

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 4 月 24 日 (24.04.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/034474 A1

(51) 国際特許分類: H01L 21/02

(21) 国際出願番号: PCT/JP02/10436

(22) 国際出願日: 2002 年 10 月 8 日 (08.10.2002)

(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 2001-313918
2001 年 10 月 11 日 (11.10.2001) JP

(SAKI,Kazuo) [JP/JP]; 〒226-0013 神奈川県 横浜市 緑区 寺山町 8 7-1 Kanagawa (JP). 牛久 幸広 (USHIKU,Yukihiko) [JP/JP]; 〒230-0074 神奈川県 横浜市 鶴見区 北寺尾 3 丁目 1 6-6 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 鈴江 武彦, 外(SUZUYE,Takehiko et al.); 〒100-0013 東京都 千代田区 霞が関 3 丁目 7 番 2 号 鈴榮特許綜合法律事務所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB).

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒105-8001 東京都 港区 芝浦一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

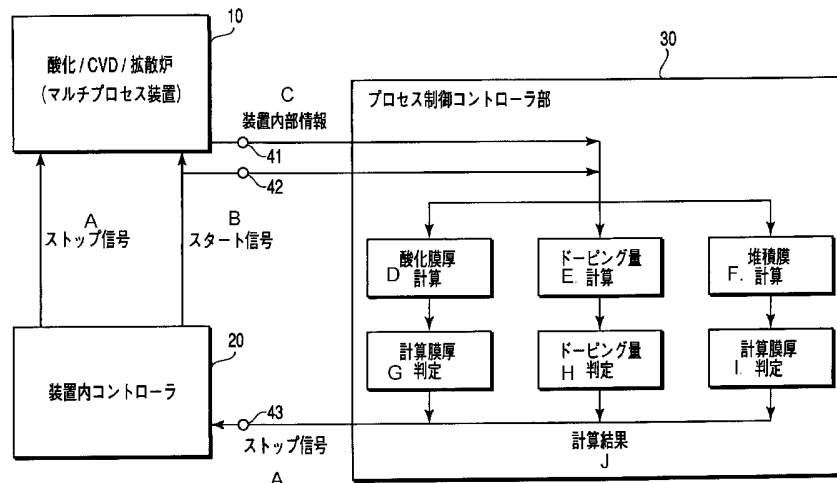
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐喜 和朗

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: SEMICONDUCTOR MANUFACTURING APPARATUS AND METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体製造装置と半導体装置の製造方法



10...OXIDATION/CVD/DIFFUSION FURNACE
(MULTIPROCESSOR)
A...STOP SIGNAL
B...START SIGNAL
C...IN-APPARATUS INFORMATION
20...IN-APPARATUS COTROLLER
30...PROCESS CONTROLLER SECTION

D...OXIDE FILM THICKNESS CALCULATION
E...DOPING AMOUNT CALCULATION
F...DEPOSIT FILM THICKNESS CALCULATION
G...CALCULATED FILM THICKNESS JUDGMENT
H...DOPING AMOUNT JUDGMENT
I...CALCULATED FILM THICKNESS JUDGMENT
J...CALCULATION RESULT

(57) Abstract: A semiconductor manufacturing apparatus for carrying out oxidation and CVD successively in a multiprocessor (10) comprises an in-apparatus controller (20) which selects the kind of processing and transmits a processing start signal and a processing stop signal to the multiprocessor (10) and a process controller (30) which

[続葉有]



calculates the process state of each process on the basis of in-apparatus information. When a stop signal is input from the controller (30), the controller (20) transmits the stop signal to the multiprocessor (10) to stop the current processing by the multiprocessor (10) and to shift this processing to the next one.

(57) 要約:

マルチプロセス装置（１０）内で酸化／ＣＶＤを連続して行う半導体製造装置において、処理の種類を選択すると共に、処理のスタート信号及びストップ信号をマルチプロセス装置（１０）に送出する装置内コントローラ（２０）と、装置内部情報を基に各処理に対するプロセス状態を計算するプロセス制御コントローラ（３０）とを備え、コントローラ（３０）からストップ信号が入力されるとコントローラ（２０）によりマルチプロセス装置（１０）にストップ信号を送出し、マルチプロセス装置（１０）による現在の処理を停止して次の処理に移行させる。

明 細 書

半 導 体 製 造 装 置 と 半 導 体 装 置 の 製 造 方 法

技 術 分 野

本発明は、半導体製造技術に係わる。特に、酸化，拡散，CVDなどの複数プロセスを同一チャンバ内で行う半導体製造装置と、この装置を用いた半導体装置の製造方法に関する。

背 景 技 術

近年、半導体製造装置においては、ウェハ処理時間の短縮化を狙って、同一チャンバ内での複数プロセスを連続で行う技術が開発されている。このような装置では、同一チャンバ内での複数プロセスに対して、膜厚及び不純物の拡散などに関する精密な制御が要求されている。

図7は、従来技術に基づく酸化膜及びSiN膜の成膜プロセスの連続処理フローを示す図である。まず、技術的な経験に基づいて、酸化膜形成温度，酸化ガス流量，酸化時間，SiN堆積温度，SiN堆積時間，SiN成膜時のガス圧力，SiN成膜ガス流量などを、所望の膜厚がそれぞれ得られるように半導体製造装置（この場合は酸化／CVD炉）の制御用コンピュータに何らかの手段で入力する。次いで、何らかの手段でスタート信号を入力することで処理を開始する。

装置へのウェハの搬入，昇温，温度保持，ガス導入，ガスの切り替え，降温，ウェハの搬出などの処理が、設定されたシーケンスに従って行われる。この間に、炉内温度やガス

流量をできるだけ忠実に設定値に保ち、酸化時間及び堆積時間を制御することで所望の膜厚を得ていた。

しかし、上記のシーケンスでは、装置内の制御不可能な外乱要因による膜厚ばらつきや不純物ドーズ量のばらつき、更には装置外の制御不可能な外乱要因による膜厚ばらつきや不純物ドーズ量のばらつきなどは、全く考慮されていない。ここで、装置内の制御不可能な外乱要因としては、例えば前のバッチの処理温度の影響による昇温時の微妙な温度変化や、微妙な電圧変動によるガス流量の微細な変化などが挙げられる。装置外の制御不可能な外乱要因としては、例えば大気圧が挙げられる。

従って、素子の微細化が進み、これらの外乱要因が無視し得ない状況になってきている今日では、従来の成膜技術では、十分な素子性能、回路特性が得られなくなっている。このため、これらの外乱要因を考慮した半導体製造装置の制御方法が求められている。また、プロセス後に行われている膜厚測定が連続プロセスでは最初の成膜では行われなため、より精密な成膜制御が求められる。

上記外乱要因が膜厚や不純物の拡散に及ぼす影響を考慮するためには、酸化や堆積、不純物拡散に関する計算或いはシミュレーションを行う必要がある。例えば、特開平 1 1 - 2 8 8 8 5 6 号公報や特開平 8 - 5 5 1 4 5 号公報には、実際の製造データとシミュレーションデータを比較する考えが示されている。しかし、これらの公報は、比較の目的がシミュレーションの高精度化、或いは実際の製造データとの合わせ

込みにあるため、製造条件や製造パラメータの変更など製造の制御という視点からの提案とは異なる。また、上記内乱や外乱を想定した計算も行っておらず、1回毎の製造バラツキを考慮するに至っていない。

このように従来、同一チャンバ内で半導体装置の製造に関する複数の処理を連続して行う半導体製造装置においては、装置内の制御不可能な外乱要因による膜厚及び不純物ドーズ量のばらつきや、大気圧などの装置外の制御不可能な外乱要因による膜厚及び不純物ドーズ量のばらつきなどが生じる。このため、十分な素子性能、回路特性が得られなくなっている。

発明の開示

本発明の目的は、装置内の制御不可能な外乱要因による膜厚や不純物ドーズ量のばらつき、大気圧などの装置外の制御不可能な外乱要因による膜厚や不純物ドーズ量のばらつきなどを抑制することができ、十分な素子性能、回路特性が得られる半導体製造装置及び半導体装置の製造方法を提供することにある。

上記課題を解決するために本発明は、次のような構成を採用している。

即ち本発明は、同一チャンバ内で半導体装置の製造に関する複数の処理を連続して行う処理装置本体と、この処理装置本体における処理の種類を選択すると共に、該処理装置本体に処理を開始するためのスタート信号及び処理を停止するた

めのストップ信号を与える装置コントローラ部とを備えた半導体製造装置であって、前記処理装置本体の装置内部情報を外部に出力するための第1の端子と、前記装置コントローラ部からのスタート信号を外部に出力するための第2の端子と、第2の端子からのスタート信号を受けて前記装置内部情報を基に現在の処理に対するプロセス状態を計算して得られた結果に基づくストップ信号を前記装置コントローラ部に入力するための第3の端子とを設けてなり、第3の端子からのストップ信号の入力により前記装置コントローラ部により前記処理装置本体にストップ信号を送出し、前記処理装置本体による現在の処理を停止して次の処理に移行させることを特徴とする。

また本発明は、同一チャンバ内で半導体装置の製造に関する複数の処理を連続して行う処理装置本体と、この処理装置本体における処理の種類を選択すると共に、該処理装置本体に処理を開始するためのスタート信号及び処理を停止するためのストップ信号を与える装置コントローラ部と、前記処理装置本体の装置内部情報を基に複数の処理に対するプロセス状態を計算する機能を有し、前記装置コントローラ部からスタート信号が送出されたタイミングで現在の処理に対するプロセス状態の計算を開始し、プロセス状態が規定の状態に達した時点で前記装置コントローラ部にストップ信号を送出するプロセス制御コントローラ部とを備えた半導体製造装置であって、前記装置コントローラ部は、前記プロセス制御コントローラ部からストップ信号が入力されると前記処理装置本

体にストップ信号を送出し、該処理装置本体による現在の処理を停止して次の処理に移行させるものであることを特徴とする。

また本発明は、同一チャンバ内で半導体装置の製造に関する複数の処理を連続して行う処理装置本体と、この処理装置本体における処理の種類を選択すると共に、処理の開始及び停止を制御する装置コントローラ部と、前記処理装置本体の装置内部情報を基に複数の処理に対するプロセス状態を計算する機能を有するプロセス制御コントローラ部とを備えた半導体製造装置を用い、被処理基板に対して所定の処理を施す半導体装置の製造方法であって、前記処理装置本体に被処理基板をセットした状態で、前記装置コントローラ部により所定の処理を開始させると共に、前記プロセス制御コントローラ部により現在の処理に対するプロセス状態の計算を開始し、この計算結果でプロセス状態が規定の状態に達したと判定されたら、前記装置コントローラ部により現在の処理を停止させて、次の処理に移行させることを特徴とする。

図面の簡単な説明

図 1 は、第 1 の実施形態に係わる半導体製造装置の基本構成を示すブロック図。

図 2 は、図 1 の半導体製造装置に用いた装置コントローラ部の構成を示す図。

図 3 は、第 1 の実施形態におけるプロセス制御動作を示すフローチャート。

図 4 A , B は、第 1 の実施形態における半導体製造工程を示す断面図。

図 5 は、第 2 の実施形態におけるプロセス制御動作を示すフローチャート。

図 6 A , B は、第 2 の実施形態における半導体製造工程を示す断面図。

図 7 は、従来の（酸化 + S i N）連続成膜プロセスを示す概念図。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

（第 1 の実施形態）

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係わる半導体製造装置の基本構成を示す図である。なお、本実施形態の半導体製造装置は、バッチ式装置と枚葉式装置の何れにも適用可能である。

図中の 10 は、複数の処理を連続して行うためのチャンバで、例えば酸化／拡散／CVD 炉（以下、マルチプロセス装置と称する）である。20 は、マルチプロセス装置 10 を制御するための装置内コントローラ（装置コントローラ部）である。30 は、膜厚計算機能，ドーピング量計算機能，計算膜厚判定機能，計算ドーピング量判定機能などを有するプロセス制御コントローラ部である。

装置内コントローラ 20 は、図 2 に示すように、プロセス時間監視機能やプロセスデータの格納機能などを有する外部

出力信号発生装置 21 を備えている。そして、この外部出力信号発生装置 21 は、プロセス制御コントローラ部 30 からの計算結果及びストップ信号が入力されると、マルチプロセス装置 10 にストップ信号を送出するものとなっている。さらに、外部出力信号発生装置 21 は、ユーザーによるプロセススタート信号が入力されると、又はストップ信号を出力してから一定時間後に、マルチプロセス装置 10 にスタート信号を送出するものとなっている。

本実施形態では、プロセス制御コントローラ部 30 は、その機能を解説する目的のために別の装置として説明するが、装置内コントローラ 20 中に組み込まれたものであってもよい。また、図中の 41 は装置内部情報を外部に送出手のための第 1 の端子、42 はスタート信号を外部に送出手のための第 2 の端子、43 は外部からのストップ信号を入力するための第 3 の端子を示している。

マルチプロセス装置 10 は、装置内コントローラ 20 の制御により動作する。予め決められたプロセス処理シーケンス内のあるタイミングで、マルチプロセス装置 10 内のコントローラ 20 から、マルチプロセス装置 10 及びプロセス制御コントローラ部 30 にスタート信号が送られる。このスタート信号を受け取った時点でプロセス制御コントローラ部 30 は、堆積膜厚計算／酸化膜厚計算／ドーピング量計算の内のいずれを計算すればよいのかを、装置内部のプロセスガス等の情報により判断する。そして、実際に酸化膜厚計算，堆積膜厚計算又はドーピング量計算のいずれかスタートする。

ここまでをもう少し詳細に記述すると、設定されたシーケンスに従った装置内コントローラ 20 の制御により、マルチプロセス装置 10 へのウエハの搬入、昇温、温度保持を行う。次に、装置内コントローラ 20 はプロセスガスの導入をマルチプロセス装置 10 に指示すると同時に、プロセス制御コントローラ部 30 にスタート信号を送る。この場合は、プロセスガスの導入時をスタートのタイミングとしたが、マルチプロセス装置 10 へのウエハの搬入後、昇温前、ウエハ炉内温度がある一定の温度に達した時点など、予め決めておけば、目的に応じて変更することは可能である。

本実施形態では、酸化膜厚の計算を第一番目に行うこととする。計算には、装置内部の情報が用いられる。装置内情報としては、炉内外の各種熱電対からの温度情報、流量計からのガス流量などを用いることができる。計算モデルとしては、例えば

$$(t_{ox}^2 - \tau^2) / B = t - (B/A)(t_{ox} - \tau) \quad \cdots (1)$$

という、一般的な式を用いてもよい。この (1) 式において、 t_{ox} は酸化膜厚、 τ は初期膜厚、 t は時刻、 B/A は一次係数、 B は二次係数である。例えば、 τ は 15 nm、 B/A は 5×10^{-6} 、 B は 8×10^{-6} 分/ μ m などの値を用いる。

時々刻々変化する温度、ガス流量を決められた時間間隔、例えば 1 秒で読み込みその値を用いてその時間間隔の間で酸化膜厚の増加分を計算し累積していくことで、その時刻での酸化膜厚を計算することができる。このことにより、温度や流量の外乱による酸化膜厚の変動を考慮できる。これは、従

来の酸化方法では考慮できなかった点である。時間間隔を1秒とするのは、例えば酸化膜厚を $\pm 0.2 \text{ nm}$ で制御したい場合には、 ± 2 秒の精度で装置をコントロールする必要がある、これより短いサンプリングレートにする必要からである。

酸化膜厚の計算結果は、計算膜厚判定機能によって判定される。規定の膜厚、例えば 60 nm に計算膜厚が達した時点で、プロセス制御コントローラ部30から装置内コントローラ20にストップ信号が送られる。装置内コントローラ20はマルチプロセス装置10に対してストップ信号を送り、酸化をストップさせる。

より具体的には、装置内コントローラ20からマルチプロセス装置10に対して、例えば「酸化ガスを流すシーケンスを終了して、次の不活性ガスを流すシーケンスに切り替える」という割り込み指示を出すことに対応する。このタイミングは、少し前に設定することも可能である。つまり、ストップ信号を出してから酸化終了までに直ぐにはガスが切り替わらないなどの理由がある場合には、少し余計に酸化されてしまうことになる。この余計な酸化の分を見込んで、目標膜厚より若干薄い値を判定膜厚として設定しておけばよい。

酸化膜形成後に連続でSiN膜の堆積を行う場合は、マルチプロセス装置10は、酸化膜形成終了後のストップ信号を受けた後に装置内コントローラ20より再度スタート信号を受け取る。プロセス制御コントローラ部30は、再度のスタート信号を受け取り、装置内部のプロセスガス等の情報により酸化膜厚計算／堆積膜厚計算／ドーピング量計算の中でど

の計算を行うかを判断する。

本実施形態では、S i N膜の形成を第二番目に行うので堆積膜厚の計算に進む。計算には、装置内部の情報が用いられる。装置内情報としては、炉内外の各種熱電対からの温度情報、流量計からのガス流量、圧力計からのプロセス圧力等を用いることができる。時々刻々変化する温度、ガス流量、プロセス圧力を決められた時間間隔、例えば1秒で読み込む。そして、読み込んだ値を用いて、その時間間隔での間の堆積膜厚の増加分を計算し累積していくことで、その時刻での堆積膜厚を計算することができる。このことにより、温度、流量や圧力の外乱による堆積膜厚の変動を考慮できる。これは、従来の堆積膜厚の制御では考慮できなかった点である。

堆積膜厚の計算結果は、計算膜厚判定機能によって判定される。規定の膜厚、例えば100nmに計算膜厚が達した時点で、プロセス制御コントローラ部30から装置内コントローラ20にストップ信号が送られる。装置内コントローラ20はマルチプロセス装置10に対してストップ信号を送り、S i N膜の堆積をストップさせる。

より具体的には、装置内コントローラ20からマルチプロセス装置10に対して、例えば「堆積ガスを流すシーケンスを終了して、次の不活性ガスを流すシーケンスに切り替える」という割り込み指示を出すことに対応する。このタイミングは、少し前に設定することも可能である。つまり、ストップ信号を出してから堆積終了までに直ぐにはガスが切り替わらないなどの理由がある場合には、少し余計に堆積され

てしまうことになる。この余計な堆積の分を見込んで、目標膜厚より若干薄い値を判定膜厚として設定しておけばよい。

堆積ガスから不活性ガスに切り替えてからは、決められたシーケンスに従って降温、ウェハの搬出の指示を装置内コントローラ 20 から出し、マルチプロセス装置 10 がこれを実行してプロセスが終了する。連続プロセスによる 1 ウェハ毎のそれぞれの膜厚変動は、これまで制御できなかった炉内温度、ガス流量、プロセス圧力等の変動によって生じている。本実施形態の装置、制御方法を用いることにより、これらの変動を取り入れた膜厚計算を行い、その結果をプロセス処理にフィードバックすることで、変動の少ない厳密な膜厚の制御が可能となる。

即ち、プロセス制御コントローラ部 30 により、装置内部情報に基づいて品質特性をリアルタイムに計算し、処理時間を制御することにより、外乱に対して極めて厳密な制御が可能になる。より具体的には、プロセス制御コントローラ部 30 に、炉内温度、真空度、ガス流量などの装置内部情報、大気圧などの装置外部情報をリアルタイムで取り込む機能、取り込んだ情報を計算に使用できるように変換する機能、酸化膜厚／堆積膜厚／不純物拡散長などをリアルタイムで計算する機能、リアルタイムで計算するアルゴリズム（酸化／堆積／拡散）を選択する機能、装置の処理開始信号により計算を開始し、所望の膜厚／ドーピング量などに達した時点で装置に処理終了信号を発信する機能を持たせる。

これにより、処理時間の制御を厳密に行うことができる。

従って、装置内の制御不可能な外乱要因による膜厚ばらつきや、大気圧などの装置外の制御不可能な外乱要因による膜厚ばらつきを抑制することができ、十分な素子性能，回路特性を得ることが可能となる。

図 3 に、本実施形態におけるプロセス制御コントローラ部 30 内の演算フローチャートを示す。この図を参照して、酸化膜計算と堆積膜厚計算の 2 つを行う方法を説明する。

まず、膜厚計算及びドーピング量計算の初期化を行う（ステップ S 1）。次に、装置内コントローラ 20 からのスタート信号を監視する（ステップ S 2）。スタート信号がきたら装置内部情報を受け取り（ステップ S 3）、酸化膜厚計算と堆積膜計算のいずれの計算を行えばよいか判断する（ステップ S 4）。

本実施形態では、最初に酸化膜厚計算を行う（ステップ S 1 2）。計算酸化膜厚が規定値、この場合 60 nm を超えているかどうかを判断する（ステップ S 1 3）。超えていなければ、前回の内部情報取得から 1 秒待って再度内部情報を取得し（ステップ S 1 1）、ステップ S 1 2 で酸化膜厚計算を行う。これを繰り返して、計算酸化膜厚が 60 nm を超えたら、装置内コントローラ 20 へストップ信号を送る（ステップ S 5）。そして、全ての処理が終了したか否かを判定し（ステップ S 6）、他の処理がある場合はスタートに戻る。

ここでは、1 秒の間隔で制御を行うことを想定している。この場合、1 秒間隔で装置内部情報を取得することが可能か、酸化計算，計算膜厚判定が可能か、などの点が実現を阻む要

因になりうる。しかし、現在の装置性能、計算機の計算速度を持ってすれば、現実的な障害はないと考えてよい。

酸化膜厚計算後に、前記ステップ S 1 で膜厚計算及びドーピング量計算の初期化を行い、前記ステップ S 2 でスタート信号の監視を行う。スタート信号がきたら前記ステップ S 3 で装置内部情報を受け取り、前記ステップ S 4 で酸化膜厚計算と堆積膜計算のいずれの計算を行えばよいか判断する。

ここでは、S i N 堆積膜厚の計算を行う（ステップ S 2 2）。そして、計算堆積膜厚が規定値、この場合 1 0 0 n m を超えているかどうかを判断する（ステップ S 2 3）。超えていなければ、前回の内部情報取得から 1 秒待って再度内部情報を取得し（ステップ S 2 1）、ステップ S 2 2 で堆積膜厚の計算を行う。これを繰り返して、計算堆積膜厚が 1 0 0 n m を超えたら、前記ステップ S 5 で装置内コントローラ 2 0 へストップ信号を送る。そして、前記ステップ S 6 により全ての処理が終了したと判定したら、処理を終了する。

以上が本実施形態におけるプロセス制御コントローラ部 3 0 内の演算フローチャートの説明である。

図 4 A は、1 回目のステップ S 2 ～ S 5 により、マルチプロセス装置 1 0 内で、S i 基板 5 0 上に S i O₂ 膜 5 1 が形成された状態を示す断面図である。図 4 B は、2 回目のステップ S 2 ～ S 5 により、マルチプロセス装置 1 0 内で、S i O₂ 膜 5 1 上に S i N 膜 5 2 が形成された状態を示す断面図である。何れの膜厚も高精度に制御することができた。

このように本実施形態によれば、プロセス制御コントロー

ラ部 30 を設け、マルチプロセス装置 10 内における酸化処理と堆積処理をリアルタイムでモニタし、その処理時間を制御することにより、連続プロセスによる 1 ウェハ毎のプロセスばらつきを小さくすることができる。また、複数プロセスの計算を行う場合の計算を高精度化することができる。酸化膜厚でいえば、0.1 nm の膜厚の制御が可能になると共にゲート酸化膜及びポリ Si 電極の連続成膜によって歩留まり、信頼性が飛躍的に向上する。

(第 2 の実施形態)

第 1 の実施形態では、熱酸化膜の形成と SiN 膜堆積の連続形成プロセスを例にあげたが、本実施形態は As 気相拡散と熱酸化膜の連続プロセスを例を説明する。半導体製造装置の装置構成は前記図 1 と同様である。

本実施形態では、ドーピング量の計算を第一番目に行うこととする。計算には装置内部の情報が用いられる。装置内情報としては、炉内外の各種熱電対からの温度情報、流量計からのガス流量、圧力計からのプロセス圧力等の情報を用いることができる。時々刻々変化する温度、ガス流量、プロセス圧力を決められた時間間隔、例えば 1 秒で読み込みその値を用いてその時間間隔の間におけるドーピング量の増加分を計算し累積していくことで、その時刻でのドーピング量を計算することができる。このことにより、温度や流量の外乱によるドーピング量の変動を考慮できる。これは、従来の気相拡散方法では考慮できなかった点である。

ドーピング量の計算結果は、計算ドーピング量判定機能に

よって判定される。規定のドーピング量、例えば $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^2$ に計算ドーピング量が達した時点で、プロセス制御コントローラ部 30 から装置内コントローラ 20 にストップ信号が送られる。装置内コントローラ 20 はマルチプロセス装置 10 に対してストップ信号を送り、気相拡散プロセスをストップさせる。

より具体的には、装置内コントローラ 20 からマルチプロセス装置 10 に対して、例えば「ドーピングガスを流すシーケンスを終了して、次の不活性ガスを流すシーケンスに切り替える」という割り込み指示を出すことに対応する。このタイミングは、少し前に設定することも可能である。つまり、ストップ信号を出してから気相拡散終了までに直ぐにはガスが切り替わらないなどの理由がある場合には、少し余計に気相拡散されてしまうことになる。この余計な気相拡散の分を見込んで、目標ドーピング量より若干少ない値を判定ドーピング量として設定しておけばよい。

気相拡散後に連続で酸化膜の形成を行う場合は、プロセス制御コントローラ部 30 は気相拡散終了後のストップ信号を受けた後に装置内コントローラ 20 より再度スタート信号を受け取る。その信号を受け取り装置内部のプロセスガス等の情報により酸化膜厚計算／堆積膜厚計算／ドーピング量計算の中でどの計算を行うかをプロセス制御コントローラ部 30 で判断する。本実施形態では酸化膜の形成を第二番目に行うので、酸化膜厚の計算アルゴリズムに進む。この計算には、第 1 の実施形態と同様に装置内部の情報が用いられ、計算モ

デルとしては前記（１）式を用いればよい。

時々刻々変化する温度、ガス流量を決められた時間間隔、例えば１秒で読み込みその値を用いてその時間間隔の間の酸化膜厚の増加分を計算し累積していくことで、その時刻での酸化膜厚を計算することができる。このことにより、温度や流量の外乱による酸化膜厚の変動を考慮できる。これは従来の酸化方法では、考慮できなかった点である。時間間隔を１秒とするのは、例えば酸化膜厚を±０．２ｎｍで制御したい場合には、±２秒の精度で装置をコントロールする必要があり、これより短いサンプリングレートにする必要からである。

酸化膜厚の計算結果は、計算膜厚判定機能によって判定される。規定の膜厚、例えば６０ｎｍに計算膜厚が達した時点で、プロセス制御コントローラ部３０から装置内コントローラ２０にストップ信号が送られる。装置内コントローラ２０はマルチプロセス装置１０に対してストップ信号を送り、酸化をストップさせる。

より具体的には、装置内コントローラ２０から酸化炉に対して、例えば「酸化ガスを流すシーケンスを終了して、次の不活性ガスを流すシーケンスに切り替える」という割り込み指示をだすことに対応する。このタイミングは、少し前に設定することも可能である。つまり、ストップ信号を出してから酸化終了までに直ぐにはガスが切り替わらないなどの理由がある場合には、少し余計に酸化されてしまうことになる。この余計な酸化の分を見込んで、目標膜厚より若干薄い値を判定膜厚として設定しておけばよい。

連続プロセスによる 1 ウェハ毎の膜厚及びドーピング量変動は、これまで制御できなかった炉内温度、ガス流量、プロセス圧力等の変動によって生じている。本実施形態の装置、制御方法を用いることにより、これらの変動を取り入れた膜厚計算を行い、その結果をプロセス処理にフィードバックすることで、変動の少ない厳密な膜厚の制御が可能となる。

図 5 に、本実施形態におけるプロセス制御コントローラ部 30 内の演算フローチャートを示す。この図を参照して、堆積膜厚計算とドーピング量計算の 2 つを行う方法を説明する。

まず、膜厚計算及びドーピング量計算の初期化を行う（ステップ S 1）。次いで、装置内コントローラ 20 からのスタート信号を監視する（ステップ S 2）。スタート信号がきたら装置内部情報を受け取り（ステップ S 3）、酸化膜厚計算とドーピング量計算のいずれの計算を行えばよいか判断する（ステップ S 4）。

本実施形態では、まずドーピング量計算を行う（ステップ S 3 2）。計算ドーピング量が規定値、この場合 $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^2$ を超えているかどうかを判断する（ステップ S 3 3）。超えていなければ、前回の内部情報取得から 1 秒待つて再度内部情報を取得し（ステップ S 3 1）、ステップ S 3 2 でドーピング量計算を行う。これを繰り返して、計算ドーピング量が $1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^2$ を超えたら、装置内コントローラ 20 へストップ信号を送り（ステップ S 5）、スタートに戻る。

ここでは、1 秒の間隔で制御を行うことを想定している。

この場合、1秒間隔で装置内部情報を取得することが可能か、ドーピング量計算、計算ドーピング量判定が可能か、などの点の実現を阻む要因になりうる。しかし、現在の装置性能、計算機の計算速度を持っていれば、現実的な障害はないと考えてよい。

ドーピング量計算後に、前記ステップS1で膜厚計算及びドーピング量計算の初期化を行い、前記ステップS2でスタート信号の監視を行う。スタート信号がきたら、前記ステップS3で装置内部情報を受け取り、前記ステップS4で酸化膜厚計算／ドーピング量計算／堆積膜計算のいずれの計算を行えばよいか判断する。ここでは、酸化膜厚の計算を行う（ステップS12）。計算酸化膜厚が規定値、この場合60nmを超えているかどうかを判断する（ステップS13）。超えていなければ、前回の内部情報取得から1秒待って再度内部情報を取得し（ステップS11）、ステップS12で酸化計算を行う。これを繰り返して、計算酸化膜厚が60nmを超えたら、装置内コントローラ20へストップ信号を送る（ステップS5）。そして、前記ステップS6において全ての処理が終了したと判定されたら、処理を終了する。

以上が本実施形態におけるプロセス制御コントローラ部30内の演算フローの説明であり、第1の実施形態とは処理の種類と順番が異なるのみである。

図6Aは、1回目のステップS2～S5により、マルチプロセス装置10内で、Si基板60の表面にAsの拡散層61が形成された状態を示す断面図である。図6Bは、2回目

のステップ S 2 ～ S 5 により、マルチプロセス装置 1 0 内で、S i 基板 6 0 上に S i O₂ 膜 6 2 が形成された状態を示す断面図である。拡散層 6 1 の深さ及び S i O₂ 膜 6 2 の膜厚の何れも高精度に制御することができた。

本実施形態によれば、プロセス制御コントローラ部 3 0 を設け、マルチプロセス装置 1 0 内における拡散処理と酸化処理をリアルタイムでモニタし、その処理時間を制御しているので、先の第 1 の実施形態と同様の効果が得られるのは勿論のこと、反応を伴わないイオン注入のようにプロセス状態の計算がしにくい場合でも正確な計算が可能となる。

(変形例)

なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。実施形態では、マルチプロセス装置に対して専用のプロセス制御コントローラを設けたが、このプロセス制御コントローラの機能を外部計算機で実現するようにしてもよい。さらに、プロセス制御コントローラは、装置内部情報に基づいて計算を行うようにしたが、装置内部情報に加えて大気圧などの外部情報に基づいて計算を行うようにしてもよい。また、処理は酸化／拡散／C V Dに限るものではなく、半導体装置の製造に使用する各種の処理に適用することが可能である。

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

産業上の利用可能性

本発明によれば、処理装置本体の装置内部情報を基に複数の処理に対するプロセス状態を計算する外部計算機又はプロセス制御コントローラ部を用い、装置コントローラ部からスタート信号が送出されたタイミングで現在の処理に対するプロセス状態の計算を開始し、プロセス状態が規定の状態に達した時点で装置コントローラ部にストップ信号を送出することにより、装置内の制御不可能な外乱要因による膜厚ばらつきや、大気圧などの装置外の制御不可能な外乱要因による膜厚ばらつきを抑制することができる。従って、十分な素子性能，回路特性を得ることができる。

請 求 の 範 囲

1. 同一チャンバ内で半導体装置の製造に関する複数の処理を連続して行う処理装置本体と、

この処理装置本体における処理の種類を選択すると共に、該処理装置本体に処理を開始するためのスタート信号及び処理を停止するためのストップ信号を与える装置コントローラ部と、

前記処理装置本体の装置内部情報を外部に出力するための第1の端子と、

前記装置コントローラ部からのスタート信号を外部に出力するための第2の端子と、

第2の端子からのスタート信号を受けて前記装置内部情報を基に現在の処理に対するプロセス状態を計算して得られた結果に基づくストップ信号を前記装置コントローラ部に入力するための第3の端子と、

を具備してなり、

前記装置コントローラ部は、第3の端子からのストップ信号の入力により前記処理装置本体にストップ信号を送出し、前記処理装置本体による現在の処理を停止して次の処理に移行させるものであることを特徴とする半導体製造装置。

2. 前記装置コントローラ部に外部計算機が接続され、この外部計算機は、第1の端子からの装置内部情報を基に複数の処理に対するプロセス状態を計算する機能を有し、第2の端子からのスタート信号によって現在の処理に対するプロセス状態の計算を開始し、現在の処理に対するプロセス状態が規

定の状態に達したら第3の端子にストップ信号を送出するものであることを特徴とする請求項1に記載の半導体製造装置。

3. 前記外部計算機は、装置内部情報を用いて何れのプロセス状態を計算すればよいかを判定する機能を有することを特徴とする請求項2に記載の半導体製造装置。

4. 前記外部計算機は、装置内部情報と共に装置外部情報を取り込み、これらの各情報を用いてプロセス状態を計算することを特徴とする請求項2に記載の半導体製造装置。

5. 前記外部計算機に取り込む装置内部情報は温度、圧力、ガス流量であり、前記外部計算機に取り込む装置外部情報は大気圧であることを特徴とする請求項4に記載の半導体製造装置。

6. 前記処理装置本体は、加熱機構を有するものであることを特徴とする請求項1に記載の半導体製造装置。

7. 前記処理装置本体は、酸化、CVD、拡散のうちの少なくとも2つの処理を連続して行うものであることを特徴とする請求項1に記載の半導体製造装置。

8. 同一チャンバ内で半導体装置の製造に関する複数の処理を連続して行う処理装置本体と、

この処理装置本体における処理の種類を選択すると共に、該処理装置本体に処理を開始するためのスタート信号及び処理を停止するためのストップ信号を与える装置コントローラ部と、

前記処理装置本体の装置内部情報を基に複数の処理に対するプロセス状態を計算する機能を有し、前記装置コントロー

ラ部からスタート信号が送出されたタイミングで現在の処理に対するプロセス状態の計算を開始し、プロセス状態が規定の状態に達した時点で前記装置コントローラ部にストップ信号を送出するプロセス制御コントローラ部と、

を備えた半導体製造装置であって、

前記装置コントローラ部は、前記プロセス制御コントローラ部からストップ信号が入力されると前記処理装置本体にストップ信号を送出し、該処理装置本体による現在の処理を停止して次の処理に移行させるものであることを特徴とする半導体製造装置。

9. 前記プロセス制御コントローラ部は、装置内部情報を用いて何れのプロセス状態を計算すればよいかを判定する機能を有することを特徴とする請求項7記載の半導体製造装置。

10. 前記プロセス制御コントローラ部は、装置内部情報と共に装置外部情報を取り込み、これらの各情報を用いてプロセス状態を計算することを特徴とする請求項8に記載の半導体製造装置。

11. 前記外部計算機に取り込む装置内部情報は温度、圧力、ガス流量であり、前記外部計算機に取り込む装置外部情報は大気圧であることを特徴とする請求項10に記載の半導体製造装置。

12. 前記処理装置本体は、加熱機構を有するものであることを特徴とする請求項8に記載の半導体製造装置。

13. 前記処理装置本体は、酸化、CVD、拡散のうちの少なくとも2つの処理を連続して行うものであることを特徴と

する請求項 8 に記載の半導体製造装置。

14. 同一チャンバ内で半導体装置の製造に関する複数の処理を連続して行う処理装置本体と、この処理装置本体における処理の種類を選択すると共に、処理の開始及び停止を制御する装置コントローラ部と、前記処理装置本体の装置内部情報を基に複数の処理に対するプロセス状態を計算する機能を有するプロセス制御コントローラ部とを備えた半導体製造装置を用い、被処理基板に対して所定の処理を施す半導体装置の製造方法であって、

前記処理装置本体に被処理基板をセットした状態で、前記装置コントローラ部により所定の処理を開始させると共に、前記プロセス制御コントローラ部により現在の処理に対するプロセス状態の計算を開始し、この計算結果でプロセス状態が規定の状態に達したと判定されたら、前記装置コントローラ部により現在の処理を停止させて、次の処理に移行させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

15. 前記プロセス制御コントローラ部は、装置内部情報を用いて何れのプロセス状態を計算すればよいかを判定する機能を有することを特徴とする請求項 14 に記載の半導体装置の製造方法。

16. 前記プロセス制御コントローラ部は、装置内部情報と共に装置外部情報を取り込み、これらの各情報を用いてプロセス状態を計算することを特徴とする請求項 14 に記載の半導体装置の製造方法。

17. 前記外部計算機に取り込む装置内部情報は温度、圧力、

ガス流量であり、前記外部計算機に取り込む装置外部情報は
大気圧であることを特徴とする請求項 16 に記載の半導体装
置の製造方法。

18. 前記処理装置本体は、加熱機構を有するものであるこ
とを特徴とする請求項 14 に記載の半導体装置の製造方法。

19. 前記処理装置本体は、酸化，CVD，拡散のうちの少
なくとも 2 つの処理を連続して行うものであることを特徴と
する請求項 14 に記載の半導体装置の製造方法。

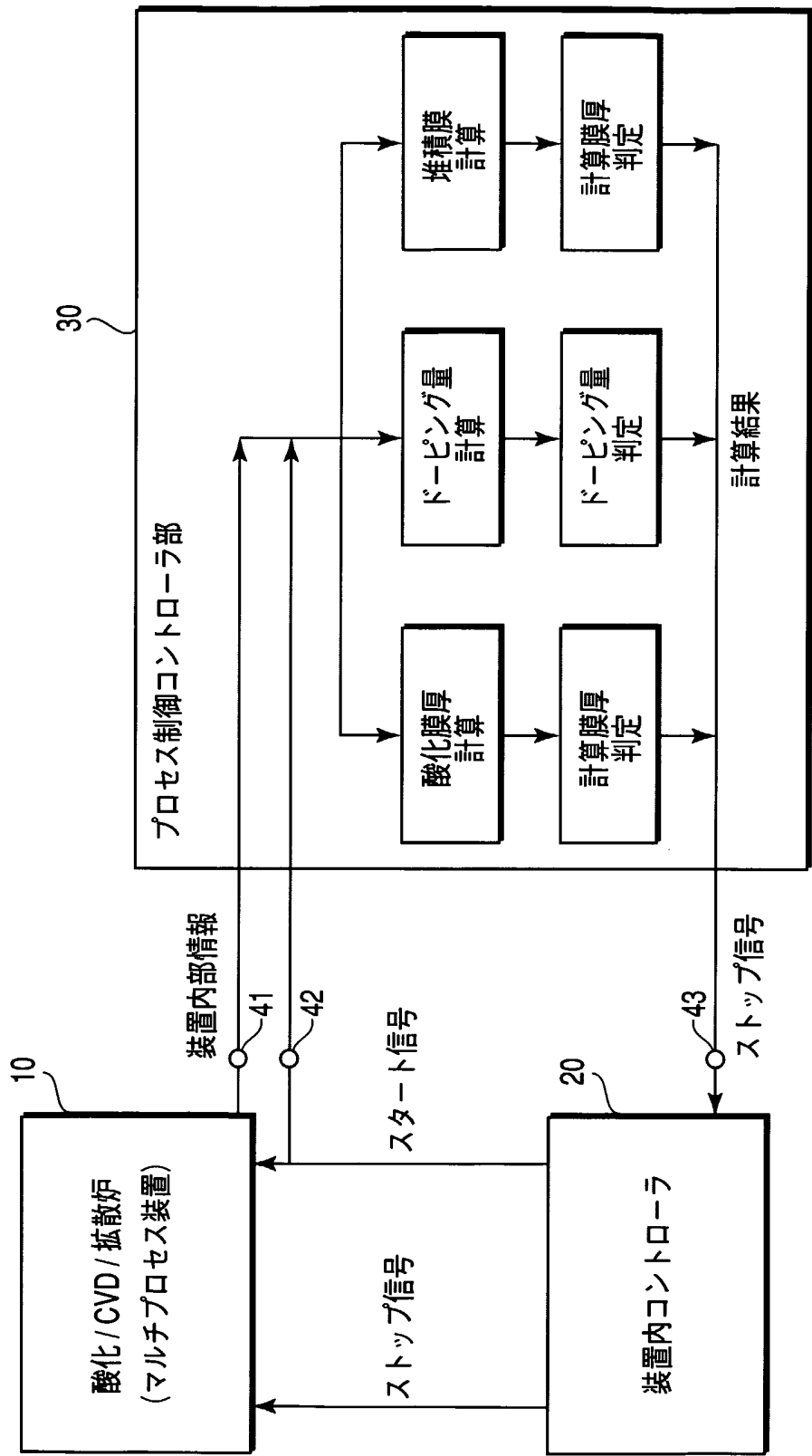


FIG.1

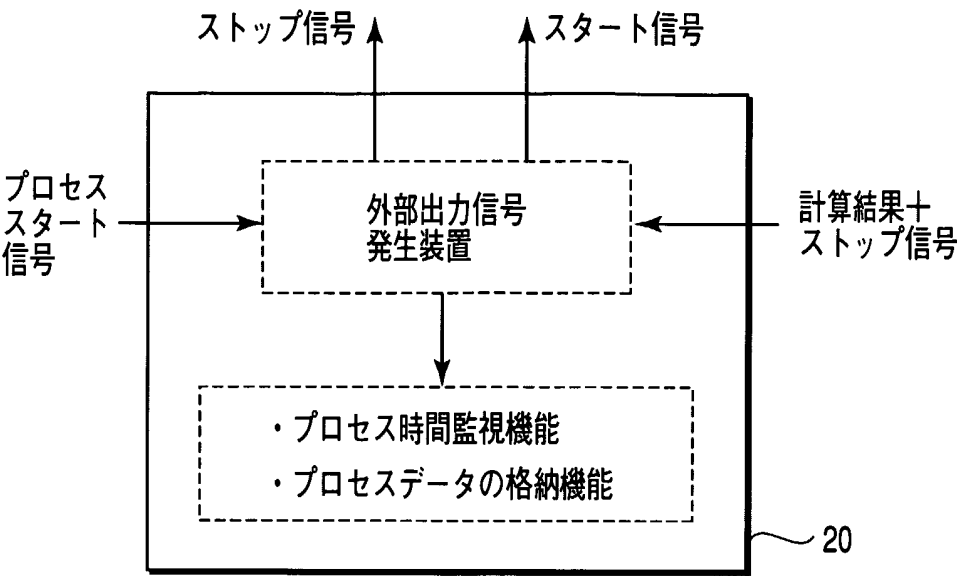


FIG. 2

FIG. 4A

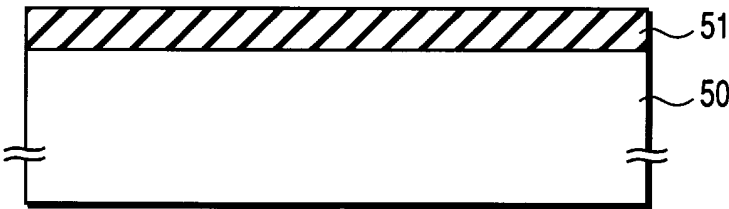
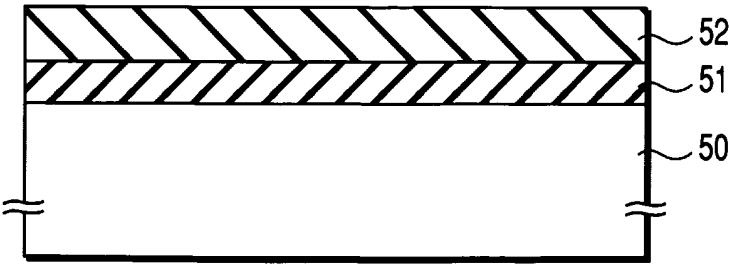


FIG. 4B



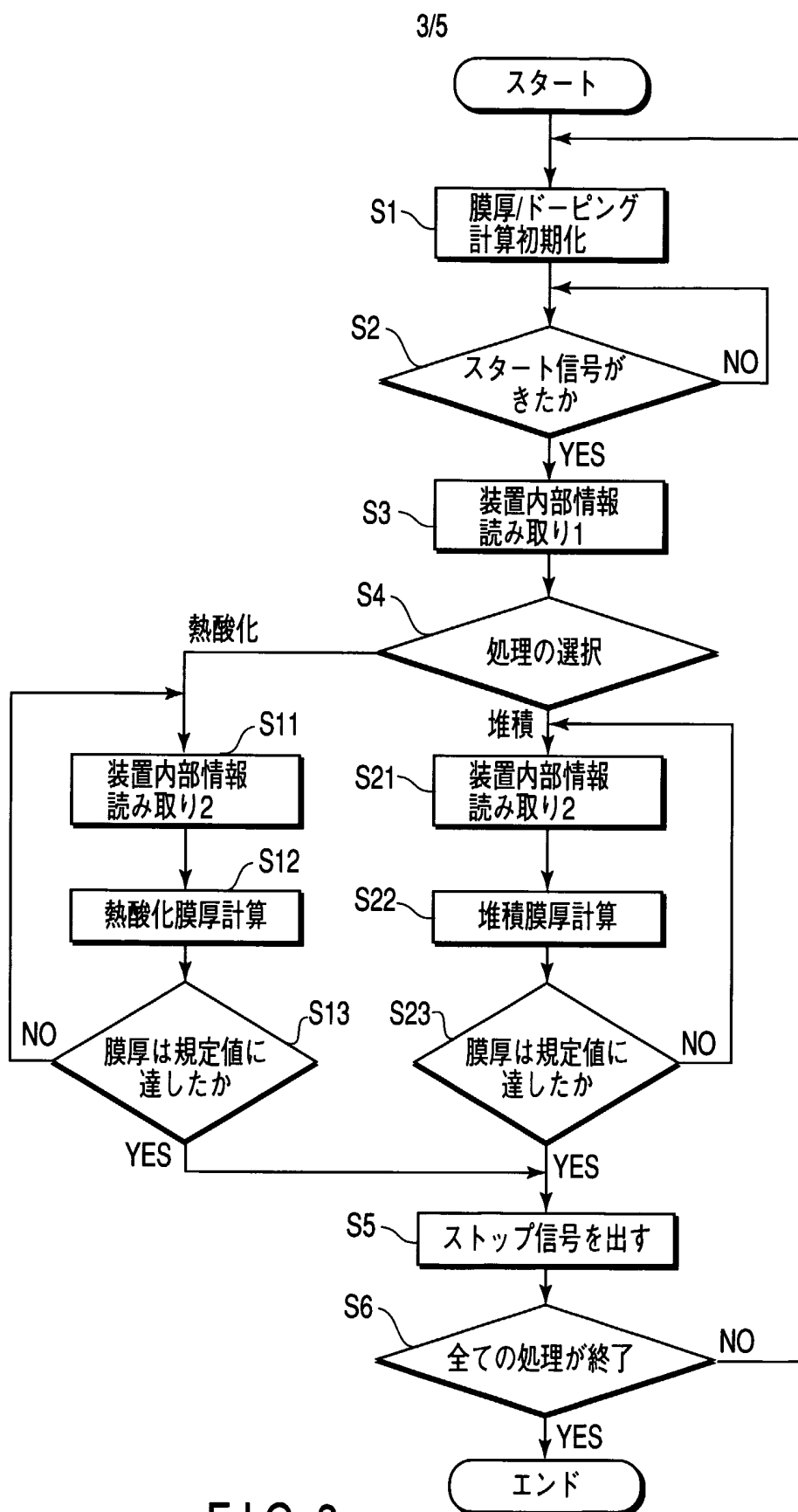


FIG. 3

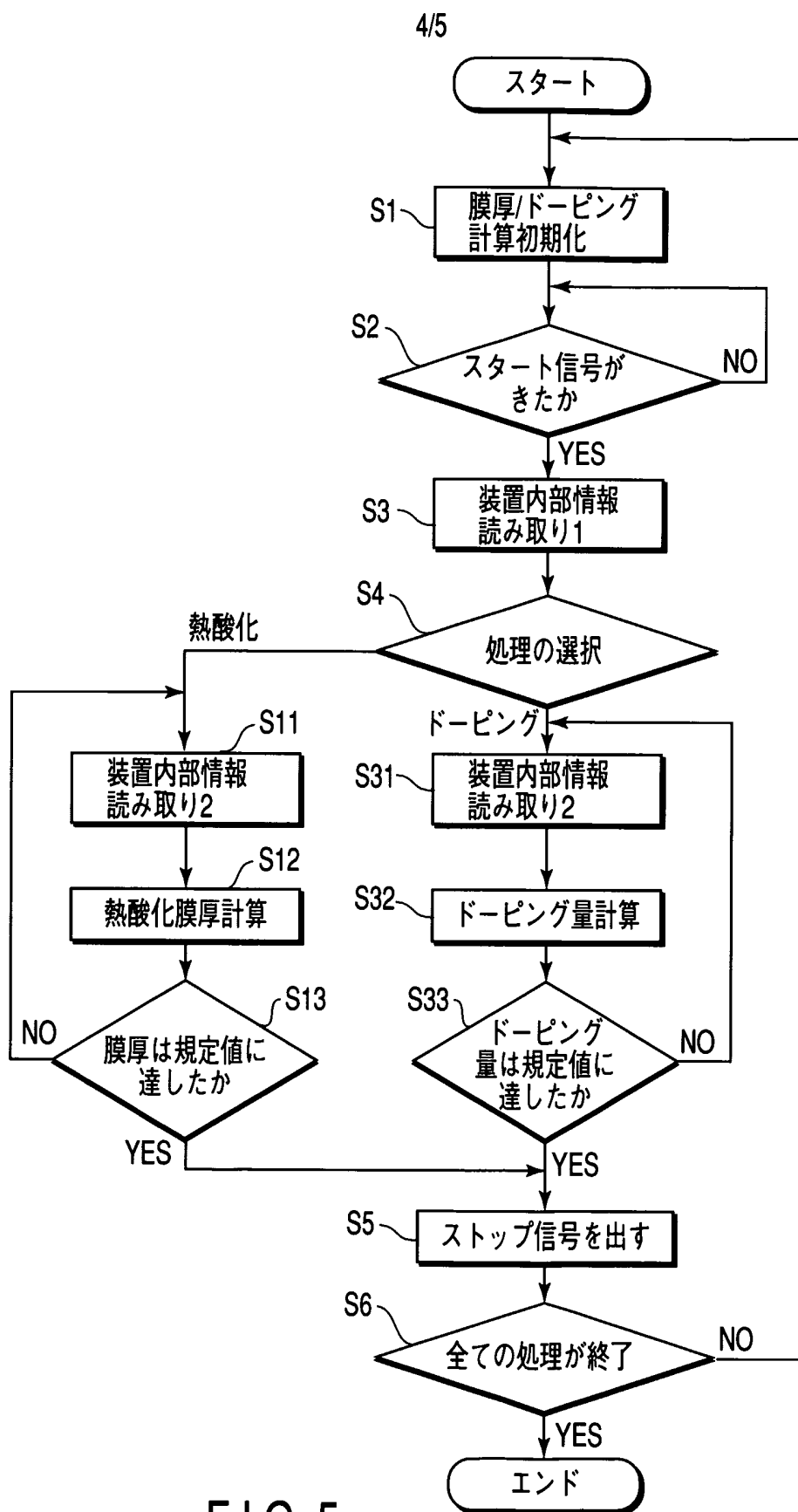


FIG. 5

5/5

As

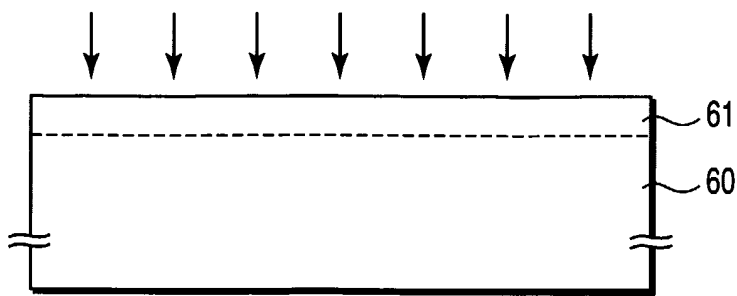


FIG. 6A

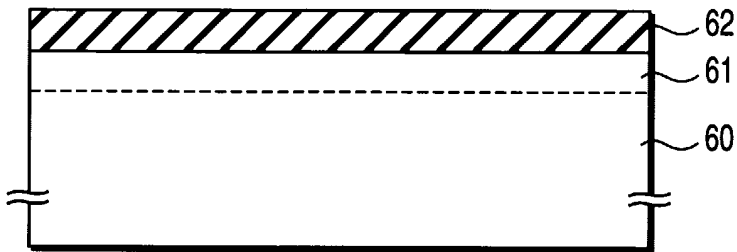


FIG. 6B

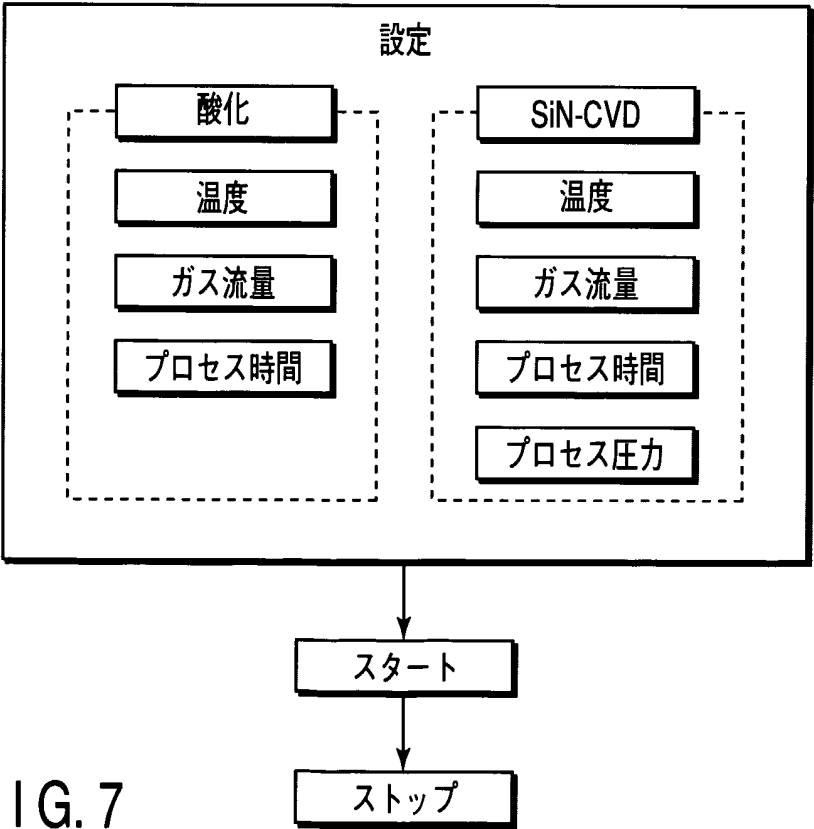


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/10436

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/02

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)
Int.Cl⁷ H01L21/02, 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 1996-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002

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.
Y	JP 9-17705 A (Tokyo Electron Ltd.), 17 January, 1997 (17.01.97), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-4, 6-8, 10, 12-16, 18, 19
A	Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	5, 11, 17
Y	JP 63-318130 A (Hitachi, Ltd.), 27 December, 1988 (27.12.88), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-4, 6-8, 10, 12-16, 18, 19
A	Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	5, 11, 17

☐ 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 document 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
01 November, 2002 (01.11.02)

Date of mailing of the international search report
19 November, 2002 (19.11.02)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/10436

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:

because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.: 9

because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

Claim 9 refers to claim 7, where the wording corresponding to "the process controller" does not exist throughout claim 9, claim 7, and claim 1 which claim 7 refers to. Therefore, the invention claim 9 is unclear because of no matching in referring correspondence.

3. ☐ Claims Nos.:

because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/02

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. Cl⁷ H01L21/02, 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 1971-2002年
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年
 日本国登録実用新案公報 1994-2002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 請求の範囲の番号
Y	J P 9-17705 A (東京エレクトロン株式会社) 1997. 01. 17, 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-4, 6-8, 10, 12-16, 18, 19
A	全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	5, 11, 17
Y	J P 63-318130 A (株式会社日立製作所) 1988. 12. 27, 全文, 第1-2図 (ファミリーなし)	1-4, 6-8, 10, 12-16, 18, 19

☒ 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

01. 11. 02

国際調査報告の発送日

19.11.02

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)

大嶋 洋一

4 L

9170

電話番号 03-3581-1101 内線 6764

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 請求の範囲の番号
A	全文, 第1 - 2図 (ファミリーなし)	5, 11, 17

第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☒ 請求の範囲 _____ 9 は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
請求項9は、請求項7を引用しているが、「前記プロセス制御コントローラ部」に対応する文言は、請求項9、請求項7、及び請求項7が引用している請求項1を通じて、存在しないため、引用の対応関係が整合しておらず、不明瞭な請求項である。
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。