

(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2011-134748

(P2011-134748A)

(43) 公開日 平成23年7月7日(2011.7.7)

(51) Int.Cl.  
H01L 21/31 (2006.01)

F I  
H01L 21/31

テーマコード (参考)  
5F045

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2009-290254 (P2009-290254)  
(22) 出願日 平成21年12月22日 (2009.12.22)

(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 100083563  
弁理士 三好 祥二  
(72) 発明者 米林 雅広  
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

Fターム(参考) 5F045 AA06 AA08 AA15 AB33 AC05  
AC12 AC15 AD07 AD08 AD09  
AD10 AE11 AE13 AE15 AE17  
AE19 AE21 AF03 BB15 DP19  
DP28 DQ05 EB06 EE19 EF03  
EF08 EH12 EH18 EK06

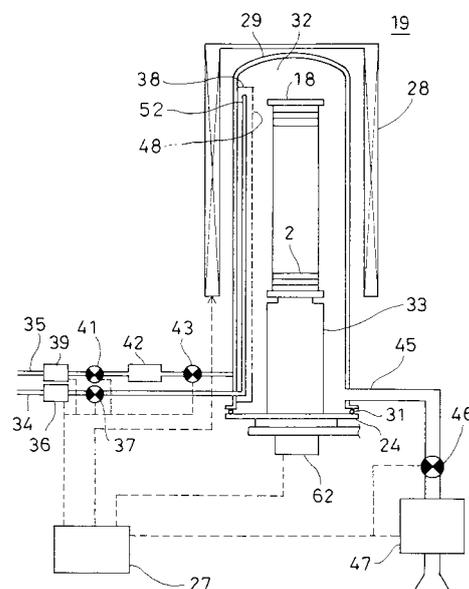
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】クラックや膜剥がれを強制除去し、反応管をパーティクルが発生しない状態にすることで基板の生産性を向上できる手法を提供する。

【解決手段】成膜された基板2を処理室32から搬出した後、該処理室内の温度を成膜温度より高い温度へと昇温する工程と、昇温された前記処理室内の温度が一定温度に安定した後に該処理室にプラズマ励起により活性化された活性化ガス及び窒化剤の混合ガスを供給して、前記処理室内に付着しクラックや膜剥がれを起こしている膜を強制除去する工程とを実施する。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

成膜された基板を処理室から搬出した後、該処理室内の温度を成膜温度より高い温度へと昇温する工程と、昇温された前記処理室内の温度が一定温度に安定した後、該処理室内にプラズマ励起により活性化された活性化ガス及び窒化剤の混合ガスを供給し、前記処理室内に付着した膜を除去する工程とを具備することを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、シリコンウェーハ等の基板に薄膜の生成、酸化処理、不純物の拡散、アニール処理、エッチング等の処理を行う半導体装置の製造方法に関するものである。

10

## 【背景技術】

## 【0002】

先ず、図12に於いて、基板処理工程で発生するパーティクルについて説明する。

## 【0003】

基板処理工程に於いて、反応管65内に処理ガスを供給し基板の成膜処理を繰返すと、前記反応管65及び処理室66に収納された部材、例えば基板保持具に反応生成物が堆積し、反応生成物の膜67が形成される(図12(A)参照)。

## 【0004】

前記反応管65及び前記部材に堆積した膜67が所定の厚さ以上になると、堆積された膜67にクラックが発生し、クラックが発生すると、クラックが発生した部位から膜剥がれが起り、パーティクルが発生する。尚、ALD(Atomic Layer Deposition)法では、堆積した膜にクラックが発生し始めるのは膜厚が約2000以上からであり、クラックから膜剥がれが起りパーティクルが発生し始めるのは膜厚が約5000以上からである。

20

## 【0005】

膜剥がれが起きた状態で基板処理を実行した場合、プラズマ68を照射する工程に於いて熱エネルギーやプラズマエネルギーによりパーティクルが発生する。

## 【0006】

膜剥がれが起きた状態で基板処理を実行することでパーティクルが発生し、発生したパーティクルは基板に付着する。基板に付着したパーティクルの状態は図12(B)に示される様に、基板に付着した数は、 $0.08\mu\text{m}$ 以上のパーティクルが78個、 $0.5\mu\text{m}$ 以上のパーティクルが29個であり、プラズマ発生部周辺(図示では右下部)で最も多くなっているのがわかる。これは、熱エネルギーに比べてプラズマエネルギーの方がエネルギー量が大きく、膜67に作用する応力が大きくなる為である。

30

## 【0007】

パーティクルの発生を防止する方法として、従来ではドライクリーニングやウェットクリーニングによって、前記反応管65内及び前記部材の膜67を除去する方法が用いられている。然し乍ら、ドライクリーニングやウェットクリーニングを行った場合、その都度処理を停止する必要があり、基板の生産性が低下するという問題があった。

40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0008】

【特許文献1】特開2004-6620号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0009】

本発明は斯かる実情に鑑み、クラックや膜剥がれを強制除去し、反応管をパーティクルが発生しない状態にすることで、基板の生産性の向上を図る半導体装置の製造方法を提供するものである。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

本発明は、成膜された基板を処理室から搬出した後、該処理室内の温度を成膜温度より高い温度へと昇温する工程と、昇温された前記処理室内の温度が一定温度に安定した後、該処理室にプラズマ励起により活性化された活性化ガス及び窒化剤の混合ガスを供給し、前記処理室内に付着した膜を除去する工程とを具備する半導体装置の製造方法に係るものである。

## 【発明の効果】

## 【0011】

本発明によれば、成膜された基板を処理室から搬出した後、該処理室内の温度を成膜温度より高い温度へと昇温する工程と、昇温された前記処理室内の温度が一定温度に安定した後、該処理室にプラズマ励起により活性化された活性化ガス及び窒化剤の混合ガスを供給し、前記処理室内に付着した膜を除去する工程とを具備するので、該処理室内にパーティクルが発生しない状態で基板の処理を実施することができ、処理基板の歩留りが増加し、生産性が向上するという優れた効果を発揮する。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0012】

【図1】本発明に於ける基板処理装置の概略斜視図である。

【図2】本発明に於ける処理炉の概略縦断面図である。

【図3】本発明に於ける処理炉の概略平断面図である。

20

【図4】本発明に於ける処理室の概略縦断面図である。

【図5】本発明に於ける膜のクラック及び膜剥がれの除去方法を示す説明図である。

【図6】処理ガスの流量を変更した際のパーティクルの発生量を比較したグラフである。

【図7】処理室内の成膜処理温度を変更した際の比較結果を示しており、(A)はシーケンス図であり、(B)はパーティクルの発生量を示すグラフである。

【図8】処理室内の成膜圧力を変更した際の比較結果を示しており、(A)はシーケンス図であり、(B)はパーティクルの発生量を示すグラフである。

【図9】膜剥がれ及び膜に付着した反応生成物の除去を説明する説明図である。

【図10】本発明に於けるPTP処理のシーケンス図である。

【図11】(A)はPTP処理によって発生、除去されたパーティクルの量を示しており、(B)は膜堆積時に於けるパーティクルの量であり、(C)はPTP処理実行後のパーティクルの量である。

30

【図12】クラック及び膜剥がれ発生時の反応管を示し、(A)は反応管の概略平断面図であり、(B)は基板に付着したパーティクルである。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0013】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施例を説明する。

## 【0014】

先ず、図1に於いて、本発明に於ける基板処理装置1について説明する。

## 【0015】

該基板処理装置1は、一例として半導体装置(IC)の製造方法に於ける処理工程を実施する半導体製造装置として構成されている。尚、以下の説明では、基板処理装置としてプラズマを発生させ成膜処理を行う縦型の装置について述べる。

40

## 【0016】

シリコン等からなるウェーハ(基板)2を収納したウェーハキャリアとしてのカセット3が使用されている前記基板処理装置1は、筐体4を具備している。該筐体4の正面壁5の下方には、メンテナンス可能な様に設けられた開口部としての正面メンテナンス口(図示せず)が開設され、該正面メンテナンス口を開閉する正面メンテナンス扉(図示せず)が建付けされている。該正面メンテナンス扉には、図示しないカセット搬入搬出口(基板収容器搬入搬出口)が前記筐体4内外を連通する様に開設されており、前記カセット搬入

50

搬出口は図示しないフロントシャッタ（基板収容器搬入搬出口開閉機構）によって開閉される様になっている。前記カセット搬入搬出口の前記筐体 4 内側にはカセットステージ（基板収容器受渡し台）6 が設置されている。前記カセット 3 は前記カセットステージ 6 上に工程内搬送装置（図示せず）によって搬入され、又前記カセットステージ 6 上から搬出される様になっている。

【0017】

該カセットステージ 6 は、工程内搬送装置によって前記カセット 3 内のウェーハ 2 が垂直姿勢となり、前記カセット 3 のウェーハ出入口が上方を向く様に載置される。前記カセットステージ 6 は、前記カセット 3 を前記筐体 4 後方に向けて右回り縦方向に 90° 回転し、前記カセット 3 内のウェーハ 2 が水平姿勢となり、前記カセット 3 のウェーハ出入口が前記筐体 4 後方を向く様に動作可能となっている。

10

【0018】

前記筐体 4 内の前後方向の略中央部には、カセット棚（基板収容器載置棚）7 が設置され、該カセット棚 7 には複数段複数列にて複数個の前記カセット 3 を保管する様に構成されている。前記カセット棚 7 には、後述するウェーハ移載機構 8 の搬送対象となる前記カセット 3 が収納される移載棚 9 が設けられている。又、前記カセットステージ 6 の上方には予備カセット棚 11 が設けられ、予備的に前記カセット 3 を保管する様になっている。

【0019】

前記カセットステージ 6 と前記カセット棚 7 との間には、カセット搬送装置（基板収容器搬送装置）12 が設置されている。該カセット搬送装置 12 は、前記カセット 3 を保持したまま昇降可能なカセットエレベータ（基板収容器昇降機構）13 と搬送機構としてのカセット搬送機構（基板収容器搬送機構）14 とで構成されており、前記カセットエレベータ 13 とカセット搬送機構 14 との連続動作により、前記カセットステージ 6、前記カセット棚 7、前記予備カセット棚 11 との間で前記カセット 3 を搬送する様構成されている。

20

【0020】

前記カセット棚 7 の後方には、前記ウェーハ移載機構（基板移載機構）8 が設置されており、該ウェーハ移載機構 8 はウェーハ 2 を水平方向に回転ないし直動可能なウェーハ移載装置（基板移載装置）15、及び該ウェーハ移載装置 15 を昇降させる為のウェーハ移載装置エレベータ（基板移載装置昇降機構）16 とで構成されている。前記ウェーハ移載装置 15 及び前記ウェーハ移載装置エレベータ 16 の連続動作により、前記ウェーハ移載装置 15 のツイーザ（基板保持体）17 をウェーハ 2 の載置部として、ポート（基板保持具）18 に対してウェーハ 2 を装填（チャージング）及び装脱（ディスチャージング）する様に構成されている。

30

【0021】

前記筐体 4 の後方上部には、処理炉 19 が設けられている。該処理炉 19 の下端部は炉口シャッタ（炉口開閉機構）21 によって開閉される様に構成されている。

【0022】

前記処理炉 19 の下方には、前記ポート 18 を前記処理炉 19 に昇降させる昇降機構としてのポートエレベータ（基板保持具昇降機構）22 が設けられ、該ポートエレベータ 22 の昇降台に連結された連結具としてのアーム 23 には蓋体としてのシールキャップ 24 が水平に据付けられており、該シールキャップ 24 は前記ポート 18 を垂直に支持し、前記処理炉 19 の下端部を閉塞可能な様に構成されている。

40

【0023】

前記ポート 18 は複数本の保持部材を有しており、複数枚（例えば 50 枚～150 枚程度）のウェーハ 2 をその中心に揃えて垂直方向に整列させた状態で、それぞれ水平に保持する様に構成されている。

【0024】

前記カセット棚 7 の上方には、清浄化した雰囲気であるクリーンエアを供給する様、供給ファン及び防塵フィルタで構成されたクリーンユニット 25 が設けられており、クリー

50

ンエアを前記筐体 4 の内部に流通させる様に構成されている。

【 0 0 2 5 】

又、前記ウェーハ移載装置エレベータ 1 6 及び前記ポートエレベータ 2 2 側と反対側である前記筐体 4 の左側側端部には、クリーンエアを供給する様供給ファン及び防塵フィルタで構成されたクリーンユニット 2 6 が設置されており、該クリーンユニット 2 6 から吹出されたクリーンエアは、前記ウェーハ移載装置 1 5、前記ポート 1 8 を流通した後に、図示しない排気装置に吸込まれて前記筐体 4 の外部に排気される様になっている。

【 0 0 2 6 】

次に、前記基板処理装置 1 の動作について説明する。

【 0 0 2 7 】

前記カセット 3 はカセット搬入搬出口（図示せず）から搬入され、前記カセットステージ 6 の上にウェーハ 2 が垂直姿勢且つ前記カセット 3 のウェーハ出入れ口が上方方向を向く様に載置される。その後、前記カセット 3 は、前記カセットステージ 6 によって前記カセット 3 内のウェーハ 2 が水平姿勢となり、前記カセット 3 のウェーハ出入れ口が前記筐体 4 の後方を向く様に、該筐体 4 後方に右回り 9 0 ° 回転させられる。

【 0 0 2 8 】

次に、前記カセット 3 は、前記カセット棚 7 或は前記予備カセット棚 1 1 の指定された棚位置へ前記カセット搬送装置 1 2 によって自動的に搬送されて受渡され、一時的に保管された後、前記カセット棚 7 或は前記予備カセット棚 1 1 から前記カセット搬送装置 1 2 によって前記移載棚 9 に搬送されるか、或は直接該移載棚 9 に搬送される。

【 0 0 2 9 】

前記カセット 3 が前記移載棚 9 に移載されると、ウェーハ 2 は前記カセット 3 から前記ウェーハ移載装置 1 5 の前記ツイーザ 1 7 によりウェーハ出入れ口を通じてピックアップされ、前記移載棚 9 の後方にある前記ポート 1 8 に装填される。該ポート 1 8 にウェーハ 2 を受渡した前記ウェーハ移載装置 1 5 は前記カセット 3 に戻り、次のウェーハ 2 を前記ポート 1 8 に装填する。

【 0 0 3 0 】

予め指定された枚数のウェーハ 2 が前記ポート 1 8 に装填されると、前記炉口シャッタ 2 1 によって閉じられていた前記処理炉 1 9 の下端部が、前記炉口シャッタ 2 1 によって開放される。続いて、ウェーハ 2 群を保持した前記ポート 1 8 は、前記シールキャップ 2 4 が前記ポートエレベータ 2 2 によって上昇されることにより、前記処理炉 1 9 内へ搬入（ローディング）されて行く。

【 0 0 3 1 】

ローディング後は、該処理炉 1 9 にてウェーハ 2 に任意の処理が実施される。処理後は、上述とは逆の手順でウェーハ 2 及び前記カセット 3 が前記筐体 4 の外部へ払出される。

【 0 0 3 2 】

次に、図 2 ~ 図 3 に於いて、前記基板処理装置 1 に適用される前記処理炉 1 9 について説明する。

【 0 0 3 3 】

前記基板処理装置 1 は制御部であるコントローラ 2 7 を有し、該コントローラ 2 7 によって前記基板処理装置 1 及び前記処理炉 1 9 を構成する各部の動作等が制御される。

【 0 0 3 4 】

加熱装置（加熱手段）であるヒータ 2 8 の内側に、基板であるウェーハ 2 を処理する反応容器として反応管 2 9 が設けられ、該反応管 2 9 の下端開口は蓋体である前記シールキャップ 2 4 により気密部材であるリング 3 1 を介して気密に閉塞され、少なくとも前記反応管 2 9、及び前記シールキャップ 2 4 により処理室 3 2 を形成している。

【 0 0 3 5 】

前記シールキャップ 2 4 には、ポート支持台 3 3 を介して前記ポート 1 8 が立設され、前記ポート支持台 3 3 は前記ポート 1 8 を保持する保持体となっている。該ポート 1 8 にはバッチ処理される複数のウェーハ 2 が水平姿勢で管軸方向に多段に積載されており、前

10

20

30

40

50

記処理室 3 2 に前記ポート 1 8 が装入されると、前記ヒータ 2 8 によりウェーハ 2 が所定の温度迄加熱される様になっている。

【 0 0 3 6 】

前記処理室 3 2 へは複数種類、ここでは 2 種類のガスを供給する供給経路として、ガス導入部である 2 本のガス供給管 3 4 , 3 5 が設けられている。該第 1 のガス供給管 3 4 からは、流量制御装置（流量制御手段）である第 1 のマスフローコントローラ 3 6 及び開閉弁である第 1 のバルブ 3 7 を介し、更に後述する前記反応管 2 9 内に形成されたバッファ室 3 8 を介して前記処理室 3 2 に処理ガスが供給される。又、前記第 2 のガス供給管 3 5 からは、流量制御装置（流量制御手段）である第 2 のマスフローコントローラ 3 9、開閉弁である第 2 のバルブ 4 1、ガス溜め 4 2、及び開閉弁である第 3 のバルブ 4 3 を介し、

10

【 0 0 3 7 】

該処理室 3 2 はガスを排気するガス排気管 4 5 により第 4 のバルブ 4 6 を介して排気装置（排気手段）である真空ポンプ 4 7 に接続され、真空排気される様になっている。又、前記第 4 のバルブ 4 6 は弁を開閉して前記処理室 3 2 の真空排気・真空排気停止ができ、更に弁開度を調節して圧力調整ができる様になっている開閉弁である。

【 0 0 3 8 】

該処理室 3 2 を構成している前記反応管 2 9 の内壁とウェーハ 2 との間に於ける円弧状の空間には、前記反応管 2 9 の下部より上部の内壁にウェーハ 2 の積載方向に沿って、ガス分散空間である前記バッファ室 3 8 が設けられており、該バッファ室 3 8 のウェーハ 2 と隣接する壁の端部にはガスを供給する供給孔である第 1 のガス供給孔 4 8 が穿設されている。該第 1 のガス供給孔 4 8 は前記反応管 2 9 の中心へ向けて開口しており、前記第 1 のガス供給孔 4 8 は、下部から上部に亘ってそれぞれ同一の開口面積を有し、更に同じ開口ピッチで穿設されている。

20

【 0 0 3 9 】

前記バッファ室 3 8 の前記第 1 ガス供給孔 4 8 が設けられた端部と反対側の端部には、ノズル 5 2 が前記反応管 2 9 の下部より上部に亘ってウェーハ 2 の積載方向に沿って配設されている。前記ノズル 5 2 には前記バッファ室 3 8 にガスを供給する供給孔である第 2 のガス供給孔 5 3 が複数穿設されている。該第 2 のガス供給孔 5 3 の開口面積は、前記バッファ室 3 8 と前記処理室 3 2 の差圧が小さい場合には、ガスの上流側から下流側迄同一の開口面積且つ同一の開口ピッチでもよいが、差圧が大きい場合には上流側から下流側に向って開口面積を大きくするか、開口ピッチを小さくするのが望ましい。

30

【 0 0 4 0 】

本実施例に於いては、前記第 2 のガス供給孔 5 3 の開口面積を上流側から下流側にかけて徐々に大きくしている。この様に構成することで、該第 2 のガス供給孔 5 3 よりガスの流速の差はあるが、流量は略同量であるガスを前記バッファ室 3 8 に噴出させている。

【 0 0 4 1 】

又、該バッファ室 3 8 内に於いて、各第 2 のガス供給孔 5 3 より噴出したガスの粒子速度差が緩和された後、前記第 1 のガス供給孔 4 8 より前記処理室 3 2 に噴出させている。従って、各第 2 のガス供給孔 5 3 より噴出したガスは、各第 1 のガス供給孔 4 8 より噴出

40

【 0 0 4 2 】

更に、前記バッファ室 3 8 に、細長い構造を有する第 1 の電極である第 1 の棒状電極 5 4 及び第 2 の電極である第 2 の棒状電極 5 5 が、上部より下部に亘って電極を保護する保護管である電極保護管 5 6 に保護されて配設され、前記第 1 の棒状電極 5 4 又は前記第 2 の棒状電極 5 5 の何れか一方は整合器 5 7 を介して高周波電源 5 8 に接続され、他方は基準電位であるアースに接続されている。この結果、前記第 1 の棒状電極 5 4 及び前記第 2 の棒状電極 5 5 間のプラズマ生成領域 5 9 にプラズマが生成される。

【 0 0 4 3 】

前記第 1 の棒状電極 5 4 及び前記第 2 の棒状電極 5 5 の周囲は、それぞれ前記電極保護

50

管 5 6 によって覆われ、前記バッファ室 3 8 の雰囲気と前記第 1 の棒状電極 5 4 及び前記第 2 の棒状電極 5 5 は隔離された状態となっており、前記第 1 の棒状電極 5 4 及び前記第 2 の棒状電極 5 5 を前記バッファ室 3 8 の雰囲気と隔離した状態で該バッファ室 3 8 に挿入できるようになっている。この時、前記電極保護管 5 6 の内部は外気（大気）と同一雰囲気であると、該電極保護管 5 6 にそれぞれ挿入された前記第 1 の棒状電極 5 4 及び前記第 2 の棒状電極 5 5 は前記ヒータ 2 8 の加熱で酸化されてしまう。そこで、前記電極保護管 5 6 の内部は窒素等の不活性ガスを充填或はパージし、酸素濃度を充分低く抑えて前記第 1 の棒状電極 5 4 又は前記第 2 の棒状電極 5 5 の酸化を防止する為の不活性ガスパージ機構が設けられる。

【 0 0 4 4 】

10

更に、前記第 1 のガス供給孔 4 8 の位置より前記反応管 2 9 の内周を所要角度、例えば反時計まわりに 1 2 0 ° 程回った内壁に、前記ガス供給部 4 4 が設けられている。該ガス供給部 4 4 は、ALD ( Atomic Layer Deposition ) 法による成膜に於いて、ウェーハ 2 へ複数種類のガスを 1 種類ずつ交互に供給する際に、前記バッファ室 3 8 とガス供給種を分担する供給部である。

【 0 0 4 5 】

前記ガス供給部 4 4 も前記バッファ室 3 8 と同様に、ウェーハ 2 と隣接する位置に同一ピッチでガスを供給する供給孔である第 3 のガス供給孔 6 1 を有し、下部では前記第 2 のガス供給管 3 5 が接続されている。

【 0 0 4 6 】

20

前記第 3 のガス供給孔 6 1 の開口面積は、前記ガス供給部 4 4 内と前記処理室 3 2 内の差圧が小さい場合には、ガスの上流側から下流側迄同一の開口面積且つ同一の開口ピッチでもよいが、差圧が大きい場合には上流側から下流側に向けて開口面積を大きくするか、或は開口ピッチを小さくするのが望ましい。

【 0 0 4 7 】

本実施例では、前記第 3 のガス供給孔 6 1 の開口面積を、上流側から下流側にかけて徐々に大きくしている。

【 0 0 4 8 】

前記反応管 2 9 内の中央部には、複数枚のウェーハ 2 を多段に同一間隔で載置する前記ポート 1 8 が設けられており、該ポート 1 8 はポートエレベータ 2 2 ( 図 1 参照 ) により前記反応管 2 9 に出入りできる様になっている。又、処理の均一性を向上させる為に、前記ポート 1 8 を回転する為の回転装置 ( 回転手段 ) であるポート回転機構 6 2 が前記シールキャップ 2 4 の下部に設けられており、前記ポート回転機構 6 2 を回転することにより前記ポート支持台 3 3 に保持された前記ポート 1 8 を回転する様になっている。

30

【 0 0 4 9 】

制御手段である前記コントローラ 2 7 は、前記第 1、第 2 のマスフローコントローラ 3 6、3 9、前記第 1 ~ 第 4 のバルブ 3 7、4 1、4 3、4 6、前記ヒータ 2 8、前記真空ポンプ 4 7、前記ポート回転機構 6 2、前記ポートエレベータ 2 2、前記高周波電源 5 8、前記整合器 5 7 に接続されており、前記第 1、第 2 のマスフローコントローラ 3 6、3 9 の流量調整、前記第 1 ~ 第 3 のバルブ 3 7、4 1、4 3 の開閉動作、前記第 4 のバルブ 4 6 の開閉及び圧力調整動作、前記ヒータ 2 8 の温度調節、前記真空ポンプ 4 7 の起動・停止、前記ポート回転機構 6 2 の回転速度調節、前記ポートエレベータ 2 2 の昇降動作制御、前記高周波電源 5 8 の電力供給制御、前記整合器 5 7 によるインピーダンス制御が行われる。

40

【 0 0 5 0 】

本実施例では、前記基板処理装置 1 を用いた成膜処理と成膜処理の間に、前記反応管 2 9 及び前記ポート 1 8 に堆積した膜に生じた亀裂であるクラック、該クラックより分離した膜である膜剥がれを除去するクラック及び膜剥がれの除去処理が行われる。

【 0 0 5 1 】

先ず、前記基板処理装置 1 を用い、ALD 法による成膜処理について、半導体デバイス

50

の製造工程の一つである、DCS (SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>、ジクロルシラン) 及びNH<sub>3</sub> (アンモニア) ガスを用いてSiN (窒化珪素) 膜を成膜する例で説明する。

【0052】

CVD (Chemical Vapor Deposition) 法の中の一つであるALD法は、ある成膜条件 (温度、時間等) の下で、成膜に用いる2種類又はそれ以上の種類の処理ガスを1種類ずつ交互に基板上に供給し、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手法である。

【0053】

利用する化学反応は、例えばSiN膜形成の場合、ALD法ではDCSとNH<sub>3</sub>を用いて300~600の低温で高品質の成膜が可能である。又、ガス供給は複数種類の反応性ガスを1種類ずつ交互に供給する。そして、膜厚制御は反応性ガス供給のサイクル数で制御する。例えば、成膜速度が1 / サイクルとすると、20の膜を生成する場合には処理を20サイクル行う。

【0054】

まず、成膜しようとするウェーハ2を前記ポート18に装填し、前記処理室32に搬入する。搬入後、以下の3つのステップを順次実行する。

【0055】

(ステップ1)

ステップ1では、プラズマ励起に必要なNH<sub>3</sub>ガスと、プラズマ励起の必要がないDCSガスを並行して流す。まず前記第1のガス供給管34に設けた前記第1のバルブ37、及び前記ガス排気管45に設けた前記第4のバルブ46を共に開き、前記第1のガス供給管34から前記第1のマスフローコントローラ36により流量調整されたNH<sub>3</sub>ガスを前記ノズル52の前記第2のガス供給孔53から前記パuffア室38へと噴出させる。

【0056】

該パuffア室38に噴出されたNH<sub>3</sub>は、前記第1の棒状電極54及び前記第2の棒状電極55間に前記高周波電源58から前記整合器57を介して高周波電力を印加されることでプラズマ励起し、活性種として前記処理室32に供給しつつ前記ガス排気管45から排気する。

【0057】

NH<sub>3</sub>をプラズマ励起することにより活性種として流す場合には、前記第4のバルブ46を適正に調整して前記処理室32内圧力を0~931Paの範囲であって、例えば54Paに維持する。前記第1のマスフローコントローラ36で制御するNH<sub>3</sub>の供給流量は1~10slmの範囲であって、例えば6slmで供給される。NH<sub>3</sub>をプラズマ励起することにより得られた活性種にウェーハ2を晒す時間は2~120秒間である。この時の前記ヒータ28の温度はウェーハ2が300~650の範囲であって、例えば630になる様に設定してある。通常NH<sub>3</sub>は反応温度が高く、上記ウェーハ2の温度では反応しない為、プラズマ励起することにより活性種としてから流す様にしており、活性種として流すことでウェーハ2の温度は設定した低い温度範囲のままで行うことができる。

【0058】

このNH<sub>3</sub>を活性種として前記処理室32に供給している時、前記第2のガス供給管35の上流側の前記第2のバルブ41を開き、下流側の前記第3のバルブ43を閉じ、DCSを流す様にする。これにより、前記第2、第3のバルブ41, 43間に設けたガス溜め42にDCSを溜める。この時、前記処理室32内に流しているガスは、NH<sub>3</sub>をプラズマ励起することにより得られた活性種であり、DCSは存在しない。従って、NH<sub>3</sub>は気相反応を起すことはなく、プラズマにより励起され活性種となったNH<sub>3</sub>はウェーハ2上の下地膜等の表面部分と表面反応 (化学吸着) する。

【0059】

(ステップ2)

ステップ2では、前記第1のガス供給管34の前記第1のバルブ37を閉じ、NH<sub>3</sub>の供給を止めるが、引続き前記ガス溜め42へ供給を継続する。該ガス溜め42に所定圧、

10

20

30

40

50

所定量のDCSが溜ったら、上流側の前記第2のバルブ41も閉じ、前記ガス溜め42にDCSを閉じこめておく。又、前記ガス排気管45の前記第4のバルブ46は開いたままとし、前記真空ポンプ47により前記処理室32を20Pa以下に排気し、残留NH3を該処理室32から排除する。又、この時N2等の不活性ガスを該処理室32に供給することで、更に残留NH3を排除する効果が高まる。前記ガス溜め42内には、圧力が2000Pa以上となる様DCSを溜める。又、該ガス溜め42と前記処理室32との間のコンダクタンスが $1.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{ s}$ 以上となる様に装置を構成する。又、前記反応管29の容積と、該反応管29に対する必要な前記ガス溜め42の容積との比として考えると、前記反応管29の容積が100L(リットル)の場合に於いては、100~300ccであることが好ましく、容積比としては前記ガス溜め42は処理室32容積の1/1000~3/1000倍とすることが好ましい。

10

**【0060】**

(ステップ3)

ステップ3では、前記処理室32の排気が終わったら前記ガス排気管45の前記第4のバルブ46を閉じて排気を止め、前記第2のガス供給管35の下流側の前記第3のバルブ43を開く。これにより前記ガス溜め42に溜められたDCSが前記処理室32に一気に供給される。この時、前記ガス排気管45の前記第4のバルブ46が閉じられているので、前記処理室32内の圧力は急激に上昇し、約931Pa(7 Torr)迄昇圧される。DCSを供給する為の時間は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秒とした。この時にウェーハ2の温度はNH3の供給時と同じく、300~600の範囲内の所望の温度で維持される。DCSの供給により、ウェーハ2の表面に化学吸着したNH3とDCSとが表面反応(化学吸着)し、ウェーハ2上にSiN膜が成膜される。成膜後、前記第3のバルブ43を閉じ、前記第4のバルブ46を開けて前記処理室32を真空排気し、残留するDCSの成膜に寄与した後のガスを排除する。又、この時にはN2等の不活性ガスを前記処理室32に供給すると、更に残留するDCSの成膜に寄与した後のガスを前記処理室32から排除する効果が高まる。又、前記第2のバルブ41を開いて前記ガス溜め42へのDCSの供給を開始する。

20

**【0061】**

上記ステップ1~3を成膜処理の1サイクルとし、このサイクルを複数回繰返すことにより、ウェーハ2上に所定膜厚のSiN膜を成膜することができる。

30

**【0062】**

又、成膜処理のサイクルとサイクルの間で、後述するクラック及び膜剥がれの除去処理が行われる。

**【0063】**

ALD法では、ガスはウェーハ2上の表面部分に化学吸着する。このガスの吸着量は、ガスの圧力、及びガスの暴露時間に比例する。従って、希望する一定量のガスを短時間で吸着させる為には、ガスの圧力を短時間で大きくする必要がある。この点で、本実施例では前記第4のバルブ46を閉じた上で前記ガス溜め42内へ溜めたDCSを瞬間的に供給しているので、前記処理室32内のDCSの圧力を急激に上昇させることができ、希望する一定量のガスを瞬間的に吸着させることができる。

40

**【0064】**

又、本実施例では、前記ガス溜め42にDCSを溜めている間に、ALD法に必要なステップであるNH3ガスをプラズマ励起することにより活性種として供給、及び前記処理室32の排気をしているので、DCSを溜める為の特別なステップを必要としない。又、前記処理室32内を排気してNH3ガスを除去してからDCSを流すので、両者はウェーハ2に向う途中で反応しない。供給されたDCSは、ウェーハ2に吸着しているNH3とのみ有効に反応させることができる。

**【0065】**

次に、図4、図5に於いて、本発明に於けるクラック及び膜剥がれの除去処理について説明する。

50

## 【 0 0 6 6 】

先ず、図示しないガス供給源より前記第 1 のガス供給管 3 4 に N<sub>2</sub> ( 0 . 5 ~ 6 s l m ) と、NH<sub>3</sub> ( 0 . 5 ~ 1 0 s l m ) とを混合させた混合ガスを供給し、更に前記ノズル 5 2 を介して前記パuffa室 3 8 に混合ガスを供給する。

## 【 0 0 6 7 】

次に、前記第 1 の棒状電極 5 4 ( 図 3 参照 ) 及び前記第 2 の棒状電極 5 5 ( 図 3 参照 ) 間に、前記高周波電源 5 8 ( 図 3 参照 ) から前記整合器 5 7 ( 図 3 参照 ) を介して高周波電力を印加し、混合ガスにプラズマ 4 9 ( プラズマパワー : 5 0 W ~ 3 0 0 W ) を発生させる。該プラズマ 4 9 を前記反応管 2 9 及び前記処理室 3 2 に堆積した反応生成物である膜 5 1 に対して照射することで、膜 5 1 に対してプラズマ 4 9 による応力が発生し、膜 5 1 に発生した亀裂であるクラック、及びクラックから分離した膜 5 1 の一部である膜剥がれ等、膜 5 1 の脆くなった箇所を除去し、又応力により脆くなった膜 5 1 が剥がれやすい状態を作る。

10

## 【 0 0 6 8 】

膜 5 1 のクラック及び膜剥がれの除去、又は膜 5 1 が剥がれやすい状態を作った後、前記処理室 3 2 内に N<sub>2</sub> 等の不活性ガスを供給し、パージ処理を行うことで、前記反応管 2 9 内及び前記処理室 3 2 内の膜 5 1 のクラック及び膜剥がれを強制除去する。

## 【 0 0 6 9 】

上記のクラック及び膜剥がれの除去処理をプラズマ・トリートメント・パージ ( 以下、P T P と称す ) 処理と呼び、P T P 処理は成膜処理と成膜処理の間に実行される様になっている。

20

## 【 0 0 7 0 】

以下では、図 4 に示される様に、前記ポート 1 8 の最下段のスロットにモニタリングウェーハ 6 3 を挿入し、種々の条件下で P T P 処理を行った際の該モニタリングウェーハ 6 3 へのパーティクルの付着量の比較によって、膜 5 1 のクラック及び膜剥がれの除去効果を検証している。

## 【 0 0 7 1 】

図 6 は、P T P 処理を行わなかった場合、NH<sub>3</sub> の流量を 3 s l m で固定し、N<sub>2</sub> の流量を 1 . 5 s l m , 3 . 5 s l m とし P T P 処理を行った場合の比較を示しており、左のグラフが P T P 処理を行わなかった場合、中央のグラフが N<sub>2</sub> の流量を 3 . 5 s l m とした場合、右のグラフが N<sub>2</sub> の流量を 1 . 5 s l m とした場合の前記モニタリングウェーハ 6 3 へのパーティクルの付着量を示している。

30

## 【 0 0 7 2 】

該モニタリングウェーハ 6 3 へのパーティクルの付着量が多い程、前記反応管 2 9 及び前記処理室 3 2 内に堆積した膜 5 1 、クラック及び膜剥がれを除去できていることを示しており、P T P 処理を行う場合の方が多量のクラック及び膜剥がれを除去でき、更に混合ガスの流量を大きくすることでより多量のクラック及び膜剥がれを除去できていることがわかる。

## 【 0 0 7 3 】

又、前記処理室 3 2 内の温度には、ウェーハ 2 の投入、搬出を行うウェーハ投入、搬出温度と、前記処理室 3 2 内でウェーハ 2 上に膜を生成する成膜処理温度の 2 つがある。図 7 はウェーハ投入、搬出温度と成膜処理温度の差が異なる 2 つの例について P T P 処理を行った結果を比較したものであり、( A ) はシーケンス図の一例、( B ) は前記モニタリングウェーハ 6 3 へのパーティクルの付着量、即ちパーティクルの発生量を示している。

40

## 【 0 0 7 4 】

図 7 ( B ) 中で左側のグラフは前記モニタリングウェーハ 6 3 を 4 0 0 で前記処理室 3 2 内に装入し、その後該処理室 3 2 内の温度を 4 7 0 に上昇させたもの、即ちウェーハ投入、搬出温度と成膜処理温度の温度差が 7 0 の場合のパーティクルの発生量を示しており、右側のグラフは前記モニタリングウェーハ 6 3 を 4 0 0 で前記処理室 3 2 内に装入し、その後該処理室 3 2 内の温度を 5 4 5 に上昇させたもの、即ちウェーハ投入、

50

搬出温度と成膜処理温度の温度差が145 の場合のパーティクルの発生量を示している。

【0075】

両者を比較すると、右側のウェーハ投入、搬出温度と成膜処理温度の温度差が145の方がパーティクルの発生量が多いことがわかる。これは、ウェーハ投入、搬出温度と成膜処理温度の温度差が大きくなることで、堆積した膜51に掛る膜応力がより大きくなり、クラックが発生し易くなり、又クラック及び膜剥がれを除去し易くなる為である。従って、昇降温度差を大きくした方がPTP処理の効果が高まると判断され、又昇温時、降温時に急速に温度を変更することで一層の効果を期待できる。

【0076】

又、図8は不活性ガスによりパージ処理を行う際に、周期的に圧力を変動させるサイクルパージを行った場合のシーケンス図の一例とパーティクルの発生量を示している。

【0077】

図8(B)中で左側のグラフは、前記モニタリングウェーハ63を450 で前記処理室32内へ装入し、圧力変動を生じさせなかった場合のパーティクルの発生量を示し、右側のグラフは前記モニタリングウェーハ63を450 で前記処理室32内へ装入し、図8(A)のシーケンス図に示される様に、例えば7 Torrの変動量で50回の圧力変動を行った場合のパーティクルの発生量を示している。

【0078】

両者のパーティクルの発生量を比較した結果、前記処理室32内の圧力を周期的に大きく変動させることにより、膜51のクラック及び膜剥がれの除去効果があると判断できる。これは、圧力変動により前記処理室32内の不活性ガス(N<sub>2</sub>)にフローが発生し、図9の説明図に示される様に、該フローにより膜剥がれ又は膜壁に付着している小さな反応生成物を除去する為である。従って、前記処理室32内の圧力変動を大きくすることで、PTP処理の効果が高まると判断できる。

【0079】

尚、上記圧力変動は、前記処理室32内にガスが供給されていればよいので、パージ処理中だけではなく、プラズマ照射工程に於いても実施可能である。

【0080】

図10は、図6～図8に示された検証結果を基に、全工程を纏めたPTP処理のシーケンス図となっており、前記処理室32内の温度を成膜温度を超える温度へと昇温する工程である昇温工程、N<sub>2</sub>とNH<sub>3</sub>を混合させた混合ガスを前記ノズル52より前記パuffa室38に供給し、混合ガスにプラズマを励起し活性化させると共に前記処理室32内の圧力変動を行う工程であるプラズマによる除去工程、前記処理室32内の温度を基板投入温度を下回る温度迄降温すると共に前記処理室32内の圧力変動を行い、サイクルパージを実行する工程である降温工程、前記処理室32内の温度を基板投入温度へ復帰させ、次の成膜処理に備える工程であるリカバリ工程の4つの工程からなっている。

【0081】

先ず、昇温工程では、前記処理室32内の温度を300 から550 へと上昇させる。

【0082】

プラズマによる除去工程では、昇温工程に於いて昇温された前記処理室32内の温度が安定した後、該処理室32内の真空引きを行った後に7 Torrの変動量で、例えば、40回程程度の圧力変動を行うと共に、N<sub>2</sub>の流量を5.5 s l m、NH<sub>3</sub>の流量を8 s l mとした混合ガスに対し、前記第1の棒状電極54及び前記第2の棒状電極55間に、前記高周波電源58から前記整合器57を介して150 wの高周波電力を印加し、プラズマ励起することで活性化させ、膜51のクラック及び膜剥がれを除去する。

【0083】

降温工程では、前記処理室32内の圧力を大気圧迄上昇させた後、該処理室32内の温度を550 から300 以下迄降下させると共に、不活性ガス(N<sub>2</sub>)によるパージと

10

20

30

40

50

真空引きを繰返し、1分間周期で20 Torrの範囲で、例えば、27回圧力を変動させる。

【0084】

最後に、リカバリ工程に於いて、前記処理室32内の圧力を大気圧迄上昇させると共に、温度を基板投入温度迄上昇させることでPTP処理が完了する。

【0085】

PTP処理完了後は、再びウェーハ2に対する成膜処理が行われ、成膜処理完了後にはPTP処理が行われるというサイクルによって基板処理が行われていく。

【0086】

図11は、膜51が堆積した状態で上記シーケンスに従ってPTP処理が行われた際の前記モニタリングウェーハ63の状態及び付着したパーティクルの量と、PTP処理後に再びPTP処理が行われた際の前記モニタリングウェーハ63の状態及び付着したパーティクルの量を示している。

10

【0087】

図11(A)は前記モニタリングウェーハ63に付着したパーティクルの量を比較したグラフであり、図11(B)、図11(C)はパーティクルの付着した前記モニタリングウェーハ63の状態を示したものである。膜51が堆積した状態でPTP処理を行った際に前記モニタリングウェーハ63に付着したパーティクルの数が、0.08 μm以上のものが3909個、0.5 μm以上のものが108個なのに対し、PTP処理後に再びPTP処理が行われた際に前記モニタリングウェーハ63に付着したパーティクルの数は、0.08 μm以上のものが1個、0.5 μm以上のものが2個であり、一度のPTP処理でパーティクルの発生要因であるクラックや膜剥がれが除去できていると判断できる。

20

【0088】

上述の様に、前記処理室32に対してPTP処理を行うことで、前記反応管29や前記処理室32内に堆積した膜のクラック及び膜剥がれを除去し、該処理室32内をパーティクルが発生しない環境とすることが可能である。又、PTP処理後に成膜処理を行うことで、パーティクルが発生しない状態でウェーハ2に対して成膜を行うことができるので、ウェーハ2の歩留りが増加し、生産性が向上する。

【0089】

尚、本実施例ではPTP処理を1サイクル行った場合について説明したが、成膜処理が行われる都度にPTP処理を行うことによって、より効率よくクラックや膜剥がれを除去できる。

30

【0090】

又、本実施例では、SiN膜を生成する場合について説明したが、本発明に於ける基板処理装置1は膜種に限定されるものではなく、SiN膜以外の膜に対しても適用可能であり、更にCVD法やALD法等の成膜手法によらず、プラズマを利用する成膜手法であれば適用可能であるのは言う迄もない。

【0091】

(付記)

又、本発明は以下の実施の態様を含む。

40

【0092】

(付記1)筒状の反応容器と、該反応容器の内部に画成された処理室と、該処理室に装脱可能であり複数の基板が装填された基板保持具と、前記反応容器の内部に設けられたバッファ室と、該バッファ室に少なくとも1つの処理ガスを導入可能なガス導入部とを具備し、前記処理ガスにプラズマを発生させ、該プラズマを前記処理室内へ照射することで、前記反応容器及び前記基板保持具に付着した異物を除去することを特徴とする基板処理装置。

【0093】

(付記2)前記処理ガスはN<sub>2</sub>とNH<sub>3</sub>の混合ガスである付記1の基板処理装置。

【0094】

50

(付記3) 前記プラズマが有するエネルギーは変更、調整が可能である付記1の基板処理装置。

【0095】

(付記4) 前記異物はクラック及び膜剥がれである付記1の基板処理装置。

【0096】

(付記5) 成膜された基板を処理室から搬出した後、該処理室内の温度を成膜温度より高い温度へと昇温する工程と、昇温された前記処理室内の温度が一定温度に安定した後、該処理室にプラズマ励起により活性化された活性化ガス及び窒化剤の混合ガスを供給し、前記処理室内に付着した膜を除去する工程とを具備することを特徴とする半導体装置の製造方法。

10

【0097】

(付記6) 前記処理室内に不活性ガスを供給すると共に、圧力変動を生じさせる工程を更に具備する付記5の半導体装置の製造方法。

【0098】

(付記7) 前記不活性ガスによりサイクルパージが行われる付記6の半導体装置の製造方法。

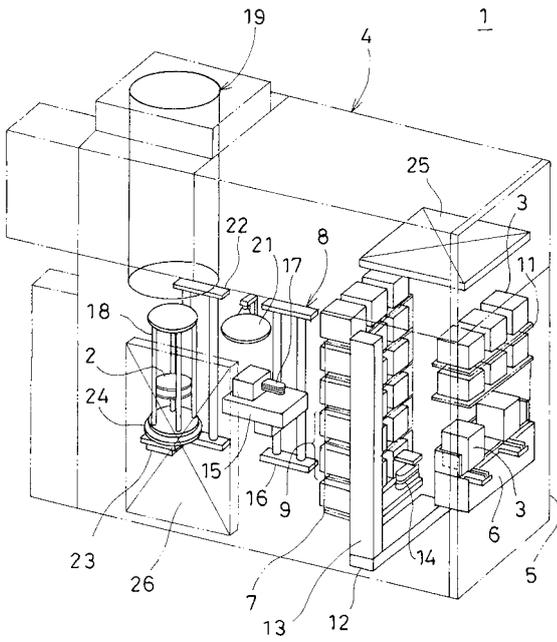
【符号の説明】

【0099】

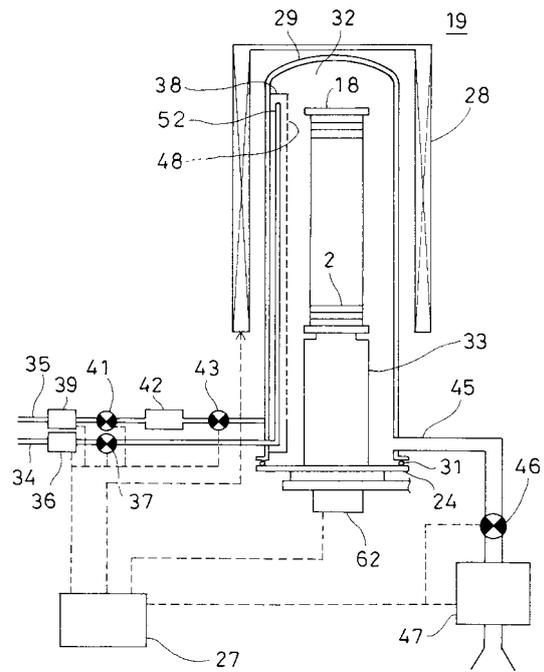
1	基板処理装置
2	ウェーハ
18	ポート
19	処理炉
29	反応管
32	処理室
49	プラズマ
51	膜
63	モニタリングウェーハ

20

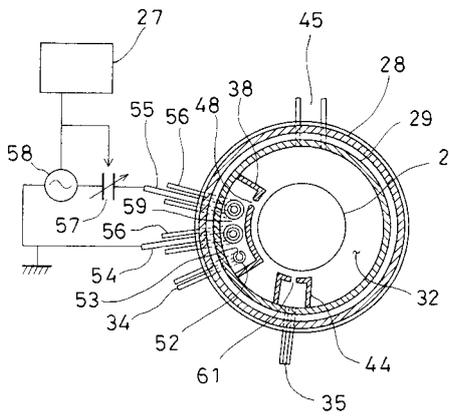
【 図 1 】



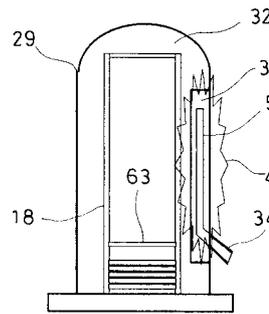
【 図 2 】



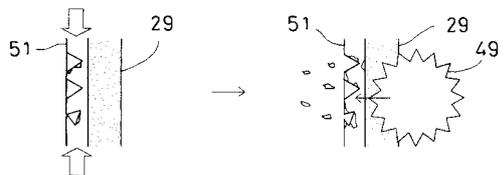
【 図 3 】



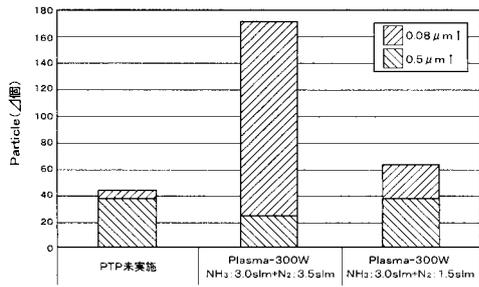
【 図 4 】



【 図 5 】

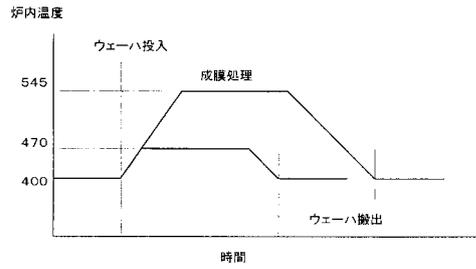


【 図 6 】

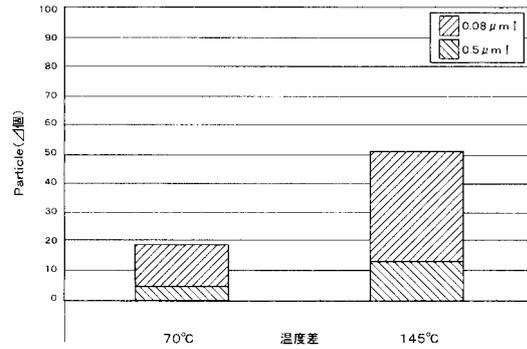


【 図 7 】

(A)

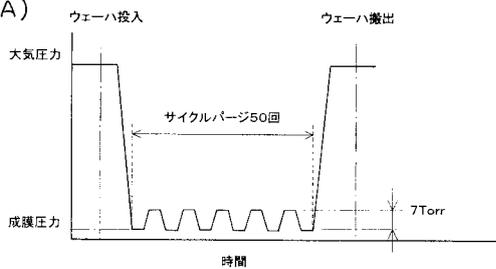


(B)

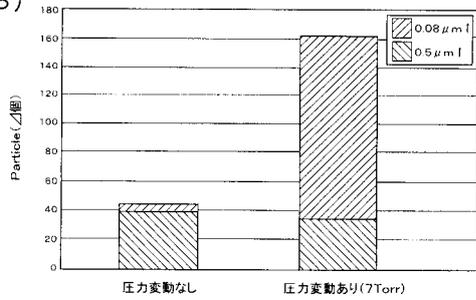


【 図 8 】

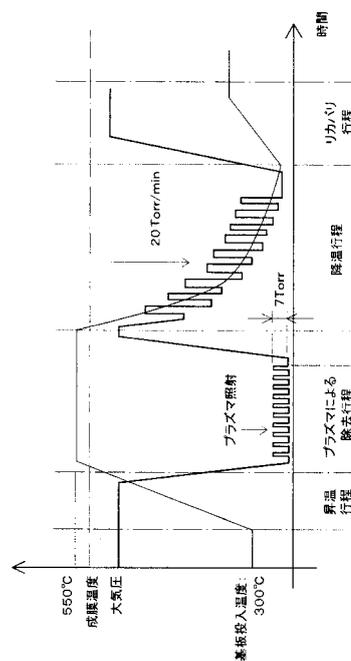
(A)



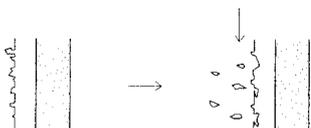
(B)



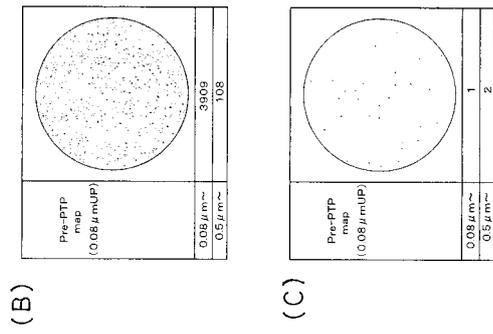
【 図 10 】



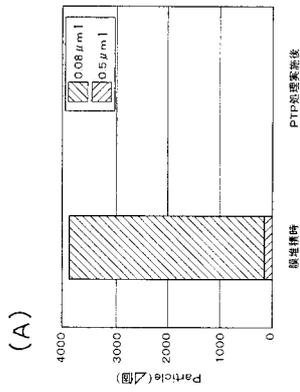
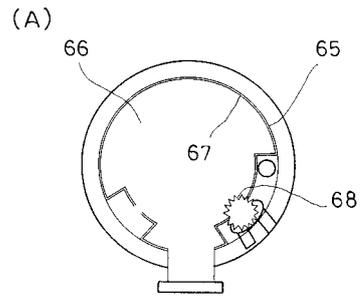
【 図 9 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



(B)

