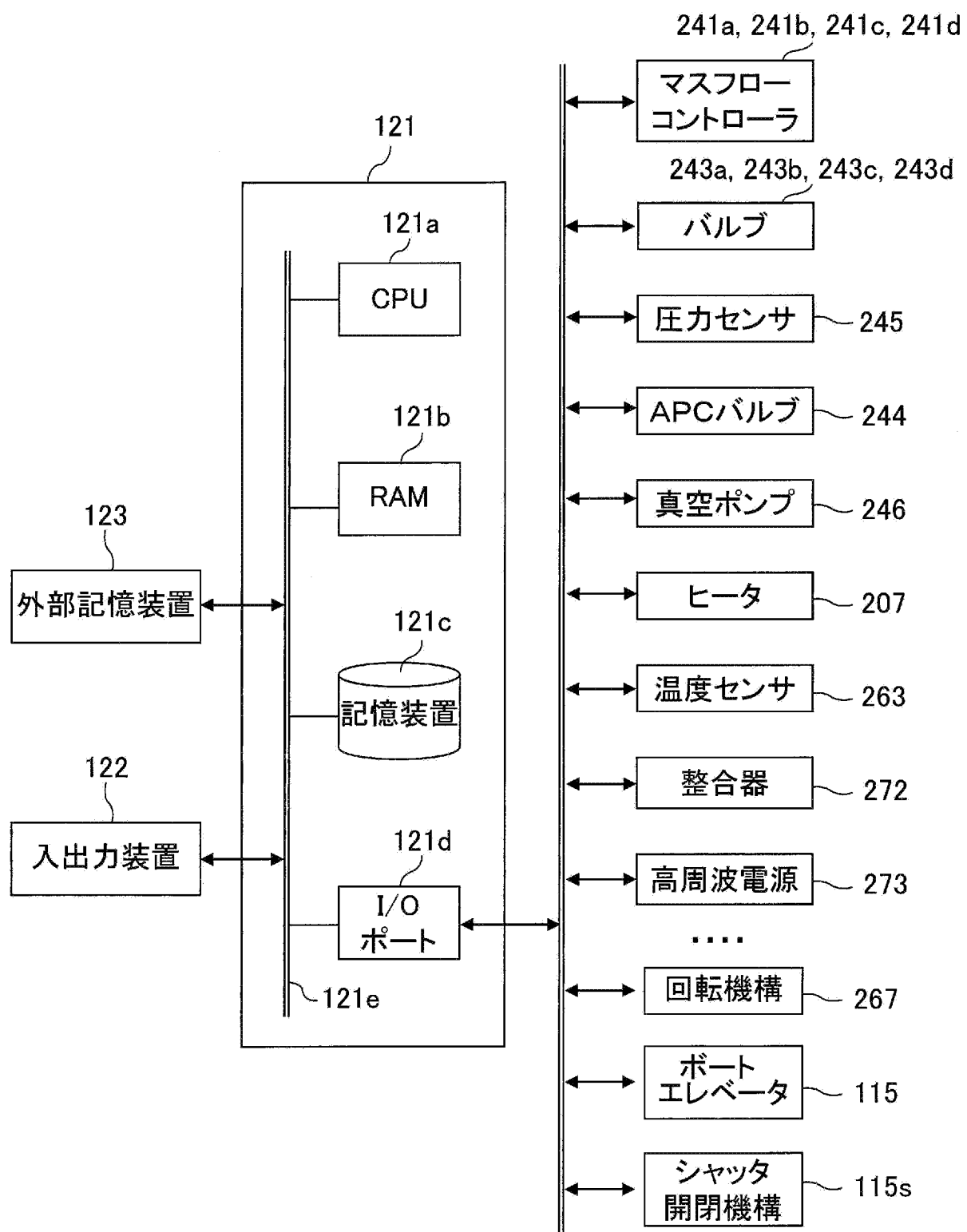
- [請求項1] 高周波電源に接続される第1の電極と、接地される第2の電極と、
を有し、
前記第1の電極と前記第2の電極は、合計が3以上の奇数本で交互に配置され、
前記第1の電極と前記第2の電極のいずれか一方の電極は、隣り合う2本の他方の電極に対して共通して用いられるプラズマ生成装置。
- [請求項2] 基板を処理する処理室と、
前記処理室内へ第1のガスを供給する第1のガス供給系と、
前記処理室内へ第2のガスを供給する第2のガス供給系と、
前記第2のガスをプラズマ化させることにより活性化させるプラズマ生成装置と、
前記処理室内を排気する排気系と、を備え、
前記プラズマ生成装置は、
高周波電源に接続される第1の電極と、接地される第2の電極と、
を有し、
前記第1の電極と前記第2の電極は、合計が3以上の奇数本で交互に配置され、
前記第1の電極と前記第2の電極のいずれか一方の電極は、隣り合う2本の他方の電極に対して共通して用いられる基板処理装置。
- [請求項3] 前記第1の電極は、前記第2の電極よりも本数が多くなるよう構成されている請求項2記載の基板処理装置。
- [請求項4] 前記処理室内に区画されて内部に前記プラズマ生成装置を配置し、
前記処理室内へ開口するガス供給口を有するバッファ室と、
前記高周波電源を制御する制御部を有し、
前記制御部は、前記プラズマ生成装置のインピーダンスをそれぞれ監視して、前記高周波電源を制御する請求項2または3に記載の基板処理装置。

- [請求項5] 前記プラズマ生成装置は、前記第1の電極と前記第2の電極を収容するバッファ室を形成するバッファ構造を有し、
- 前記第1の電極と前記第2の電極との間に位置する前記バッファ構造の前記基板の側面に面する側壁面には、ガス供給孔が設けられる請求項1記載の基板処理装置。
- [請求項6] 前記バッファ構造を複数備え、前記複数のバッファ構造のそれぞれには、それぞれ異なる反応ガスが供給される請求項5に記載の基板処理装置。
- [請求項7] 前記バッファ構造を複数備え、前記複数のバッファ構造のそれぞれには、同一の反応ガスが供給される請求項5に記載の基板処理装置。
- [請求項8] 基板を処理室に収容する工程と、
- 前記基板に対して、第1のガスを供給する工程と、
- 合計が3以上の奇数本で交互に配置され、高周波電源に接続される第1の電極と、接地される第2の電極と、を有し、前記第1の電極と前記第2の電極のいずれか一方の電極は、隣り合う2本の他方の電極に対して共通して用いられるプラズマ生成装置によりプラズマ化する工程と、
- プラズマ化させることにより活性化させて、前記基板に対して、第2のガスを供給する工程と、を有する半導体装置の製造方法。

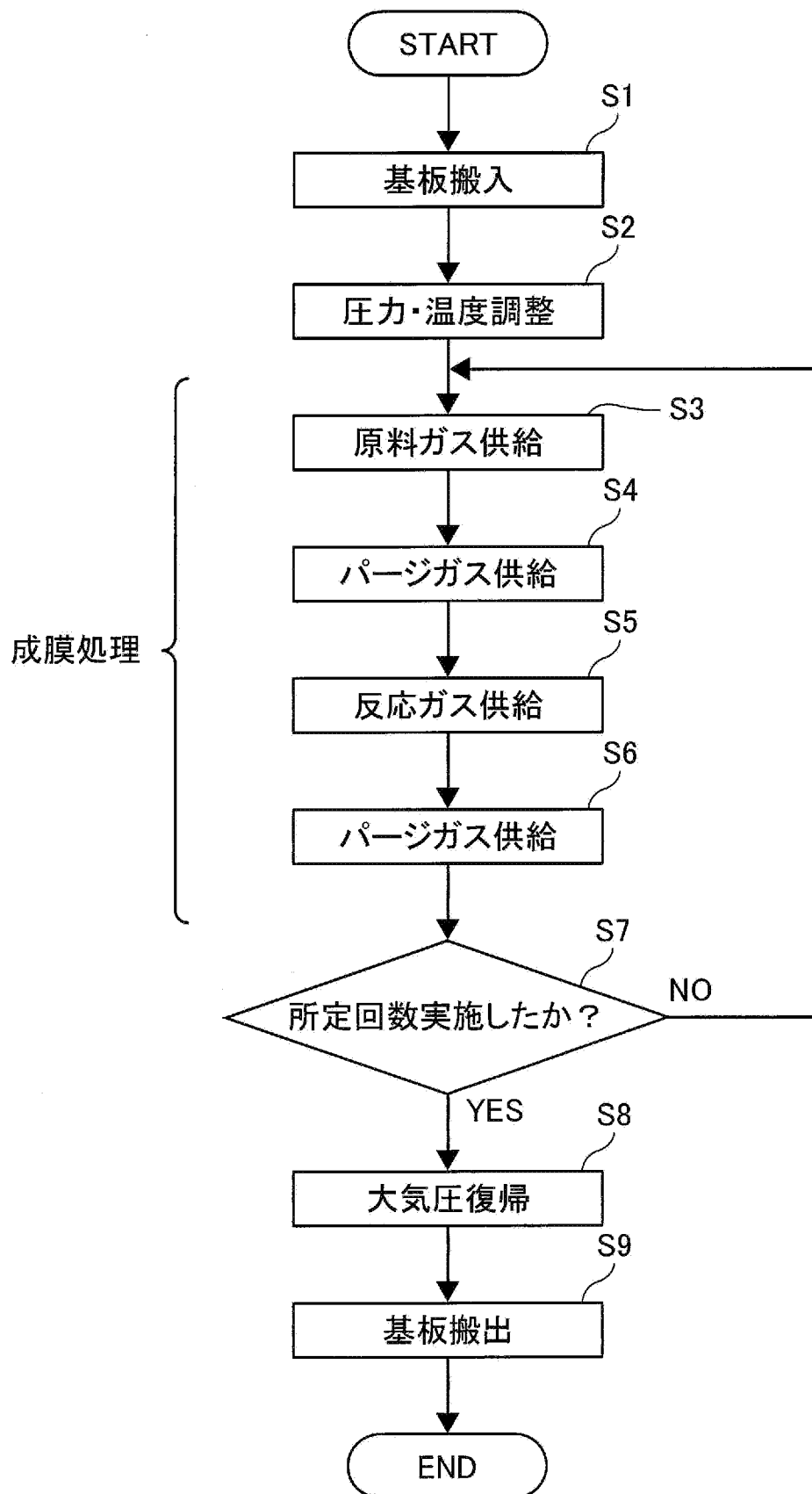
[図3]



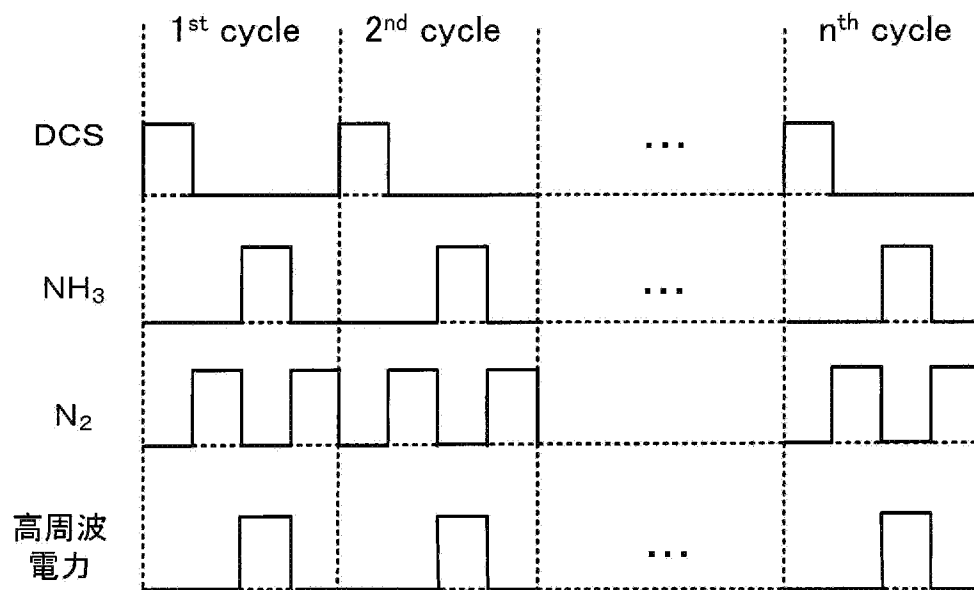
[図4]



[図5]

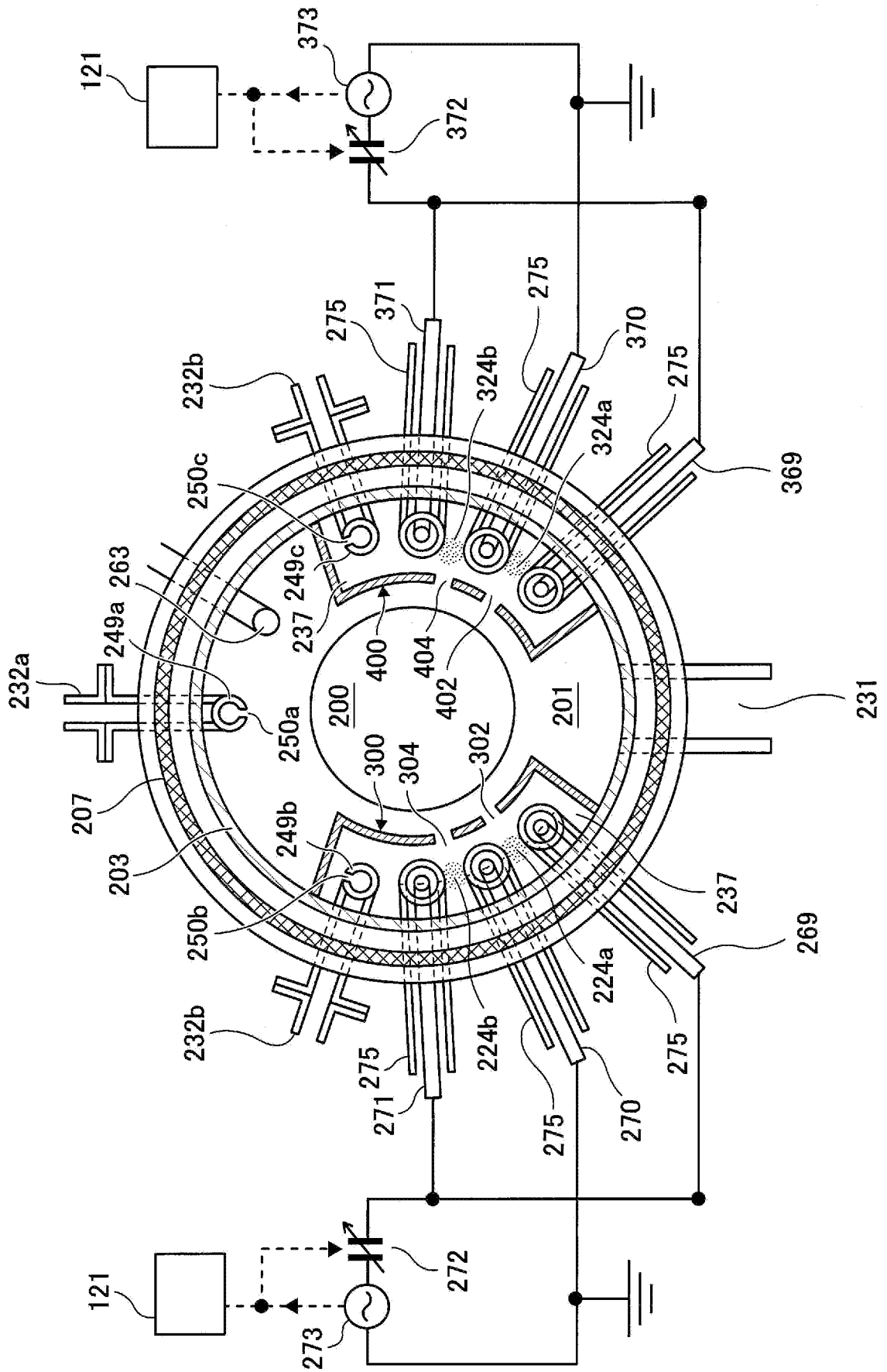


[図6]

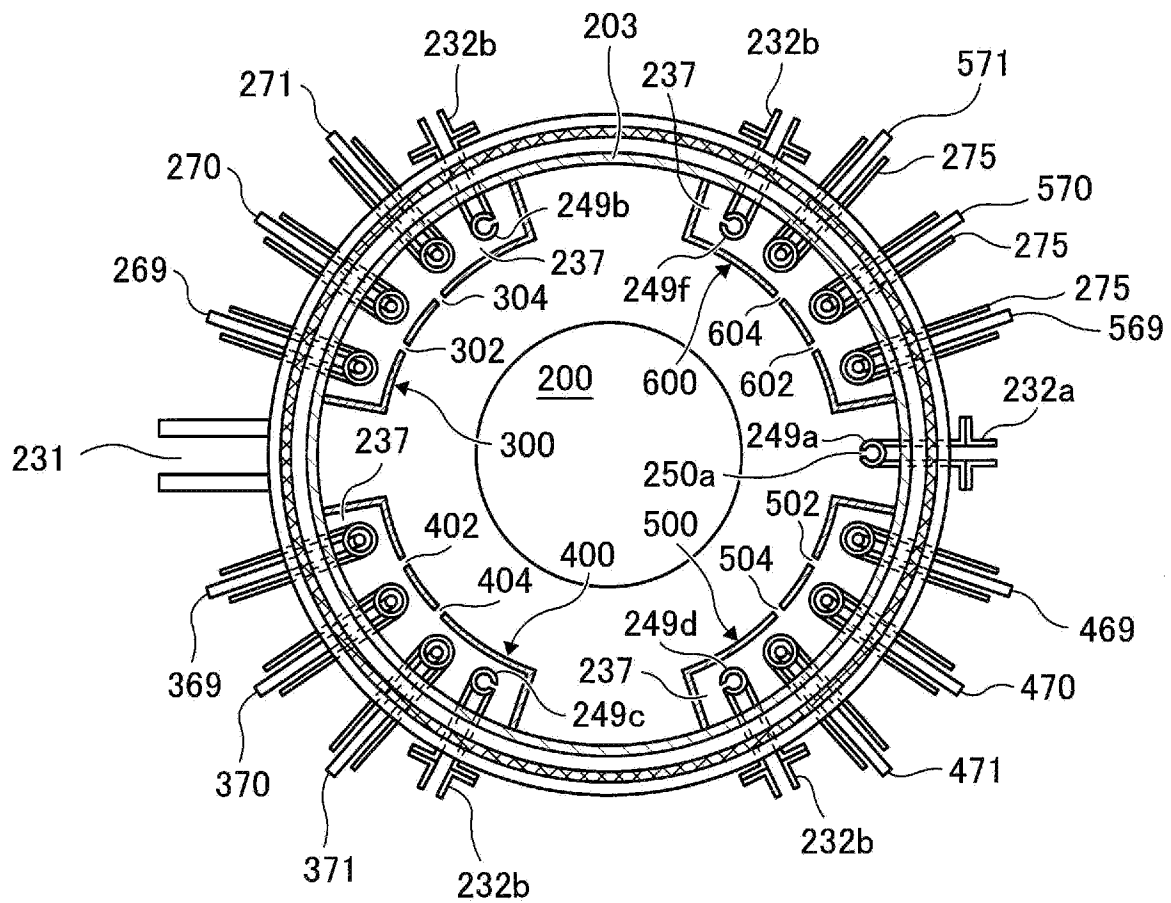


[図7]

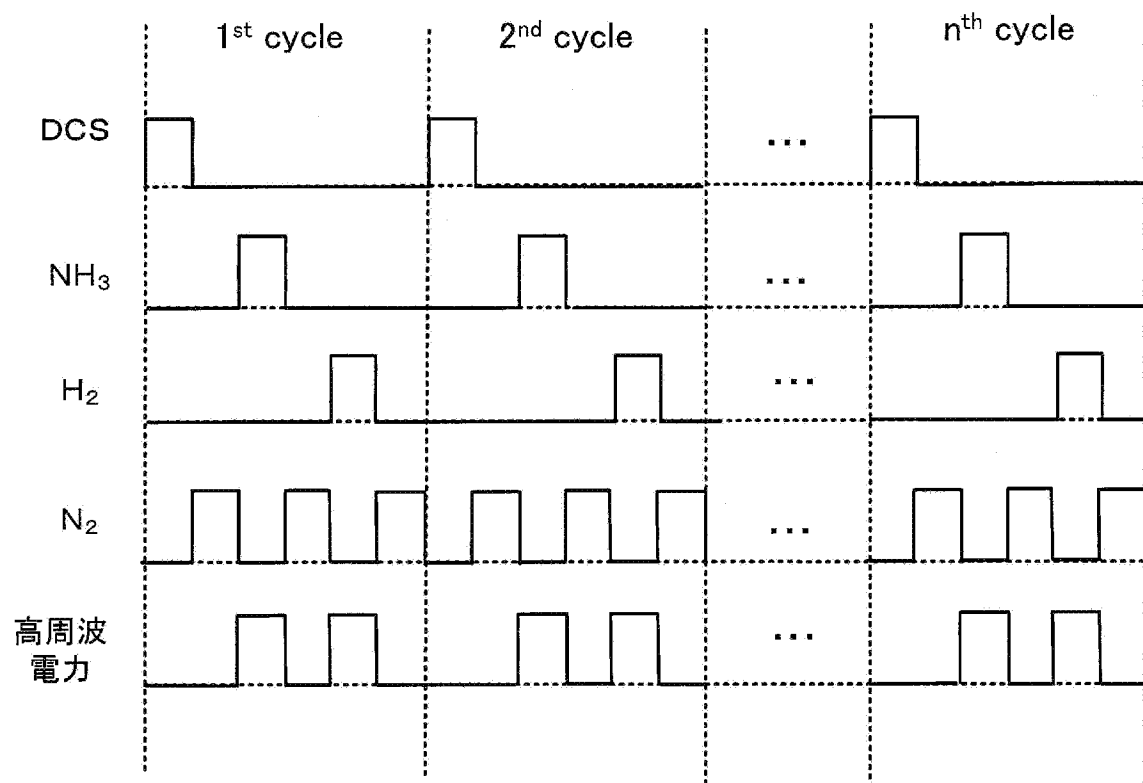
202



[図9]

202

[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/012414

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/31(2006.01)i, C23C16/509(2006.01)i, H01L21/318(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i

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)

H01L21/31, C23C16/509, H01L21/318, H05H1/46, H01L21/205

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
X A	JP 2014-049541 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 17 March 2014 (17.03.2014), paragraphs [0031] to [0041], [0049]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-3, 8 4-7
A	JP 2010-027702 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 04 February 2010 (04.02.2010), paragraphs [0060], [0061]; fig. 1, 8 & US 2010/0015811 A1 paragraphs [0104] to [0106]; fig. 1, 8	1-8

☒ 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
26 April 2017 (26.04.17)

Date of mailing of the international search report
16 May 2017 (16.05.17)

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/JP2017/012414

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-115883 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 10 May 2007 (10.05.2007), paragraphs [0013], [0014]; fig. 1, 3 (Family: none)	1-8
A	WO 2013/046286 A1 (Shimadzu Corp.), 04 April 2013 (04.04.2013), paragraphs [0011] to [0014]; fig. 1 & TW 201321550 A & KR 10-2014-0037226 A & CN 103890229 A	1-8
A	JP 2003-086581 A (Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.), 20 March 2003 (20.03.2003), paragraphs [0021], [0022]; fig. 2, 3 (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/31(2006.01)i, C23C16/509(2006.01)i, H01L21/318(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i

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. H01L21/31, C23C16/509, H01L21/318, H05H1/46, H01L21/205

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
X A	JP 2014-049541 A (三菱重工業株式会社) 2014.03.17, 段落 [0031] ~ [0041], [0049], 図1、2 (ファミリーなし)	1-3, 8 4-7
A	JP 2010-027702 A (株式会社日立国際電気) 2010.02.04, 段落 [0060], [0061], 図1、8 & US 2010/0015811 A1, 段落[0104] ~ [0106], FIGS.1、8	1-8
A	JP 2007-115883 A (株式会社日立国際電気) 2007.05.10, 段落 [0013], [0014], 図1、3 (ファミリーなし)	1-8

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

26.04.2017

国際調査報告の発送日

16.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

鈴木 聡一郎

50

8395

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

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
A	WO 2013/046286 A1 (株式会社島津製作所) 2013.04.04, 段落[0011] ~ [0014]、図 1 & TW 201321550 A & KR 10-2014-0037226 A & CN 103890229 A	1-8
A	JP 2003-086581 A (三井造船株式会社) 2003.03.20, 段落 [0021]、[0022]、図 2、3 (ファミリーなし)	1-8