

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-188729

(P2006-188729A)

(43) 公開日 平成18年7月20日(2006.7.20)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
C23C 16/455 (2006.01)	C23C 16/455	4K030
H01L 21/31 (2006.01)	H01L 21/31	5F045
H05H 1/00 (2006.01)	H05H 1/00	C
H05H 1/46 (2006.01)	H05H 1/46	A
		M

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2005-961 (P2005-961)
 (22) 出願日 平成17年1月5日(2005.1.5)

(71) 出願人 000001122
 株式会社日立国際電気
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号
 (74) 代理人 100085637
 弁理士 梶原 辰也
 (72) 発明者 石丸 信雄
 東京都中野区東中野三丁目14番20号
 株式会社日立国際電気内
 Fターム(参考) 4K030 AA06 AA13 BA40 EA03 HA12
 HA17 JA10
 5F045 AA08 AA15 AB31 AB33 AB39
 AC01 AC12 DP19 DQ05 EH12
 GB08

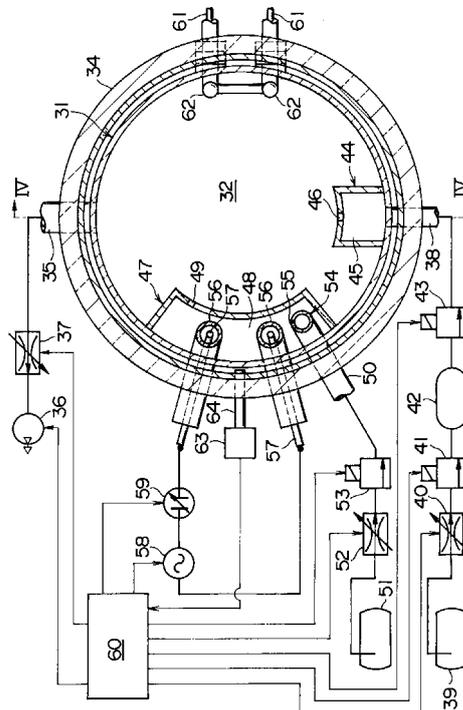
(54) 【発明の名称】 基板処理装置

(57) 【要約】

【課題】 プラズマの着火ミスや着火遅延による弊害を防止する。

【解決手段】 複数枚のウエハ1を一括処理する処理室32を形成したプロセスチューブ31と、処理室32にジクロロシランガス73を供給するガス供給管38と、処理室32にアンモニアガス71を供給するガス供給管50と、処理室32を排気する排気管35と、処理室32にプラズマを励起させる一対の電極57、57と、両電極に高周波電力を印加する高周波電源58とを備えたALD装置において、プラズマの発光を検出する光センサ63を処理室32の外部に配置し、光センサ63は高周波電源58を制御するコントローラ60を接続する。コントローラ60は光センサ63からの信号でプラズマの着火ミスや着火遅延を早期に検出して、プラズマ状態が最も不安定な着火状態が繰り返されるのを回避し、安定な成膜を確保できる状態を確保する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を収容して処理する処理室と、前記処理室内に複数の処理ガスを互いに混合しないように交互に供給および排出するガス供給手段と、前記処理室内を排気する排気手段と、前記処理室内にてプラズマを生成させて前記処理ガスのうち少なくとも一つの処理ガスを励起させる高周波電力が印加される一対の電極と、前記処理室の外部に配置されて前記プラズマの発光状態を検出する検出手段と、前記検出手段からの信号に基づきプラズマの着火ミスや着火遅延を判断する判断手段と、を備えていることを特徴とする基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、基板処理装置、特に、バッチ式リモートプラズマ処理装置に関し、例えば、半導体集積回路装置（以下、ICという。）の製造方法において、半導体素子を含む半導体集積回路を作り込む半導体ウエハ（以下、ウエハという。）に絶縁膜や金属膜を堆積（デポジション）するのに利用して有効なものに関する。

【背景技術】

【0002】

ICの製造方法において低温下でウエハに成膜する基板処理装置として、複数枚のウエハを一括して処理する処理室を形成したプロセスチューブと、処理室内に処理ガスを供給するガス供給手段と、処理室内を排気する排気手段と、処理室内にてプラズマを生成させて処理ガスを励起させる高周波電力が印加される一対の電極とを備えているバッチ式リモートプラズマ処理装置が、提案されている。例えば、特許文献1参照。

20

【特許文献1】特開2002-280378号公報

【0003】

このようなバッチ式リモートプラズマ処理装置を使用した低温での窒素膜の形成において、ジクロロシラン（ SiH_2Cl_2 、DCS）ガスとアンモニア（ NH_3 ）ガスとを交互に供給することにより、シリコン（Si）層と窒素（ N_2 ）層とをそれぞれ一層ずつ形成する原子層成膜（Atomic Layer Deposition、以下、ALDという。）法を実施し、このALD法の実施に際して、アンモニアガスの供給時にアンモニアガスをプラズマで活性化して供給したところ、高品質の窒化膜が得られた。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、前記したバッチ式リモートプラズマ処理装置を使用したALD法においては、ジクロロシランガスの供給とアンモニアガスの供給とが短時間で切り換えられ、その都度、プラズマの点火と消火とが繰り返されることにより、プラズマ状態が最も不安定な着火状態が何度も繰り返されるために、着火ミスや着火遅延が発生し易いという問題点があることが本発明者によって明らかにされた。

【0005】

本発明の目的は、プラズマの着火ミスや着火遅延による弊害を防止することができる基板処理装置を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る基板処理装置は、基板を収容して処理する処理室と、前記処理室内に複数の処理ガスを互いに混合しないように交互に供給および排出するガス供給手段と、前記処理室内を排気する排気手段と、前記処理室内にてプラズマを生成させて、前記処理ガスのうち少なくとも一つの処理ガスを励起させる高周波電力が印加される一対の電極と、前記処理室の外部に配置されて前記プラズマの発光状態を検出する検出手段と、前記検出手段からの信号に基づきプラズマの着火ミスや着火遅延を判断する判断手段と、を備えていることを特徴とする。

50

【発明の効果】

【0007】

前記手段によれば、プラズマの着火ミスや着火遅延を早期に検出することにより、プラズマの着火を確実にこなうことができるので、所謂不良ロットの低減を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

以下、本発明の一実施の形態を図面に即して説明する。

【0009】

本実施の形態において、本発明に係る基板処理装置は、ウエハ等の基板へのプラズマ処理例としてのプラズマCVD法の一つであるALD法を実施するALD装置として構成されている。 10

ALD法は、ある成膜条件（温度、時間等）の下で、成膜に用いる2種類（またはそれ以上）の原料となるガスを1種類ずつ順次に基板上に供給し、1原子層単位で吸着させ、表面反応を利用して成膜を行う方法である。

例えば、シリコン窒化（SiNx）膜を形成する場合のALD法においては、DCS（SiH₂Cl₂、ジクロロシラン）とNH₃（アンモニア）を用いて、300～600の低温で、高品質の成膜が可能である。

そして、複数種類の反応性ガスは1種類ずつ順次に供給する。また、膜厚の制御は反応性ガス供給のサイクル数によって実行することができる。例えば、成膜速度が1 / サイクルとすると、20 の膜を形成する場合には、複数種類のガスの供給は20サイクル行う。 20

【0010】

図1に示されているように、本実施の形態に係るALD装置10は筐体11を備えており、筐体11の前面にはカセット授受ユニット12が設備されている。カセット授受ユニット12はウエハ1のキャリアであるカセット2を二台載置することができるカセットステージ13を備えており、カセットステージ13は90度回転することにより、カセット2を水平姿勢にさせるように構成されている。カセットステージ13の下方にはウエハ姿勢整合装置14が二組設備されている。

そして、外部搬送装置（図示せず）によって搬送されて来たカセット2がカセットステージ13に垂直姿勢（カセット2に収納されたウエハ1が垂直になる状態）で載置されると、ウエハ姿勢整合装置14がカセット2に収納されたウエハ1のノッチやオリエンテーションフラットが同一になるようにウエハ1の姿勢を整合する。 30

【0011】

筐体11の内部にはカセット授受ユニット12に対向してカセット棚15が設備されており、カセット授受ユニット12の上方には予備カセット棚16が設備されている。

カセット授受ユニット12とカセット棚15との間には、カセット移載装置17が設備されている。カセット移載装置17は前後方向に進退可能なロボットアーム18を備えており、ロボットアーム18は横行および昇降可能に構成されている。ロボットアーム18は進退、昇降および横行の協働によって、カセットステージ13の上の水平姿勢となったカセット2をカセット棚15または予備カセット棚16へ搬送して移載するように構成されている。 40

【0012】

カセット棚15の後方には複数枚のウエハ1を一括して移載することができるウエハ移載装置19が回転および昇降可能に設備されている。ウエハ移載装置19は進退可能なウエハ保持部20を備えており、ウエハ保持部20には複数枚のウエハ保持プレート21が水平に取り付けられている。なお、ウエハ移載装置19はウエハ1を一枚ずつ移載するように構成される場合もある。

ウエハ移載装置19の後方には、複数枚のウエハ1を保持したポート25を昇降させるポートエレベータ22が設備されており、ポートエレベータ22のアーム23にはポート 50

25がシールキャップ24を介して水平に設置されている。

【0013】

図2に示されているように、シールキャップ24はプロセスチューブ31の炉口33の内径よりも大径の外径を有する円盤形状に形成されている。シールキャップ24はプロセスチューブ31の下端面にシールリング24aを挟んで当接することにより、プロセスチューブ31の炉口33を閉塞するようになっている。シールキャップ24の中心線上にはポート25が断熱キャップ部26を介して垂直に立脚されて支持されている。

シールキャップ24の中心線上には回転軸27が挿通されており、回転軸27はシールキャップ24と共に昇降し、かつ、回転駆動装置28によって回転されるように構成されている。回転軸27の上端には支持板29が水平に固定されており、支持板29の上にはポート25が断熱キャップ部26を介して垂直に立脚されて支持されている。

10

【0014】

ポート25は上下で一对の端板25a、25bと、両端板25aと25bとの間に架設されて垂直に配設された複数本(本実施の形態では三本)の保持部材25cとを備えている。各保持部材25cには多数条の保持溝25dが長手方向に等間隔に配されて、同一平面内で互いに対向して開口するように没設されている。

そして、ウエハ1の外周縁辺が各保持部材25cの多数条の保持溝25d間にそれぞれ挿入されることにより、複数枚のウエハ1がポート25に水平にかつ互いに中心を揃えられた状態で整列されて保持されるようになっている。

【0015】

図2～図4に示されているように、ALD装置10は石英(SiO_2)が用いられて一体的に形成されたプロセスチューブ31を備えている。プロセスチューブ31は一端が開口し他端が閉塞した円筒形状に形成されており、プロセスチューブ31は中心線が垂直になるように縦に配されて固定的に支持されている。

20

プロセスチューブ31の筒中空部は複数枚のウエハ1を収容して処理する処理室32を形成しており、プロセスチューブ31の下端開口はウエハ1を出し入れする炉口33を形成している。プロセスチューブ31の内径は取り扱うウエハ1の最大外径よりも大きくするように設定されている。

プロセスチューブ31の外部にはプロセスチューブ31の周囲を包囲するヒータユニット34が同心円に設備されており、ヒータユニット34は処理室32を全体にわたって均一または所定の温度分布に加熱するように構成されている。ヒータユニット34はALD装置10の筐体11に支持されることにより垂直に据え付けられた状態になっている。

30

【0016】

プロセスチューブ31の炉口33の付近における側壁の一部には、処理室32を真空引きする排気管35の一端が接続されている。図3に示されているように、排気管35の他端は可変流量制御弁37を介して真空ポンプ36に接続されている。

なお、可変流量制御弁37は弁体の開度を調節して排気量を調整することにより、処理室32の圧力を制御するように構成されている。

【0017】

プロセスチューブ31の炉口33の付近の側壁における排気管35と略180度反対側の位置には、ガス供給管38の一端が接続されている。図3に示されているように、ガス供給管38の他端はALD法における所定のガス種を供給するガス供給源39に接続されている。ガス供給管38の途中にはガス供給源39の側から順に、可変流量制御弁40と上流側開閉弁41とガス溜め42と下流側開閉弁43とが介設されている。

40

プロセスチューブ31におけるガス供給管38と対向する部分には、樋形状の隔壁44がプロセスチューブ31の内周面と平行で上下方向に延在するように敷設されており、隔壁44はガス供給室45を形成するように構成されている。

図4に示されているように、隔壁44には複数個の吹出口46がポート25の上下で隣り合うウエハ1、1間に対向するように配列されて開設されており、各吹出口46はガス供給室45に供給されたガスを均等に吹き出させるように設定されている。

50

吹出口 4 6 の開口面積はガス供給室 4 5 と処理室 3 2 との差圧が小さい場合には、上流側から下流側まで同一の開口面積で同一の開口ピッチに設定することが好ましい。しかし、ガス供給室 4 5 と処理室 3 2 との差圧が大きい場合には、上流側から下流側に向かって吹出口 4 6 の開口面積を大きくするか、開口ピッチを小さくすることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

プロセスチューブ 3 1 の炉口 3 3 の付近の側壁における排気管 3 5 と略 9 0 度離れた位置には、プラズマ室 4 8 を形成した樋形状の隔壁（以下、プラズマ室壁という。）4 7 がプロセスチューブ 3 1 の内周面と平行で上下方向に延在するように敷設されている。

図 3 に示されているように、プラズマ室壁 4 7 の内向きの側壁の断面形状は円弧形に形成されており、その周方向の幅は略 6 0 度に設定されている。プラズマ室壁 4 7 の内向きの側壁における排気管 3 5 側の端部には、複数個の吹出口 4 9 がポート 2 5 の上下で隣り合うウエハ 1、1 間に対向するように配列されて開設されており、各吹出口 4 9 はプラズマ室 4 8 に供給されたガスを均等に吹き出させるように設定されている。そして、プラズマ室壁 4 7 の吹出口 4 9 と、ガス供給室 4 5 を形成した隔壁 4 4 の吹出口 4 6 との位相差は、約 1 2 0 度に設定されている。

プラズマ室壁 4 7 の吹出口 4 9 の開口面積はプラズマ室 4 8 と処理室 3 2 との差圧が小さい場合には、上流側から下流側まで同一の開口面積で同一の開口ピッチに設定することが好ましい。しかし、プラズマ室 4 8 と処理室 3 2 との差圧が大きい場合には、上流側から下流側に向かって吹出口 4 9 の開口面積を大きくするか、開口ピッチを小さくすることが好ましい。

【 0 0 1 9 】

プロセスチューブ 3 1 の炉口 3 3 の付近の側壁におけるプラズマ室壁 4 7 の吹出口 4 9 と反対側の位置には、ガス供給管 5 0 の一端が接続されており、ガス供給管 5 0 の他端は A L D 法における所定のガス種を供給するガス供給源 5 1 に接続されている。ガス供給管 5 0 の途中には可変流量制御弁 5 2 と開閉弁 5 3 とが、ガス供給源 5 1 の側から順に介設されている。

また、ガス供給管 5 0 のプラズマ室壁 4 7 の内部側端にはノズル 5 4 の一端が接続されており、ノズル 5 4 は垂直に立脚されている。ノズル 5 4 には複数個のガス供給口 5 5 が垂直方向に等間隔に配置されて、それぞれ周方向内向きに開設されている。

【 0 0 2 0 】

プラズマ室 4 8 の内部には一対の保護管 5 6、5 6 が、プラズマ室 4 8 の中心線を挟んで互いに反対側に対称形にそれぞれ配置されて、上下方向に延在するように敷設されている。各保護管 5 6 は誘電体を使用して上端が閉塞した細長い円形のパイプ形状に形成されており、各保護管 5 6 の下端部は適度に屈曲されて、プロセスチューブ 3 1 の側壁を貫通して外部に突き出されている。各保護管 5 6 の中空部内は処理室 3 2 の外部（大気圧）に連通されている。

両保護管 5 6、5 6 の中空部には導電材料が使用されて細長い棒状に形成された一対の棒状電極 5 7、5 7 がそれぞれ同心的に敷設されており、両棒状電極 5 7、5 7 間には高周波電力を印加する高周波電源 5 8 が整合器 5 9 を介して電氣的に接続されている。

高周波電源 5 8 および整合器 5 9 はコントローラ 6 0 によって制御されるようになっている。また、コントローラ 6 0 は可変流量制御弁 3 7、4 0、5 2 や開閉弁 4 1、4 3、5 3 およびヒータユニット 3 4 等を制御するようになっている。

【 0 0 2 1 】

プロセスチューブ 3 1 の炉口 3 3 の付近の側壁におけるプラズマ室壁 4 7 と 1 8 0 度反対側の位置には、カスケード温度計としての熱電対 6 1 を敷設するための保護管 6 2 が一対、それぞれ垂直に立設されている。各熱電対 6 1 はコントローラ 6 0 に温度測定結果を送信するようになっている。コントローラ 6 0 は温度測定結果に基づいてヒータユニット 3 4 等を制御するようになっている。

【 0 0 2 2 】

プロセスチューブ 3 1 の外部には、プラズマの発光状態を検出する検出手段としての光

センサ 6 3 が配置されている。光センサ 6 3 の入力端には光ファイバ 6 4 の基端部が接続されており、光ファイバ 6 4 の採光子としての先端部はプロセスチューブ 3 1 の外部における一対の保護管 5 6、5 6 の間に対応する部位に配置されている。光センサ 6 3 の出力端はコントローラ 6 0 に接続されており、コントローラ 6 0 は光センサ 6 3 からの信号に基づきプラズマの着火ミスや着火遅延を判断することにより、高周波電源 5 8 を適切に制御するように構成されている。

【 0 0 2 3 】

次に、以上の構成に係る A L D 装置 1 0 を使用した I C の製造方法における成膜工程を説明する。

【 0 0 2 4 】

まず、基板処理装置としての全体の流れを説明する。

図 2 に示されているように、A L D 装置 1 0 の被処理基板としてのウエハ 1 は複数枚がポート 2 5 にウエハ移載装置 1 9 によって装填（チャージング）される。

複数枚のウエハ 1 が装填されたポート 2 5 はシールキャップ 2 4 および回転軸 2 7 と共にポートエレベータ 2 2 によって上昇されて、プロセスチューブ 3 1 の処理室 3 2 に搬入（ポートローディング）される。

【 0 0 2 5 】

図 5 に示されているように、ウエハ 1 群を保持したポート 2 5 が処理室 3 2 に搬入されて、処理室 3 2 がシールキャップ 2 4 によってシールされると、処理室 3 2 は排気管 3 5 に接続された真空ポンプ 3 6 によって所定の圧力以下に排気され、ヒータユニット 3 4 への供給電力が上昇されることにより、処理室 3 2 の温度が所定の温度に上昇される。

ヒータユニット 3 4 がホットウォール形構造であることにより、処理室 3 2 の温度は全体にわたって均一に維持された状態になり、その結果、ポート 2 5 に保持されたウエハ 1 群の温度分布は全長にわたって均一になるとともに、各ウエハ 1 の面内の温度分布も均一かつ同一になる。

【 0 0 2 6 】

処理室 3 2 の温度が予め設定された値に達して安定した後に、後述する A L D 法による成膜作業が実施される。

【 0 0 2 7 】

所定の成膜作業が完了すると、シールキャップ 2 4 がポートエレベータ 2 2 によって下降されることにより炉口 3 3 が開口されるとともに、ポート 2 5 に保持された状態でウエハ 1 群が炉口 3 3 から処理室 3 2 の外部に搬出（ポートアンローディング）される。

処理室 3 2 の外部に搬出されたウエハ 1 群はポート 2 5 からウエハ移載装置 1 9 によってディスチャージングされる（降ろされる）。

以降、前記した作動が繰り返されることにより、複数枚のウエハ 1 が一括してバッチ処理される。

【 0 0 2 8 】

次に、A L D 法による成膜作業を、ジクロロシランガスとアンモニアガスとを用いてシリコン窒化膜を形成する場合について説明する。

ジクロロシランガスとアンモニアガスとを用いてシリコン窒化膜を形成する場合には、次の第一ステップ、第二ステップおよび第三ステップが順に実施される。

【 0 0 2 9 】

第一ステップにおいては、プラズマ励起の必要なアンモニアガスと、プラズマ励起の必要のないジクロロシランガスとが併行して流される。

図 6 に示されているように、ガス供給管 5 0 に設けた開閉弁 5 3 および排気管 3 5 に設けた可変流量制御弁 3 7 が共に開けられる。ガス供給管 5 0 から可変流量制御弁 5 2 によって流量調整されたアンモニアガス 7 1 が、ノズル 5 4 のガス供給口 5 5 からプラズマ室 4 8 へ噴出する。

また、一対の棒状電極 5 7、5 7 間には高周波電力が高周波電源 5 8 から整合器 5 9 を介して印加される。プラズマ室 4 8 に噴出したアンモニアガス 7 1 はプラズマ励起され、

10

20

30

40

50

活性種 7 2 として処理室 3 2 に供給されつつ排気管 3 5 から排気される。

アンモニアガス 7 1 をプラズマ励起することによって活性種 7 2 として処理室 3 2 へ供給し排気するときは、可変流量制御弁 3 7 を適正に調整することにより、処理室 3 2 の圧力を 1 0 ~ 1 0 0 P a とする。

可変流量制御弁 5 2 によって制御されるアンモニアガス 7 1 の供給流量は、1 0 0 0 ~ 1 0 0 0 0 s c c m である。

アンモニアガス 7 1 をプラズマ励起することにより得られた活性種 7 2 にウエハ 1 を晒す時間は、2 ~ 1 2 0 秒間である。

このときのヒータユニット 3 4 の制御温度は、ウエハの温度が 3 0 0 ~ 6 0 0 になるように設定されている。アンモニアガス 7 1 は反応温度が高いために、このときのウエハ温度 (3 0 0 ~ 6 0 0) では反応しない。したがって、プラズマ励起することによって活性種 7 2 としてから供給することにより、ウエハ 1 の温度が低い温度範囲のままであっても、アンモニアガス 7 1 をウエハに堆積させることができる。

10

【 0 0 3 0 】

このアンモニアガス 7 1 をプラズマ励起することによって活性種 7 2 として供給しているときに、図 6 に示されているように、ガス供給管 3 8 の上流側開閉弁 4 1 が開かれるとともに、下流側開閉弁 4 3 が閉められることにより、プラズマ励起の必要のないジクロロシランガス 7 3 がガス溜め 4 2 へ流される。これにより、ジクロロシランガス 7 3 が上流側開閉弁 4 1 と下流側開閉弁 4 3 との間に設けたガス溜め 4 2 に溜まる。

このとき、処理室 3 2 に流れているガスはアンモニアガス 7 1 をプラズマ励起することにより得られた活性種 7 2 であり、処理室 3 2 内にはジクロロシランガス 7 3 は存在しない。したがって、アンモニアガス 7 1 は気相反応を起こすことはなく、プラズマによって励起されて活性種 7 2 となったアンモニアガス 7 1 は、ウエハ 1 の上の下地膜と表面反応する。

20

【 0 0 3 1 】

第二ステップにおいては、図 7 に示されているように、ガス供給管 5 0 の開閉弁 5 3 が閉められて、アンモニアガス 7 1 の供給は停止される。

他方、ジクロロシランガス 7 3 のガス溜め 4 2 への供給は継続される。所定圧かつ所定量のジクロロシランガス 7 3 がガス溜め 4 2 に溜まったら、上流側開閉弁 4 1 も閉められる (図 3 参照) 。これにより、ジクロロシランガス 7 3 がガス溜め 4 2 に閉じ込められる。ジクロロシランガス 7 3 は圧力が 2 0 0 0 0 P a 以上になるようにガス溜め 4 2 内に溜められる。

30

また、ガス溜め 4 2 と処理室 3 2 との間のコンダクタンスが $1.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{ s}$ 以上になるように、可変流量制御弁 4 0 および開閉弁 4 1、4 3 と可変流量制御弁 3 7 とがコントローラ 6 0 によって制御される。

さらに、処理室 3 2 の容積とこれに対する必要なガス溜め 4 2 の容積との比として考えると、処理室 3 2 の容積が 1 0 0 l (リットル) の場合においては、ガス溜め 4 2 の容積は 1 0 0 ~ 3 0 0 c c であることが好ましく、容積比としてはガス溜め 4 2 は処理室 3 2 の容積の 1 / 1 0 0 0 ~ 3 / 1 0 0 0 倍とすることが好ましい。

そして、図 7 に示されているように、排気管 3 5 の可変流量制御弁 3 7 は開いたままにして、処理室 3 2 を真空ポンプ 3 6 によって 2 0 P a 以下に排気することにより、残留したアンモニアガス 7 1 を処理室 3 2 から排除する。この際に、窒素ガス等の不活性ガスを処理室 3 2 に供給すると、残留したアンモニアガス 7 1 を処理室 3 2 からより一層効果的に排除することができる。

40

【 0 0 3 2 】

第三ステップにおいては、処理室 3 2 の排気が終わったら、図 8 に示されているように、排気管 3 5 の可変流量制御弁 3 7 が閉じられて、排気が停止されるとともに、ガス供給管 3 8 の下流側開閉弁 4 3 が開かれる。これにより、ガス溜め 4 2 に溜められたジクロロシランガス 7 3 が処理室 3 2 に一気に供給される。このとき、排気管 3 5 の可変流量制御弁 3 7 が閉じられているので、処理室 3 2 内の圧力は急激に上昇して、約 9 3 1 P a (7

50

Torr)まで昇圧する。

ジクロロシランガス73を供給するための時間は2～4秒に設定し、その後、上昇した圧力雰囲気中に晒す時間を2～4秒に設定し、合計6秒とする。このときのウエハの温度はアンモニアガス71の供給時と同じく、300～600である。

このジクロロシランガス73の供給によって、ウエハ1の下地膜の上のアンモニアガス71とジクロロシランガス73とが表面反応して、シリコン窒化膜がウエハ1の上に形成される。

図示は省略するが、成膜後には下流側開閉弁43が閉じられるとともに、可変流量制御弁37が開けられて、処理室32が真空排気され、成膜に寄与した後に残留したジクロロシランガス73が排除される。このときに窒素ガス等の不活性ガスを処理室32に供給すると、成膜に寄与した後に残留したジクロロシランガス73を処理室32からより一層効果的に排除することができる。

そして、上流側開閉弁41が開かれて、第一ステップのガス溜め42へのジクロロシランガス73の供給が開始される。

【0033】

以上の第一ステップ～第三ステップが1サイクルとされ、このサイクルが複数回繰り返されることにより、所定の膜厚のシリコン窒化膜がウエハ1の上に形成される。

【0034】

ところで、ALD法においては、原料ガスは下地膜表面に吸着する。この原料ガスの吸着量は、原料ガスの圧力および原料ガスの暴露時間に比例する。したがって、所望する一定量の原料ガスを短時間で吸着させるためには、原料ガスの圧力を短時間で上昇させる必要がある。

本実施の形態においては、可変流量制御弁37を閉じたうえで、ガス溜め42に溜めたジクロロシランガス73を瞬間的に処理室32に供給しているため、処理室32のジクロロシランガス73の圧力を急激に上昇させることができ、所望する一定量のジクロロシランガス73を瞬間的に吸着させることができる。

【0035】

しかも、本実施の形態では、ジクロロシランガス73をガス溜め42に溜めるための特別なステップ(時間)を必要としない。なぜならば、アンモニアガス71をプラズマ励起することによって活性種72として供給しつつ処理室32を排気している間に、ガス溜め42にジクロロシランガス73を並行して溜めているからである。

また、処理室32内を排気してアンモニアガス71を除去してからジクロロシランガス73を処理室32に供給するので、アンモニアガス71とジクロロシランガス73とはウエハ1に向かう途中で反応しない。つまり、処理室32に供給されたジクロロシランガス73は、ウエハ1に予め吸着したアンモニアガス71だけと有効に反応する。

【0036】

ところで、以上のALD装置10を使用したALD法においては、アンモニアガス71の供給とジクロロシランガス73の供給とが短時間で切り換えられ、その都度、一对の棒状電極57、57によるプラズマの点火と消火とが繰り返される。このようにプラズマの点火と消火とが繰り返されると、プラズマ状態が最も不安定な着火状態が何度も繰り返されるために、着火ミスや着火遅延が発生し易いという問題点があることが本発明者によって明らかにされた。

【0037】

そこで、本実施の形態に係るALD装置10においては、プロセスチューブ31の外部にプラズマの発光状態を検出する光センサ63を配置してプラズマの着火ミスや着火遅延を早期に検出するとともに、この検出に基づいて高周波電源58をコントローラ60によって制御することにより、プラズマの着火を確実にこなうことができるように構成している。

【0038】

ここで、前述したALD法においては、ウエハ1に化学吸着していない余分なアンモニ

10

20

30

40

50

アガス 7 1 およびジクロロシランガス 7 3 はそれらの供給後の真空排気によってその都度それぞれ排除されることにより、処理室 3 2 において混合することがない原理上、処理室 3 2 の内面にはシリコン窒化膜がデポジションしないので、プロセスチューブ 3 1 の外部に光センサ 6 3 を設置しても、プラズマの発光状態を問題なく検出することができる。

【 0 0 3 9 】

前記実施の形態によれば、次の効果が得られる。

【 0 0 4 0 】

1) プロセスチューブ 3 1 の外部にプラズマの発光状態を検出する光センサ 6 3 を配置してプラズマの着火ミスや着火遅延を早期に検出するとともに、この検出に基づいて高周波電源 5 8 をコントローラ 6 0 によって制御することにより、プラズマの着火を確実にこなうことができる。

10

【 0 0 4 1 】

2) プラズマの着火を確実にこなうことにより、ALD法によってウエハ上に適正かつ精密に成膜することができ、所謂不良ロットの発生を防止することができるので、ICの製造方法の歩留りを向上させることができるとともに、ICの品質および信頼性を向上させることができる。

【 0 0 4 2 】

3) プラズマの発光状態を検出する光センサ 6 3 をプロセスチューブ 3 1 の外部に配置することにより、プラズマの発光状態を検出する検出手段の構成を簡単化することができるばかりでなく、検出手段を処理室 3 2 の内部に配置することに伴う有機物汚染や金属汚染等の二次的弊害を未然に回避することができるので、ALD装置のインシヤルコストやランニングコストを低減することができるとともに、ICの製造方法の歩留りを向上させることができ、ひいてはICの品質および信頼性を向上させることができる。

20

【 0 0 4 3 】

4) 光センサの入力端に光ファイバを接続することにより、光センサをヒータユニットから遠ざけることができるので、光センサを高温から保護することができる。

【 0 0 4 4 】

なお、本発明は前記実施の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に変更が可能であることはいうまでもない。

【 0 0 4 5 】

例えば、プラズマの発光状態を検出する光センサの採光子としては、光ファイバを使用するに限らず、サファイア製の導波棒等の他の導波手段を使用してもよい。

30

【 0 0 4 6 】

プラズマの発光（励起）状態を検出する検出手段は、プラズマからの発光を検出する光センサによって構成するに限らず、プラズマ励起による電磁波や磁気を検出するセンサ、プラズマ励起による静電気を検出する静電気センサ、高周波電力の通電状態を検出する電圧計や電流計等によって構成してもよい。

【 0 0 4 7 】

前記実施の形態では、ジクロロシランとアンモニアとを交互に供給してシリコン窒化膜を低温下で適正かつ精密に形成する場合について説明したが、ALD装置は、キャパシタの静電容量部の Ta_2O_5 膜に介在したカーボンを除去する場合、その他の膜種に介在した異物（その膜種以外の分子や原子等）を除去する場合、ウエハにALD膜を形成する場合、拡散する場合、熱処理する場合等に適用することができる。

40

例えば、ICの一例であるDRAMのゲート電極用の酸化膜を窒化する処理において、ガス供給管に窒素ガスまたはアンモニアガスまたは一酸化窒素（ N_2O ）を供給し、処理室を室温～750 に加熱することにより、酸化膜の表面を窒化することができた。

また、シリコンゲルマニウム（SiGe）膜が形成される前のシリコンウエハの表面を水素（ H_2 ）ガスの活性粒子によってプラズマ処理したところ、自然酸化膜を除去することができ、所望のSiGe膜を形成することができた。

【 0 0 4 8 】

50

また、前記実施の形態ではALD装置について説明したが、本発明はこれに限らず、他のCVD装置、酸化膜形成装置、拡散装置およびアニール装置等の基板処理装置全般に適用することができる。

【0049】

前記実施の形態ではウエハに処理が施される場合について説明したが、処理対象はホトマスクやプリント配線基板、液晶パネル、コンパクトディスクおよび磁気ディスク等であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の実施の形態であるALD装置を示す一部省略斜視図である。

10

【図2】その主要部を示す正面断面図である。

【図3】図2のIII-III線に沿う回路図付き平面断面図である。

【図4】図3のIV-IV線に沿う側面断面図である。

【図5】その成膜処理時を示す側面断面図である。

【図6】ALD法の第一ステップを示す回路図付き平面断面図である。

【図7】ALD法の第二ステップを示す回路図付き平面断面図である。

【図8】ALD法の第三ステップを示す回路図付き平面断面図である。

【符号の説明】

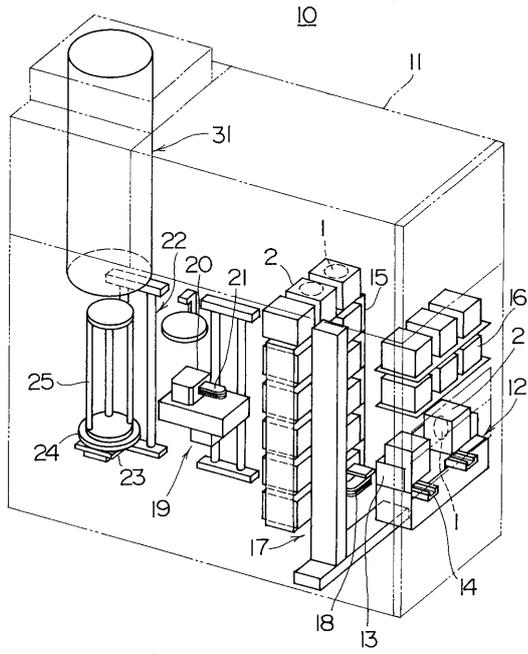
【0051】

1 ... ウエハ（被処理基板）、2 ... カセット、10 ... ALD装置（バッチ式縦形ホットウオール形リモートプラズマ処理装置）、11 ... 筐体、12 ... カセット授受ユニット、13 ... カセットステージ、14 ... ウエハ姿勢整合装置、15 ... カセット棚、16 ... 予備カセット棚、17 ... カセット移載装置、18 ... ロボットアーム、19 ... ウエハ移載装置、20 ... ウエハ保持部、21 ... ウエハ保持プレート、22 ... ポートエレベータ、23 ... アーム、24 ... シールキャップ、24a ... シールリング、25 ... ポート、25a、25b ... 端板、25c ... 保持部材、25d ... 保持溝、26 ... 断熱キャップ部、27 ... 回転軸、28 ... 回転駆動装置、29 ... 支持板、31 ... プロセスチューブ、32 ... 処理室、33 ... 炉口、34 ... ヒータユニット、35 ... 排気管、36 ... 真空ポンプ、37 ... 可変流量制御弁、38 ... ガス供給管、39 ... ガス供給源、40 ... 可変流量制御弁、41 ... 上流側開閉弁、42 ... ガス溜め、43 ... 下流側開閉弁、44 ... 隔壁、45 ... ガス供給室、46 ... 吹出口、47 ... 隔壁、48 ... プラズマ室、49 ... 吹出口、50 ... ガス供給管、51 ... ガス供給源、52 ... 可変流量制御弁、53 ... 開閉弁、54 ... ノズル、55 ... ガス供給口、56 ... 保護管、57 ... 棒状電極、58 ... 高周波電源、59 ... 整合器、60 ... コントローラ、61 ... 熱電対（カスケード温度計）、62 ... 保護管、63 ... 光センサ、64 ... 光ファイバ、71 ... アンモニアガス、72 ... 活性種、73 ... ジクロロシランガス。

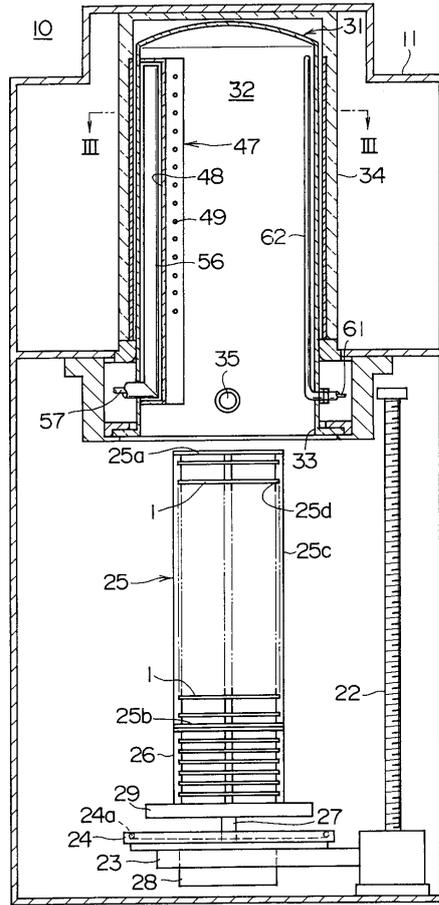
20

30

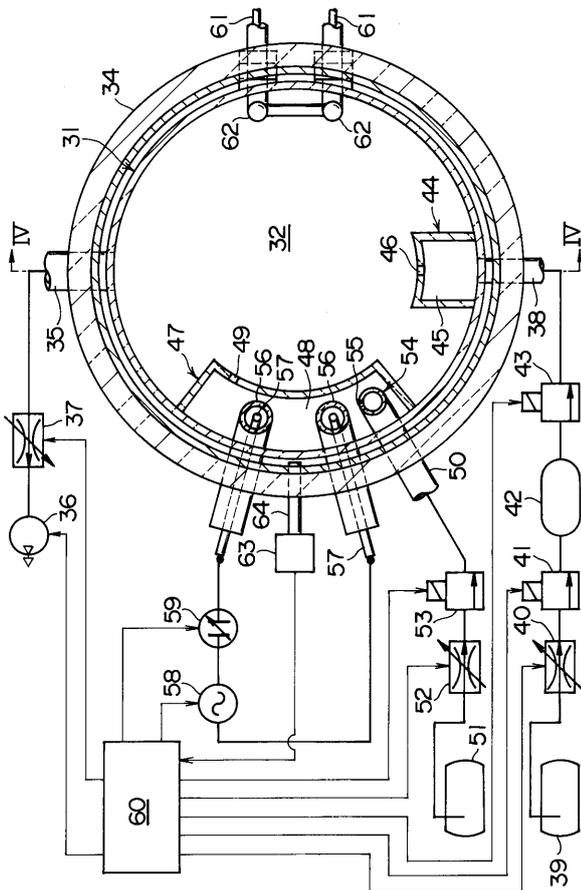
【 図 1 】



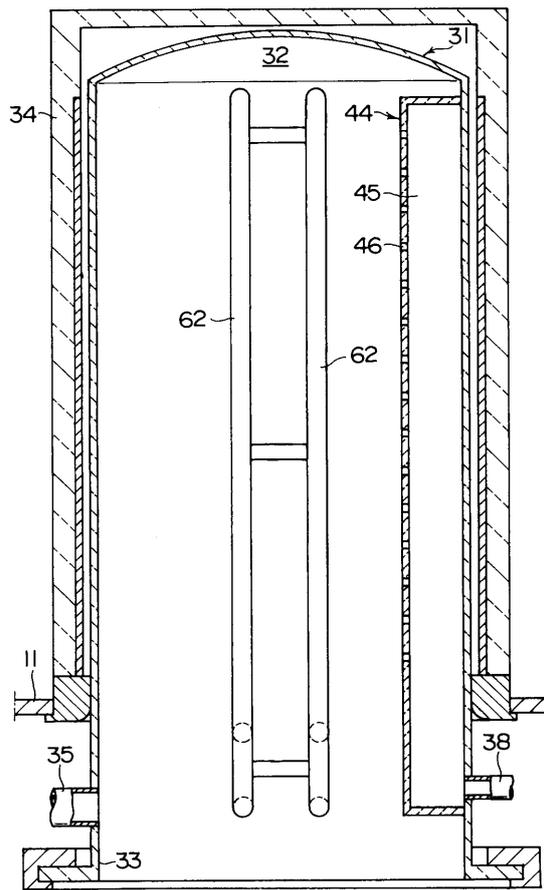
【 図 2 】



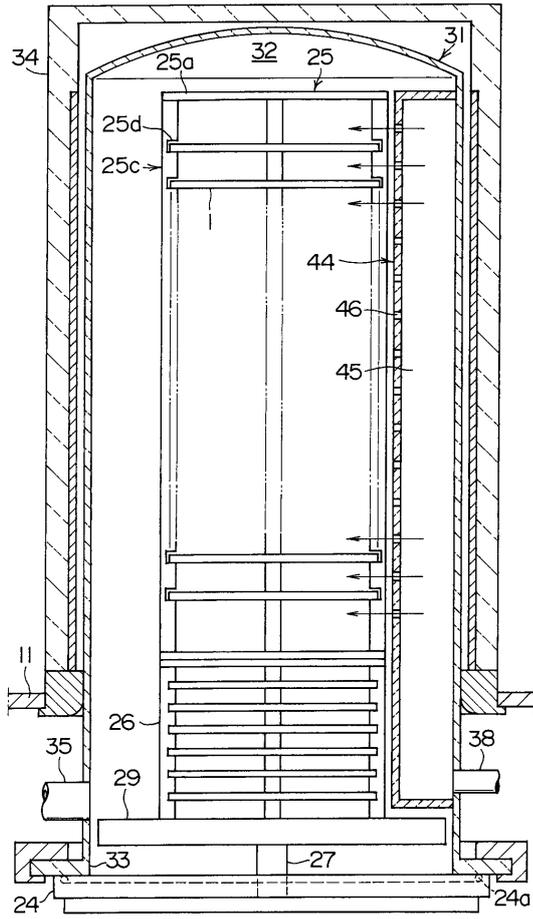
【 図 3 】



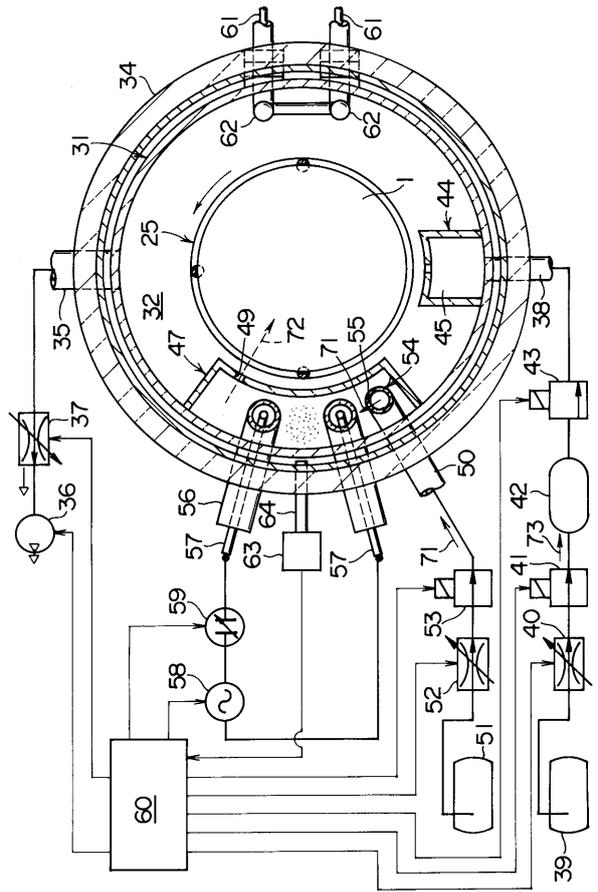
【 図 4 】



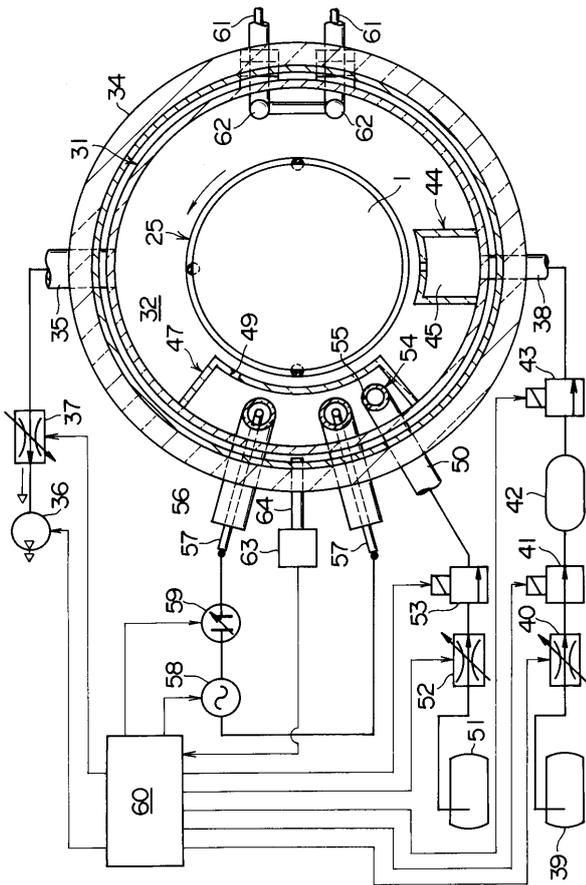
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

