

(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
2015年2月5日(05.02.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/016149 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/069701
- (22) 国際出願日: 2014年7月25日(25.07.2014)
- (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 2013-156958 2013年7月29日(29.07.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立国際電気(HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) [JP/JP]; 〒1018980 東京都千代田区外神田四丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 坪田 康寿(TSUBOTA, Yasutoshi); 〒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). 檜山 真(HIYAMA, Shin); 〒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). 和田 優一(WADA, Yuichi); 〒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). 亀田 賢治(KAMEDA, Kenji); 〒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, 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, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SUBSTRATE PROCESSING DEVICE, METHOD FOR PRODUCING SEMICONDUCTOR DEVICE, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 基板処理装置、半導体装置の製造方法および記録媒体

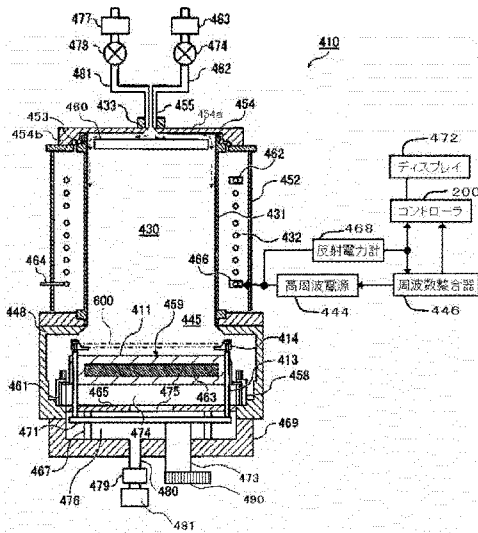


FIG. 1
200 Controller
444 High-frequency power source
445 Frequency matching circuit
468 Reflected power meter
472 Display

(57) Abstract: [Problem] To provide: a substrate processing device capable of improving the quality of a semiconductor device and improving production throughput; a method for producing a semiconductor device; and a recording medium. [Solution] A substrate processing device having: a processing vessel for storing a substrate obtained by forming a modified layer on an Si-containing film; a removal-agent supply unit for supplying a removal agent to the substrate; a processing-gas supply unit for supplying a processing gas containing two or more halogens to the substrate; and a control unit for controlling the removal-agent supply unit and the processing-gas supply unit so as to execute a modified-layer removal step for supplying the removal agent to the substrate and a film removal step for supplying the processing gas to the substrate.

(57) 要約: 課題 半導体装置の品質を向上させると共に、製造スループットを向上させることが可能な基板処理装置、半導体装置の製造方法、記録媒体を提供する。解決手段 Si含有膜上に変性層が形成された基板を収容する処理容器と、前記基板に除去剤を供給する除去剤供給部と、前記基板にハロゲン元素を2つ以上含む処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記除去剤を前記基板に供給する変性層除去工程と、前記処理ガスを前記基板に供給する膜除去工程と、を執行するよう前記除去剤供給部と前記処理ガス供給部とを制御する制御部と、を有する。

WO 2015/016149 A1

明 細 書

発明の名称：

基板処理装置、半導体装置の製造方法および記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、基板を処理する基板処理装置、半導体装置の製造方法および記録媒体に関する。

背景技術

[0002] 大規模集積回路 (Large Scale Integrated Circuit : 以下LSI) の微細化に伴って、パターニング技術の微細化も進んでいる。パターニングでは、主に、薬品によるウェットエッチングが用いられている。例えば、特許文献1に記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-86908号

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、近年のLSI、DRAM (Dynamic Random Access Memory) やFlash Memoryに代表される半導体装置の最小加工寸法が、30nm幅より小さくなっている。このような半導体装置の製造工程の1工程であるウェットエッチングでは、以下の課題を生じる。例えば、ウェットエッチング時に用いられる液体の表面張力によるパターンの倒壊が有る。半導体装置の品質を保ったままの微細化や製造スループット向上の達成が困難になってきている。

[0005] 本発明の目的は、半導体装置の品質を向上させると共に、製造スループットを向上させることが可能な基板処理装置、半導体装置の製造方法、記録媒体を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 一態様によれば、Si含有膜上に変性層が形成された基板に除去剤を供給し、前記変性層を除去する変性層除去工程と、前記基板にハロゲン元素を2つ以上含む処理ガスを供給し、前記Si含有膜を除去する膜除去工程と、を有する半導体装置の製造方法が提供される。

[0007] 他の態様によれば、Si含有膜上に変性層が形成された基板を収容する処理容器と、前記基板に、基板に供給する変性層除去工程と、前記処理ガスを前記基板に供給する膜除去工程と、を実行するよう前記除去剤供給部と前記処理ガス供給部とを制御する制御部とを有する基板処理装置が提供される。

[0008] 更に他の態様によれば、Si含有膜上に変性層が形成された基板に除去剤を供給し、前記変性層を除去する変性層除去手順と、前記基板にハロゲン元素を2つ以上含む処理ガスを供給し、前記Si含有膜を除去させる膜除去手順と、をコンピュータに実行させるプログラムが記録された記録媒体が提供される。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、半導体装置の製造品質を向上させると共に、製造スループットを向上させることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の一実施形態に係る基板処理装置の構成である。

[図2](a)本発明の一実施形態に係る処理前の基板の構成例である。

(b)本発明の一実施形態に係る処理前の基板の他の構成例である。

(c)本発明の一実施形態に係る処理前の基板の更に他の構成例である。

[図3]本発明の一実施形態に係る搬送系の構成例の側面断面図である。

[図4]本発明の一実施形態に係る搬送系の構成例の上面断面図である。

[図5]本発明の一実施形態に係るコントローラの構造例である。

[図6]本発明の一実施形態に係る基板処理工程のフロー例である。

[図7]シリコン酸化膜が残渣として残る場合の概念図である。

[図8](a)本発明の一実施形態に係る基板処理の実施例である。

(b)本発明の一実施形態に係る基板処理の他の実施例である。

発明を実施するための形態

[0011] 次に、本発明の好ましい実施形態について説明する。

[0012] 発明者等は、後述の処理ガスを用いたドライエッチングを行うことで、一定の温度領域において、少なくとも、酸化シリコン (SiO_2)、窒化シリコン (Si_3N_4)、窒化チタン (TiN)、アモルファス・カーボン (a-C) に対して、Si元素を主成分とするSi含有膜を選択的に除去することができることを見出した。なお、後述の処理ガスを用いることによって、処理ガスをプラズマ化せずに、Si含有膜を等方的に除去させることができることを見出した。ここで、Si含有膜とは、例えば、Si元素が90%以上含む膜である。

[0013] <第1実施形態>

以下に、本発明の好ましい実施形態について図面を参照してより詳細に説明する。

[0014] (1) 基板処理装置の構成

まず、本実施形態に係る基板処理装置の構成について、主に図1を用いて説明する。図1は、本実施形態に係る基板処理装置の概略構成図であり、処理炉202部分を縦断面で示している。

[0015] (基板)

基板としてのウエハ600には、例えば、図2(a)に示す様に、ストッパー膜としてのシリコン窒化膜601、筒形状の電極としての窒化チタン膜602、前記電極の倒壊防止支持部としてのシリコン窒化膜603、シリコン含有膜604、シリコン含有膜604の上には、変性層605aが形成されている。シリコン含有膜604は、前記電極形成用のモールドシリコン膜であり、後述のシリコン含有膜除去工程で除去される。モールドシリコン膜は、例えば、アモルファスシリコン、ポリシリコン、ドーパドシリコン、単結晶シリコンなどが有る。変性層605aは、例えば、モールドシリコン膜の表面や上部に酸素が吸着または拡散することにより形成されたシリコン

酸化膜である。また、図2 (b) は、シリコン含有膜604と窒化チタン膜602との界面に、シリコン含有膜604が酸化して形成された変性層(界面変性層605b)が存在している場合を例示している。この場合、シリコン含有膜604を除去後に界面変性層605bが残ってしまう。この様に、モールドシリコン含有膜の除去後に残る界面変性層605bが存在する場合も有る。図2 (c) は別の例として、除去される膜としてのシリコンハードマスク607、変性層605a、埋め込み膜としてのSOC (Spin On Carbon) 膜606、シリコン基板表面を覆うストッパー膜としてのシリコン窒化膜(またはシリコン酸化膜)601が形成されている。シリコンハードマスク607は、例えばアモルファスシリコン、ポリシリコン、ドーパドシリコン、などが有る。この様な例は、シリコンハードマスク607表面の自然酸化や、シリコンハードマスク607のパターニングを行うドライエッチング工程やレジスト膜の除去工程において、シリコンハードマスク607の表面が変性したことで、シリコン含有膜表面の変性層605aが生じることが想定される。発明者は、図2 (a) ~ (c) の様な基板に対して、後述の変性層除去工程と、シリコン含有膜除去工程とを組み合わせることによって、シリコン含有膜を除去する選択的基板処理を見出した。

[0016] (処理室)

処理容器431は、通常、非金属材料の石英ガラスやセラミックスによって円筒状に形成されている。但し、特に不都合が無ければ金属製材料でも良い。処理容器431の上端はトッププレート454で閉塞され、下端は架台としての水平なベースプレート448および底基板469で閉塞され、また、後述する圧力調整機構によって、気密に封止される。処理容器431内の上側の空間は、ガス混合室430となる。ガス混合室430は、所望のガス流れや混合状態によって最適化される。また、ガス混合室430にシャワープレートを設けて、後述の処理室445にガスが直接供給されるように構成しても良い。また、ベースプレート448面の下側であって、ウエハ600が設けられる空間は、処理室445となる。また、プラズマを用いてシリコ

ン酸化膜の除去を行う場合には、プラズマ混合室430であって、後述する励起部としての共振コイル432が対向する空間にはプラズマが生成される。

[0017] (基板支持部)

処理室445の底面にはサセプタ459が設けられる。サセプタ459は、サセプタテーブル411とサセプタ上のウエハを所定の温度に維持する基板加熱部463とを有する。また、基板加熱部463は、必要に応じて、過剰な熱を排除するための冷却機構を含有しても良い。また、サセプタ459は、複数本の支柱461によって支持された構造となっている。このサセプタテーブル411を貫通して、複数本からなるリフターピン413設けられており、その上部にはウエハ支持ピン414が具備されている。ウエハ支持ピン414はサセプタ459の中心方向に延出している。ウエハ600はサセプタテーブル411またはウエハ支持ピン414に載置される。ここでは、ウエハ支持ピン414は、ウエハ600の外周部を支持する構造となっているが、必要に応じて、ウエハ600の中心付近を支持する構造にしても良い。基板の中心付近を支持することにより、基板直径が450mmの様な大口径基板を支持した際に生じる、基板の撓みを軽減し、処理均一性を向上させることができる。例えば、基板が撓んでいると、撓み部分付近のガス流れやウエハ温度が、撓み部分以外の流れや温度と異なり、処理均一性が変化することが有る。基板支持部は、ウエハ支持ピン414で構成される。場合によっては、サセプタテーブル411とリフターピン413とを含めて考えても良い。リフターピン413は、昇降基板471に接続され、ガイドシャフト467に沿って、昇降駆動部490により昇降可能に構成されている。

[0018] (排気部)

サセプタ459の下方には、排気部が設けられる。排気部は圧力調整部(圧力調整機構)としてのAPC(Auto Pressure Control)バルブ479と排気管480を有する。場合によっては、排気ポンプ481を排気部に含めるようにしても良い。APCバルブ479のバルブ開

度は、処理室445内の圧力を元にフィードバック制御されるよう構成される。処理室445内の圧力は、圧力センサ（不図示）によって測定される。本実施形態で用いるハロゲン含有ガスは、一般的なパージガスである窒素（N₂）ガスよりも重くなっている。例えば、後述の七フッ化ヨウ素（IF₇）ガスは室温での比重が約2.7であり、窒素（N₂）ガスよりも2.8倍程度重い。その為、ハロゲン含有ガスが滞留し易い処理室の底部に排気口を設けることはハロゲン含有ガスの残留を抑制する為に有用である。また、ハロゲン含有ガスの排出を促進するために、排気部にパージガスを供給できるように構成しても良い。

[0019] （バッフルリング）

また、処理ガスの流れを、改善するために、円筒状のバッフルリング458と排気板465を設けても良い。バッフルリング458には円筒側面に通気孔が多数均一に設けられ、排気板465には中央部に排気連通孔475が設けられる。サセプタ459、バッフルリング458、排気板465によって第1排気室474が形成され、排気板465と底基板469とによって第2排気室476が形成された構造となっており、第1排気室474と第2排気室476とは排気連通孔475によって連通されている。又、第2排気室476には排気管480が連通されている。第1排気室474と第2排気室476をそれぞれ設けることによって、前記ウエハ600の全周方向から均一に排気をすることができ、ウエハ600への処理均一性を向上させることができる。

[0020] （ガス供給部）

処理容器431の上部のトッププレート454には、図中省略のガス供給設備から所要の複数の処理ガスを供給する為のガス供給管455が、ガス導入口433に付設されている。ガス供給管455には、処理ガスとしてのハロゲン元素含有ガスを基板に供給する処理ガス供給部、除去剤を基板に供給する除去剤供給部、及びその他のガス、ここでは、パージ用のN₂ガス、クリーニング用のフッ化塩素（CIF₃）ガス等を供給する第三の供給部（不

図示) がその必要に応じて設けられている。除去剤は、例えば、除去剤としてフッ化水素ガスなどが用いられる。なお、ここでは、除去剤としてガスを供給する例を示すが、これに限らず、液体を供給することによるエッチング方法で除去可能に構成しても良い。又、変性層をスパッタリングで除去する場合は、アルゴンなどの希ガスを流しても良い。ガス供給部にはそれぞれ、流量制御部であるマスフロコントローラ477、483及び開閉弁478、484が設けられており、ガス供給量を制御することが出来る。ここでは除去剤供給部までのみ記載しているが、第三以降のガス供給部があっても良い。又、使用するガスを事前に混合してからガス導入口433に流しても良い。更に、処理容器431内には、処理ガスの流れを調整する為、略円形で石英ガラスやセラミックスからなるバッフル板460が設けられている。又、必要に応じてシャワープレートを用いる構造にしても良い。量制御部及びA P Cバルブ479によって供給量、排気量を調整することにより、処理容器431と処理室445の圧力が所望の値に制御される。

[0021] (励起部)

プラズマを用いて変性層膜の除去を行う場合には、プラズマを発生させる励起部が設けられても良い。励起部としての共振コイル432は、所定の波長の定在波を形成する為、一定波長のモードで共振するように巻径、巻回ピッチ、巻数が設定される。即ち、共振コイル432の電氣的長さは、高周波電源444から供給される電力の所定周波数における1波長の整数倍(1倍、2倍、...)又は半波長もしくは1/4波長に相当する長さに設定される。例えば、27.12MHzの場合、1波長の長さは約11メートルである。使用する周波数及び共振コイル長は、所望するプラズマ発生状態やプラズマ発生室430の機械的な寸法などに応じて選択されると良い。

[0022] より具体的には、共振コイル432は、印加する電力や発生させる磁界強度又は適用する装置の外形などを勘案し、例えば、800kHz~50MHz、0.5~5kWの高周波電力によって0.01~10ガウス程度の磁場を発生し得る様に、50~300mm²の有効断面積であって、かつ200

～500mmのコイル直径に構成され、処理容器431の外周側に2～60回程度巻回される。共振コイル432を構成する素材としては、銅パイプ、銅の薄板、アルミニウムパイプ、アルミニウム薄板、ポリマーベルトに銅板又はアルミニウムを蒸着した素材等が使用される。共振コイル432は、絶縁性材料にて平板状に形成され、かつベースプレート448の上端面に鉛直に立設された複数の支持部によって支持される。

[0023] 共振コイル432の両端は電氣的に接地されているが、共振コイル432の少なくとも一端は、装置の最初の設置の際又は処理条件の変更の際に当該共振コイルの電氣的長さを微調整する為、稼動タップ462を介して接地される。例えば、固定接地箇所464により接地される。更に、装置の最初の設置の際又は処理条件の変更の際に、共振コイル432のインピーダンスを微調整する為、共振コイル432の接地された両端の間には、可動タップ466によって給電部が構成される。

[0024] 即ち、共振コイル432は、電氣的に接地されたグラウンド部を両端に備え、かつ高周波電源444から電力供給される給電部を各グラウンド部の間に備える。また、少なくとも一方のグラウンド部は、位置調整可能な可変式グラウンド部であって、給電部は、位置調整可能な可変式給電部としても良い。共振コイル432が可変式グラウンド部及び可変式給電部を備えている場合には、後述する様に、プラズマ発生室430の共振周波数及び負荷インピーダンスを調整するにあたり、より一層簡便に調整することが出来る。

[0025] 更に、共振コイル432の一端（又は両端）には、位相及び逆位相電流が共振コイル432の電氣的中点に関して対象に流れる様に、コイル及びシールドから成る波形調整回路が挿入されても良い。斯かる波形調整回路は、共振コイル432の端部を電氣的に非接続状態とするか又は電氣的に等価の状態に設定することにより開路に構成される。又、共振コイル432の端部は、チョーク直列抵抗によって非接地とし、固定基準電圧に直流接続されても良い。

[0026] 外側シールド452は、共振コイル432の外側への電磁波の漏れを遮蔽

するとともに、共振回路を構成するのに必要な容量成分を共振コイル432との間に形成する為に設けられる。外側シールド452は、一般的には、アルミニウム合金、銅又は銅合金等の導電性材料を使用して円筒状に形成される。外側シールド452は、共振コイル432の外周から、例えば、5～10mm程度隔てて配置される。そして、通常、外側シールド452は、共振コイル432の両端と電位が等しくなる様に接地されるが、共振コイル432の共振数を正確に設定する為、外側シールド452の一端又は両端は、タップ位置を調整可能になされたり、或いは、共振コイル432と外側シールド452の間には、トリミングキャパシタンスが挿入されたりしても良い。また、電氣的に接地された外側シールド452と共振コイルとにより、螺旋共振器が構成される。

[0027] 高周波電源444としては、共振コイル432に必要な電圧及び周波数の電力を供給出来る電源である限り、RFジェネレータ等の適宜の電源を使用できる。例えば、周波数80kHz～800MHzで0.5～5kW程度の電力を供給可能な高周波電源が使用される。

[0028] また、高周波電源444の出力側には反射波電力計468が設置され、反射波電力計468によって検出された反射波電力が、制御部として用いられるコントローラ500に入力される。コントローラ470は、単に高周波電源444のみを制御するものではなく、例えば、基板搬送機構やゲートバルブの動作等を含めた、当該基板処理装置全体の制御を行っている。表示装置としてのディスプレイ472は、例えば、反射波電力計468による反射波の検出結果等の当該基板処理装置に設けられた各種検出部で検出されたデータ等を表示する。なお、高周波電源444には発信周波数を制御する周波数整合器446が設けられている。

[0029] 本実施形態において、励起部は、共振コイル432で構成されるが、高周波電源444、外部シールド452、反射波電力計468、周波数整合器446の内1つ以上を含めて考えても良い。

[0030] (基板搬送系)

次に、本実施形態における基板の搬送系について、図3、図4を用いて説明する。基板を搬送する搬送系は、EFEM (Equipment Front End Module) 100と、ロードロックチャンバ部200と、トランスファーモジュール部300を有する。

[0031] EFEM100は、FOUP (Front Opening Unified Pod) 110、120及びそれぞれのFOUPからロードロックチャンバへウエハを搬送する第1の搬送部である大気搬送ロボット130を備える。FOUPには25枚のウエハが搭載され、大気搬送ロボット130のアーム部がFOUPから5枚ずつウエハを抜き出す。EFEM100内とFOUP110、120内は、その必要に応じて、ウエハの自然酸化を抑制するために不活性ガス雰囲気にしても良い。

[0032] ロードロックチャンバ部200は、ロードロックチャンバ250、260と、FOUPから搬送されたウエハ600をロードロックチャンバ250、260内でそれぞれ保持するバッファユニット210、220を備えている。バッファユニット210、220は、ポート211、221とその下部のインデックスアセンブリ212、222とを備えている。ポート211 (221) と、その下部のインデックスアセンブリ212 (222) は、 θ 軸214 (224) により同時に回転する。なお、ロードロックチャンバ部200内は、真空雰囲気又は不活性ガス雰囲気、不活性ガスが供給される減圧雰囲気であっても良い。

[0033] トランスファーモジュール部300は、搬送室として用いられるトランスファーモジュール310を備えており、先述のロードロックチャンバ250、260は、ゲートバルブ311、312を介して、トランスファーモジュール310に取り付けられている。トランスファーモジュール310には、第2の搬送部として用いられる真空アームロボットユニット320が設けられている。なお、トランスファーモジュール部300内は、真空雰囲気又は不活性ガス雰囲気、不活性ガスが供給される減圧雰囲気であっても良い。ウエハ600の搬送スルーポットを向上させつつ、ウエハ600への不用意な

酸素吸着を抑制するには、ロードロックチャンバ部200内と、トランスファーモジュール部300内を不活性ガスが供給される減圧雰囲気にするのが好ましい。

[0034] プロセスチャンバ部400は、処理室410、420と、その上部に設けられたガス混合室430、440とを備えている。処理室410、420は、ゲートバルブ313、314を介してトランスファーモジュール310に取り付けられている。ここで、処理室420は410と同様の構成である。

[0035] (コントローラ)

コントローラ500は、後述の基板処理工程を行うように、上述の各部を制御する。

[0036] (制御部)

図5に示すように、制御部(制御手段)であるコントローラ500は、CPU(Central Processing Unit)500a、RAM(Random Access Memory)500b、記憶装置500c、I/Oポート500dを備えたコンピュータとして構成されている。RAM500b、記憶装置500c、I/Oポート500dは、内部バス500eを介して、CPU500a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500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501が接続されている。

[0037] 記憶装置500c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500c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、後述する基板処理の手順や条件など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。なお、プロセスレシピは、後述する基板処理工程における各手順をコントローラ500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、この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。なお、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、プロセス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、その両方を含む場合がある。また、RAM 500 bは、CPU 500 a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。

[0038] I/Oポート 500 dは、上述の昇降駆動部 490、基板温度調整部 463、APCバルブ 479、マスフロコントローラ 477, 483、開閉弁 478, 484、排気ポンプ 481、大気搬送ロボット 130、ゲートバルブ 313, 314、真空アームロボットユニット 320等に接続されている。なお、励起部を設けた場合には、高周波電源 444、可動タップ 466、反射電力計 468、周波数整合器 446にも接続可能に構成される。

[0039] CPU 500 aは、記憶装置 500 c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 501からの操作コマンドの入力等に応じて記憶装置 500 cからプロセスレシピを読み出すように構成されている。そして、CPU 500 aは、読み出したプロセスレシピの内容に沿うように、昇降駆動部 490によるリフターピン 413の上下動作、基板温度調整部 463によるウエハ 600の加熱・冷却動作、APCバルブ 479による圧力調整動作、マスフロコントローラ 477, 483と開閉弁 478, 484による処理ガスの流量調整動作、等を制御するように構成されている。

[0040] なお、コントローラ 500は、専用のコンピュータとして構成されている場合に限らず、汎用のコンピュータとして構成されていてもよい。例えば、上述のプログラムを格納した外部記憶装置（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスクやハードディスク等の磁気ディスク、CDやDVD等の光ディスク、MO等の光磁気ディスク、USBメモリ（USB Flash Drive）やメモリカード等の半導体メモリ）123を用意し、係る外部記憶装置 123を用いて汎用のコンピュータにプログラムをインストールすること等により、本実施形態に係るコントローラ 500を構成することができる。なお、コンピュータにプログラムを供給するための手段は、外部記憶装置 123を介して供給する場合に限らない。例えば、インターネットや専用回

線等の通信手段を用い、外部記憶装置123を介さずにプログラムを供給するようにしてもよい。なお、記憶装置500c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る。以下、これらを総称して、単に記録媒体ともいう。なお、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500c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、その両方を含む場合がある。

[0041] (2) 基板処理工程

続いて、図6を用いて、本実施形態にかかる半導体製造工程の一工程として実施される基板処理工程について説明する。かかる工程は、上述の基板処理装置により実施される。なお、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500により制御される。

[0042] (基板の搬入工程S10)

まず、ウエハ600が、FOUP110から大気搬送ロボット130によって、ロードロックチャンバ250に搬送される。ロードロックチャンバ250では、真空排気が行われ、EFEM内の大気雰囲気又は不活性ガス雰囲気から、真空雰囲気又は不活性ガス雰囲気、不活性ガスが供給される減圧雰囲気に置換される。雰囲気の置換が終了すると、ロードロックチャンバ250とトランスファーモジュール310との間にあるゲートバルブ311が開放され、ウエハ600が真空アームロボットユニット320によって、ロードロックチャンバ250からトランスファーモジュール310内に搬送される。搬送されると、ゲートバルブ311は閉じられる。その後、トランスファーモジュール310とプラズマ処理ユニット410との間に設けられたゲートバルブ313を通してリフターピン413上のウエハ支持ピン414に載置する。ウエハ搬送機構が処理室445の外へ退避すると、ゲートバルブ313が閉じられる。このウエハ600の搬送時には、搬送経路を不活性ガスでパージし、かつ減圧状態で行うことが好ましい。不活性ガス雰囲気にし、かつ減圧状態にすることで、ウエハ600に形成された半導体素子の酸化(酸素吸着)や意図せぬ水分の吸着等を抑制することができる。

[0043] (基板加熱工程S20)

次に、リフターピン413を下降させ、ウエハ600をサセプタテーブル411上に載置する。ここでリフターピン413の昇降は、昇降駆動部490により昇降されることで行われる。サセプタ459に具備された基板温度調整部463は、予め所定の温度に加熱されており、ウエハ600を室温～低温程度、所定のウエハ温度になる様に加熱する。必要に応じて、過剰な熱（反応熱）を排熱するための冷却機構も併用する。ここで、低温とは、後述の除去ガスや処理ガスが十分に気化している温度帯であって、ウエハ600に形成された膜特性が変質しない温度とする。

[0044] (変性層除去工程S30)

続いて、ガス供給管445から所定の除去剤としての除去ガスをウエハ600に供給し、ウエハ600から変性層の除去を行う。変性層の除去は、除去剤をウエハ600に供給することにより行われる。例えば、除去ガスを供給することによって行われる。除去ガスは、例えばHFガスが用いられ、0.1slm～10slmのうち、所定のガス流量に設定される。例えば3slmに設定される。処理室内の圧力は例えば1Pa～1300Paのうち、所定の圧力に設定される。例えば100Paに設定される。HFガスは特にシリコン酸化膜の除去に有効であるが、シリコン窒化膜の除去にも用いることができる。この場合、HFガスを処理室に導入しても良いし、IF7ガスと水素(H₂)ガスとの混合ガスを処理室に導入してプラズマ化することでHFガス成分を発生させても良い。IF7ガスを供給することにより、後述のSi含有膜除去工程の予備的処理を行うことができる。即ち、変性層とシリコン含有膜の中間層を除去することができ、シリコン含有膜除去工程で、シリコン含有膜をより確実に除去することが可能になる。また、ここでは、HFガスで変性層を除去する例を示したが、これに限るものではない。例えば、還元性のガスを供給し、酸素を除去するように構成しても良い。還元性のガスとしては、例えば、水素(H₂)ガスが有る。また、洗浄液などによる表面への酸素吸着量が許容範囲内であれば、除去剤として、除去液（例え

ばHF水溶液)を用いたウェットエッチング法で変性層を除去しても良い。また、除去剤として、アルゴン(Ar)などの希ガスと水素ガスなどの還元性のガスのいずれか又は両方を活性化(プラズマ化)したガスを用いて、ウエハ600供給にすることで変性層を除去しても良い。活性化された希ガスをウエハ600に供給することで、変性層をスパッタリングして除去することができる。また、活性化された水素をウエハ600に供給することで、変性層を還元することができる。このような活性化した除去剤(例えば活性化されたAr)をウエハ600に供給することによって、HFガスを用いた場合と比較して、埋め込み膜としてのSOC膜606を損なうことなく変性層605aを除去することができる。即ち、埋め込み膜としての機能を損なうことなく、変性層605aの除去を行うことができる。

[0045] 変性層の除去後は、新たな次の工程に備えて必要なパージ処理を行うことが好ましい。

[0046] (変性層抑制工程S40)

この工程では、変性層の除去後に、再び変性層が成長してしまうことを防ぐ。例えば、ウエハ600を不活性ガス雰囲気、還元性雰囲気、真空雰囲気中に保つことで変性層の発生を抑制する。本実施形態では、一連の処理を同一の処理室で行っている為、処理室の雰囲気に酸素を混入させることなく、速やかに次の工程に移行することが可能である。

[0047] (処理ガス供給工程S50)

続いて、ガス供給管445から所定の処理ガスを供給する。処理ガスは、エッチングガスとしてハロゲン含有ガスや、パージ用又は希釈用の不活性ガス等を供給する。ここで、ハロゲン含有ガスは、例えば、フッ素(F)、塩素(Cl)、臭素(Br)、ヨウ素(I)の中から二つ以上のハロゲン元素を含むガスである。例えば、五フッ化ヨウ素(IF₅)、七フッ化ヨウ素(IF₇)、三フッ化臭素(BrF₃)、五フッ化臭素(BrF₅)、二フッ化キセノン(XeF₂)、三フッ化塩素(ClF₃)などが有る。好ましくは、IF₇が用いられる。IF₇は、シリコン含有膜を積極的(選択的)に

除去させることができる。ここで、選択的には、例えば、シリコン含有膜のエッチングレートを他の膜（例えば金属膜）のエッチングレートよりも高くすることを言う。不活性ガスは、例えば、窒素（N₂）ガスが用いられるが、He, Ne, Arなどの希ガスであっても良い。

[0048] ガスの供給と同時にAPCバルブ479によって、排気量を調整することにより、処理室445内の全圧力を1～1330Pa程度の範囲の内、IF7の分圧を1～1330Pa程度の範囲の内、所定の圧力に維持する。例えば、100Paに維持される。それぞれのガス流量は、0.1～10SLM程度の範囲の内、所定の流量に設定する。例えば、3SLMに設定される。また、必要に応じて、一旦、処理容器431と処理室445の雰囲気気を排気してから所定のガスを供給しても良い。また、IF7ガスが供給され次第、シリコン含有膜のエッチングが開始されるので、圧力やガス流量は速やかに所定の値に設定されることが望ましい。

[0049] ところで、上記処理ガスとシリコン膜とが接触することによって反応熱発生する。反応熱は、熱伝導により、金属膜や基板に伝導し、その結果金属膜の特性劣化や基板の反りが発生することが考えられる。更には、ウエハ600の温度が所定の温度範囲から外れ、処理ガスの高い選択性を失うことが考えられる。

[0050] また、処理ガスの濃度とエッチングレートは比例関係にあり、更にはエッチングレートと反応熱量は比例関係にあるため、処理ガスの濃度を高くしてエッチングレートを上昇させる場合、上記の反応熱による金属膜や基板の加熱が顕著になる。

[0051] そこで、処理ガスと共に希釈ガスを処理室445に供給することで、処理ガス濃度を薄め、反応熱による過度な温度上昇を抑制する。希釈ガスの供給量は、例えば処理ガスの供給量よりも多くする。

[0052] なお、希釈ガスは処理ガスと同時に供給するようにしても良いし、希釈ガスを供給した後に処理ガスを供給しても良い。この様に処理ガスを後に供給することにより、濃度の高い処理ガスがウエハ600に供給されることを防

ぎ、ウエハ600の処理均一性を向上させることができる。また、反応熱によるウエハ600の急激な温度変化も抑制させることができる。

[0053] さらに好ましくは、希釈ガスを供給し、処理室内の圧力が安定してから処理ガスを供給する。これは、希釈ガス量が処理ガス量に対して十分に多い場合であって、例えばエッチングの深さを制御するプロセス等に有効である。圧力が安定した状態でエッチングを行うので、エッチングレートを安定させることができる。その結果、エッチングの深さを制御し易くなる。

[0054] (シリコン含有膜除去工程S60)

基板温度、圧力、ガス流量を、所定の値で所定の時間維持することでシリコン含有膜が選択的に所定の量だけ除去される。

[0055] (変性層除去工程S70)

必要に応じて、シリコン含有膜除去後に残った変性層の除去を行う。変性層の除去を行う。変性層の除去は、例えば、除去ガスを供給することによって行われる。この場合、HFガスを処理室に導入しても良いし、 IF_7 ガス H_2 ガスとの混合ガスを処理室に導入してプラズマ化することでHFガス成分を発生させても良い。 IF_7 ガスを供給することにより、上述のシリコン含有膜除去工程で、シリコン含有膜が残っていたとしても、シリコン含有膜を除去することができる。また、シリコン含有膜と変性層の中間膜も除去することができる。また、除去剤として、アルゴンなどの希ガスと水素ガスなどの還元性のガスのいずれか又は両方を活性化（プラズマ化）したガスを用いて、ウエハ600供給にすることで変性層を除去しても良い。活性化された希ガスをウエハ600に供給することで、変性層をスパッタリングして除去することができる。また、活性化された水素をウエハ600に供給することで、変性層を還元することができる。このような活性化した除去剤をウエハ600に供給することによって、埋め込み膜としてのSOC膜606を損なうことなく変性層605aを除去することができる。

[0056] 特にアスペクト比の大きいトレンチ構造内部の変性層を除去する場合には、処理ガスをプラズマ化（活性化）してトレンチ内部に入射させることは有

効である。また、HFガスの反応性は反応室雰囲気中の水分量にも左右されてしまう為、プラズマ化して充分活性な処理ガスを用いて変性層を除去することは有効である。

[0057] (パージ・冷却工程S80)

必要な除去工程を終えたら処理ガスの供給を停止し、処理容器431と処理室445の雰囲気ガスを排気する。この時、パージ用の不活性ガスを流しながら排気しても良い。また、上述の様に、ハロゲン含有ガスはパージガスよりも重いため、処理ガスが残留してしまう可能性が有る。故に、処理ガスを残存させない為に充分なパージを行うことが好ましい。例えば、パージ用の不活性ガスの供給と雰囲気ガスの排気を交互に行う。これにより、ハロゲン含有ガスを処理室内に残留することや、処理室外への流出を防ぐことができる。また、リフターピン413を上昇させ、ウエハ600をサセプタテーブル411から離して搬送可能な温度まで冷却する。

[0058] (基板搬出工程S90)

ウエハ600が搬送可能な温度まで冷却され、処理室から搬出する準備が整ったら、上述の基板搬入工程S10の逆の手順で搬出する。

[0059] (3) 変性層の除去工程

ここでは、本実施形態にかかる変性層の除去工程について詳述する。

[0060] 除去対象であるシリコン含有膜が変性層で覆われている場合、その変性層が充分厚く密な膜であれば、HF7ガスの浸透を阻害しシリコンの除去反応は生じない。しかし、変性層が自然酸化膜の様な薄く粗な膜の場合、HF7ガスは変性層を透過して下地のシリコンと反応し、シリコンは除去されながら変性層が残渣として残ることが判明している。この様な現象の概念図を図7に示す。

[0061] 特にシリコン含有膜の表面は容易に自然酸化する為、この自然酸化膜の除去に留意しなければ、HF7ガスによるシリコン含有膜除去後に意図せぬ残渣を発生させてしまうことになる。

[0062] 更に、シリコン含有膜除去前は基板のウェット洗浄が可能であっても、シ

リコン含有膜除去後には、微細で高アスペクトレシオの構造物が露出するために、基板のウェット洗浄ができない場合も多い。ここで、微細な高アスペクトレシオの構造物とは、例えば、ピラー構造が有る。その様な場合には、シリコン含有膜除去後に変性層の残渣が残ってしまうと除去する術が無い可能性がある。例えば、微細で高アスペクトレシオの構造物が露出したウエハ600をウェット洗浄した場合、上述の様にパターンが倒壊してしまう課題が有る。従って、シリコン含有膜の除去前に残渣の基となる変性層を除去することは特に重要となる。

[0063] 次に、基板を処理フローの他の態様として、前述の図6を用いて例示した基板を処理フローについて、その要素ごとに分割して異なる場所で行う場合を例示する。

[0064] 図8(a)に、基板処理フローの他の態様を例示する。ここでは、変性層除去工程S30を変性層除去装置610で行った後、シリコン含有膜除去工程S60をシリコン含有膜除去装置612で行っている。また、変性層抑制工程S40として、基板を不活性ガス雰囲気容器611に格納して搬送することで、新たな変性層の発生を抑制している。かかる形態の具体例としては、例えば、ウェット洗浄装置により変性層膜を除去し、N2パージFOUP(Front Opening Unified Pod)を使用して基板をシリコン含有膜の除去を行う装置に搬送する、という例が挙げられる。また、変性層除去方法は、ウェット洗浄に限らず、ガスを用いたドライプロセスであっても良い。ここで、変性層の除去方法及び新たな変性層の抑制方法は、当業者であれば、本発明にかかる技術思想の範囲内で、多様な改良、変更、付加が可能である。

[0065] 図8(b)には、基板処理フローの更に他の態様を例示する。ここでは、クラスタ型の基板処理装置を用いて、変性層除去用の反応室613とシリコン含有膜除去用の反応室614とを、不活性ガスでパージされた真空搬送室615で連結し、一連の処理を連続的に行う場合を例示している。ここでは、変性層除去工程S30及びS70を反応室613で、変性層抑制工程S4

0を真空搬送室615で、シリコン含有膜除去工程S60を反応室614で行っている。なお、変性層除去工程S30とS70を別々の反応室で行っても良い。

[0066] (4) 本実施形態に係る効果

本実施形態によれば、以下に示す1つまたは複数の効果を奏する。

[0067] (a) また、IF7を用いてSiを選択的に除去するガスエッチング処理において、シリコン除去反応を阻害する変性層を事前に除去することができる。

[0068] (b) また、IF7ガスを用いてSiを選択的に除去するガスエッチング処理において、除去対象のシリコン含有膜表面に存在した変性層に起因する残渣を抑制することができる。

[0069] (c) また、前記変性層に起因する残渣によって基板処理装置が汚染されることを抑制することができる。

[0070] (d) また、IF7ガスを用いてSiを選択的に除去するガスエッチング処理において、除去対象のシリコン含有膜に覆われた箇所が存在した変性層に起因する残渣を抑制することができる。

[0071] (e) また、除去ガスで変性層を除去した後にハロゲン含有ガスでシリコン含有膜を除去することで、基板に形成された電極を倒壊させることなく、シリコン含有膜を除去することができる。

[0072] (f) また、シリコン含有膜除去工程後に変性層の除去工程を行うことで、シリコン含有膜と電極との界面に形成された酸化膜を除去することができる。

[0073] (g) また、変性層の除去を、活性化された希ガスと活性化された還元性ガスのいずれか又は両方を用いて行うことで、埋め込み膜を損なうことなく変性層の除去することができる。

[0074] <本発明の他の実施形態>

以上、本発明の実施形態を具体的に説明したが、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。

[0075] 本発明は、 HF_7 を用いたSiの選択ドライエッチングにおいて、除去対象のシリコン含有膜表面に存在する変性層を除去する工程と、新たな変性層の発生を抑制する工程と、除去対象のシリコン含有膜に覆われた箇所が存在する変性層を除去する工程と、を組み合わせることで、不要な変性層は除去しながら、シリコンの選択除去が可能な基板処理方法及び基板処理装置を提供するものであって、基板の同時処理枚数、基板を保持する向き、希釈用ガスやパージ用ガスの種類、クリーニング方法、基板処理室や加熱機構及び冷却機構の形状等で実施範囲を限定されるものではない。

[0076] また、本発明では、基板に形成された変性層およびシリコン含有膜のいずれか又は両方をドライエッチングする工程に限らず、基板処理室内に堆積した変性層やシリコン含有膜の除去（クリーニング）工程も行うことができる。

[0077] また、上述では、除去ガスや処理ガスを用いて対象の膜を直接除去する工程について記したが、これに限らず、ハロゲン塩ガスをシリコン酸化膜と反応させて反応物を生成し、反応物を加熱・気化させて除去させても良い。

[0078] また、上述では、変性層として、シリコン含有膜の上部に形成されたシリコン酸化膜について記したが、これに限るものではない。例えば、レジストアッシングする際に水素と窒素を用いたプラズマ処理が行われた際に、基板や基板に形成された膜の表面に窒化膜が形成される。この窒化膜が存在する場合も上述と同様の問題を生じる可能性があり、シリコン含有膜を除去する前に窒化膜（変性層）を除去することで残留する窒化膜の量を抑制することができる。

[0079] また、上述では、除去剤で、電極形成用のモールドシリコン膜に形成された変性層を除去し、モールドシリコン膜を処理ガスで除去する例を示したがこれに限るものではない。例えば、シリコンを主成分とするダミーゲート電極を除去する際に、ダミーゲート電極の表面に形成された自然酸化膜を除去剤で除去した後に、ダミーゲート電極を処理ガスで除去する様に構成しても

良い。

[0080] また、本発明は、本実施形態に係る基板処理装置のような半導体ウエハを処理する半導体製造装置などに限らず、ガラス基板を処理するLCD (Liquid Crystal Display) 製造装置、太陽電池製造装置等の基板処理装置、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 製造装置にも適用できる。

[0081] <本発明の好ましい態様>

以下に、本発明の好ましい態様について付記する。

[0082] <付記1>

一態様によれば、Si含有膜上に変性層が形成された基板を収容する処理容器と、前記基板に、前記除去剤を前記変性層に供給する変性層除去工程と、前記処理ガスを前記Si含有膜に供給する膜除去工程と、を執行するよう前記除去剤供給部と前記処理ガス供給部とを制御する制御部と、を有する基板処理装置が提供される。

[0083] <付記2>

付記1に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記ハロゲン元素は、フッ素とヨウ素である。

[0084] <付記3>

付記1または付記2に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記処理ガスは、五フッ化ヨウ素、七フッ化ヨウ素、三フッ化臭素、五フッ化臭素、二フッ化キセノン、三フッ化塩素のいずれか又は2つ以上を組み合わせたガスである。

[0085] <付記4>

付記1乃至付記3のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記変性層はシリコン酸化膜である。

[0086] <付記5>

付記1乃至付記4のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記膜除去工程の後に、前記変性層の発生を抑制する変性層抑制工程

を有するように前記制御部を制御する。

[0087] <付記 6 >

付記 1 乃至付記 5 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記変性層除去工程と、前記膜除去工程のいずれかまたは両方の工程の後に変性層抑制工程を有する。

[0088] <付記 7 >

付記 1 乃至付記 6 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記制御部は、前記変性層除去工程において、前記除去剤を供給した後に前記処理ガスを供給するように前記除去剤供給部と前記処理ガス供給部を制御する。

[0089] <付記 8 >

付記 1 乃至付記 7 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記制御部は、前記膜除去工程において、前記処理ガスを供給した後に前記除去剤を供給するように前記除去剤供給部と前記処理ガス供給部を制御する。

[0090] <付記 9 >

付記 7 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記制御部は、前記変性層除去工程において、前記除去剤の供給を停止した後に前記膜除去工程を行うよう前記除去剤供給部と前記処理ガス供給部を制御する。

[0091] <付記 10 >

付記 8 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記制御部は、前記膜除去工程において、前記除去剤を供給した後に、前記処理ガスの供給を停止するように前記除去剤供給部と前記処理ガス供給部を制御する。

[0092] <付記 11 >

付記 1 乃至付記 10 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記処理ガスは、ハロゲン元素を含むガスと塩基性ガスとの混合ガスを励起させることで生成する。

[0093] <付記 12 >

付記 1 乃至付記 1 1 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記除去剤は、活性化された希ガスである。

[0094] <付記 1 3>

付記 1 2 に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記変性層の除去は、前記活性化された希ガスによってスパッタリングされることで行われる。

[0095] <付記 1 4>

付記 1 乃至付記 1 1 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記除去剤は、活性化された還元性ガスである。

[0096] <付記 1 5>

付記 1 乃至付記 1 1 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記除去剤は、ハロゲン元素 1 つ以上含むガスである。

[0097] <付記 1 6>

他の態様によれば、S i 含有膜上に変性層が形成された基板を処理容器に搬入する工程と、前記変性層に除去剤を供給し、前記変性層を除去する変性層除去工程と、前記 S i 含有膜にハロゲン元素を 2 つ以上含む処理ガスを供給し、前記 S i 含有膜を除去する膜除去工程と、を有する半導体装置の製造方法が提供される。

[0098] <付記 1 7>

付記 1 6 に記載の半導体装置の製造方法であって、好ましくは、前記ハロゲン元素は、フッ素とヨウ素である。

[0099] <付記 1 8>

付記 1 6 または付記 1 7 に記載の半導体装置の製造方法であって、好ましくは、前記処理ガスは、五フッ化ヨウ素、七フッ化ヨウ素、三フッ化臭素、五フッ化臭素、二フッ化キセノン、三フッ化塩素のいずれか又は 2 つ以上を組み合わせたガスである。

[0100] <付記 1 9>

付記 1 6 乃至付記 1 8 のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法であ

って、好ましくは、前記変性層はシリコン酸化膜である。

[0101] <付記 20>

付記 16 乃至付記 19 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記変性層除去工程では、希ガスを含む除去ガスが供給されるステップと、当該除去ガスが活性化されるステップと、を有する。

[0102] <付記 21>

付記 16 乃至付記 20 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記変性層除去工程では、還元性ガスを含む除去ガスが供給されるステップと、当該除去ガスが活性化されるステップと、を有する。

[0103] <付記 22>

付記 16 乃至付記 21 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記膜除去工程の後に、変性層の発生を抑制する変性層抑制工程を有する。

[0104] <付記 23>

付記 16 乃至付記 22 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、好ましくは、前記変性層除去工程と、前記膜除去工程のいずれかまたは両方の工程の後に変性層抑制工程を行う。

[0105] <付記 24>

付記 16 乃至付記 23 のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法であって、好ましくは、前記変性層除去工程において、前記除去剤を供給した後に前記処理ガスを供給する。

[0106] <付記 25>

付記 16 乃至付記 24 のいずれか一項に記載の半導体装置の製造方法であって、好ましくは、前記膜除去工程において、前記処理ガスを供給した後に前記除去剤を供給する。

[0107] <付記 26>

付記 24 に記載の半導体装置の製造方法であって、好ましくは、前記変性層除去工程において、前記除去剤の供給を停止した後に前記膜除去工程を行

う。

[0108] <付記 27>

更に他の態様によれば、S i 含有膜上に変性層が形成された基板を処理容器に搬入させる手順と、前記変性層に除去剤を供給し、前記変性層を除去させる変性層除去手順と、前記S i 含有膜にハロゲン元素を2つ以上含む処理ガスを供給し、前記S i 含有膜を除去させる膜除去手順と、をコンピュータに実行させるプログラムが提供される。

[0109] <付記 28>

更に他の態様によれば、S i 含有膜上に変性層が形成された基板を処理容器に搬入する手順と、前記変性層に除去剤を供給し、前記変性層を除去する変性層除去手順と、前記S i 含有膜にハロゲン元素を2つ以上含む処理ガスを供給し、前記S i 含有膜を除去させる膜除去手順と、をコンピュータに実行させるプログラムが記録された記録媒体が提供される。

[0110] <付記 29>

更に他の態様によれば、S i 含有膜上に変性層が形成された基板であって、前記変性層に除去剤を供給し、前記変性層を除去する変性層除去工程と、前記S i 含有膜にハロゲン元素を2つ以上含む処理ガスを供給し、前記S i 含有膜を除去する膜除去工程と、が施された基板が提供される。

[0111] <付記 30>

更に他の態様によれば、S i 含有膜上に変性層が形成された半導体装置構造を有する基板であって、前記変性層に除去剤を供給し、前記変性層を除去する変性層除去工程と、前記S i 含有膜にハロゲン元素を2つ以上含む処理ガスを供給し、前記S i 含有膜を除去する膜除去工程と、が施され、倒壊防止支持部と筒状電極が形成された半導体装置構造を有する基板が提供される。

産業上の利用可能性

[0112] 本発明に係る基板処理装置、半導体装置の製造方法、記録媒体によれば、半導体装置の製造品質を向上させると共に、製造スループットを向上させる

ことが可能となる。

符号の説明

[0113] 1 2 3 外部記憶装置 4 1 0 処理室 4 3 1 処理容器 4 5 5
 ガス供給管 4 5 9 サセプタ 4 6 3 基板加熱部 5 0 0 コ
 ントローラ 5 0 0 a CPU 5 0 0 b RAM 5 0 0 c 記憶装置
 6 0 0 ウエハ 6 0 1 ストッパー膜としてのシリコン窒化膜
 6 0 2 筒形状の電極としての窒化チタン膜 6 0 3 電極の倒壊防止用
 支持部としてのシリコン窒化膜 6 0 4 シリコン含有膜 6 0 5 a
 変性層 6 0 5 b 界面変性層 6 0 6 埋め込み膜 6 0 7 シリ
 コンハードマスク 6 0 8 IF7ガス分子 6 0 9 反応性生物 6 1
 0 シリコン酸化膜除去装置 6 1 1 不活性ガス雰囲気容器 6 1
 2 シリコン含有膜除去装置 6 1 3 シリコン酸化膜除去用の反応室
 6 1 4 シリコン膜除去用の反応室 6 1 5 不活性ガスでパージされ
 た真空搬送室

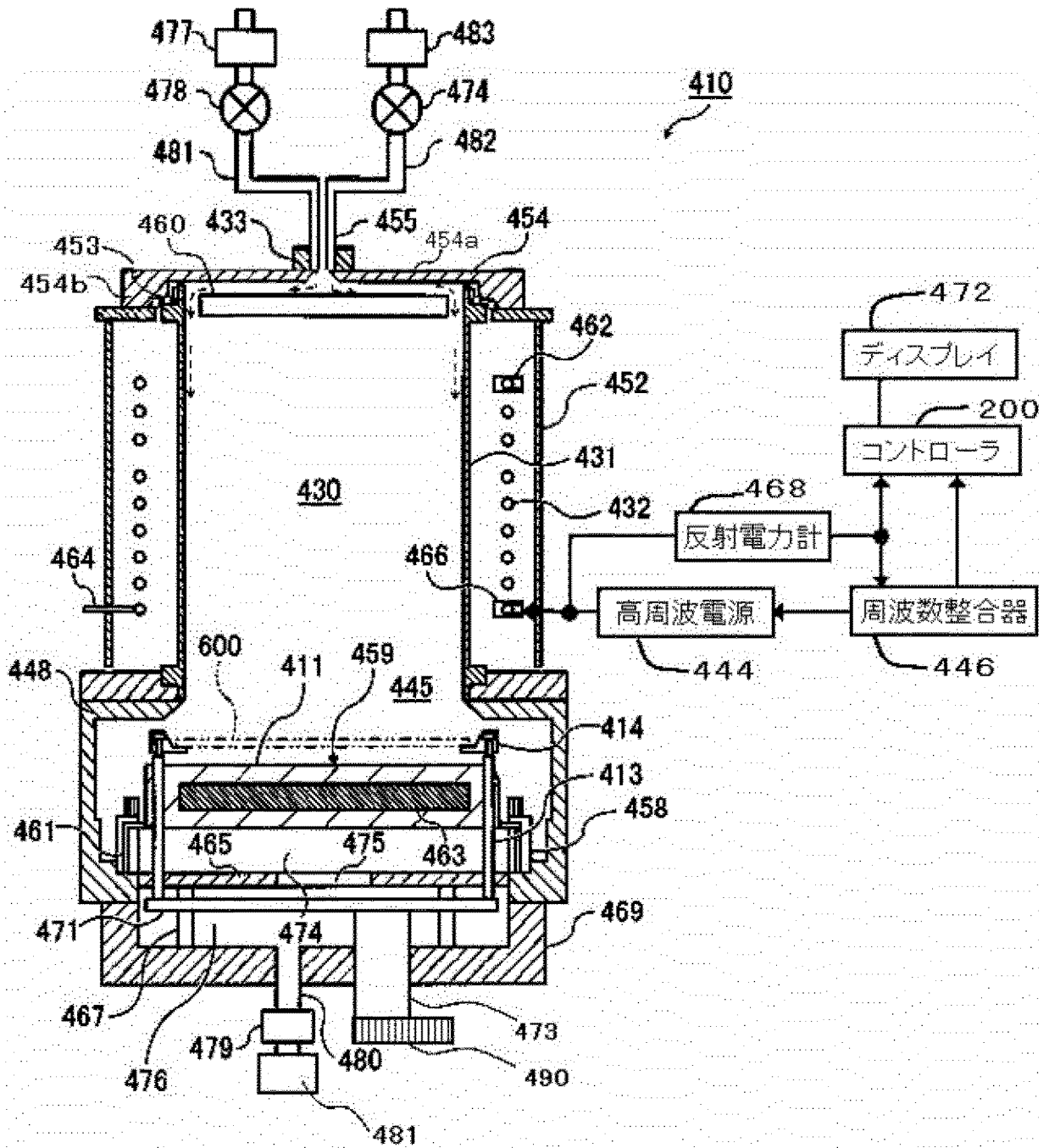
請求の範囲

- [請求項1] Si含有膜上に変性層が形成された基板に除去剤を供給し、前記変性層を除去する変性層除去工程と、前記基板にハロゲン元素を2つ以上含む処理ガスを供給し、前記Si含有膜を除去する膜除去工程と、を有する半導体装置の製造方法。
- [請求項2] 前記変性層はシリコン酸化膜である、請求項1記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項3] 前記変性層はシリコン窒化膜である、請求項1記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項4] 前記除去剤は、活性化された希ガスである、請求項1記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項5] 前記除去剤は、活性化された還元性のガスである、請求項1記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項6] 前記変性層除去工程は、セフツ化ヨウ素ガスと水素ガスの混合ガスを供給するステップと、当該混合ガスを活性化するステップと、を有する請求項1記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項7] 前記処理ガスが含むハロゲン元素はフッ素とヨウ素である、請求項1記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項8] 前記処理ガスは、五フツ化ヨウ素、セフツ化ヨウ素、三フツ化臭素、五フツ化臭素、ニフツ化キセノン、三フツ化塩素のいずれか、又は2つ以上を組み合わせたガスである、請求項1記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項9] 前記変性層除去工程と、前記膜除去工程のいずれかまたは両方の工程の後に、前記変性層の発生を抑制する変性層抑制工程を行う、請求項1記載の半導体装置の製造方法。
- [請求項10] 前記膜除去工程の後に、前記除去剤を前記基板に供給し、前記膜除去工程後に残った前記変性層を除去するステップ、を有する請求項1記載の半導体装置の製造方法。

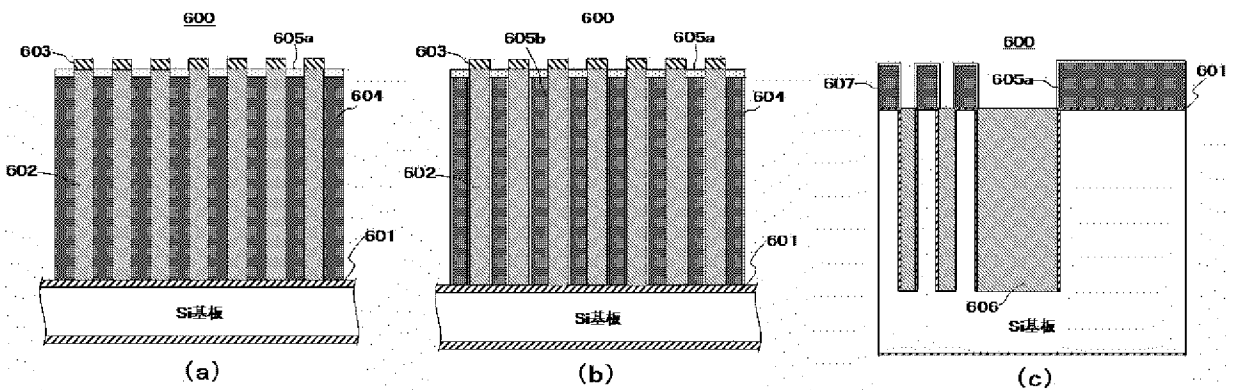
[請求項11] Si含有膜上に変性層が形成された基板を収容する処理容器と、前記基板に除去剤を供給する除去剤供給部と、前記基板にハロゲン元素を2つ以上含む処理ガスを供給する処理ガス供給部と、前記除去剤を前記基板に供給する変性層除去工程と、前記処理ガスを前記基板に供給する膜除去工程と、を実行するよう前記除去剤供給部と前記処理ガス供給部とを制御する制御部と、を有する基板処理装置。

[請求項12] Si含有膜上に変性層が形成された基板に除去剤を供給し、前記変性層を除去する変性層除去手順と、前記基板にハロゲン元素を2つ以上含む処理ガスを供給し、前記Si含有膜を除去する膜除去手順と、をコンピュータに実行させるプログラムが記録された記録媒体。

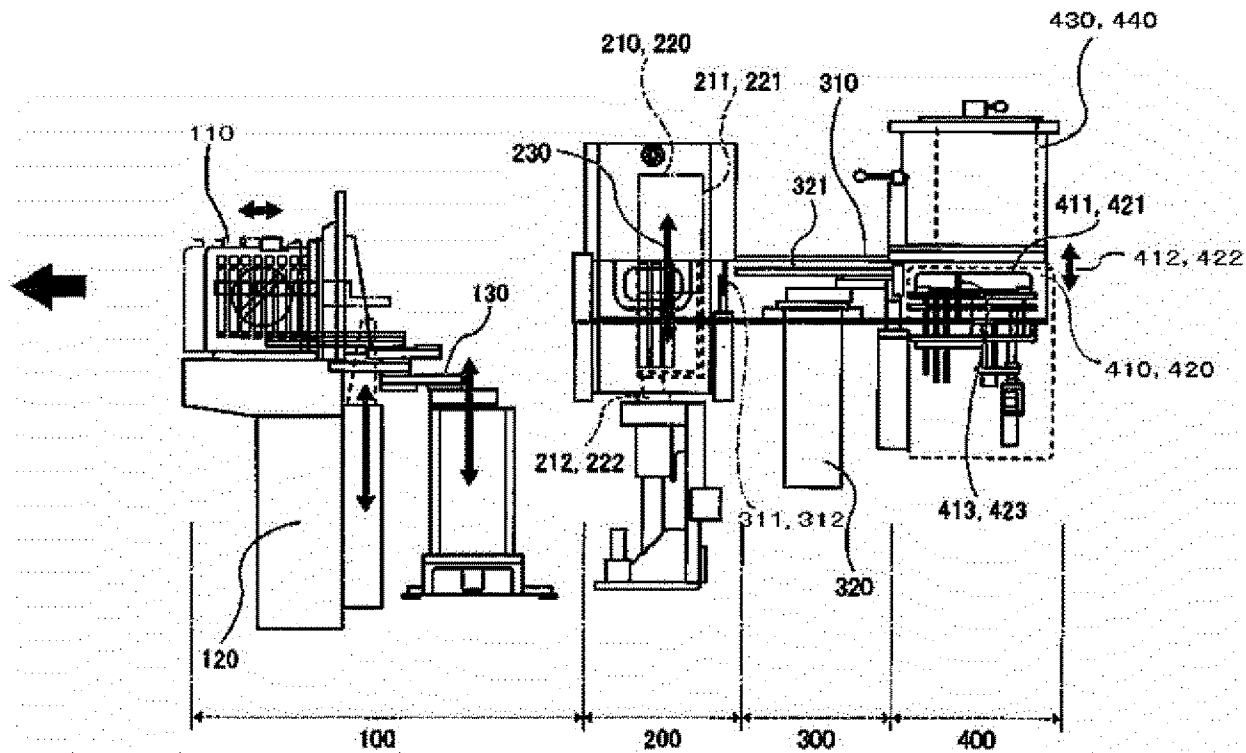
[図1]



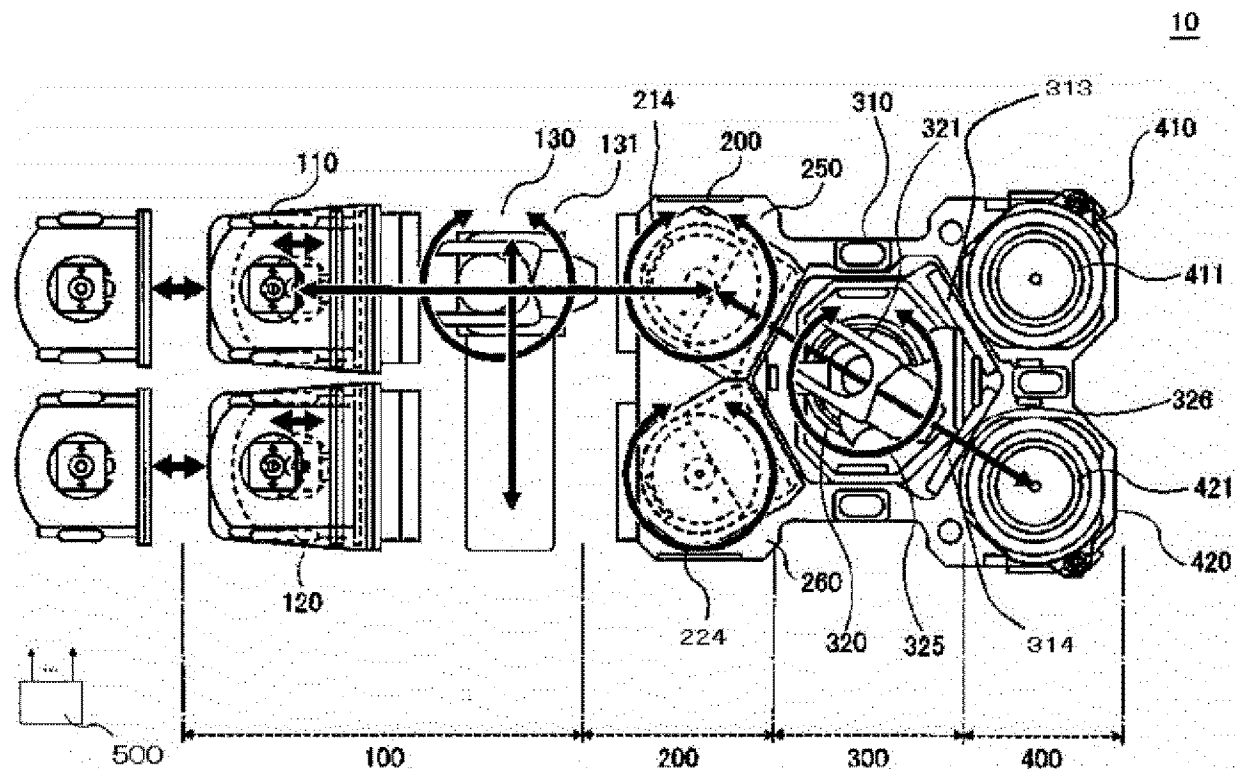
[図2]



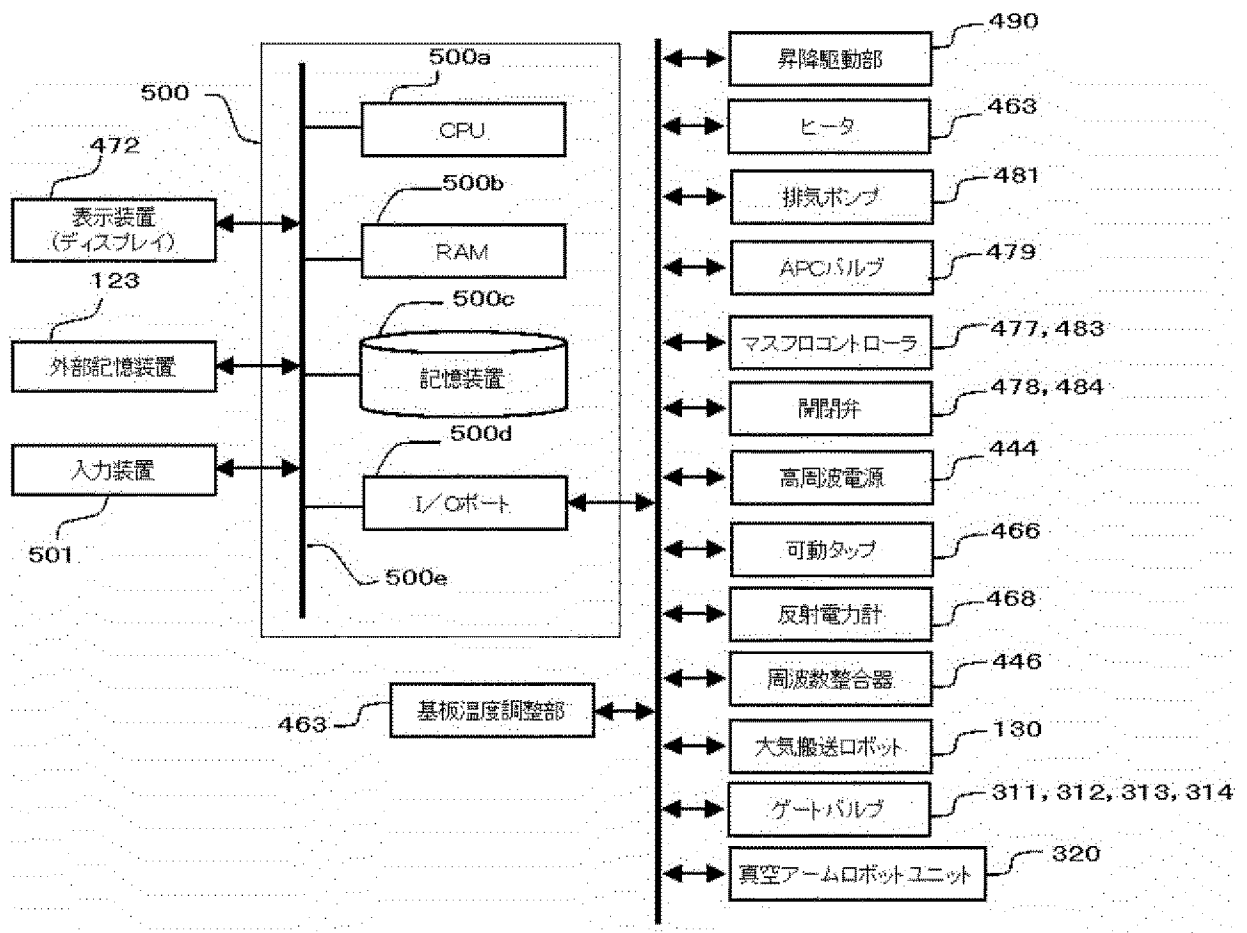
[図3]



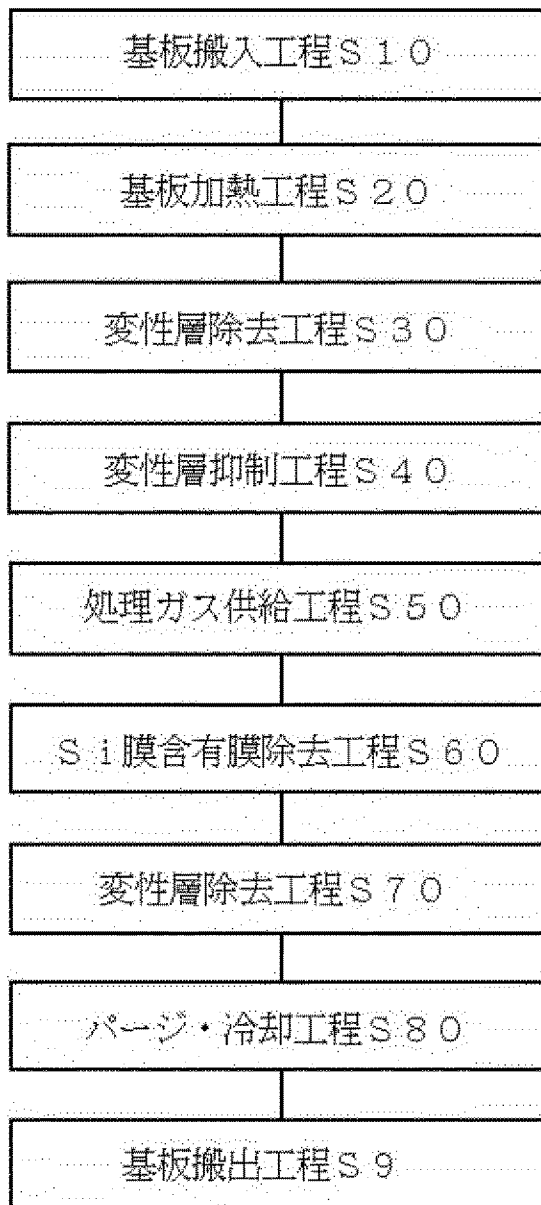
[図4]



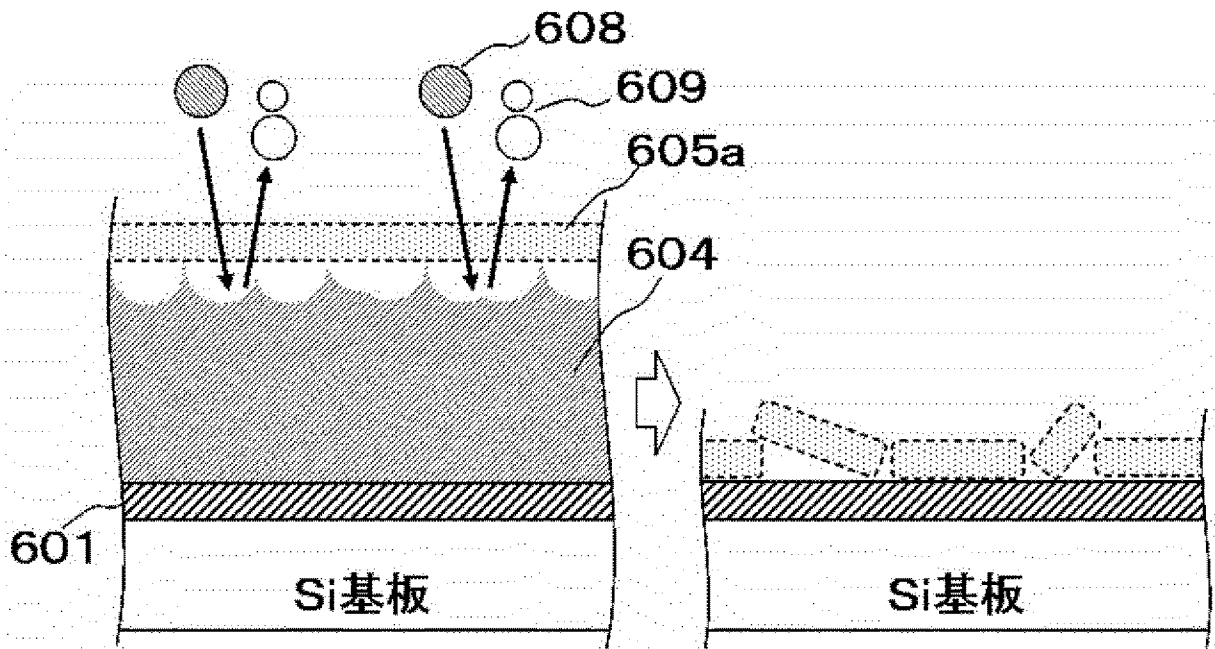
[図5]



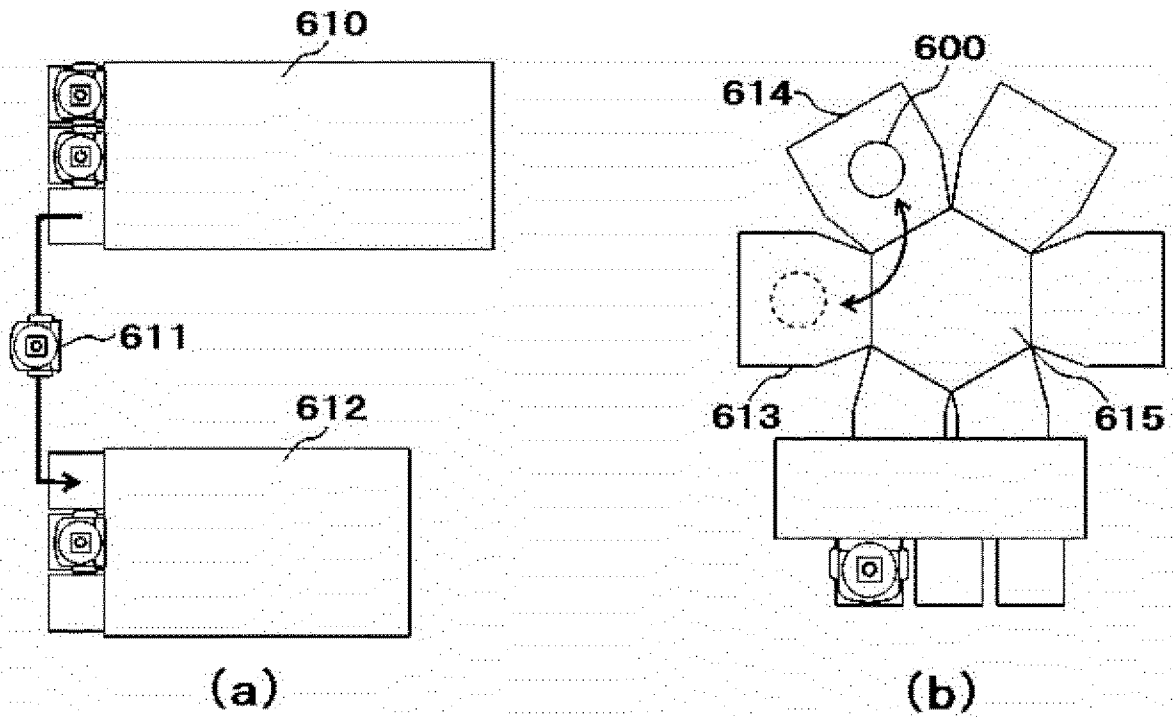
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/069701

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/3065(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)
H01L21/3065

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 Y	JP 2002-113700 A (Sony Corp.), 16 April 2002 (16.04.2002), paragraphs [0015] to [0018] (Family: none)	1, 2, 8, 9, 11, 12 3-7
X Y	JP 2010-245512 A (Tokyo Electron Ltd.), 28 October 2010 (28.10.2010), paragraphs [0013] to [0015] & US 2010/0240218 A1 & CN 101840884 A & KR 10-2010-0105398 A	1, 2, 8-12 3, 7
Y	JP 11-214512 A (Sony Corp.), 06 August 1999 (06.08.1999), paragraph [0024] (Family: none)	3

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 06 October, 2014 (06.10.14)	Date of mailing of the international search report 21 October, 2014 (21.10.14)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/069701

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 6-204191 A (Sony Corp.), 22 July 1994 (22.07.1994), paragraph [0017] (Family: none)	4
Y	JP 2004-349616 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 09 December 2004 (09.12.2004), paragraph [0019] (Family: none)	5
Y	JP 6-196455 A (Kawasaki Steel Corp.), 15 July 1994 (15.07.1994), abstract & US 5326406 A	6
Y	JP 8-172079 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 02 July 1996 (02.07.1996), paragraph [0058] & US 6979632 B1	7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01L21/3065 (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. H01L21/3065										
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 <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:30%;">日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2014年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2014年	日本国実用新案登録公報	1996-2014年	日本国登録実用新案公報	1994-2014年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2014年									
日本国実用新案登録公報	1996-2014年									
日本国登録実用新案公報	1994-2014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	JP 2002-113700 A (ソニー株式会社) 2002.04.16, 第【0015】-【0018】 段落 (ファミリーなし)	1, 2, 8, 9, 11, 12								
Y		3-7								
X	JP 2010-245512 A (東京エレクトロン株式会社) 2010.10.28, 第 【0013】-【0015】段落 & US 2010/0240218 A1 & CN 101840884 A & KR 10-2010-0105398 A	1, 2, 8-12 3, 7								
Y										
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> * 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 </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> 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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 06.10.2014	国際調査報告の発送日 21.10.2014									
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) 内田 正和 電話番号 03-3581-1101 内線 3559	50 9065								

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 11-214512 A (ソニー株式会社) 1999.08.06, 第【0024】段落 (ファミリーなし)	3
Y	JP 6-204191 A (ソニー株式会社) 1994.07.22, 第【0017】段落 (ファミリーなし)	4
Y	JP 2004-349616 A (松下電器産業株式会社) 2004.12.09, 第【0019】段落 (ファミリーなし)	5
Y	JP 6-196455 A (川崎製鉄株式会社) 1994.07.15, 要約 & US 5326406 A	6
Y	JP 8-172079 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 1996.07.02, 第【0058】段落 & US 6979632 B1	7