

(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3月29日(29.03.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/055730 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/20 (2006.01) H01L 21/316 (2006.01)
H01L 21/265 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/078031

(22) 国際出願日: 2016年9月23日(23.09.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(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12号 Tokyo (JP).

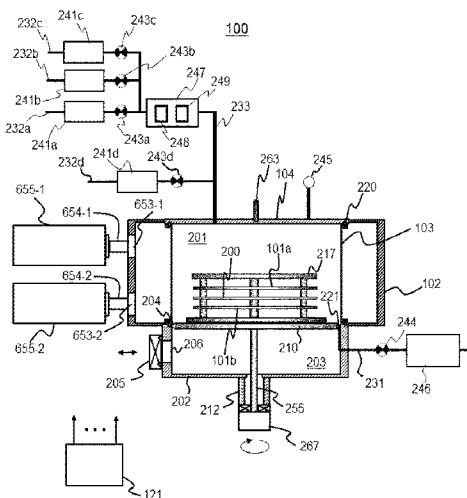
(72) 発明者: 佐々木 伸也 (SASAKI, Shinya); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP). 道田 典明(MICHITA, Noriaki); 〒9392393 富山県富山市八尾町保内二丁目1番地 株式会社日立国際電気内 Toyama (JP).

(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, JP, KE, KG, 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,

(54) Title: SUBSTRATE TREATING DEVICE, METHOD FOR MANUFACTURING 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



(57) Abstract: Provided is an art comprising: a treating chamber in which a substrate is treated; a heating device that heats the substrate with electromagnetic wave; a gas supplying unit including at least a hydrogen-containing gas supply system that supplies hydrogen-containing gas into the treating chamber, and an inert gas supply system that supplies inert gas into the treating chamber; a plasma generating unit that excites the hydrogen-containing gas by plasma; and a control unit that is configured to control the heating device, the gas supplying unit, and the plasma generating unit such that hydrogen atoms are added on the surface of the substrate by supplying, to the substrate, the hydrogen-containing gas excited by the plasma generating unit and the substrate is reformed by heating the substrate with the electromagnetic wave after addition of the hydrogen atoms. This enables providing an electromagnetic wave heat treatment art capable of uniformly treating an object to be treated.

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)）

(57) 要約：基板を処理する処理室と、前記基板を電磁波によって加熱する加熱装置と、前記処理室内に水素含有ガスを供給する水素含有ガス供給系と、前記処理室内に不活性ガスを供給する不活性ガス供給系とを少なくとも有するガス供給部と、前記水素含有ガスをプラズマによって励起させるプラズマ生成部と、前記プラズマ生成部によって励起された前記水素含有ガスを前記基板に供給して前記基板表面に水素原子を添加し、前記水素原子を添加した後に前記電磁波によって前記基板を加熱することで前記基板を改質させるように前記加熱装置、前記ガス供給部、前記プラズマ生成部のそれぞれを制御するよう構成される制御部と、を有する技術を提供する。これにより、処理対象を均一に処理可能な電磁波熱処理技術を提供することができる。

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ものである。

背景技術

[0002] 半導体装置（半導体デバイス）の製造工程の一工程として、例えば、加熱装置を用いて処理室内の基板を加熱し、基板の表面に成膜された薄膜中の組成や結晶構造を変化させたり、成膜された薄膜内の結晶欠陥等を修復するアニール処理などに代表される改質処理がある。近年の半導体デバイスにおいては、微細化、高集積化が著しくなっており、これに伴い、高いアスペクト比を有するパターンが形成された高密度の基板への改質処理が求められている。このような高密度基板への改質処理方法としてマイクロ波を用いた熱処理方法が検討されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-070045

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来のマイクロ波を用いた熱処理では、処理対象の材質または種類に大きく影響を受けることに起因して基板を均一に加熱することができない場合があった。

[0005] 本発明の目的は、処理対象を均一に処理可能な電磁波熱処理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、基板を処理する処理室と、
前記基板を電磁波によって加熱する加熱装置と、
前記処理室内に水素含有ガスを供給する水素含有ガス供給系と、前記処理室内に不活性ガスを供給する不活性ガス供給系とを少なくとも有するガス供給部と、
前記水素含有ガスをプラズマによって励起させるプラズマ生成部と、
前記プラズマ生成部によって励起された前記水素含有ガスを前記基板に供給して前記基板表面に水素原子を添加し、前記水素原子を添加した後に前記電磁波によって前記基板を加熱することで前記基板を改質させるように前記加熱装置、前記ガス供給部、前記プラズマ生成部のそれぞれを制御するよう構成される制御部と、
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、処理対象を均一に処理可能な電磁波熱処理技術を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明における第1の実施形態で好適に用いられる基板処理装置の枚葉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る。

[図3]本発明の第1の実施形態で好適に用いられる基板処理のフローを示す図である。

[図4]本発明における基板のキャリア密度と温度の関係性を示した図である。

[図5] (A) はH原子添加処理を行っていないウエハに対する改質工程前と改質工程後のウェットエッチングレート比を示したグラフである。(B) は、H原子添加処理を行ったウエハに対する改質工程前と改質工程後のウェットエッチングレート比を示したグラフである。

[図6] H原子添加処理を行ったウエハの改質工程前と改質工程後の不純物濃度

を示したグラフである。

[図7]本発明における第1の実施形態の変形例1を示した図である。

[図8]本発明における第1の実施形態の変形例1を示した図である。

[図9]本発明における第1の実施形態の変形例2を示した図である。

[図10]本発明における第1の実施形態の変形例3を示した図である。

[図11]本発明における第2の実施形態で好適に用いられる基板処理装置の概略構成図である。

[図12]本発明における第2の実施形態で好適に用いられる基板処理のフローを示す図である。

[図13]本発明における第3の実施形態で好適に用いられる基板処理のフローを示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] <本発明の第1の実施形態>

以下に本発明の第1の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0010] (1) 基板処理装置の構成

本実施の形態において、本発明に係る基板処理装置100は、ウエハに各種の熱処理を施す枚葉式熱処理装置として構成されている。本実施の形態において基板処理装置100は後述する電磁波を用いたアニール処理（改質処理）を行う装置として説明を行う。

[0011] (処理室)

図1に示すように、本実施形態に係る基板処理装置100は、金属などの電磁波を反射する材料で構成されるキャビティ（上部容器）としてのケース102と、ケース102の内部に收容され、垂直方向の上下端部が開放された円筒形状の反応管103を有している。反応管103は、石英などの電磁波を透過する材料で構成される。また、金属材料で構成されたキャップフランジ（閉塞板）104が、封止部材（シール部材）としてのOリング220を介して反応管103の上端と当接されて反応管の上端を閉塞する。主にケース102と反応管103、および、キャップフランジ104によってシリ

コンウエハ等の基板を処理する処理容器を構成し、特に反応管１０３の内側空間を処理室２０１として構成している。反応管１０３を設けずに、ケース１０２、キャップフランジ１０４により処理容器を構成するようにしてもよい。その場合、ケース１０２の内部空間が処理室２０１となる。また、キャップフランジ１０４を設けずに、天井が閉塞したケース１０２を用いて、ケース１０２と反応管１０３、または、ケース１０２によって処理容器を構成するようにしてもよい。

[0012] 反応管１０３の下方には載置台２１０が設けられており、載置台２１０の上面には、基板としてのウエハ２００を保持する基板保持具としてのポート２１７が載置されている。ポート２１７には、処理対象であるウエハ２００と、ウエハ２００を挟み込むようにウエハ２００の垂直方向上下に載置された断熱板としてのプレート１０１ａ、１０１ｂが所定の間隔で保持されている。プレート１０１ａ、１０１ｂはウエハ２００よりも大径の円盤形状を有し、電磁波を透過し赤外線を遮断する石英などの材質で構成されている。以後、本実施形態では石英プレート１０１ａ、１０１ｂとして説明を行う。また、石英プレート１０１ａ、１０１ｂは、同一の部品であり、以後、特に区別して説明する必要が無い場合には、石英プレート１０１と称して説明する。

なお、石英プレート１０１ａ、１０１ｂの代わりに、例えば、シリコンプレート（Ｓｉ板）や炭化シリコンプレート（ＳｉＣ板）などの電磁波を吸収して自身が加熱される誘電体などの材質で形成し、ウエハ２００を間接的に加熱する図示しないサセプタ（輻射板、均熱板とも称する）としての機能を有した部品を載置するようにしてもよい。また、このサセプタをウエハ２００の外側であって石英プレート１０１ａと石英プレート１０１ｂの内側に載置するように構成してもよい。すなわち、ウエハ２００はサセプタに挟みこまれ、サセプタは石英プレート１０１ａ、１０１ｂに挟みこまれるように（ウエハ２００と石英プレート１０１ａ、および、ウエハ２００と石英プレート１０１ｂとの間に配置されるように）構成してもよい。このように構成す

ることによってウエハ２００をより効率的に均一に加熱することが可能となる。

[0013] 載置台２１０の側壁には、載置台２１０の径方向に向かって突出した図示しない突出部が載置台２１０の底面側に設けられる。この突出部が、後述する処理室２０１と搬送空間２０３との間に設けられるしきり板２０４と接近または接触することで処理室２０１内の雰囲気（エア）が搬送空間２０３内へ移動することや、搬送空間２０３内の雰囲気が処理室２０１内へ移動することを抑制させる。

[0014] 上部容器としてのケース１０２は、例えば横断面が円形であり、平らな密閉容器として構成されている。また、下部容器としての搬送容器２０２は、例えばアルミニウム（Ａ１）やステンレス（ＳＵＳ）などの金属材料、または、石英などにより構成されている。処理容器の下方には、シリコンウエハ等のウエハ２００を搬送する搬送エリア２０３が形成されている。なお、ケース１０２に囲まれた空間、または、反応管１０３に囲まれた空間であって、仕切り板２０４よりも上方の空間を処理空間としての処理室２０１又は反応エリア２０１と称し、搬送容器２０２に囲まれた空間であって、仕切り板よりも下方の空間を搬送空間としての搬送エリア２０３と称する場合もある。なお、処理室２０１と搬送エリア２０３は、本実施例のように垂直方向に隣接させて構成することに限らず、水平方向に隣接させて構成したり、搬送エリア２０３を設けずに処理室２０１のみ有する構成としてもよい。

[0015] 搬送容器２０２の側面には、ゲートバルブ２０５に隣接した基板搬入搬出口２０６が設けられており、ウエハ２００は基板搬入搬出口２０６を介して図示しない基板搬送室との間を移動する。

[0016] ケース１０２の側面には、後に詳述する加熱装置としての電磁波供給部が設置されており、電磁波供給部から供給されたマイクロ波等の電磁波が処理室２０１に導入されてウエハ２００等を加熱し、ウエハ２００を処理する。

[0017] 載置台２１０は回転軸としてのシャフト２５５によって支持される。シャフト２５５は、搬送容器２０２の底部を貫通しており、更には搬送容器２０

2の外部で回転、昇降動作を行う駆動機構267に接続されている。駆動機構267を作動させてシャフト255及び載置台210を回転、昇降させることにより、ポート217上に載置されるウエハ200を回転または昇降させることが可能となっている。なお、シャフト255下端部の周囲はベローズ212により覆われており、処理室201および搬送エリア203内は気密に保持されている。

[0018] 載置台210は、ウエハ200の搬送時には、載置台上面が基板搬入搬出口206の位置（ウエハ搬送位置）となるよう下降し、ウエハ200の処理時には図1で示されるように、ウエハ200が処理室201内の処理位置（ウエハ処理位置）まで上昇する。なお、上述したように処理室201と搬送エリア203を水平方向に隣接させて構成したり、搬送エリア203を設けずに処理室201のみ有する構成とした場合には、載置台を昇降させる機構を設けずに載置台を回転させる機構のみ設けるようにしてもよい。

[0019] （排気部）

処理室201の下方であって、載置台210の外周側には、処理室201の雰囲気気を排気する排気部が設けられている。図1に示すように、排気部には排気口221が設けられている。排気口221には排気管231が接続されており、排気管231には、処理室201内の圧力に応じて弁開度を制御するAPCバルブなどの圧力調整器244、真空ポンプ246が順に直列に接続されている。

ここで、圧力調整器244は、処理室201内の圧力情報（後述する圧力センサ245からのフィードバック信号）を受信して排気量を調整することができるものであればAPCバルブに限らず、通常の開閉バルブと圧力調整弁を併用するように構成されていてもよい。

[0020] 主に、排気口221、排気管231、圧力調整器244により排気部（排気系または排気ラインとも称する）が構成される。なお、載置台210を囲むように排気口を設け、ウエハ200の全周からガスを排気可能に構成してもよい。また、排気部の構成に、真空ポンプ246を加えるようにしてもよ

い。

[0021] (ガス供給部)

キャップフランジ104には、不活性ガス、原料ガス、反応ガス、改質ガスなどの各種基板処理のための処理ガスを処理室201内に供給するための共通ガス供給管233が設けられている。

共通ガス供給管233には、ガス供給管232aが接続されている。ガス供給管232aには上流から順に、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、および、開閉弁であるバルブ243a、リモートプラズマユニット247が設けられている。

[0022] ガス供給管232aの上流側には、改質ガスとして、例えば、所定元素である水素原子(H原子)を含む原料として、水素含有(H含有)ガス源が接続され、MFC241a、バルブ243を介して、リモートプラズマユニット247に供給される。その後リモートプラズマユニット247によって励起された水素活性種(水素ラジカル、 H^* とも表現される)が処理室201上方から処理室201内へ供給される。H含有ガスとしては、例えば水素(H_2)ガスや H_2O ガス、 H_2O_2 ガス、重水素Dを含むガス、又はこれらの組合せた混合ガスを用いることができる。

[0023] 主に、ガス供給管232a、MFC241a、バルブ243aによりガス供給系(ガス供給部)が構成される。ガス供給系に改質ガスを流す場合には、改質ガス供給系とも称する。原料ガスを流す場合、反応ガスを流す場合にも同様に原料ガス供給系、反応ガス供給系と称する。なお、ガス供給系にリモートプラズマユニット247、共通ガス供給管233を含めて考えてもよい。また、後述する第1不活性ガス供給系、キャリアガス供給系、第2不活性ガス供給系のそれぞれ、または、全てを含めてガス供給系と称してもよい。

[0024] バルブ243aとリモートプラズマユニット247との間のガス供給管232aには、第1の不活性ガスを供給するガス供給管232bと、キャリアガスを供給するガス供給管232cがそれぞれ接続されている。ガス供給管

232b、232cには、上流方向から順にMFC241b、241c、およびバルブ243b、243cがそれぞれ設けられている。

[0025] ガス供給管232bの上流側には、第1の不活性ガスとして、第1の不活性ガス源が接続され、MFC241b、バルブ243b、ガス供給管232a、共通ガス供給管233を介して処理室201内へ供給される。第1の不活性ガスとしては、例えば窒素(N₂)ガスや、ヘリウム(He)ガス、ネオン(Ne)ガス、アルゴン(Ar)ガスなどの希ガスを用いることができる。主に、ガス供給管232b、MFC241b、バルブ243bにより第1不活性ガス供給系(第1不活性ガス供給部)が構成される。

[0026] ガス供給管232cの上流側には、キャリアガスとして、キャリアガス源が接続され、MFC241c、バルブ243c、ガス供給管232a、共通ガス供給管233を介して処理室201内へ供給される。キャリアガスとしては例えばArガスが用いられる。主にガス供給管232c、MFC241c、バルブ243cによりキャリアガス供給系(キャリアガス供給部)が構成される。

[0027] リモートプラズマユニット247よりも下流方向の共通ガス供給管233には、第2の不活性ガスを供給するガス供給管232dが接続されている。ガス供給管232dには、上流方向から順にMFC241d、バルブ243dが設けられている。ガス供給管232dの上流側には、第2の不活性ガスとして、第2の不活性ガス源が接続され、MFC241d、バルブ243d、共通ガス供給管233を介して処理室201内へ供給される。第2の不活性ガスとしては、第1の不活性ガス同様に、例えば窒素(N₂)ガスや、ヘリウム(He)ガス、ネオン(Ne)ガス、アルゴン(Ar)ガスなどの希ガスを用いることができる。また、第2の不活性ガスは第1の不活性ガスと同じ種類のガスを用いてもよいし、異なる種類のガスを用いてもよい。主に、ガス供給管232d、MFC241d、バルブ243dにより第2不活性ガス供給系(第2不活性ガス供給部)が構成される。

[0028] (プラズマ生成部)

プラズマ生成部としてのリモートプラズマユニット２４７は、図示しないプラズマ生成空間に高周波電源２４８、整合器２４９が接続されて構成されている。高周波電源２４８および整合器２４９でインピーダンスを調整することでプラズマを生成する。生成したプラズマによってプラズマ生成空間に供給された改質ガスを励起することで活性種（ラジカル）を生成し、生成した活性種を処理室２０１内へ供給する。なお、プラズマを生成する手段としてはどのような方法を用いてもよく、例えば、容量結合プラズマ（Capacitively Coupled Plasma、略称：CCP）、誘導結合プラズマ（Inductively Coupled Plasma、略称：ICP）、電子サイクロトロン共鳴プラズマ（Electron Cyclotron Resonance Plasma、略称：ECRプラズマ）、ヘリコン波励起プラズマ（Helicon Wave Excited Plasma、略称：HWP）、表面波プラズマ（Surface Wave Plasma、略称：SWP）のいずれを用いてもよい。

[0029]（温度センサ）

キャップフランジ１０４には、非接触式の温度検出器として温度センサ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後述するマイクロ波発振器６５５の出力を調整することで、基板を加熱し、基板温度が所望の温度分布となる。温度センサ２６３は、例えばＩＲ（Infrared Radiation）センサなどの放射温度計で構成されている。温度センサ２６３は、石英プレート１０１ａの表面温度、または、ウエハ２００の表面温度を測定するように設置される。上述した発熱体としてのサセプタが設けられている場合にはサセプタの表面温度を測定するように構成してもよい。なお、本発明においてウエハ２００の温度（ウエハ温度）と記載した場合は、後述する温度変換データによって変換されたウエハ温度、すなわち、推測されたウエハ温度のことを意味する場合と、温度センサ２６３によって直接ウエハ２００の温度を測定して取得した温度を意味する場合と、その両方を意味する場合を指すものとして説明する。

[0030] 温度センサ263を用いて石英プレート101a、ウエハ200の表面温度を測定する場合、ポート217の天井部（天板）217aが温度測定を妨げないように、ポート天板217aの温度センサ263に対向する位置に温度測定窓としての測定孔を設け、石英プレート101aの表面温度を測定する。ウエハ200の温度を測定する場合も石英プレート101aの測定と同様に、ポート217の測定孔と同位置に石英プレート101aに測定窓としての測定孔を設け、ウエハ200の表面温度を測定する。これらの石英プレート101とウエハ200の温度測定は基板処理工程を実施する前の準備段階で行うこととし、予め基板処理工程における石英プレート101とウエハ200との温度変化の推移についてデータ取得しておくことが好ましい。このように石英プレート101とウエハ200の温度変化の推移を取得することで石英プレート101とウエハ200の温度の相関関係を示した温度変換データを記憶装置121cまたは外部記憶装置123に記憶させる。このように予め温度変換データを作成することによって、ウエハ200の温度は、石英プレート101の温度のみを測定することで、ウエハ200の温度を推測可能とし、推測されたウエハ200の温度を基に、マイクロ波発振器655の出力、すなわち加熱装置の制御が行われる。

[0031] なお、基板の温度を測定する手段として、上述した放射温度計に限らず、熱電対を用いて温度測定を行ってもよいし、熱電対と非接触式温度計を併用して温度測定を行ってもよい。ただし、熱電対を用いて温度測定を行った場合、熱電対をウエハ200の近傍に配置して温度測定を行う必要がある。すなわち、処理室201内に熱電対を配置する必要があるため、後述するマイクロ波発振器から供給されたマイクロ波によって熱電対自体が加熱されてしまうので正確に測温することができない。したがって、非接触式温度計を温度センサ263として用いることが好ましい。

また、温度センサ263は、キャップフランジ104に設けることに限らず、載置台210に設けるようにしてもよい。また、温度センサ263は、キャップフランジ104や載置台210に直接設置するだけでなく、キャッ

プフランジ 104 や載置台 210 に設けられた測定窓からの放射光を鏡等で反射させて間接的に測定するように構成されてもよい。さらに、温度センサ 263 は 1 つ設置することに限らず、複数設置するようにしてもよい。

[0032] (電磁波供給部)

ケース 102 の側壁には電磁波導入ポート 653-1、653-2 が設置されている。電磁波導入ポート 653-1、653-2 のそれぞれには処理室 201 内に電磁波を供給するための導波管 654-1、654-2 のそれぞれの一端が接続されている。導波管 654-1、654-2 それぞれの他端には処理室 201 内に電磁波を供給して加熱する加熱源としてのマイクロ波発振器 (電磁波源) 655-1、655-2 が接続されている。マイクロ波発振器 655-1、655-2 はマイクロ波などの電磁波を導波管 654-1、654-2 にそれぞれ供給する。また、マイクロ波発振器 655-1、655-2 には、マグネトロンやクライストロンなどが用いられる。以降、電磁波導入ポート 653-1、653-2、導波管 654-1、654-2、マイクロ波発振器 655-1、655-2 は、特にそれぞれを区別して説明する必要のない場合には、電磁波導入ポート 653、導波管 654、マイクロ波発振器 655 と記載して説明する。

[0033] マイクロ波発振器 655 によって生じる電磁波の周波数は、好ましくは 13.56 MHz 以上 24.125 GHz 以下の周波数範囲となるように制御される。さらに好適には、2.45 GHz または 5.8 GHz の周波数となるように制御されることが好ましい。ここで、マイクロ波発振器 655-1、655-2 のそれぞれの周波数は同一の周波数としてもよいし、異なる周波数で設置されてもよい。

また、本実施形態において、マイクロ波発振器 655 は、ケース 102 の側面に 2 つ配置されるように記載されているが、これに限らず、1 つ以上設けられていればよく、また、ケース 102 の対向する側面などの異なる側面にそれぞれ設けられるように配置してもよい。主に、マイクロ波発振器 655-1、655-2、導波管 654-1、654-2 および電磁波導入ポー

ト 6 5 3 - 1、6 5 3 - 2 によって加熱装置としての電磁波供給部（電磁波供給装置、マイクロ波供給部、マイクロ波供給装置とも称する）が構成される。

[0034] マイクロ波発振器 6 5 5 - 1、6 5 5 - 2 のそれぞれには後述するコントローラ 1 2 1 が接続されている。コントローラ 1 2 1 には処理室 2 0 1 内に收容される石英プレート 1 0 1 a または 1 0 1 b、若しくはウエハ 2 0 0 の温度を測定する温度センサ 2 6 3 が接続されている。温度センサ 2 6 3 は、上述した方法によって石英プレート 1 0 1、またはウエハ 2 0 0 の温度を測定してコントローラ 1 2 1 に送信し、コントローラ 1 2 1 によってマイクロ波発振器 6 5 5 - 1、6 5 5 - 2 の出力を制御し、ウエハ 2 0 0 の加熱を制御する。なお、加熱装置による加熱制御の方法としては、マイクロ波発振器 6 5 5 へ入力する電圧を制御することでウエハ 2 0 0 の加熱を制御する方法と、マイクロ波発振器 6 5 5 の電源を ON とする時間と OFF とする時間の比率を変更することでウエハ 2 0 0 の加熱を制御する方法などを用いることができる。

[0035] ここで、マイクロ波発振器 6 5 5 - 1、6 5 5 - 2 は、コントローラ 1 2 1 から送信される同一の制御信号によって制御される。しかし、これに限らず、マイクロ波発振器 6 5 5 - 1、6 5 5 - 2 それぞれにコントローラ 1 2 1 から個別の制御信号を送信することでマイクロ波発振器 6 5 5 - 1、6 5 5 - 2 が個々に制御されるように構成してもよい。

[0036] （制御装置）

図 2 に示すように、制御部（制御装置、制御手段）であるコントローラ 1 2 1 は、CPU（Central Processing Unit）1 2 1 a、RAM（Random Access Memory）1 2 1 b、記憶装置 1 2 1 c、I/Oポート 1 2 1 d を備えたコンピュータとして構成されている。RAM 1 2 1 b、記憶装置 1 2 1 c、I/Oポート 1 2 1 d は、内部バス 1 2 1 e を介して、CPU 1 2 1 a 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 1 2 1 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。

[0037] 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、後述する水素 (H) 原子添加処理や、アニール (改質) 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、後述する基板処理工程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、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。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。

[0038] 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、リモートプラズマユニット 247、マイクロ波発振器 655、温度センサ 263、真空ポンプ 246、駆動機構 267、ボートエレベータ 115 等に接続されている。

[0039] 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、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、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 に基づくマイクロ波発振器 655 の出力調整動作、駆動機構 267 による載置台 210 (またはボート 217) の回転および回転速度調節動作、または、昇降動作等を制御するように構

成されている。

[0040] 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。

[0041] （２）基板処理工程

次に、上述の基板処理装置100の処理炉を用いて、半導体装置（デバイス）の製造工程の一工程として、例えば、基板上に形成されたシリコン含有膜としてのSi酸化膜（SiO₂）の改質方法の一例について図3に示した処理フローに沿って説明する。以下の説明において、基板処理装置100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。

[0042] ここで、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。

[0043] (基板搬入工程 (S301))

図1に示されているように、表面に処理対象となるSiO₂膜が形成された所定枚数のウエハ200がポート217に移載されると、駆動機構267は、載置台210を上昇させることでポート217を反応管103内側の処理室201に搬入（ポートローディング）する（S301）。

[0044] (炉内圧力・温度調整工程 (S302))

処理室201内へのポート217の搬入が完了したら、処理室201内が所定の圧力（例えば10以上、102000Pa以下の範囲内）となるよう処理室201内の雰囲気気を制御する。具体的には、真空ポンプ246により排気しつつ、圧力センサ245により検出された圧力情報に基づいて圧力調整器244の開度をフィードバック制御し、処理室201内を所定の圧力とする。また、同時に予備加熱として電磁波供給部を制御し、所定の温度まで加熱を行うように制御してもよい（S302）。電磁波供給部によって、所定の基板処理温度まで昇温させる場合、ウエハ200が変形・破損しないように、後述する改質工程の出力よりも小さな出力で昇温を行うことが好ましい。なお、大気圧下で基板処理を行う場合、炉内圧力調整を行わず、炉内の温度調整のみを行った後、後述する不活性ガス供給工程S303へ移行するように制御してもよい。

[0045] (不活性ガス供給工程 (S303))

炉内圧力・温度調整工程S402によって処理室201内の圧力と温度を所定の値に制御すると、駆動機構267は、シャフト255を回転させ、載置台210上のポート217を介してウエハ200を回転させる。このとき、バルブ243bが開かれ、第1の不活性ガスがガス供給管232bを介して供給される（S303）。なお、シャフト255は、上述した基板搬入工程S301完了後に回転させるようにしてもよい。また、本実施形態では、第1の不活性ガスとしてN₂ガスを供給する。

[0046] (水素(H)原子添加工程 (S304))

[0047] 次に、処理ガスとしてH原子を含有するガスを処理室201内に供給し、

当該ガスをプラズマ励起することにより SiO_2 膜に対する H 原子添加工程を実施する。本実施形態では、 H 原子含有ガスである H_2 ガスを供給する。具体的には次の通りである。

[0048] 電磁波供給部によって、ウエハ200を H 原子添加工程の処理温度である 100°C 以上 500°C 以下の範囲まで加熱すると、バルブ243aを開け、 H_2 ガスをリモートプラズマユニット247を介して処理室201内に導入（供給）する。具体的には、バルブ243aを開け、MFC241aにて流量制御しながら、リモートプラズマユニット247を介して処理室201内への H_2 ガスの供給を開始する。必要に応じて、バルブ243cを開け、ガス供給管232cとMFC241cを介してキャリアガス（希釈ガス）を供給するようにしてもよい。なお、このとき、 H_2 ガスの供給量は、例えば 50 sccm 以上 2000 sccm 以下の範囲内である。本実施形態では、 H_2 ガスの供給量は 400 sccm としている。また、本実施形態では、キャリアガスとして Ar ガスを供給する。

[0049] また、処理室201内の圧力が、例えば 10 Pa 以上 400 Pa 以下の範囲内、より好ましくは 50 Pa 以上 300 Pa 以下（本実施形態では 150 Pa ）の所定圧力となるように、APCバルブ242の開度を調整して処理室201内を排気する。このように、処理室201内を適度に排気しつつ、後述のプラズマ処理工程の終了時まで H_2 ガスの供給を継続する。

[0050] H_2 ガスをリモートプラズマユニット247に供給すると、リモートプラズマユニット247において、高周波電源248により高周波電力の印加を開始する。このとき、例えば 27.12 MHz の高周波電力を、 0.5 KW 以上 3.5 KW 以下の範囲内の電力で印加する。ここでは 2.5 KW の電力を印加する。これにより、リモートプラズマユニット247においてプラズマが生成される。生成されたプラズマにより H_2 ガスは活性化されて解離し、 H 原子を含む活性種（ H^* ）が生成される。

[0051] H_2 ガスがプラズマにより活性化されることにより生成された H^* を含むガスはウエハ200の表面（露出面）に供給され、ウエハ200表面上の SiO_2

膜と反応する。すなわち、 H^* を含むガスがウエハ200条の SiO_2 膜と反応して、ウエハ200表面上の SiO_2 膜中にH原子が添加され、H原子添加工程が行われる(S304)。

[0052] また、本実施形態では、H原子を含有するガスをリモートプラズマユニット247に供給してプラズマ励起することにより活性種等の反応種を生成するように記載しているが、これに限らず、処理室201内でガスをプラズマ生成し、H原子をウエハ200に添加することもできる。

[0053] 高周波電力の印加を開始してから所定の処理時間経過後、例えば10秒から1200秒が経過したら、高周波電源248からの電力の出力を停止して、処理室201内におけるプラズマ放電を停止する。本実施形態では120秒としている。また、バルブ243aを閉めて、 H_2 ガスの処理室201内への供給を停止する。 H_2 ガスの供給停止後、必要に応じてバルブ243bを開け、処理室201内に不活性ガスによるパージを行うようにしてもよい。このように、H原子添加工程を完了後に第1の不活性ガスによって処理室201内の雰囲気置換することで、残留している H_2 ガスをパージすることが可能となり、後述する改質工程S305への影響を抑制することが可能となる。

[0054] ここで、ウエハ200に添加されるH原子含有率は、H原子が添加される対象膜に対して、0.5%以上80%以下の範囲となるように制御されることが好ましく、さらに好ましくは、1%以上、10%以下の範囲となるように制御されることが好ましい。このようにH原子含有率を制御することによって、後述する改質工程においてウエハ200を効率よく加熱することが可能となる。仮に、対象膜に対してH原子含有率が0.5%よりも小さくなってしまうと、H原子添加工程時の熱エネルギーによって、または、後述する改質工程におけるマイクロ波加熱によってH原子がウエハ200から脱離してしまい、マイクロ波の吸収効率が低下し、所定の改質効果を得ることができなくなってしまう。また、80%よりも高い含有率となってしまうと、処理対象膜の膜特性が変化してしまう。したがって、上述したH原子含有率の

範囲内で制御を添加されることが好ましい。

[0055] (改質工程 (S305))

H原子添加工程が完了すると、バルブ243bを開き、ガス供給管232bを介して第1の不活性ガスを処理室201内に供給し、処理室201内を所定の圧力、例えば10Pa以上102000Pa以下の範囲となる所定の値であって、好ましくは101300Pa以上101650Pa以下となるように維持する。その後、マイクロ波発振器655は上述した各部を介して処理室201内にマイクロ波を供給する。

[0056] 処理室201内にマイクロ波が供給されることによって、ウエハ200が300℃以上、1000℃以下の温度、好適には600℃以上、900℃以下の温度となるように加熱し、さらに好適には、800℃以上、850℃以下の温度となるように加熱する。このような温度で基板処理することによって、ウエハ200が効率よくマイクロ波を吸収する温度下での基板処理となり、改質処理の速度向上が可能となる。

[0057] 具体的には、ウエハ200を効率よく加熱する、すなわち、ウエハ200がマイクロ波を効率よく吸収させるためには、ウエハ200のキャリア密度とキャリア温度依存性について考慮する必要がある。図4に示すように、縦軸をキャリア密度（導電率に比例）、横軸を温度としたウエハ200のキャリア密度の温度依存性の一例を示した場合、温度によって、領域（A）、領域（B）、領域（C）に分けることができる。ウエハ200がシリコン（Si）基板である場合、例えば領域（A）と（B）を分ける温度は327℃、領域（B）と（C）とを分ける温度は-73℃である。図4から明らかであるように、領域（A）と（C）は温度上昇とともに、キャリア密度も上昇するが、領域（B）は温度が上昇した場合であっても、キャリア密度は殆ど上昇しない。

[0058] ウエハ200の単位時間当たりの発熱量はウエハ200のキャリア密度に比例するため、キャリア密度が変動するとそれに伴って発熱量も変化する。このため、キャリア密度の変化が大きい領域（A）で、マイクロ波加熱を行っ

た場合、温度変化に応じてキャリア密度が増加する割合が大きいため、照射されるマイクロ波の電力が同じでも、ウエハ200の昇温速度が大きくなる。したがって、領域(A)において、マイクロ波による加熱が行われることが好ましい。なお、ウエハ200の温度変化が急峻に行われることを回避したい場合には、領域(A)と(B)の境界温度近く(例えばSi基板の場合には300℃)から基板処理を行うように制御してもよい。また、領域(A)で基板処理を行うために、改質処理工程中に不活性ガスなどの冷却ガスを処理室201内に供給して、処理温度を維持するようにしてもよい。本実施例においては、例えばバルブ243dを開け、MFC241を介してガス供給管232dから供給される第2の不活性ガスを冷却ガスとして供給する。なお、本実施形態では、第2の不活性ガスとしてN₂ガスを供給する。

[0059] ウエハ200の温度は、石英サセプタ101aの表面温度を温度センサ263によって測定した値から、記憶装置121cまたは外部記憶装置122に予め記憶された温度変換データによって推測される。マイクロ波発振器655-1、655-2は、導波管654-1と654-2を介して電磁波導入ポート653-1と653-2からマイクロ波を処理室201内に供給する。処理室201内に供給されたマイクロ波はウエハ200に入射して効率的に吸収されるために、ウエハ200を極めて効果的に加熱することが可能となる。

[0060] マイクロ波発振器655を制御することでウエハ200を上述した所定の処理温度まで加熱すると、予め定められた時間、当該処理温度を維持する。このようにマイクロ波発振器655を制御することでマイクロ波ウエハ200の表面上に形成されたSiO₂膜の改質処理を行う。

[0061] ウエハ200を加熱する場合、マイクロ波発振器655-1、655-2は、マイクロ波を間欠的に供給しながらマイクロ波発振器655-1、655-2の出力を大きくするように制御されることが好ましい。すなわち、マイクロ波発振器からのマイクロ波供給を間欠的に供給するパルス制御と、マイクロ波発振器655-1、655-2の出力を線形的に制御するパワーリミ

ット制御を組合せて行うようにすることが好ましい。このようにウエハ２００の昇温時にマイクロ波をパルス制御して供給することによって処理室２０１内に定在波が形成されてウエハ表面に集中して加熱される領域（マイクロ波集中領域、ホットスポット）が形成されたとしても、マイクロ波を供給しない時間（ＯＦＦ時間）を設けることができる。マイクロ波を供給しないタイミングを設けることによって、マイクロ波集中領域に生じた熱がウエハ２００の面内全体に伝達され、ウエハ２００の面内温度を均一に維持することが可能となる。このようにウエハ２００の面内で熱伝達が起きる期間を設けることによって、マイクロ波集中領域が集中して加熱されてしまうことを抑制することが可能となる。

したがって、マイクロ波をパルス制御して供給することによって、マイクロ波集中領域だけが集中して加熱され、マイクロ波集中領域とその他のウエハ面との温度差が大きくなることを抑制することができ、すなわち、マイクロ波集中領域のみが集中的かつ連続的に加熱されることによってウエハ２００の表面に温度差が生じることを抑制でき、生じた温度差によってウエハ２００が割れたり、反ったり、歪んだりするといったウエハ変形を抑制することが可能となる。

[0062] 以上のようにマイクロ波発振器６５５を制御することによって、ウエハ２００を加熱し、ウエハ２００表面上に形成されているＳｉＯ₂膜を改質させる。すなわち、ウエハ２００を均一に改質することが可能となる（Ｓ３０５）。

[0063] 予め設定された処理時間が経過すると、ポート２１７の回転、ガスの供給、マイクロ波の供給および排気管の排気が停止する。

[0064] （搬出工程（Ｓ３０６））

処理室２０１内の圧力を大気圧復帰させた後に、駆動機構２６７は載置台２１０を下降させることにより、炉口を開口するとともに、ポート２１７を搬送空間２０３に搬出（ポートアンローディング）する。その後ポートに載置されているウエハ２００を搬送空間２３の外部に位置する搬送室に搬出す

る（S306）。

以上の動作が繰り返されることにより、ウエハ200が改質処理されることとなる。

[0065] （3）H原子添加工程の有無に関する比較

次に、H原子添加工程S304を実施した場合と実施しない場合の改質処理による改質後の膜質特性の比較について図5～図7を用いて説明する。ここで、ウェットエッチレート（Wet Etch Rate、略称：WER）とは、純粋で希釈したフッ化水素にSi酸化膜を曝露した時のSi酸化膜がエッチングされるエッチング速度のことを示している。また、ウェットエッチレート比（Wet Etch Rate Ratio、略称：WERR）とは、900℃のO雰囲気下でSi基板表面にOを拡散させる熱処理によって形成されたSi酸化膜（Si熱酸化膜）のエッチング速度を1とした時のWERの相対比のことを示している。

[0066] 図5（A）に示すように、H原子添加工程S304を実施しておらず、H含有率が0.5%未満であるウエハ200の場合、改質工程S305前のWERRが3.31であるのに対し、改質工程後のWERRが3.10となっていることが確認できる。これに対し、図5（B）に示すように、H原子添加工程S304を実施し、H含有率が0.5%以上であるウエハ200の場合、改質工程S305前のWERRが4.73であるのに対し、改質工程S305後のWERRが1.75まで低減されていることが確認できる。これは、ウエハ200の表面にH原子が添加されることによって、ウエハ200とH原子とが結合することで比誘電率が変化し、マイクロ波を吸収し易くなり、ウエハ200を均一に加熱可能となったためと考えられる。

[0067] また、図6に示すように、H原子添加工程S305を実施したウエハ200に対して改質工程前と改質工程後の不純物濃度を比較してみると、H原子、C原子、N原子、Cl原子の全ての濃度が低下していることが確認できる。

[0068] また、図7に示すように、抵抗加熱源を用いたヒータによってウエハ200

0を830℃で60min改質処理（Furnace Anneal）した場合、未処理ウエハ200のWERR4.73に比べて、WERRは2.44と低くなっている。これに対して、マイクロ波加熱によってウエハ200を850℃で15min改質処理（MWA）した場合、WERRが1.75と低くなっており、抵抗加熱源により改質処理する場合に比べてマイクロ波加熱により改質処理した場合の方が、WERRを低くすることが可能となるだけでなく、処理時間も大きく短縮することが可能となる。

[0069] （4）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つまたは複数の効果を得ることができる。

[0070] （a）H原子添加工程の後に電磁波による改質工程を連続して実施することによって、ウエハの電磁波吸収効率を向上させることが可能となり、ウエハを均一に処理することが可能となる。

[0071] （b）ウエハを均一に処理することが可能となるため、ウエハのWERR、すなわち、WERRを大きく低減することが可能となる。

[0072] （c）ウエハの電磁波吸収効率が向上するため、ウエハの改質処理時間を短縮することが可能となり、基板処理のスループットを向上させることが可能となる。

（d）ウエハに添加するH原子の含有率を0.5%以上、80%以下とすることで、処理対象膜の特性を変化させることなく、効率よく処理対象膜を改質することが可能となる。

[0073] （5）第1の実施形態の変形例

本実施形態における基板処理装置は、上述の態様に限定されず、以下に示す変形例のように変更することができる。

[0074] （変形例1）

図8に示すように、第1の実施形態における変形例1は、ポート217がウエハ200を複数多段に保持可能な、いわゆる、縦型バッチ式の基板処理装置として構成している。具体的には、ポート217に保持された石英プレ

ート１０１ aと１０１ bの間に複数枚のウエハ２００を所定の間隔で水平多段に保持するように構成し、上述した基板処理工程の順番で保持された複数枚のウエハ２００が均等に処理される。このように構成することによって、一度の処理で複数枚のウエハ２００が処理可能となり、基板処理のスループットを向上させることが可能となる。

[0075] (変形例２)

また、図９に示すように、第１の実施形態における変形例２は、変形例１と同様に垂直方向多段にウエハ２００を複数枚保持可能な基板処理装置として構成している。しかし、変形例１が石英プレート１０１ aと１０１ bとの間に複数枚のウエハ２００を配置して処理する構成であるのに対し、変形例２では、ウエハ２００間に石英プレート１０１ cを配置し、ウエハ２００が石英プレート１０１間に必ず配置されるように構成されている。このように構成することによって、複数枚のウエハ２００をより均一に処理することが可能となる。

[0076] (変形例３)

また、図１０に示すように、第１の実施形態における変形例３は、ガス供給管２３２の下流方向の端部にガス供給ノズル９０１を設け、MFC２４１、バルブ２４３を介してウエハ２００の側面から処理室２０１内に上述した各種処理ガスを供給する構成としている。このように構成することによって、ウエハ２００に均等に各種処理ガスを供給することが可能となり、H原子添加工程Ｓ３０４や改質処理Ｓ３０５の面内均一性を向上させることが可能となる。仮にウエハ２００を変形例１や変形例２のように複数枚多段に配置する構成とした場合には、ウエハ２００間における面間均一性も向上させることが可能となる。

[0077] <本発明の第２の実施形態>

次に本発明の第２の実施形態を図１１および図１２を用いて説明する。なお、本実施形態において、第１の実施形態と同一の機能を有する構成要素については同一の参照番号を付し、説明を省略する。

[0078] (1) 基板処理装置の構成

第2の実施形態において、第1の実施形態と異なる点は、図12に示すように基板処理工程において、H原子添加工程を行う装置と改質工程を行う処理室（装置）が異なる点である。すなわち、第1の実施形態では、H原子添加工程と改質工程とを同一装置（In-situ）で連続して行うのに対し、第2の実施形態では、H原子添加工程と改質工程とを異なる装置（Ex-situ）で装置間基板搬送工程を介して行うこととなる。

[0079] 図11に示すように、本実施形態に係る基板処理装置1100は、1つの筐体に対して複数の処理室（Process Module、略称：PM）1201を有するクラスタ型の処理装置であり、プラズマ生成部が接続され、H原子添加工程を行う処理室1201a、1201bと、電磁波供給部が接続され、電磁波加熱による改質工程を行う処理室1202a、1202bとを備えている。処理室1201a、1201b、1202a、1202bのそれぞれには、ゲートバルブ150a、150b、150c、150dを介してそれぞれ隣接して連結されている。以降、特に区別して説明する必要のない限り、H原子添加工程を行う処理室1201a、1201bは処理室1201とし、電磁波加熱による改質工程を行う処理室1202a、1202bは処理室1202とし、ゲートバルブ150a、150b、150c、150dはゲートバルブ150として説明する。

[0080] 基板処理装置1100は、真空状態などの大気圧未満の圧力（負圧）に耐え得るロードロックチャンバ構造に構成された第1の搬送室1103を備えており、第1の搬送室1103の筐体1101は平面視が五角形で上下両端が閉塞した箱形状に形成されている。第1の搬送室1103には負圧下で複数枚のウエハ200を同時に移載出来る第1の搬送装置としての第1の基板移載機112が設置されている。ここで、第1の基板移載機112は、一枚のウエハ200を移載出来る装置でもよい。第1の基板移載機112は、昇降機構としての第1の基板移載機エレベータ113によって、第1の搬送室1103の気密性を維持しつつ昇降できるように構成されている。

[0081] 筐体 101 の五枚の側壁のうち前側に位置する二枚の側壁には、搬入用の予備室と搬出用の予備室とを併用可能な予備室 1122 と 1123 がそれぞれゲートバルブ 126, 127 を介して連結されており、それぞれ負圧に耐え得る構造で構成されている。さらに、予備室（ロードロック室）1122, 1123 には図示しない基板支持台により複数枚（例えば 2 枚）のウエハ 200 を積み重ねるように置くことが可能である。

[0082] また、第 2 の搬送室 1121 の筐体 125 には、ウエハ 200 を第 2 の搬送室 1121 に対して搬入搬出するための基板搬入搬出口 134 と、ポッドオープナ 108 が設置されている。基板搬入搬出口 134 を挟んでポッドオープナ 108 と反対側、すなわち筐体 125 の外側にはロードポート（ＩＯステージ）105 が設置されている。ポッドオープナ 108 は、ポッド 110 のキャップ 110a を開閉すると共に基板搬入搬出口 134 を閉塞可能なクロージャと、クロージャを駆動する駆動機構とを備えており、ロードポート 105 に載置されたポッド 110 のキャップ 110a を開閉することにより、ポッド 110 に対するウエハ 200 の出し入れを可能にする。

[0083] 予備室 1122 および予備室 1123 には、略大気圧下で用いられる第 2 の搬送室 1121 がゲートバルブ 128, 129 を介して連結されている。第 2 の搬送室 1121 にはウエハ 200 を移載する第 2 の搬送装置としての第 2 の基板移載機 124 が設置されている。第 2 の基板移載機 124 は、第 2 の搬送室 121 に設置された図示しない第 2 の基板移載機エレベータによって昇降可能に構成されているとともに、図示しないリニアアクチュエータによって左右方向に往復移動可能に構成されている。

[0084] （２）基板処理工程

次に、上述の基板処理装置 1100 を用いて、第 1 の実施形態同様に、基板上に形成されたシリコン含有膜としての Si 酸化膜（ SiO_2 ）の改質方法の一例について図 12 に示す処理フローに沿って説明する。第 1 の実施形態と同様、基板処理装置 1100 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。なお、以下の基板処理工程において、第 1 の実施形態と

同様の効果が得られる処理については詳細な説明を省略する。

[0085] (基板搬入工程 (H原子添加用PM) (S1001))

ポッド110がロードポート105に載置されると、ポッドオープナ108によってキャップ110aが開放され、所定枚数のウエハ200が第2の搬送装置124によって予備室1122または1123に搬入される。予備室1122または1123に搬入されたウエハ200は第1の搬送装置112によって保持され、H原子添加処理を行うH原子添加装置としての処理室1201aまたは1201bのいずれかに搬入される (S1001)。

[0086] (水素 (H) 原子添加工程 (S1002))

処理室1201にウエハ200が搬入されると、処理室1201内を所定の圧力および温度に維持し、処理ガスとしてH原子を含有するガスを処理室1201内に供給し、当該ガスをプラズマ励起することによりSiO₂膜に対するH原子添加工程を実施する (S1002)。このとき、第1の実施形態において、H原子添加工程は電磁波を用いた加熱装置によって処理温度まで昇温していたが、本実施形態におけるH原子添加工程では、電磁波を用いた加熱装置に限らず、抵抗加熱による加熱装置によって昇温されるようにしてもよい。本実施形態において使用されるH原子含有ガスは、第1の実施形態と同様に、H₂ガス、H₂Oガス、H₂O₂ガス、重水素Dを含むガス、又はこれらの組合せた混合ガスを用いることができる。H原子添加工程における各処理条件は第1の実施形態と同様である。

[0087] (基板搬出工程 (H原子添加用PM) (S1003))

H原子添加工程S1002が完了すると、H原子添加処理が行われたウエハ200は、第1の搬送装置112によって保持され、処理室1201から搬出される (S1003)。

[0088] (装置間基板搬送工程 (S1004))

処理室1201から搬出されたウエハ200は、第1の搬送装置112に保持された状態で改質工程を行う処理室1202へ搬送される (S1004)。

[0089] (基板搬入工程 (アニール用PM) (S1005))

第1の搬送装置112に保持されたウエハ200は、アニール装置としての処理室1202aまたは1202bのいずれかに搬入される(S1005)。

[0090] (改質工程 (S1006))

処理室1202にウエハ200が搬入されると、処理室1201内を所定の圧力および温度に維持し、不活性ガスを処理室1202内に供給し、マイクロ波発振器655を供給する。マイクロ波発振器655を供給することによって、ウエハ200を加熱し、ウエハ200表面上に形成されているSiO₂膜を改質させる。すなわち、ウエハ200を均一に改質することが可能となる(S1006)。

[0091] (基板搬出工程 (アニール用PM) (S1007))

改質工程S1006が完了すると、改質処理が行われたウエハ200は、第1の搬送装置112によって保持され、処理室1202から搬出される(S1007)。

その後、第1の搬送装置112に保持された状態で、予備室1122または1123に搬入され、第2の搬送装置124によって、ポッド110へ搬送される。

以上の工程を行うことによって、第2の実施形態におけるH原子添加処理と改質処理が行われる。

[0092] (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つまたは複数の効果を得ることができる。

[0093] (e) H原子添加処理と改質処理とを異なる装置、すなわち異なる処理室で行うことが可能となり、それぞれの処理におけるガス供給制御や処理室内の圧力制御が単純化することが可能となる。

(f) H原子添加処理と改質処理とを異なる処理室で行うことが可能となるため、各種処理が完了した段階で次の未処理ウエハを処理することが可能と

なり、スループットの向上を図ることが可能となる。

[0094] <本発明の第3の実施形態>

次に本発明の第3の実施形態を図13を用いて説明する。第3の実施形態は第2の実施形態におけるH原子添加処理を行うPMにおいて、膜形成用の原料ガスと反応ガスとしての処理ガスを原料ガス供給系、反応ガス供給系のそれぞれから供給し、下地膜を形成可能としている点で第2の実施形態と異なる。なお、第3の実施形態で使用する装置の構成は、図11と同様であるため、装置構成についての詳細な説明は省略する。また、以下の基板処理工程において、後述するパージ工程S1303以降のH原子添加工程、基板搬出工程(膜形成-H原子添加用PM)、PM間基板搬送工程、基板搬入工程(アニール用PM)、改質工程、基板搬出工程は、第2の実施形態と実質的に同一であるため、詳細な説明は省略する。

[0095] (1) 基板処理工程

(基板搬入工程(膜形成-H原子添加用PM)(S1301))

図13に示すように、第2の実施形態と同様に未処理のウエハ200が、第1の搬送装置112によって膜形成およびH原子添加用のPM1201に搬入される(S1301)。

[0096] (膜形成工程(S1302))

未処理のウエハ200が、処理室1201に搬入されると、所定の膜を形成する為、原料ガス、反応ガスおよびパージガスがそれぞれ同時または交互に所定のタイミングで供給される。

[0097] 例えば、下地膜としてのSiO₂膜を形成しようとする場合、原料ガスとしてSi含有ガスであるビスターシャリーブチルアミノシラン(SiH₂[NH(C₄H₉)]₂、略称:BTBAS)ガス、原料ガスとは化学構造が異なる反応体(リアクタント)としてO含有ガスである酸素(O₂)ガスを用いることができる。また、パージガスとして不活性ガスであるN₂ガスを用いることができる。

[0098] SiO₂膜を形成する場合、まず、原料ガスであるBTBASガスを処理室

1201に供給してSi原子含有層、またはBTBASの吸着層、またはその両方をウエハ200の表面に形成する。ウエハ200の表面にSi原子含有層、またはBTBASの吸着層、またはその両方をウエハ200の表面に形成すると、処理室1201内にN₂ガスを供給し、処理室1201内をパージする。処理室1201内がパージされると、次にO₂ガスを供給し、プラズマやヒータ加熱などによって活性化されたO₂ガスがウエハ200の表面に供給されて反応し、ウエハ200表面にSiO₂膜を形成する。O₂ガス供給後、必要に応じて再度N₂ガスを供給してパージしてもよい。このように、原料ガス、パージガス、反応体、パージガスの順にそれぞれのガスを供給するステップを所定回数繰り返すことで所望の膜厚を有するSiO₂膜を形成することが可能となる（S1302）。

[0099] （パージ工程（S1303））

所定の下地膜が形成されると、処理室1201内の残留ガスをパージするため、N₂ガスが処理室1202内に供給され、パージ工程が行われる（S1303）。

[0100] （2）本実施形態による効果

本実施形態によれば以下に示す効果を得ることができる。

（g）H原子添加工程を実施する反応室において下地膜を形成可能とすることによって、下地膜の膜形成工程と下地膜にH原子を添加するH原子添加工程とを連続（In-situ）で行うことが可能となり、ウエハ処理の効率向上が可能となる。

[0101] 以上、本発明を実施形態に沿って説明してきたが、上述の各実施形態や各変形例等は、適宜組み合わせて用いることができ、その効果も得ることができる。

[0102] 例えば、上述の各実施形態では、下地膜として、SiO₂膜を改質する処理について記載したが、これに限らず、非晶質Si（アモルファスSi）膜を多結晶Si（ポリSi）膜に改質してもよく、酸素（O）、窒素（N）、炭素（C）、水素（H）のうち、少なくとも1つ以上を含むガスを供給させて

、ウエハ200の表面に形成された膜を改質してもよい。例えば、ウエハ200に、高誘電体膜としてのハフニウム酸化膜(Hf_xO_y 膜)が形成されている場合に、酸素を含むガスを供給しながらマイクロ波を供給して加熱させることによって、ハフニウム酸化膜中の欠損した酸素を補充し、高誘電体膜の特性を向上させることができる。

なお、ここでは、ハフニウム酸化膜について示したが、これに限らず、アルミニウム(AI)、チタニウム(Ti)、ジルコニウム(Zr)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、ランタン(La)、セリウム(Ce)、イットリウム(Y)、バリウム(Ba)、ストロンチウム(Sr)、カルシウム(Ca)、鉛(Pb)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)等の少なくともいずれかを含む金属元素を含む酸化膜、すなわち、金属系酸化膜を改質する場合においても、好適に適用可能である。すなわち、上述の成膜シーケンスは、ウエハ200上に、 TiOCN 膜、 TiOC 膜、 TiON 膜、 TiO 膜、 ZrOCN 膜、 ZrOC 膜、 ZrON 膜、 ZrO 膜、 HfOCN 膜、 HfOC 膜、 HfON 膜、 HfO 膜、 TaOCN 膜、 TaOC 膜、 TaON 膜、 TaO 膜、 NbOCN 膜、 NbOC 膜、 NbON 膜、 NbO 膜、 AlOCN 膜、 AlOC 膜、 AlON 膜、 AlO 膜、 MoOCN 膜、 MoOC 膜、 MoON 膜、 MoO 膜、 WOCN 膜、 WOC 膜、 WON 膜、 WO 膜を改質する場合にも、好適に適用することが可能となる。

[0103] また、高誘電体膜に限らず、不純物がドーピングされたSiを主成分とする膜を加熱させるようにしてもよい。Siを主成分とする膜としては、Si窒化膜(SiN 膜)、Si酸炭化膜(SiOC 膜)、Si酸炭窒化膜(SiOCN 膜)、Si酸窒化膜(SiON 膜)等のSi含有膜がある。不純物としては、例えば、臭素(B)、炭素(C)、窒素(N)、アルミニウム(AI)、リン(P)、ガリウム(Ga)、砒素(As)などの少なくとも1つ以上を含む。

[0104] また、メタクリル酸メチル樹脂(Poly methyl methacrylate: PMMA)、エポキシ樹脂、ノボラック樹脂、ポリビニルフェ

ニール樹脂などの少なくともいずれかをベースとするレジスト膜であってもよい。

[0105] また、下地膜がH原子を多く含有するように、下地膜形成時にH原子を含有するガスを原料ガスまたは反応ガスとして用いるようにしてもよい。

[0106] また、上述では、半導体装置の製造工程の一工程について記したが、これに限らず、液晶パネルの製造工程のパターニング処理、太陽電池の製造工程のパターニング処理や、パワーデバイスの製造工程のパターニング処理などの、基板を処理する技術にも適用可能である。

産業上の利用可能性

[0107] 以上述べたように、本発明によれば、処理対象を均一に処理可能な電磁波熱処理技術を提供することができる。

符号の説明

[0108] 101 a、101 b・・・石英プレート（石英板）
102・・・ケース（キャビティ）、
103・・・反応管、
104・・・キャップフランジ（閉塞板）、
121・・・コントローラ（制御部）、
200・・・ウエハ（基板）、
201・・・処理室、
210・・・載置台、
217・・・ボート（基板保持具）、
655・・・マイクロ波発振器（加熱装置）。

請求の範囲

[請求項1]

基板を処理する処理室と、
前記基板を電磁波によって加熱する加熱装置と、
前記処理室内に水素含有ガスを供給する水素含有ガス供給系と、前記処理室内に不活性ガスを供給する不活性ガス供給系とを少なくとも有するガス供給部と、
前記水素含有ガスをプラズマによって励起させるプラズマ生成部と、
前記プラズマ生成部によって励起された前記水素含有ガスを前記基板に供給して前記基板表面に水素原子を添加し、前記水素原子を添加した後に前記電磁波によって前記基板を加熱することで前記基板を改質させるように前記加熱装置、前記ガス供給部、前記プラズマ生成部のそれぞれを制御するよう構成される制御部と、
を有する基板処理装置。

[請求項2]

前記制御部は、前記水素原子を添加する処理と、該添加する処理が終わると直ぐに前記電磁波によって前記基板を改質する処理とを行うように前記加熱装置、前記ガス供給部、前記プラズマ生成部のそれぞれを制御するよう構成される請求項1に記載の基板処理装置。

[請求項3]

さらに前記処理室は、複数設けられ、前記プラズマ生成部が接続され、前記水素含有ガスをプラズマによって励起させて前記基板表面に水素原子を添加させる処理を行う第1の処理室と、前記加熱装置が接続され、前記第1の処理室で水素原子が添加された第2の処理室を有する請求項1に記載の基板処理装置。

[請求項4]

前記ガス供給部は、原料ガスを供給する原料ガス供給系と、反応ガスを供給する反応ガス供給系をさらに有し、
前記制御部は、前記基板表面に前記原料ガスと前記反応ガスとを供給することで、前記水素原子が添加される所定の膜を形成し、前記所定の膜を形成後に前記水素含有ガスを供給して前記水素原子を添加す

るよう、前記加熱装置、前記ガス供給部、前記プラズマ生成部のそれぞれを制御するよう構成される請求項 1 に記載の基板処理装置。

[請求項5] 前記制御部は、前記水素原子含有率が 0.5 % 以上となるように水素原子が添加されるように前記加熱装置、前記ガス供給部、前記プラズマ生成部のそれぞれを制御するよう構成される請求項 1 に記載の基板処理装置。

[請求項6] 前記制御部は、前記水素原子含有率が 80 % 以下となるように水素原子が添加されるように前記加熱装置、前記ガス供給部、前記プラズマ生成部のそれぞれを制御するよう構成される請求項 1 に記載の基板処理装置。

[請求項7] 前記加熱装置が供給する電磁波はマイクロ波である請求項 1 に記載の基板処理装置。

[請求項8] 基板を処理する処理室と、前記基板を電磁波によって加熱する加熱装置と、前記処理室内に水素含有ガスを供給する水素含有ガス供給系と、前記処理室内に不活性ガスを供給する不活性ガス供給系とを少なくとも有するガス供給部と、前記水素含有ガスをプラズマによって励起させるプラズマ生成部と、を有する基板処理装置を用いた半導体装置の製造方法であって、

前記基板を処理室内に搬入する工程と、

前記処理室内に水素含有ガスを供給し、前記プラズマ生成部によって生成されたプラズマによって前記水素含有ガスを励起し、水素原子を前記基板表面に添加する工程と、

前記加熱装置によって前記処理室内に電磁波を供給し、前記水素原子を添加した基板を改質する工程と、

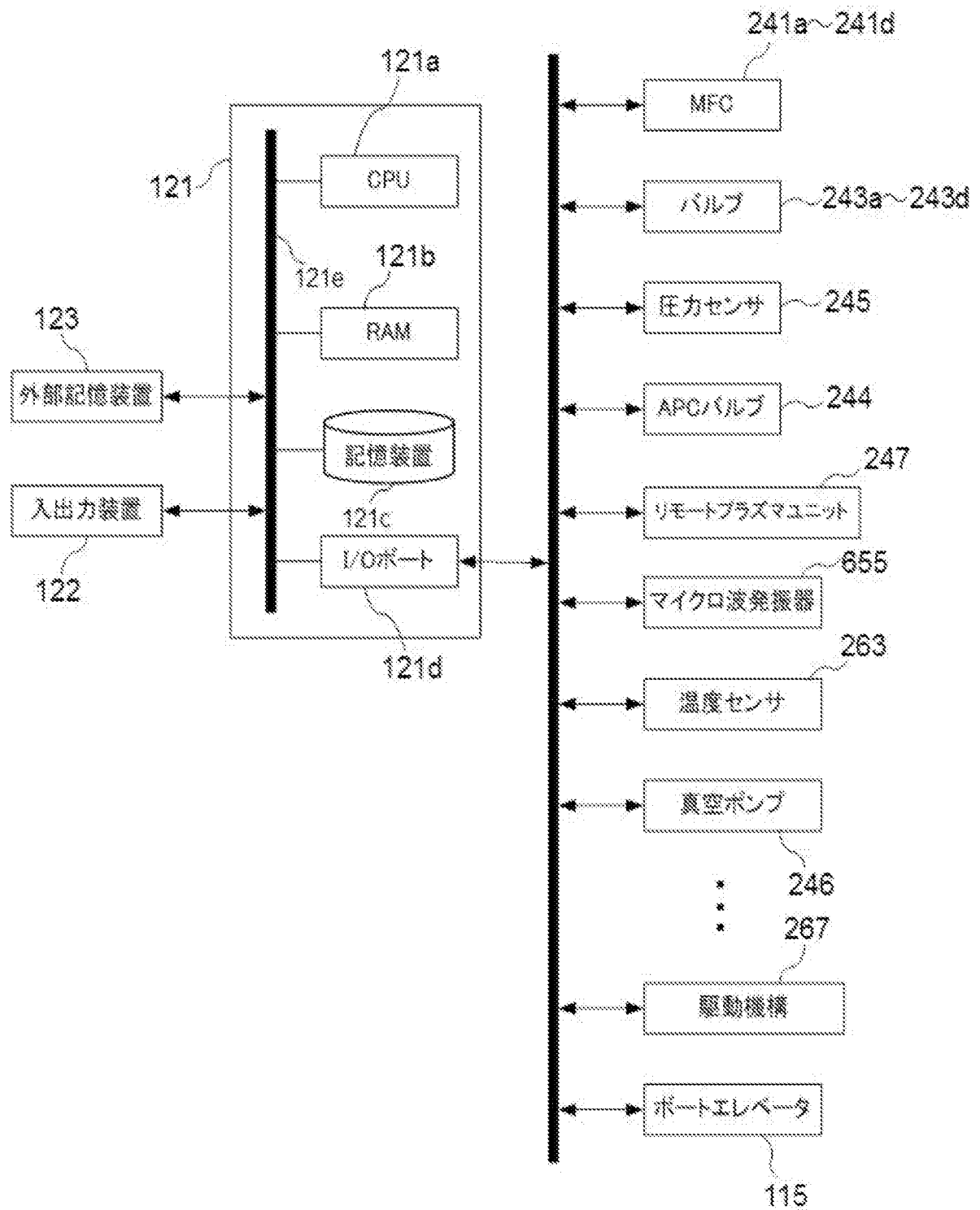
を有する半導体装置の製造方法。

[請求項9] 前記水素原子を前記基板表面に添加する工程と、該添加する処理が終わると直ぐに前記基板を改質する工程が実施される請求項 8 に記載の半導体装置の製造方法。

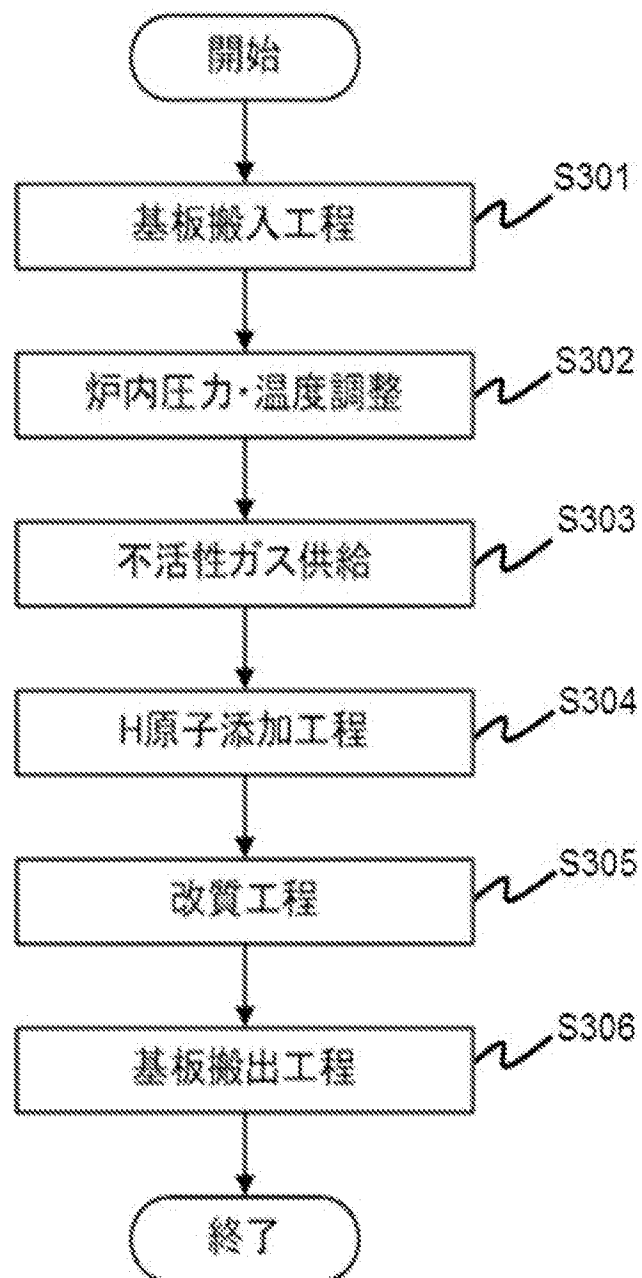
[請求項10] 前記水素原子を前記基板表面に添加する工程の前に前記処理室内に原料ガスと反応体を供給し、所定の膜を形成する工程と、
をさらに有する請求項8に記載の半導体装置の製造方法。

[請求項11] 基板を処理する処理室と、前記基板を電磁波によって加熱する加熱装置と、前記処理室内に水素含有ガスを供給する水素含有ガス供給系と、前記処理室内に不活性ガスを供給する不活性ガス供給系とを有するガス供給部と、前記水素含有ガスをプラズマによって励起させるプラズマ生成部と、を有する基板処理装置を用いたプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、
前記基板を処理室内に搬入する手順と、
前記処理室内に水素含有ガスを供給する手順と、
前記プラズマ生成部によって生成されたプラズマによって前記水素含有ガスを励起し、前記基板表面に供給して水素原子を添加する手順と、
前記加熱装置によって前記処理室内に電磁波を供給し、前記水素原子を添加した基板を改質する手順と、
をコンピュータによって前記基板処理装置に実行させるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

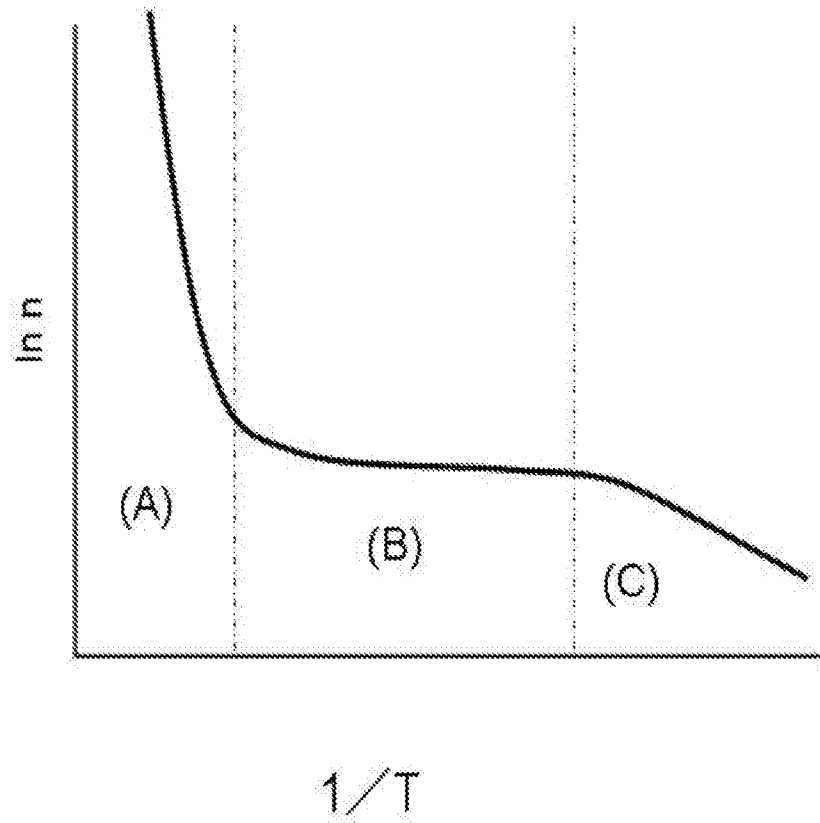
[図2]



[図3]

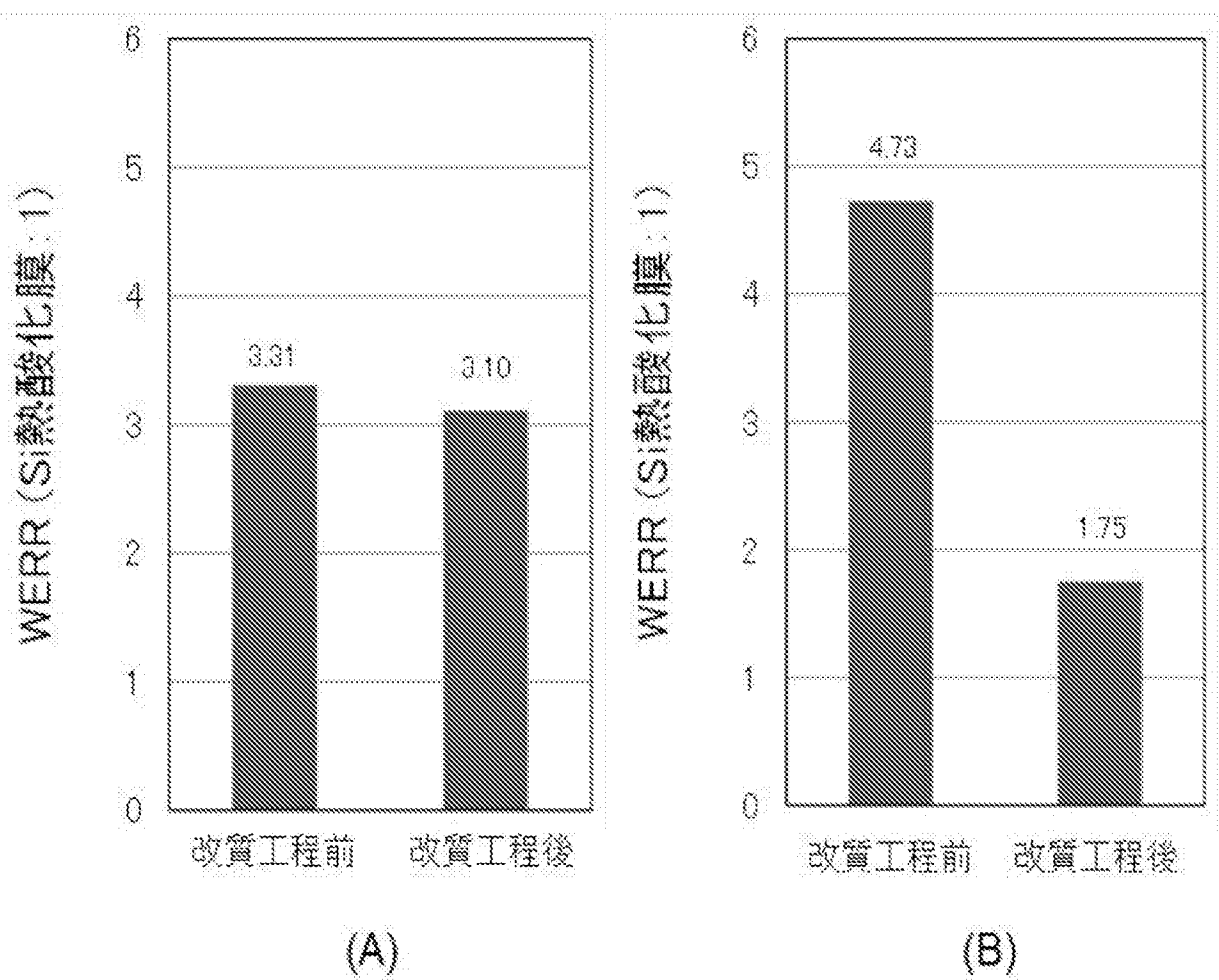


[図4]

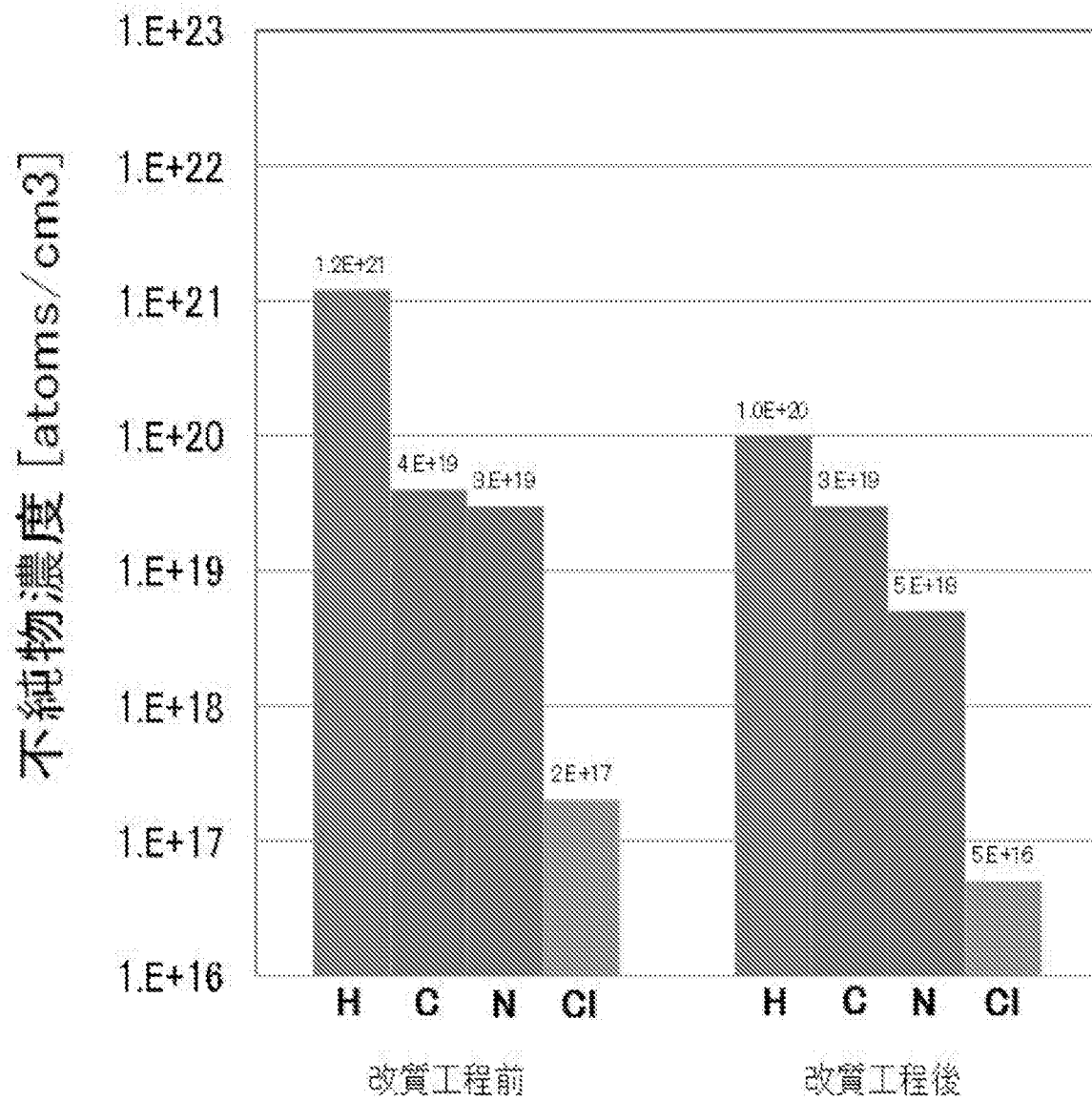


n: キャリア密度 T: 温度

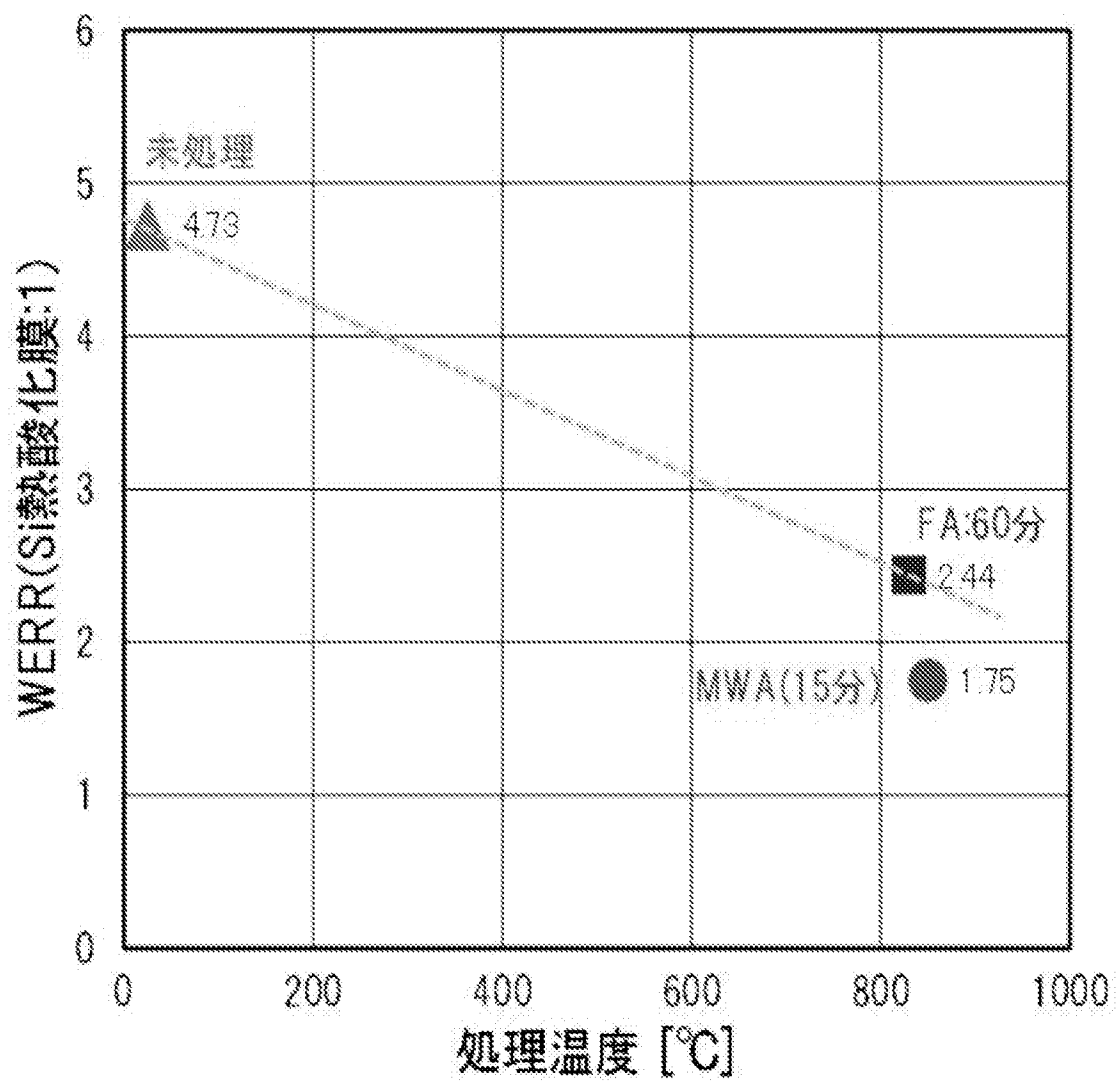
[図5]



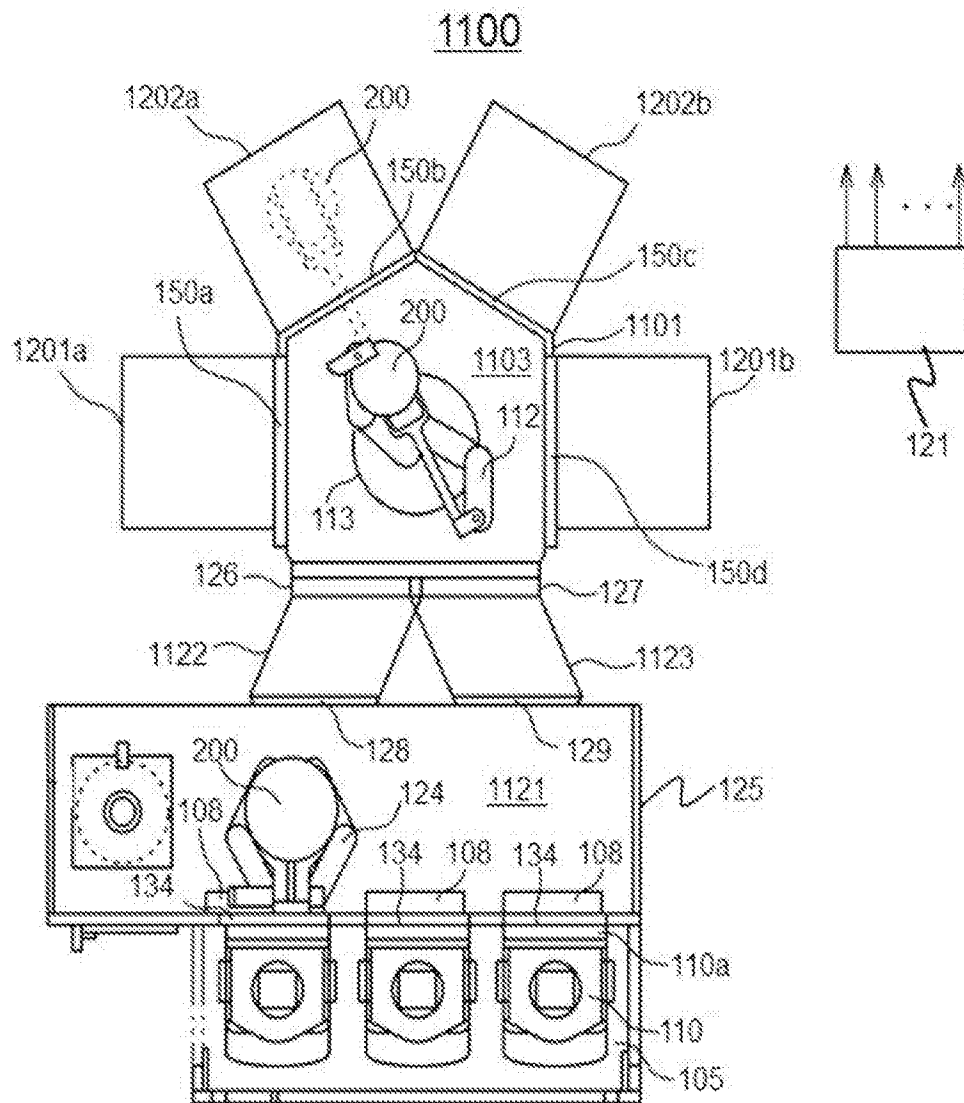
[図6]



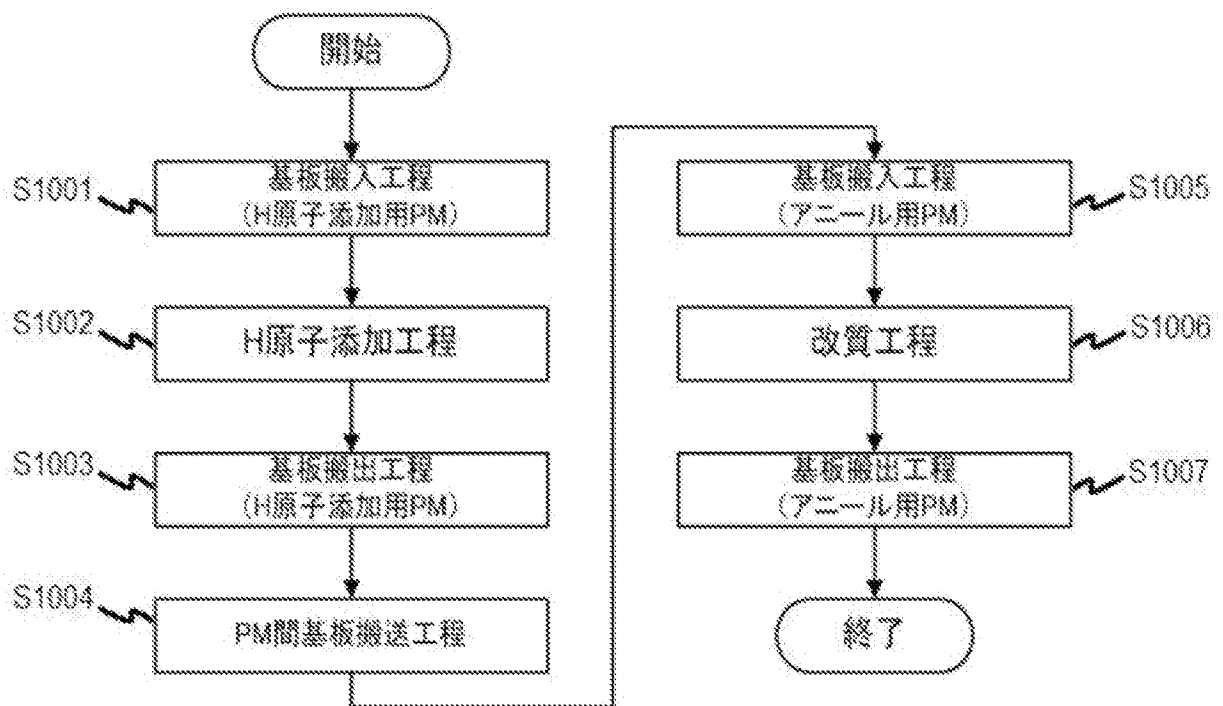
[図7]



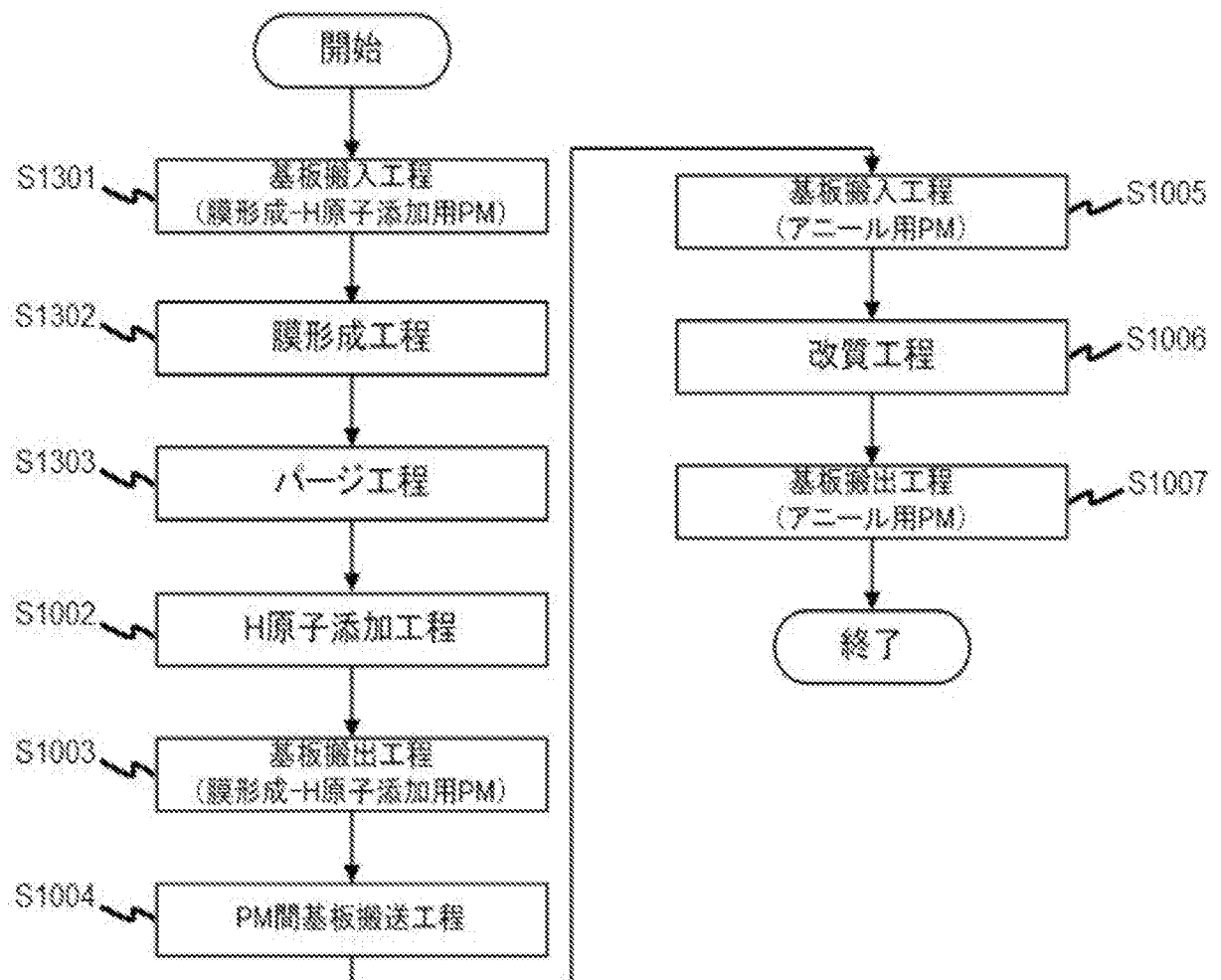
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/078031

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/20(2006.01)i, H01L21/265(2006.01)i, H01L21/316(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)

H01L21/20, H01L21/265, H01L21/316

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	JP 2011-249780 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 08 December 2011 (08.12.2011), paragraphs [0056] to [0057] (Family: none)	1-11
X Y	JP 2014-022653 A (Tokyo Electron Ltd.), 03 February 2014 (03.02.2014), claims; paragraphs [0036] to [0078]; fig. 1 & US 2014/0024200 A1 claims; paragraphs [0054] to [0104]; fig. 1 & KR 10-2014-0011989 A & CN 103572259 A & TW 201420802 A	1-6, 8-11 7

☒ 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
09 December 2016 (09.12.16)

Date of mailing of the international search report
20 December 2016 (20.12.16)

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/JP2016/078031

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 59-213137 A (N.V. Philips Gloeilampenfabrieken), 03 December 1984 (03.12.1984), claims; page 3, lower right column, line 11 to page 5, lower right column, line 18; fig. 1 to 3 & US 4605447 A claims; column 3, line 4 to column 5, line 38; fig. 1 to 3 & GB 8313477 D0 & EP 129265 A1 & DE 3473378 D1 & CA 1215479 A	1-6, 8-11 7
Y	JP 2012-186189 A (Toshiba Corp.), 27 September 2012 (27.09.2012), paragraphs [0002], [0022] to [0039]; fig. 4 & US 2014/0004690 A1 paragraphs [0023] to [0040]; fig. 4 & WO 2012/117787 A1 & TW 201237969 A	7
A	JP 08-298242 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 12 November 1996 (12.11.1996), claims; paragraphs [0016], [0051] to [0061], [0099] to [0101], [0127]; fig. 1 to 2 & US 5956581 A claims; column 15, line 21 to column 16, line 24; column 17, line 59 to column 18, line 24; fig. 1 to 2	1-11
A	JP 2007-227720 A (Fujitsu Ltd.), 06 September 2007 (06.09.2007), & US 2007/0200235 A1	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/20(2006.01)i, H01L21/265(2006.01)i, H01L21/316(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. H01L21/20, H01L21/265, H01L21/316

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 2011-249780 A（株式会社半導体エネルギー研究所）2011.12.08, 段落【0056】 - 【0057】（ファミリーなし）	1-11
X Y	JP 2014-022653 A（東京エレクトロン株式会社）2014.02.03, 特許請求の範囲, 段落【0036】 - 【0078】, 第1図 & US 2014/0024200 A1, 請求の範囲, 【0054】 - 【0104】, 第1図 & KR 10-2014-0011989 A & CN 103572259 A & TW 201420802 A	1-6, 8-11 7

☒ 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

09.12.2016

国際調査報告の発送日

20.12.2016

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）

桑原 清

50

9375

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
X Y	JP 59-213137 A (エヌ・ベー・フィリツプス・フルーイランペンフ アブリケン) 1984. 12. 03, 特許請求の範囲, 第 3 頁右下欄第 11 行-第 5 頁右下欄第 18 行, 第 1-3 図 & US 4605447 A, 請求の範囲, 第 3 欄第 4 行-第 5 欄第 38 行, 第 1-3 図 & GB 8313477 D0 & EP 129265 A1 & DE 3473378 D1 & CA 1215479 A	1-6, 8-11 7
Y	JP 2012-186189 A (株式会社東芝) 2012. 09. 27, 段落【0002】, 【0022】 - 【0039】, 第 4 図 & US 2014/0004690 A1, 段落【0023】 - 【0040】, 第 4 図 & WO 2012/117787 A1 & TW 201237969 A	7
A	JP 08-298242 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 1996. 11. 12, 特 許請求の範囲, 段落【0016】, 【0051】 - 【0061】, 【0099】 - 【0101】, 【0127】, 第 1-2 図 & US 5956581 A, 請求の範囲, 第 15 欄第 21 行-第 16 欄第 24 行, 第 17 欄第 59 行-第 18 欄第 24 行, 第 1-2 図	1-11
A	JP 2007-227720 A (富士通株式会社) 2007. 09. 06, & US 2007/0200235 A1	1-11