

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4532845号  
(P4532845)

(45) 発行日 平成22年8月25日 (2010. 8. 25)

(24) 登録日 平成22年6月18日 (2010. 6. 18)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006. 01)

H O 1 L 21/30 5 O 2 G

H O 1 L 21/30 5 O 2 V

請求項の数 3 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2003-125440 (P2003-125440)  
 (22) 出願日 平成15年4月30日 (2003. 4. 30)  
 (65) 公開番号 特開2004-31929 (P2004-31929A)  
 (43) 公開日 平成16年1月29日 (2004. 1. 29)  
 審査請求日 平成18年4月28日 (2006. 4. 28)  
 (31) 優先権主張番号 特願2002-129326 (P2002-129326)  
 (32) 優先日 平成14年4月30日 (2002. 4. 30)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100096965  
 弁理士 内尾 裕一  
 (72) 発明者 鈴木 武彦  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
 ノン株式会社内  
 (72) 発明者 稲 秀樹  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
 ノン株式会社内  
 (72) 発明者 大石 哲  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
 ノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 管理システム及び方法並びにデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

設定パラメータ値を用いて露光装置でウエハの位置計測を行うことで、第1アライメントデータと、該位置計測を行った際に検出される第1アライメント信号と、を取得し、

前記設定パラメータ値と異なるパラメータ値を用いて前記露光装置で前記ウエハの位置計測を行うことで、第2アライメントデータと、該位置計測を行った際に検出される第2アライメント信号と、を取得し、

前記第1および第2アライメントデータを取得した際とは別の信号処理方法を用いて前記第1および第2アライメント信号を処理し、擬似アライメントデータを取得する、取得手段と、

前記第1アライメントデータ、前記第2アライメントデータおよび前記擬似アライメントデータと、前記第1アライメントデータに基づいて前記露光装置で露光した前記ウエハを重ね合わせ検査装置で検査することにより取得したアライメントずれ量と、を対応させて蓄積する蓄積手段と、

前記蓄積手段により蓄積された第1アライメントデータ、前記第2アライメントデータおよび前記擬似アライメントデータと、前記アライメントずれ量と、の相関に基づいて、前記設定パラメータ値での前記アライメントずれ量と比較してアライメントずれ量が所定の閾値以上に良好になるパラメータ値が存在する場合に、前記設定パラメータ値を変更する変更手段と、

を備える管理システムであって、

10

20

複数のウエハに対して、前記設定パラメータ値を用いた位置計測、前記第1アライメントデータに基づいた前記露光装置による露光、および、前記重ね合わせ検査装置による検査、を実行することにより、前記アライメントずれ量のばらつきを求め、

該ばらつきに基づいて、前記複数のウエハの後に処理するウエハに対して、前記異なるパラメータ値を用いた位置計測、前記別の信号処理方法を用いた処理、前記重ね合わせ検査装置による検査、および、前記設定パラメータ値の変更、を実行すべき頻度を決定すること  
を特徴とする管理システム。

【請求項2】

前記決定手段は、前記ばらつきに関して多段階に複数の閾値を用意し、前記ばらつきおよび前記複数の閾値に基づいて前記頻度を決定することを特徴とする請求項1に記載の管理システム。

10

【請求項3】

請求項1または2に記載の管理システムによって管理された露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、産業用機器を管理する管理システム及び方法並びにデバイス製造方法に関するものである。

【0002】

20

【従来の技術】

半導体デバイスの製造用の投影露光装置においては、回路の微細化及び高密度化に伴い、レチクル面上の回路パターンをウエハ面上により高い解像力で投影露光できることが要求されている。回路パターンの投影解像力は投影光学系の開口数(NA)と露光波長に依存するので、高解像度化の方法としては、投影光学系のNAを大きくする方法や露光波長をより短波長化する方法が採用されている。後者の方法に関し、露光光源は、g線からi線に移行し、更にi線からエキシマレーザに移行しつつある。また、エキシマレーザにおいても、その発振波長が248nm及び193nmの露光装置が既に実用化され使用されている。

【0003】

30

現在では発振波長を更に短波長化した、波長157nmのVUVの露光方式、13nmのEUV露光方式が次世代の露光方式の候補として検討されている。

【0004】

一方、回路パターンの微細化に伴い、回路パターンが形成されているレチクルとそれが投影されるウエハとを高精度にアライメントすることも要求されており、その必要精度は回路線幅の1/3である。例えば、現状の180nmデザインにおける必要精度はその1/3の60nmである。

【0005】

また、デバイス構造も多種多様なものが提案され製品化に向けて検討が行われている。パーソナルコンピュータ等の普及に伴って、微細化の牽引役は、これまでのDRAMを中心としたメモリからCPUチップに移行してきた。今後、更なるIT化に伴い、家庭内ワイヤレスLANやBluetoothと呼ばれる通信システム用デバイス、更に77GHzの周波数を利用する自動車用レーダで代表される高速道路交通システム(ITS: Intelligent Transport System)や24~38GHzの周波数を利用する無線アクセスシステム(LMDS: Local Multipoint Distribution Service)で使用されるMMIC(Millimeter-wave Monolithic Integrated Circuit)等の開発が、半導体デバイスの微細化を一層進めると考えられる。

40

【0006】

また、半導体デバイスの製造プロセスも多種多様であり、露光装置の深度不足の問題を解

50

決する平坦化技術として、既にW - C M P ( T u n g s t e n C h e m i c a l M e c h a n i c a l P o l i s h i n g ) プロセスは過去のものとなりつつあり、現在はCuのDual Damasceneプロセスが注目されている。

【0007】

また、半導体デバイスの構造や材料も多種多様であり、例えば、GaAs、InP等の化合物を組み合わせて構成したP - H E M T ( P s e u d o m o r p h i c H i g h E l e c t r o n M o b i l i t y T r a n s i s t o r ) やM - H E M T ( M e t a m o r p h e - H E M T ) や、SiGe、SiGeC等を使用したHBT ( H e t e r o j u n c t i o n B i p o l a r T r a n s i s t o r ) が提案されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

上記のような半導体産業の現状において、露光装置等の半導体製造装置を使用する上での設定すべき装置変数 (= パラメータ) は、各露光方式、各製品に対応して多数存在する。この最適化すべきパラメータの数は膨大であり、しかも、これらのパラメータは互いに独立ではなく相互に密接に関係している。

【0009】

従来は、デバイスメーカーの装置導入担当者がこれらの各パラメータの値 ( パラメータ値 ) を試行錯誤により決定しており、このため、最適なパラメータ値を決定するまでに膨大な時間を要していた。また、一旦パラメータの値が決定された後であっても、例えばプロセスエラーが発生した場合には、それに応じた製造プロセスの変更に伴って製造装置のパラメータ値を再度変更する必要がある場合があるが、この場合にもパラメータ値の設定に膨大な時間を要していた。

【0010】

また、半導体デバイスの生産においては、製造装置の立ち上げから量産の開始までに割くことができる時間は限られており、各パラメータ値の決定のために割くことができる時間も当然に限られている。更に、CoO ( C o s t o f O w n e r s h i p ) の観点においても製造装置の稼動時間を向上させる必要があるため、一度決定したパラメータ値を変更する際はそれを迅速に行う必要がある。このような状況において、多種多様な半導体デバイスを最適な各パラメータ値で製造することは極めて困難であり、本来は高い歩留まりを得ることができる製造装置であっても、各パラメータ値の最適化がなされないままに使用されるために、不本意な歩留まりしか得ることができず、目に見えない歩留まりの低下を招いていた。このような歩留まりの低下は、製造コストの増加や出荷量の低下を招き、競争力を低下させる。

【0011】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、産業用機器のパラメータ値の変更に係るスループットの低下を低減することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するための本発明の管理システムは、設定パラメータ値を用いて露光装置でウエハの位置計測を行うことで、第1アライメントデータと、該位置計測を行った際に検出される第1アライメント信号と、を取得し、前記設定パラメータ値と異なるパラメータ値を用いて前記露光装置で前記ウエハの位置計測を行うことで、第2アライメントデータと、該位置計測を行った際に検出される第2アライメント信号と、を取得し、前記第1および第2アライメントデータを取得した際とは別の信号処理方法を用いて前記第1および第2アライメント信号を処理し、擬似アライメントデータを取得する、取得手段と、前記第1アライメントデータ、前記第2アライメントデータおよび前記擬似アライメントデータと、前記第1アライメントデータに基づいて前記露光装置で露光した前記ウエハを重ね合わせ検査装置で検査することにより取得したアライメントずれ量と、を対応させて蓄積する蓄積手段と、前記蓄積手段により蓄積された第1アライメントデータ、前記第2アライメントデータおよび前記擬似アライメントデータと、前記アライメントずれ量と

10

20

30

40

50

、の相関に基づいて、前記設定パラメータ値での前記アライメントずれ量と比較してアライメントずれ量が所定の閾値以上に良好になるパラメータ値が存在する場合に、前記設定パラメータ値を変更する変更手段と、を備える管理システムであって、複数のウエハに対して、前記設定パラメータ値を用いた位置計測、前記第1アライメントデータに基づいた前記露光装置による露光、および、前記重ね合わせ検査装置による検査、を実行することにより、前記アライメントずれ量のばらつきを求め、該ばらつきに基づいて、前記複数のウエハの後に処理するウエハに対して、前記異なるパラメータ値を用いた位置計測、前記別の信号処理方法を用いた処理、前記重ね合わせ検査装置による検査、および、前記設定パラメータ値の変更、を実行すべき頻度を決定することを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施の形態を説明する。

【0014】

以下の各実施形態では、産業用機器として半導体露光装置を用い、最適化の対象となるパラメータとして半導体露光のアライメント処理に用いるパラメータを用いた場合を説明する。

【0015】

<第1の実施形態>

まず、図1、図2を用いて、本実施形態による半導体露光装置管理システム（以下、露光管理システム）の構成及び動作の概要について説明する。尚、以下では、量産機に対応したアライメント変数の最適化システムをOAP: Optimization for Alignment Parameter in volume productionと称し、OAPを露光装置のアライメント系に適用する例を説明する。尚、本明細書中におけるパラメータ値とは、数値で設定可能なパラメータの数値はもちろん、サンプルショットの配置、アライメント方式の選択といった直接数値には当たらない設定パラメータの選択肢データ等の条件も含まれるものである。当然、変数という表記も数値以外に選択肢等数値以外の装置内変動要素、条件一般が含まれる。

【0016】

図1は、本実施形態による露光管理システムの全体の概略構成を示す図である。本実施形態の露光管理システムは、複数の半導体露光装置（以下、露光装置という）1、2と、重ね合わせ検査装置3、中央処理装置4、データベース5を含み、これらがLAN6（例えば社内LAN）により接続された構成を有する。中央処理装置4は、露光装置1、2及び重ね合わせ検査装置3からの各種計測値等を吸い上げ、データベース5にデータベース化して保存する。そして、露光装置1、2が量産稼働する間に、パラメータ値の最適化を行い、露光装置1、2に通知する。

【0017】

次に図2を用いて、第1の実施形態によるOAPのシーケンスを説明する。まず、露光装置1に露光を行うウエハが搬入されたとし、それに対応するレチクルが露光装置内に設定されたとする（図2には不図示）。

【0018】

露光装置1では、まずJobに設定された変数の値（＝パラメータ値）により、AGA: Advanced Global Alignmentと呼ばれるレーザ干渉計付のXYステージ精度頼りでのウエハの位置計測を行うグローバルアライメントを行う。そして、そのときの、ウエハ倍率、ウエハ回転、シフト量（以下、これらを総称してAGAデータという場合もある）を求める（処理11）。ここで取得されたAGAデータは、後にOAPをコントロールするPC4へ受け渡される（データ転送18）。

【0019】

次にその際のステージ駆動情報を用いて再度ステージを駆動し、Job以外のパラメータでもAGA計測を行い、この計測結果に基づいてウエハ倍率、ウエハ回転、シフト量（AGAデータ）を求める（処理12）。このAGAデータも先のJobに設定されたパラメ

10

20

30

40

50

ータ値で求めたA G Aデータと同じく、O A PをコントロールするP C 4へ値として受け渡す(データ転送18)。

【0020】

更に、データ転送18では、A G Aを行った際に検出されたアライメント信号を全てP C 4へ受け渡すことも行う。このアライメント信号をP C 4へ受け渡す系をA D U L : A l i g n m e n t D a t a U p L o a dと呼ぶ。

【0021】

以上のようにしてA G A計測に関するデータを全て取り終えたら、J o bに設定されたパラメータ値によって得られたA G Aデータに基づいてウエハの露光処理を行う(処理13)。以上の処理11~13は露光装置1(或は露光装置2)において実行される処理である。

10

【0022】

次に、露光処理されたウエハは現像され、重ね合わせ検査装置3に搬送され、重ね合わせ検査装置3によってアライメント結果が計測される(処理14)。なお、アライメント結果の計測とは、A G Aデータに基づいてグローバルアライメントされて露光焼付けされたにもかかわらず、実際ウエハ上にどれだけずれて焼き付けられているか、その量(アライメントずれ量)の計測である。

【0023】

O A PをコントロールするP C 4では、上記データ転送18によって露光装置より受け渡された、ウエハ倍率、ウエハ回転、シフト量と言うA G Aでの計測結果、即ちA G Aデータ(J o bに設定されたパラメータ値によるものと他のパラメータ値によるものを含む)をデータベース化して、データベース5に格納する(処理15)。更に、A G Aを行ったときに検出したアライメント信号について、別の信号処理を施し(なお、これもパラメータ値の変更に相当するものである)、その時の疑似的なウエハ倍率、ウエハ回転、シフト量(疑似A G Aデータ)を推測し、同じくデータベース化してデータベース5に格納する(処理15)。

20

【0024】

更に、重ね合わせ検査装置3で検査された結果もP C 4へ渡され(データ転送19)、上述の処理で既にデータベース化された露光装置でのA G A計測値と対応させて、データベース化する(処理15)。

30

【0025】

ここで、別の信号処理とは、違うアルゴリズムによる信号処理であり、例えば、パターンマッチングの手法で自己テンプレート方式をJ O B設定で行っているが、外部P C 4では違うアルゴリズム、例えば、信号のエッジを検出して、位置検出する手法とか、信号を関数近似して、エッジを求めてから、エッジ間隔の中心を求めるようにするアルゴリズムを採用することをいう。このようにすることで、例えば信号の歪に対する感応性等、信号処理のアルゴリズムに依存する特性を考慮して最適な信号処理を選択することができる。なお、この別の信号処理とは、処理方式は同じであっても使用する信号範囲を限定するウィンドウ幅の変更する処理も含めるものとする。

【0026】

40

また、別の各種信号処理の具体例を挙げれば、以下の様な処理方式がある。すなわち、折り返し対称処理法、

エッジ微分法、

テンプレートパターンマッチ法、

W a v l e t変換を前処理とした上記処理法、

等である。これらの各種手法は、よく知られた技術の為、本出願では詳細説明を割愛する。

【0027】

更に、重ね合わせ検査装置3で検査された結果もP C 4へ渡され(データ転送19)、上述の処理で既にデータベース化された露光装置でのA G A計測値と対応させて、データベ

50

ース化する（処理 15）。

【0028】

以上のようにしてデータベース化された A G A データ、擬似 A G A データと、重ね合わせ検査装置 3 による計測結果との相関を、指定したウエハによって行い、現在使用中の J o b に対する設定パラメータ値が、最適かどうかを判断する（処理 16）。この指定のウエハとは、事前にオペレータが、露光する全部のウエハの中から（例えば数枚おきに）計測用として設定されたウエハのことである。具体的には、ロット内全数検査を行うと、不必要に時間がかかる場合があり、そのため、最初は 1 ロット全数で重ね合わせ検査を行うが、その結果から、ロットによって精度ばらつきが少ないとわかってくれば、ロットの中で最初の 1 枚とか、数枚おきとか、予めオペレータが検査するウエハを設定して、どのウエハを検査するかを指定する。

10

【0029】

最適かどうかの判断としては、具体的には所定評価値（例えばシフト量、回転量等）が、現在の設定パラメータ値での評価値と比較して、P C 4 内にあらかじめ経験則等により求めておいて設置されている閾値以上に良好な評価値が得られるようなパラメータ値が存在するならば、そのパラメータ値を最適なパラメータ値として、そのロット以降のロット露光の場合にその最適なパラメータ値を露光装置 1, 2 に反映し、当該 J o b に対する設定パラメータ値として使用する（処理 17）。評価値が現在の設定パラメータ値でのものよりも良好となるパラメータ値があったとしても、両評価値の間に閾値を超えない程度の差しかないならば、それは誤差範囲か、例えばパラメータ値を変更することで得られる効果が小さく、一方でそのパラメータ値変更による他の悪影響（例えば設定変更時間によるスループット低下、他の露光条件の劣化等）の可能性があると判断して、J o b パラメータ値の変更は行わない。

20

【0030】

以上のような処理を繰り返すことにより、プロセス変動が発生する場合においても、パラメータ値は次期ロット以降では最適化されて使用が可能となる。

【0031】

このように、量産現場にとっては、特別なウエハを、量産行為と別に検討を行うこと無しに、O A P システムを使用することで、アライメント変数の値の最適化を行うことが可能となる。このため、生産性を落とすこと無く、露光装置の実効性能向上させることが可能となる。

30

【0032】

再度、本実施形態における O A P を簡潔に表現すると、以下の様に言える。すなわち、A G A ショットでの実アライメント信号を J o b に設定されたパラメータ値以外のパラメータ値でも取得或は推量し、重ね合わせ検査装置結果と比較して、次期ロット以降で使用するアライメントのパラメータ値を最適化する F e e d F o r w a r d S y s t e m である。

【0033】

ここで、本実施形態でいう F e e d F o r w a r d とその反対の F e e d B a c k の定義を行う。

40

【0034】

まず、F e e d B a c k であるが、俗に言う、先行処理のことである。具体的には、ロットの露光処理前に、数枚の S e n d - a - h e a d W a f e r s についてアライメント、露光を行い、重ね合わせ検査装置にて O f f s e t を求めて、その結果を露光装置へ O f f s e t 入力し、そのロットの残りの W a f e r s を処理する方法である。

【0035】

特に少量ロットの場合、C D - S E M 計測が行われるのでその間に重ね合わせ検査装置にて O f f s e t を求めている場合が多い様である。その様な場合には本実施形態を適用すればより効果が発揮される。

【0036】

50

一方、Feed Forwardは、Send-a-head Waferを使用せずに、前のロットの結果を色々な数値処理をして使用する方法である。高価な露光装置の実際に稼動している時間(Up Time)を高くして使用する方が、先行処理よりC o O的に有利と考えたものである。量産製造の現場で適用されると効果が出るものであるが、この前提は、現在の設定されている変数が概略正しいことが必要である。

#### 【0037】

図2に示した、OAPの処理の流れを再度簡単に記載すると以下の様である。すなわち、(1)露光装置で、Jobの設定パラメータ値(マーク、照明モード、AG A Shot配置含む)を用いてAG Aを行い、得られたAG Aデータとアライメント信号をOAPコントロールPCに取り込む。

10

(2)Jobの設定パラメータ値以外のパラメータ値でも同様にAG A計測を行ない、得られたAG Aデータとアライメント信号を取り込む。

(3)(1)、(2)において取り込まれたアライメント信号を異なる処理方法で処理し、さらに擬似AG Aデータを算出する(異なる処理方法としては、例えばWindow幅の変更、等がある)。

(4)露光装置は、設定パラメータ値を用いたAG A計測結果に基づいてウエハを露光処理する。

(5)露光済みのウエハは、重ね合わせ検査装置3に搬送され、アライメントされた露光焼き付け結果の実際のアライメントずれ量の計測が行われる。

(6)重ね合わせ検査装置3の計測結果を入手する。

20

(7)(2)で取り込まれたAG Aデータ、(3)で生成された擬似AG Aデータ、(6)で入手した検査データによりデータベースを作成する(アライメント信号、Offset、ウエハ倍率、ウエハ回転)。

(8)現在の設定パラメータ値が最適か判断する。

(9)パラメータ値変更の必要性が生じた場合は、次のロット以降に反映する(Feed Forward処理)。

#### 【0038】

以上がOAPに関する基本処理である。本実施形態では、更に、設定パラメータ値以外のパラメータ値によるAG A計測、ADULを行うべきウエハ、即ち、ウエハサンプリングをすべきウエハの抽出頻度を適正化する。以下、本実施形態による上記抽出頻度の適正化処理について説明する。

30

#### 【0039】

OAPを実施するにおいて、設定パラメータ値以外のパラメータ値によるAG A計測や、ウエハのアライメント波形データをサンプリングする処理(ADUL)が行われると、生産量とは結びつかない処理のための時間が必要となるので、OAPを行わない装置に対して単純に処理スピードのみで考えればスループットが低下する可能性を持つ。即ち、ウエハサンプリングはスループットの低下をもたらす可能性がある。

#### 【0040】

そこで、本実施形態では、装置、プロセス、装置の置かれている環境、重ね合わせ検査装置3より得られる重ね合わせ精度に応じて、ウエハサンプリングを行なうべきウエハの抽出頻度を決定(適正化)する。こうして、全数のウエハについてウエハサンプリングを行わず、適正な頻度で実行させることにより、スループットの低下を抑える。

40

#### 【0041】

例えば装置が安定していて、一度決めたパラメータ条件(パラメータ値)がそのまますべての量産ロットに対応すればウエハサンプリングをせずに、そのままのパラメータ条件が使える。しかし現実には装置状態、プロセスによる状態等が変化するため、以前に決めたパラメータ値を永久的に使用できるとは限らない。そこで、本実施形態では、状況に応じた、適切なウエハサンプリングの頻度を決定し、量産稼働中におけるパラメータ値の最適化と、処理スピード的スループットの維持とを両立する。

#### 【0042】

50

ウェハサンプリングをどのように行うかという解決策として、OAPに収集されるデータベースをデータ解析することが有効となる。

【0043】

まず重ね合わせ検査装置の検査データを定常的に調べるのが有効である。統計上の基本処理としてある確率分布に従う標本列  $\{x_i \mid i = 1, 2, \dots, N\}$  が与えられた場合、(標本)平均(mean)および(標本)分散(variance)は、

【数1】

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

で定義される。

【0044】

これらは、標本列から計算される代表的な統計量であり、画像処理でも多くの応用で利用される基本的な量である。(標本)分散の平方根は、標準偏差(standard deviation)と呼ばれている。

【0045】

これらの統計で使用されている基本的な計算から、重ね合わせ検査装置3とAGAデータ、擬似AGAデータを前記平均、分散などの統計処理をして監視を行なう。ロット内のウェハに関してはウェハ毎に重ね合わせ検査装置3の重ね合わせずれ量を監視する。ロット毎にはウェハ25枚ごとのずれ量の分散(記号で  $\sigma^2$  で示す。)の3倍の  $3\sigma^2$  値を計算して監視することで重ね合わせのばらつき精度が監視可能である。重ね合わせ検査装置とAGAデータ及び擬似AGAデータの相関が取れば、AGAデータで代用することも可能である。 $3\sigma^2$  値が設定された許容値から外れる場合や、ロットの交換周期より充分短期的な変動がある場合は、ウェハのサンプリングを多くしても、サンプリングすればするほどパラメータ値を変更しなければならない機会が増えるだけで、そのたびに安定しないのでこれを次のロットのウェハに適用しても意味がないことになる。すなわち装置性能がでない場合は装置になんらかの不安定にさせる要因があるわけで、これはパラメータ値の最適化で直ることはありえないため、装置のメンテナンスが必要で、この場合は例えばエラー表示等を行ってオペレータに警告するようにすればよい。

【0046】

ここで短期的な変動とは、例えば同一時期のロット内での各ウェハ間のOffset変動のことであり、反対に長期とは、例えば別のロットとの前のロットとのOffset変動のことである。半導体製造において典型的な例では、ある工程が次ぎに来る日時は数ヶ月かかる場合が多いためこの様な言い方で区別することができる。又、誤差の発生する確率分布が正規分布等のランダムなものであれば、サンプリング数を増やせばそのデータは平均化効果で信頼できるものとなり安定したものとなる。しかしながら、サンプリング値が変動を代表する値となりえない、例えばだんだんずれていく様な誤差の発生例、具体的にはCMP工程等で発生する誤差、では、サンプリングのウェハ数を増やしても、安定した結果を得ることができない。

【0047】

これに対して、OAPの適用で効果が顕著であるのは、なんらかのアライメント精度を悪化させる要因が、装置のアライメントパラメータ値の最適化(画像処理等の信号処理の最適化を含む)でアライメント精度を一定水準に保つことができる場合である。

【0048】

アライメント精度の安定性は、装置の安定性、製造ラインのプロセス安定性にも影響され、アライメント精度劣化の要因分析はパラメータ条件を変えたりして要因分析を行ったりするが要因の特定はなかなか困難である。

【0049】

10

20

30

40

50



ウエハサンプリングを行なうウエハの抽出頻度（ウエハサンプリングの頻度）の決定に関しては、重ね合わせの精度結果（重ね合わせ検査装置の計測結果）とアライメント波形を基に信号処理した精度結果のデータベースを基に判断を行う。以下、本実施形態のウエハサンプリングの頻度の決定処理について詳細に説明する。

【0050】

OAPを行うウエハ、すなわち、ウエハサンプリングを行なうウエハは、プロセスの最初の導入時においては、全数のウエハとすることが望ましい。これは、プロセスの導入時においては、装置や当該プロセスの安定性がわからないためである。

【0051】

OAPにより、ウエハサンプリングの結果と、重ね合わせ検査装置3によるそれらウエハの検査結果とから、現在のJOBに設定されたパラメータ値以外のパラメータ値がより適切であると判定された場合は、これを次のロットの処理のパラメータ値に反映させる。即ち、前のロットの結果を反映するために次のロットの変数の値を変化させてゆく。この方法としては、最初に設定したJOBパラメータを基準のパラメータとして使用して、オフセットデータ、アライメント波形の変動状況を違うパラメータ条件での信号処理と比較を行い、最初に設定したJOBパラメータよりも有効なJOBパラメータがあるかを外部のPC4で比較しながら、データをデータベースに蓄えていく。

【0052】

有効とする判断としての具体例としては、ウエハ内のAGAショットのアライメントデータのばらつき分布を解析することがあり、安定性の傾向はつかめる。このアライメントデータとは、ここではグローバルアライメントとしてのステージ精度に依存した理想格子からのずれ量、及び重ね合わせ検査装置の計測結果である。このようにデータベースの変動をOAPのコントローラがデータベース整理を行うことで、ウエハサンプリングの傾向をつかめるようにできる。

【0053】

各プロセス（工程）ウエハに対するアライメント精度は、重ね合わせ検査装置の検査結果で精度の良し悪しが判明するので、精度の良い工程はウエハサンプリングを少なくとも全体サンプルからのばらつきが少ないので問題がない。ウエハサンプリングを行なうべきウエハ枚数、例えばロット毎の枚数をどのように設定するかは、スループットと許容精度との余裕度より決定することで解決できる。

【0054】

より具体的には、例えばロットごとの標準偏差値のスレッシュレベル値範囲を図4の例のように1～3に設定して、ロット毎の標準偏差値から判断する。すなわち、初期のいくつかの全ロット、全数ウエハに対して重ね合わせ検査を行ない、精度の傾向を監視し、重ね合わせ精度のランクわけを行う。具体的には後述するが、ばらつきを表す3値についてスレッシュレベルでランクわけをして、そのランクに応じた抽出頻度を決定する。また、抽出頻度決定後のウエハサンプリングの状況はアライメント精度を時系列に見ておいて精度が悪化するようであれば、ウエハサンプリングを実行する頻度を多くするというように、状況に応じて頻度を変えてゆくようにする。

【0055】

ロット毎のサンプリングを例に考える。アライメント精度を悪化させる要因としては、前述したようにプロセス、装置、ライン毎の環境変動がある。どの要因によるかの分析は別途行う必要があるが、ウエハサンプリングの基本的な考え方は、プロセス導入の初期において多数のウエハのデータを取って、データの許容精度に対する余裕度からウエハサンプリングの実行頻度を判断する。

【0056】

図3はウエハサンプル決定処理を説明するフローチャートである。本実施形態では、初期ロットについてはADUL（ウエハサンプリング）を行わず、重ね合わせ検査装置による検査結果とAGAデータとのずれ量に基づいてウエハサンプリングの実行頻度を設定する。ここで、ずれ量が大きく、パラメータ値の変更が必要であるような場合には、図2に

10

20

30

40

50

示したOAPを用いてパラメータ値を最適化して、上記処理を実行する。

【0057】

まず既に決められている現状のJOB設定で初期ロットの露光処理を開始する（ステップS20）。各露光プロセス開始毎に初期ロットの全ウエハの露光におけるアライメントの重ね合わせデータを重ね合わせ検査装置で検査する（ステップS21）。

【0058】

半導体製造プロセスにおける各プロセスでは、アライメントマークの縦構造が異なるため、露光装置のアライメントOffsetは全プロセスウエハにおいて、重ね合わせ検査装置を使用して求める必要がある。その結果をOAPに通信で送る。通信手段としては、本実施形態ではLAN6が用いられるが、他の公知の通信手段を用いてもよい。

10

【0059】

次に、検査結果の統計解析を行う（ステップS22）。本実施形態では、（1）ロット内のウエハ単位の検査結果とAGAデータとのずれ量の変動周期、変動幅を調べ、（2）ロット単位でずれ量の3値の変動を調べる。

【0060】

信号の変動周期はウエハごとのずれ量の値の増減を調べて各データごとの差分をとり数値符号を調べれば容易に求められる。図5、図6はずれ量のばらつきと変動周期を調べたものでT1、T2が変動周期、D1、D2がばらつきの幅を示す。変動周期の値に対して少なくとも半分の周期でサンプリングすれば、サンプリングの定理からもとの変動波形は復元可能だから、それをもとにウエハサンプリングを行う。

20

【0061】

変動に規則性がある場合には、その周期を考慮すれば、少ないサンプリング数で、小さな値に3とすることが可能となる。図5の場合T1が6なので少なくとも3枚おきにサンプリングすれば良い。ロット25枚の場合だと8枚に設定すれば良い。

【0062】

このように変動が周期的なものはいいが、ランダムな場合はこのような手法は使えない。そこで標準偏差値をもとにばらつきの幅を3によって判断する。図4は重ね合わせ検査装置3の検査結果に基づいて得られるずれ量の3値を数ロットにわたりプロットした図である。許容誤差精度の範囲において、精度レベルを複数の多段のスレッシュレベルに分けて判定する。

30

【0063】

3値がスレッシュレベル3以下の範囲（スレッシュレベル範囲S1）のものは安定しており、JOB変数も最適と判断できる。またこの状態が安定して続くことが確認できたら、ウエハのサンプルもロット1枚で良いと判断できる。このように3値のレベルからウエハサンプリングを決定することが可能である。

【0064】

例えば、スレッシュレベル範囲S2の場合は10枚、スレッシュレベル範囲S3の場合は15枚というように決めることが可能である。このスレッシュレベル毎の枚数に関しては、プロセス管理者の判断によって変更できるようにしてもよい。

【0065】

規定ロット数にわたって上記3値が安定していれば量産用のJob変数としては信頼性がおけるものとして判断できる。またウエハサンプリングに関してもプロセスが変化したり、装置変化がない場合は条件を固定できるので、本処理を終了できる（ステップS23）。

40

【0066】

なお、規定ロット数に関してはプロセス管理者が設定可能としてもよい。ステップS23で規定ロット数にわたって安定していることが確認できていない場合は、ステップS24へ進む。ステップS24では、ずれ量の変動に基づいて現行の設定パラメータ値で良いかどうかを判定する。現行のパラメータ値のままでよいと判定された場合は、ステップS25においてスレッシュレベルに応じてウエハサンプリングすべき数を決定する（スレッシ

50

ュレベル範囲 S 4 : 2 0 枚 / ロット、スレッシュレベル範囲 S 3 : 1 5 枚 / ロット、スレッシュレベル範囲 S 2 : 1 0 枚 / ロット、スレッシュレベル範囲 S 1 : 5 枚 / ロット)。そして、ステップ S 2 7 において、ステップ S 2 5 で決定された実行頻度で重ね合わせ検査装置 3 による検査を行う。

【 0 0 6 7 】

一方、ステップ S 2 4 において、現行のパラメータ値を変更すべきであると判定された場合は、ステップ S 2 6 へ進む。ステップ S 2 6 では、図 2 で説明した O A P 処理を実行して、パラメータ値の最適化を図り、上記ステップ S 2 1 からの処理を繰り返す。現行のパラメータ値を変更すべきであるかの判定する場合に、前後のロット間でスレッシュレベル 2 段階以上悪化した場合にパラメータを変更すべきと判定することでも良い。

10

【 0 0 6 8 】

以上のように、スレッシュレベル値によりウエハのサンプリング数の設定と現行の J o b パラメータ設定値でよいかの判断を自動的に行なわせることができる。一般に最初はプロセスと装置 J o b パラメータ設定値が決まらない場合は条件を振って確認作業が必要となるため精度も変動することが考えられる。そのような例を示して説明を行う。

【 0 0 6 9 】

例えば A G A ショットの設定について述べる。計測にとってはできるだけウエハの外側に A G A ショットを設定した方が、計測スパンが長くなるので、A G A 計測値の精度は向上する。一方、W I S : W a f e r I n d u c e d S h i f t と呼ばれているプロセス誤差が原因であるアライメントマークの非対称性は、C M P 等のプロセスウェハではウエハの外側に行く方が、悪くなる。

20

【 0 0 7 0 】

そこで、A G A ショットを決定する時に、一番外側、次にやや内側、更に内側、と設定を変えてアライメント精度のモニタを行い検討を行う。この場合に最終的にどこを A G A ショットとするかは、例えば A G A 計測再現性や露光後の重ね合わせ検査装置の計測結果等で判断を行う。これ以外に、例えば A G A ショットの個数、照明モード、処理ウィンドウ等の設定を変えながらアライメント精度の変動状況をモニタする場合も考えうる。

【 0 0 7 1 】

図 7 は重ね合わせ検査装置の精度結果（ウエハ倍率、ウエハ回転、シフト量と言う A G A データをデータベース化して時系列的に変化を見る）をプロットしたものである。

30

【 0 0 7 2 】

スレッシュレベル 1 ~ 3 で許容精度範囲を区切ることで精度範囲を S 1 ~ S 4 の範囲に区分して精度レベルを判定するのに使用できる。

【 0 0 7 3 】

最初のデータが図 7 の前記精度範囲が S 1 の場合は、精度が良いため、全データ取得後、5 枚 / ロットで処理をスタートする。その後、数ロット見てみて精度の悪化がないようであればそのままが良いが、その後、B のようにデータが悪化するようであれば、B は S 2 レベルでありサンプルを 1 0 枚 / ロットのように多くしてまた数ロット様子を見る。その結果 C のように精度が落ち着けば、ウエハサンプリングを 5 枚で行うことで落ち着かせる。その後 D のように急激に精度が悪化するようなことがあれば J O B パラメータの条件（パラメータ値）を再度見直す。装置がなんらかの要因で悪化したこと、またはプロセスの要因を見直したりする必要があることが考えられるからである。一方、精度の安定が長期に維持されるようであれば、一枚 / ロットにして様子を見、それでも安定するようならばそのまま一枚 / ロットにするようにしてもよい。

40

【 0 0 7 4 】

3 値の変動がゆるやかな場合には現行の J O B パラメータ値で、ロット毎のサンプリングするウエハ数をスレッシュレベル範囲に従って決める。例えば、図 4 や図 7 のように、設定範囲を 3 段階に設定した場合は精度が良い範囲順に（S 1 ~ S 4 の順に）、5 枚，1 0 枚，1 5 枚，2 0 枚のように設定する。（ステップ S 2 5 ）。

【 0 0 7 5 】

50

また、図7のC～Dの部分のように、変動幅が急激に変化するのであればなんらかの装置状態、プロセス状態が変化したと考えられるので、プロセス条件を変更して変化を見ることが有効になる。本実施形態では、図2で説明したOAP処理を実行してパラメータ値を最適化する(ステップS26)。ここで設定パラメータ値の変更指示をLAN6を通して露光装置1(或は2)に指示してJOB設定を変更する。

#### 【0076】

パラメータ値の変更タイミングはFeed Forwardの場合は次のロットから適用となる。別の適用例としてロットがまだ初期ロットで条件がまだ安定していない場合、ロット内のウエハが複数過ぎた所で検査結果が安定したと判断できたところでそれ以降のロット途中、JOB変数の条件を変更することも可能である。その場合はFeed Back的な処理となる。なお、ステップS26でプロセスを変更した後は全数ウエハについて重ね合わせ検査装置3で検査したほうが高精度な検査が可能となる(ステップS21)。

#### 【0077】

また、プロセスが要求する精度からもう少し精度を追い込みたい場合等、プロセス毎にスルッシュホールド、精度許容条件を変更することで、プロセス毎または装置ごとの条件を設定することが可能である。装置にもある程度機差があることも考えられ、装置毎に許容値を設定可能とすることは、このような機差に個別的に対応できる点でも好ましい。

#### 【0078】

ステップS25でウエハ枚数が決定されれば、また露光装置でOAP及び露光処理を行ってから重ね合わせ検査装置でサンプルウエハの検査を行う。(ステップS27)。この一連の処理を繰り返すことでウエハサンプリングの適切な実行頻度を自動的に判断できることになる。ステップS25で決定された実行頻度は、ステップS23で本処理を終了した以降、露光装置におけるウエハサンプリングの実行頻度に設定される。

#### 【0079】

また精度が悪化した際の要因分析に関してはいままで蓄積したOAPにおけるデータベース上のアライメント計測波形とか、CD-SEMでの実際のウエハの形状計測を行うことで、要因分析を行える。そのようにして原因がわかり、精度が安定するようになれば、ウエハサンプリングの枚数を減らすことができ、ADULでのスループットの低下を少なくできる。このようにOAPのデータベースによる重ね合わせ検査装置の計測結果の状況に応じて、ウエハサンプリングを行うことで、スループットの低下と精度保証の両面で最適なロット管理が行える。

#### 【0080】

なお、ウエハのサンプリング枚数の変更はOAPコントローラに接続したタッチパネルコンソール又はOAPをPCベースでコントロールできる構成するとすれば、各キーボード入力にて変更できるようにすることも可能である。

#### 【0081】

##### <第2の実施形態>

図8はJOB変数値以外のアライメントデータを決定する第2の実施形態による処理を説明するフローチャートである。第1の実施形態では、JOBに対する設定パラメータ値(含む信号処理)は固定し、アライメント波形のADULデータ転送を行わずに初期ロットを処理して、重ね合わせ検査装置3の計測結果からウエハサンプルの実行頻度を決定した。これに対して、第2の実施形態では、初期ロットから、JOB変数値以外の条件でのアライメント波形データのADULを実施し、その精度結果を解析することで、ウエハサンプリングの実行頻度を決定する。

#### 【0082】

以下、JOB変数値を振ってみたが、精度が規定値を満たさないのでさらにJOB変数値を変更して、精度の追い込みをしたい場合を想定する。

#### 【0083】

まず全ウエハを設定されているJOB変数値とそれ以外のパラメータ条件(パラメータ値)でのウエハサンプリングを行う(ステップS31)。その後、予め決められたJOBの

10

20

30

40

50

設定パラメータ値で行われたアライメント結果により露光、現像を行い、重ね合わせ検査装置にて重ねあわせの精度結果を評価する。設定パラメータ値で露光を行ったアライメント結果を重ね合わせ検査装置での検査結果を基準とし、JOB変数値以外の条件での擬似露光結果を検討する。擬似と記載したのは実際に露光しているわけではなく、あくまで露光機における計測精度での検討によるからである。アライメント信号波形も入手しているので各種信号処理の検討も可能である。実際に露光機においてアライメント時に使用し、露光処理を行った信号処理以外の処理も行ってみる事も可能である。この検討をロット内の複数のウエハを使用して統計処理を行い検討結果を導出する（ステップS33）。

【0084】

規定ロット数を予め設定して、規定ロット数にわたって安定した精度許容値内にある場合は終了する（ステップS34）。規定ロット数に満たない場合は、現行の設定パラメータ値の変更の可否を判定する。

10

【0085】

現行の処理とJOB変数値以外での処理を3値で精度比較して、JOB変数値の方がロット内変動がより少ない場合はその精度に応じて（前記、実施形態のスレッシュホールドレベルによる分類）予め設定してあるウエハサンプリング数に設定を変更する（ステップS36）。

【0086】

一方、精度が要求精度に対して、余裕がない場合、或は明らかに3値の安定性がJOB変数値を変更した場合のほうが安定する場合は、現行JOBの設定パラメータ値以外のパラメータ値に変更を行う指示を露光装置の方に指示する（ステップS37）。この場合、状況に応じて更にウエハサンプリングの頻度を多くしてからステップS31に戻るようにしてもよい。

20

【0087】

<第3の実施形態>

次に、第3の実施形態について説明する。第3の実施形態は、第1の実施形態におけるOAPを実施する上でのスループット低下を課題にしている。第1の実施形態でも述べたが、OAPを実施する際に、JOB以外のパラメータ値によるAGAデータ取得（AGA計測や、ADUL）が行われると、生産量とは結びつかない処理のための時間が必要となるので、OAPを行わない装置に対して単純に処理スピードのみで考えればスループットが低下する可能性がある。第1の実施形態では、その対策として、ウエハサンプリングの頻度の最適化を行った。

30

【0088】

本実施形態では、装置、プロセスの置かれている環境を総合的に判断するために、重ね合わせ検査装置で測定した重ね合わせ精度及びJOBパラメータ値、JOB設定以外パラメータ値のAGA計測データ、各種信号処理結果を時系列的に継続して判断することで必要精度内の精度ランクに応じて、装置の性能を判断してスループット、性能両面から装置のCOOを最大限に発揮できる方法を提供する。

【0089】

OAPではそのために装置稼動中にJOB以外のパラメータ値をすべて、振って確認すれば理想だがそれではスループットが落ちてしまうので、予測されるパラメータ値候補を想定して、計測データを取得して外部のコントローラで判断を行っている。

40

【0090】

パラメータ変更の判断とJOB以外のパラメータ値及び露光装置の場合はアライメントの信号処理波形を取り込みの頻度の決定、OAP自体の実施、未実施、パラメータ変更では装置性能を満たすことができない状況（露光前の警告判断）等を自動で装置を監視して装置稼動状況の性能を最大限にひき出す手法を提供することが本実施形態の主眼とするところである。

【0091】

図9は本実施形態の説明図である。縦軸は重ね合わせ性能を評価する基準となる精度を表

50

している。精度は各半導体プロセス毎の精度許容値内で多段階の閾値レベルを設定されている。この例では閾値 1 ～ 3 の 3 つのレベルがある。

【 0 0 9 2 】

横軸は半導体プロセスの同一工程毎に同一露光装置での重ね合わせ性能を時系列に監視することを表す。各区間は半導体プロセス工程のロットを継続してモニタした精度状況の変化に対してどの閾値の範囲に入るかと区間毎の露光装置と O A P シーケンス動作が変更になる区間を区間 A ～ D まで分けた例を示している。

【 0 0 9 3 】

次に縦軸の精度の定義と内容を述べることにする。精度基準は露光装置で露光後に重ね合わせ検査装置で計測した後の誤差による評価基準である。また一つは A G A 計測でウエハ倍率、ウエハ回転、直行度などのウエハ面内誤差を求めてステージで追い込んだ後の残存誤差量も一つの基準となる。重ね合わせ検査装置と前記、残存誤差量の相関を求めることで J O B 以外のパラメータ値の擬似 A G A 精度結果も予測がつけられる。これらの評価データを図 1 のデータベース 5 に格納しておいて、装置動作状況、使用目的に応じて、前記評価データを評価して変更することも可能である。

10

【 0 0 9 4 】

次に閾値の定義を述べる。閾値の定義は次のように決める。閾値は各半導体デバイスのプロセス毎の精度許容値内で多段階の分割を行ったものである。閾値 1 以下は重ね合わせ精度許容値に対して十分なマージンがあり、J O B パラメータ及び信号処理が最適と判断される精度レベルである。閾値 1 を越えて閾値 2 の範囲は精度が劣化する傾向をデータベース 5 に格納された前記評価用データベースを監視して、精度評価が劣化するのであれば、重ね合わせ検査装置で検査するロット内ウエハの検査の頻度を増やすようにする区間である。

20

【 0 0 9 5 】

閾値 2 を越えて閾値 3 の範囲はデータベース 5 に蓄積された前記データベース監視の結果重ね合わせ精度のマージンの余裕が減ったために O A P を適用する区間である。O A P 適用の判定は閾値 2 を超えたことで行う。P C 4 による各種多変量パラメータ最適化手法などのデータマイニング手法及びアライメント信号波形を P C 4 が複数の信号処理を比較検討して最適化信号処理選択を P C 4 が適用検討する精度レベルである。図 9 の区間 C で線分 a ～ e は O A P の J O B パラメータ値の組み合わせを複数選択したことを示している。破線部分での処理はデータマイニング及び信号処理による最適化検討を行った後の前記データベースに格納された精度データの変化を示したものである。

30

【 0 0 9 6 】

破線 a , c , d , e は擬似 A G A による結果、線分 b の実線は現在の J O B パラメータ値による精度を示している。線分 b は現状の J O B 設定値であるので、実際に露光装置で露光しているために重ね合わせ検査装置での重ね合わせデータは存在している。ここでは e の破線で表している J O B 設定以外パラメータ値の組み合わせが閾値 1 以内であり、最適なパラメータ値の組み合わせである。

【 0 0 9 7 】

閾値 3 を超える場合は O A P で最適化されたパラメータに変更する条件としている。ただし、区間 B で最適化のパラメータ条件が規定ロット数持続して、パラメータ値変更をする信頼性が確保しているものとする。閾値 2 の範囲内でも規定ロット安定性が確保されれば、最適化パラメータに変更可能に設定可能とすることも可能である。規定ロット数安定性が確保できなく、精度が悪化する傾向も予測されるので、不図示だが、閾値 3 と許容精度との間に警告リミットを設定することでこれを超えるようだとすぐに最適化パラメータ値に戻すようにもできる。

40

【 0 0 9 8 】

この例では区間 B で最適化検討を実施した結果の最適化パラメータの組み合わせをデータベースから呼び出して実際に適用する場合を示した。

【 0 0 9 9 】

50

次に区間に関する本実施形態の管理動作説明を行う。各区間は本実施形態の管理システムが各区間毎に動作を変更する範囲である。区間Aは閾値1以下で精度が非常に安定しているレベルでOAPを実施しない区間。ただしJOB設定のパラメータ値での精度監視のためにJOB設定の計測結果監視のためデータベース5にJOB設定のAGAデータ等の装置パラメータと処置処理結果のデータ蓄積と重ね合わせ検査動作は継続して行う。

【0100】

区間Bは閾値1と閾値2の範囲内にあたり許容精度マージンが減少する区間である。しかし、まだOAP適用とレベルの判定を確認するためにロット内で重ね合わせ検査装置で検査するウェハの検査サンプル数をデータベース5に確認されたJOB設定のAGA処理データと重ね合わせ検査装置のウェハサンプルデータを基に変更する。精度劣化があれば、重ね合わせ検査装置の検査頻度を増やすように本発明の管理システムが設定している。

10

【0101】

区間CはOAPを行い、OAPと露光装置によるJOB以外のAGAデータ取得をPC4が行い、各種パラメータの最適化検討と信号処理最適化検討をOAP上でシミュレート予測検討を行う区間である。各種信号処理を行い、最適パラメータ検討をPC4がデータベース5に蓄積された精度評価データを比較検討することで行われる。この段階でOAPによる十分な最適パラメータと信号処理選択検討が行われる。

【0102】

区間Dは区間Cで最適化パラメータ設定が実施された結果を示しており、閾値1の精度範囲が確認されたので、再度OAPを実施しない区間となる。

20

【0103】

次に各区間に関してOAPと露光装置動作に関して詳細な説明を行う。

【0104】

区間Aは精度許容値に対して十分に精度が安定している領域を示しており、ロットで設定したJOBパラメータが十分満足できる設定値にあたるために、OAPによってパラメータ変更をする必要がない領域である。そこでこの領域においてはスループットを低下させるJOB以外のAGAデータ取得を停止することで装置のスループット低下を防止できる。JOB以外のAGA計測データをADULにより、PC4が参照するデータベースに取得して、格納する必要がない領域である。これらのADULを実施しないの判定は閾値1をしたまわるロット数が規定ロット継続したことで決めるようにすることができる。規定ロットは変更可能で、JOB設定で設定を決めるようにしても良い。

30

【0105】

区間Bは精度がだんだん悪化した例を示す状況を表している。閾値1を超えた場合の例である。閾値1を超えた状況ではまだパラメータの変更は行わずに区間Cは閾値2を上回った場合である。この場合はさらに許容精度に対するマージンが少なくなったのでOAPを実際に適用する。OAPに必要なJOB以外のパラメータ値によるデータを取得できるように装置を稼働させる。すなわちAGAの例でいえば、JOB設定以外のウェハポジションのアライメント計測を行い、アライメント波形データを取得する。PC4で取得したアライメント信号を元に擬似AGA動作を行って最適なパラメータの組み合わせをデータベースに格納をしておく。重ね合わせ精度を監視しながら、重ね合わせ精度の変化をデータベースに記録しておく。閾値2を超えない範囲でデータベース5に蓄積された重ね合わせ精度評価データを逐次監視して精度が悪化する傾向（悪化したとの判断は精度評価データが継続して規定ロット劣化したとする判断で行える。）であれば、JOB以外のAGAデータを取得する頻度を増やすことでJOB以外のパラメータ値決定の信頼度は増す。しかし、取り込み頻度が増すのでその分スループットが低下する欠点を有する。

40

【0106】

区間Cにおいて閾値3を上回った場合である。（区間Cの実線が現在のJOBパラメータ値での装置動作）この場合は許容精度に対するマージンが更に少なくなったのでパラメータ最適化、変更動作を実施するレベルである。既に区間Cの中で候補となるJOB設定パラメータ候補は確定している状況があるので、すぐに適用が可能になる。

50

## 【 0 1 0 7 】

破線 a , c , d , e で書いてあるのは予測適用例を示している。区間 C で最適パラメータ設定である閾値 1 内は破線 e の最適化パラメータ例を実施してこの例では閾値 1 に戻った例を示している。閾値 1 にまで下がらない場合も想定されるが、その場合は最適なパラメータ値を選択する。

## 【 0 1 0 8 】

区間 D は区間 C で O A P による J O B パラメータ値が最適化された状況を示しており精度が安定状態に戻った例を示している。

## 【 0 1 0 9 】

以上が図 9 を使用した説明である。この実施例で装置の稼動状況を多段階の精度評価基準に合わせて細やかに評価して、装置と管理システムの動作を変更していくことで装置性能を左右する最適パラメータの設定と信号処理選択が効果的に行われる。

10

## 【 0 1 1 0 】

本実施形態は各半導体プロセスに要求される許容精度を前期、複数の精度の評価基準に対して多段階の閾値で分割してこれらに対して装置性能を時系列的に評価して、閾値の変動状況に応じて装置動作を変更していくことが特徴である。前記図 9 の例では装置動作は 4 つのモード（区間 A ~ D ）を設定する例を述べたが、使用する産業用装置に応じて、動作の変更を行うことが可能である。

## 【 0 1 1 1 】

< 第 4 の実施形態 >

20

次に第 4 の実施形態として、産業装置に応じた閾値レベルの変更方法と最適パラメータの予測設定方法に関して述べる。

## 【 0 1 1 2 】

露光装置のアライメントに関する例においては、アライメントに関するパラメータの最適化を行う判断レベルに対する閾値レベル、パラメータを最適化する候補のパラメータ値を比較検討するために J O B 設定以外のパラメータ動作で装置を動作させて、J O B 以外のパラメータ動作をさせたデータを取得する頻度を判断する閾値レベル、設定したパラメータが許容精度レベルを十分に満足して、継続して安定した装置性能が得られるため、あえて J O B 設定のパラメータを変更する必要がないと判断できる閾値レベルを設定できる。これらの閾値は装置性能を時系列的に監視する手段を持つことで装置状況の変動に対して、変更することが可能である。閾値のレベルに関する分割方式は O A P による J O B と J O B 以外の計測データと重ね合わせ検査装置の計測データを逐次蓄積して、時系列的な変動傾向を確認してから分類する手法を取ってもいいし、予め半導体プロセスに対する装置の重ね合わせ精度状況に応じて分けても良い。露光装置での重ね合わせ精度が良い半導体プロセス工程は比較的重ね合わせ精度が安定しているので許容要求精度に対するマージンを大きくとることが可能である。

30

## 【 0 1 1 3 】

逆に露光装置での重ね合わせ精度が悪い半導体プロセス工程は許容精度に対するマージンが取れないためにより、P C 4 による最適化判断を的確に予測を行いながらパラメータ値選択と信号処理選択を行うことが必要となる。ここでいままでに取得したデータベースに蓄積されたデータを解析し予測する手法である。例えば A G A 計測結果と重ね合わせ検査装置との相関関係を求めることで、A G A 計測結果を代用できる。またアライメントの信号処理を行う際に使用するアライメントマーク間隔（各マーク間隔のばらつき：各マーク間隔は同一値の設計値を持つため各マークエレメント間のばらつきで評価してもよい）を A G A の各計測ショット、A G A 計測補正後の残存誤差との相関を求めることで評価基準として使用可能である。

40

## 【 0 1 1 4 】

またパラメータ間に相関関係を求める際に意思決定システムとかニューラルネットワーク手法を一例とするデータマイニングを使った最適化の手法が有効になる。パラメータ変更と蓄積された前記各種精度評価基準との相関関係をデータマイニング手法で最適化してい

50



くことで、より少ない予測パラメータ候補を比較することで、装置パラメータの最適化を行うことが可能になる。

【0115】

<第5の実施形態>

実施形態1～4では、半導体製造装置のうち、露光装置のアライメントにパラメータ最適化による実施例を示したが、他の半導体製造装置に関しても本発明のパラメータ変更と最適化の手法は適用可能である。パラメータの種類を変更することと、閾値の設定条件の段数を装置にパラメータの最適化する計測、制御ユニットに関して、適用が可能となる。

【0116】

以上のように、上記各実施形態によれば、装置のC o Oを上げることを可能とした。

10

【0117】

次に上記説明した半導体露光装置を利用した半導体デバイスの製造プロセスを説明する。図10は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す。ステップS201（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップS202（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップS203（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップS204（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップS205（組立て）は後工程と呼ばれ、ステップS204によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の組立て工程を含む。ステップS206（検査）ではステップS205で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これを出荷（ステップS207）する。前工程と後工程はそれぞれ専用の別の工場で行い、これらの工場毎に上記説明した遠隔保守システムによって保守がなされる。また前工程工場と後工程工場との間でも、インターネットまたは専用線ネットワークを介して生産管理や装置保守のための情報がデータ通信される。

20

【0118】

図11は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップS211（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップS212（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を成膜する。ステップS213（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップS214（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップS215（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップS216（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップS217（現像）では露光したウエハを現像する。ステップS218（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップS219（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことにより、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。上記工程で使用する露光装置は上記説明した管理システムによって最適化がなされているので、パラメータ固定による経時劣化等を未然に防ぐと共に、もし経時変化が発生しても量産現場を停止させず、且つ処理スピードの低下も適切に防止して最適化修正が可能で、従来に比べて半導体デバイスの生産性を向上させることができる。

30

【0119】

なお、上記各実施形態では、産業用機器として半導体露光装置を用い、ウエハアライメントのパラメータ値を最適化する場合を説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えばCMP装置に対して適用しても良いし、半導体露光装置のウエハフォーカス機能に関して適用してもよい。

また、本発明は、前述した各実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成されることは言うまでもない。

50

## 【 0 1 2 0 】

この場合、記憶媒体から読出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

## 【 0 1 2 1 】

プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、例えば、フロッピーディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ROMなどを用いることができる。

## 【 0 1 2 2 】

また、コンピュータが読出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているOS（オペレーティングシステム）などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

10

## 【 0 1 2 3 】

さらに、記憶媒体から読出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

20

## 【 0 1 2 4 】

< 発明の実施の態様 >

本発明は、更に以下の各実施態様を開示する。

## 【 0 1 2 5 】

< 態様 1 > 産業用機器を管理する管理システムで、該産業用機器における所定パラメータの値を変更するための検査動作の頻度を変更する機能を有することを特徴とする管理システム。

## 【 0 1 2 6 】

< 態様 2 > 前記検査動作の頻度を、該検査動作の結果に基づいて変更することを特徴とする態様 1 記載の管理システム。

30

## 【 0 1 2 7 】

< 態様 3 > 前記検査動作の頻度を、該検査動作における、誤差周期、誤差ばらつきの少なくともいずれかに基づいて変更することを特徴とする態様 1 記載の管理システム。

## 【 0 1 2 8 】

< 態様 4 > 前記検査動作の頻度を、該検査動作の統計的結果に基づいて決定することを特徴とする態様 1 記載の管理システム。

## 【 0 1 2 9 】

< 態様 5 > 前記頻度の決定は、前記検査結果が安定したと判断された時点で実行される態様 1 記載の管理システム。

## 【 0 1 3 0 】

< 態様 6 > 設定パラメータ値及び他のパラメータ値を用いて産業用機器を動作させて得られる実際の処理結果と推量された処理結果を取得する取得手段と、前記設定パラメータ値による処理結果を検査して検査結果値を取得し蓄積する検査手段と、前記取得手段で取得された処理結果と前記検査手段による検査結果値に基づいて前記設定パラメータ値を変更する変更手段と、前記検査手段で蓄積された検査結果値に基づいて、処理結果の変動状態を評価する評価手段と、前記評価手段による評価結果に基づいて前記取得手段を実行すべき頻度を決定する決定手段とを備えることを特徴とする管理システム。

40

50

## 【 0 1 3 1 】

< 態様 7 > 前記評価手段は、前記検査手段による検査結果としての処理結果と検査値とのずれ量の変動周期を求め、  
前記決定手段は、前記変動周期に基づいて前記頻度を決定することを特徴とする態様 6 に記載の管理システム。

## 【 0 1 3 2 】

< 態様 8 > 前記評価手段は、前記検査手段による検査結果としての処理結果と検査値とのずれ量のばらつきを求め、  
前記決定手段は、前記ばらつきの程度に基づいて前記頻度を決定することを特徴とする態様 6 に記載の管理システム。

10

## 【 0 1 3 3 】

< 態様 9 > 前記決定手段は、前記ずれ量のばらつきに関して多段階に複数の閾値を用意し、前記評価手段で求めたばらつきがどの領域に入るかに基づいて前記頻度を決定することを特徴とする態様 8 に記載の管理システム。

## 【 0 1 3 4 】

< 態様 10 > 前記決定手段は、  
前記評価手段による評価結果に基づいて前記評価手段を実行すべき頻度を決定し、  
所定数量の処理結果に対する前記評価手段の評価結果が安定したと判定された場合にその時点の頻度を前記取得手段を実行すべき頻度に決定することを特徴とする態様 6 に記載の管理システム。

20

## 【 0 1 3 5 】

< 態様 11 > 前記評価手段を実行すべき頻度が未決定の間は、前記評価手段を全ての処理結果について実行することを特徴とする態様 10 に記載の管理システム。

## 【 0 1 3 6 】

< 態様 12 > 前記評価手段は、前記検査結果を時系列的に統計処理してその変動状態を評価することを特徴とする態様 6 に記載の管理システム。

## 【 0 1 3 7 】

< 態様 13 > 前記変動状態に基づいて、前記設定されたパラメータ値を最適化する必要があるか否かを判定する判定手段と、  
最適化する必要があると判定された場合に、前記取得手段と最適化手段によるパラメータ値の最適化を実行させる最適化実行手段を更に備えることを特徴とする態様 10 に記載の管理システム。

30

## 【 0 1 3 8 】

< 態様 14 > 前記最適化実行手段によってパラメータ値が変更された場合、前記検査手段はその変更後の所定量の処理結果については全数を検査することを特徴とする態様 13 に記載の管理システム。

## 【 0 1 3 9 】

< 態様 15 > 前記判定手段は、前記処理結果の変動状態が急激に変化した場合に前記設定されたパラメータ値を最適化する必要があると判定することを特徴とする態様 13 に記載の管理システム。

40

## 【 0 1 4 0 】

< 態様 16 > 前記評価手段は、前記取得手段で取得された実際の処理結果と推量された処理結果、及び前記検査手段で蓄積された検査結果に基づいて、処理結果の変動状態を評価することを特徴とする態様 6 に記載の管理システム。

## 【 0 1 4 1 】

< 態様 17 > 前記取得手段の取得動作の実施、未実施は、前記検査手段の検査結果に基づいて決定されることを特徴とする態様 6 に記載の管理システム。

## 【 0 1 4 2 】

< 態様 18 > 前記産業用機器は半導体露光装置であることを特徴とする態様 1 に記載の管理システム。

50

## 【 0 1 4 3 】

< 態様 1 9 > 前記所定パラメータは、前記半導体露光装置におけるウエハの位置合わせを行うためのパラメータであることを特徴とする請求項 1 7 に記載の管理システム。

## 【 0 1 4 4 】

< 態様 2 0 > 態様 1 に記載の管理システムによって管理された産業用機器で製造することを特徴とするデバイスの製造方法。

## 【 0 1 4 5 】

< 態様 2 1 > 産業用機器と該産業用機器の処理の結果を検査する検査装置を管理する管理装置の制御方法で、該産業用機器における所定パラメータの値を変更するための前記検査装置の検査動作の頻度を変更させることを特徴とする管理装置の制御方法。

10

## 【 0 1 4 6 】

< 態様 2 2 > 態様 2 0 に記載の制御方法をコンピュータに実行させる制御プログラムを格納する記憶媒体。

## 【 0 1 4 7 】

< 態様 2 3 > 態様 2 0 に記載の制御方法をコンピュータに実行させる制御プログラム。

## 【 0 1 4 8 】

## 【 発明の効果 】

以上説明したように、本発明によれば、産業用機器のパラメータ値の変更に係るスループットの低下を低減することが可能となる。

## 【 図面の簡単な説明 】

20

【 図 1 】 本実施形態による露光管理システムの全体の概略構成を示す図である。

【 図 2 】 本実施形態による半導体露光装置のアライメント変数の値の最適化の手順（ O A P ）を説明するフローチャートである。

【 図 3 】 第 1 の実施形態によるウエハサンプリングの実行頻度決定処理を説明するフローチャートである。

【 図 4 】 第 1 の実施形態による、ウエハのアライメント精度変動のレベルの判定分析例を示す図である。

【 図 5 】 第 1 の実施形態による、ウエハのアライメント精度変動のレベルの判定分析例を示す図である。

【 図 6 】 第 1 の実施形態による、ウエハのアライメント精度変動のレベルの判定分析例を示す図である。

30

【 図 7 】 第 1 の実施形態による、ウエハのアライメント精度変動のレベルの判定分析例を示す図である。

【 図 8 】 第 2 の実施形態によるウエハサンプリングの実行頻度決定処理を説明するフローチャートである。

【 図 9 】 第 3 の実施形態による、ウエハのアライメント精度変動のレベルの判定分析例を示す図である。

【 図 1 0 】 デバイスの製造プロセスのフローを説明する図である。

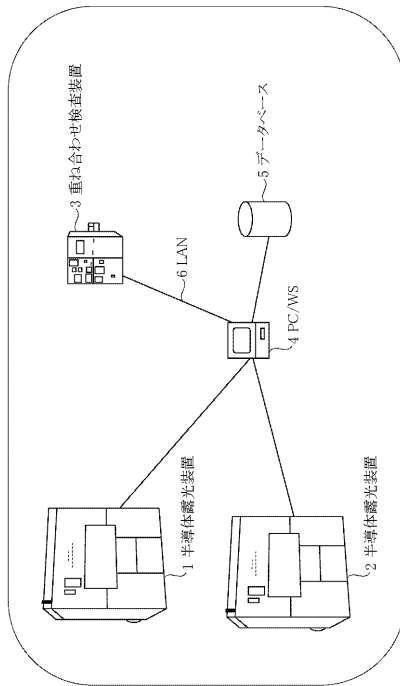
【 図 1 1 】 ウエハプロセスを説明する図である。

## 【 符号の説明 】

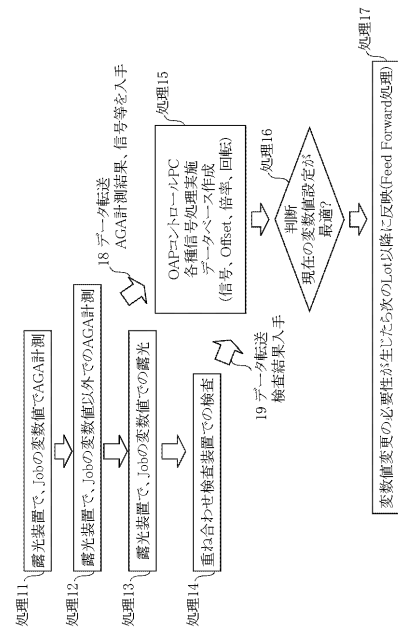
40

- 1 半導体露光装置
- 2 半導体露光装置
- 3 重ね合わせ検査装置
- 4 P C 又はワークステーション
- 5 データベース
- 6 L A N ケーブル

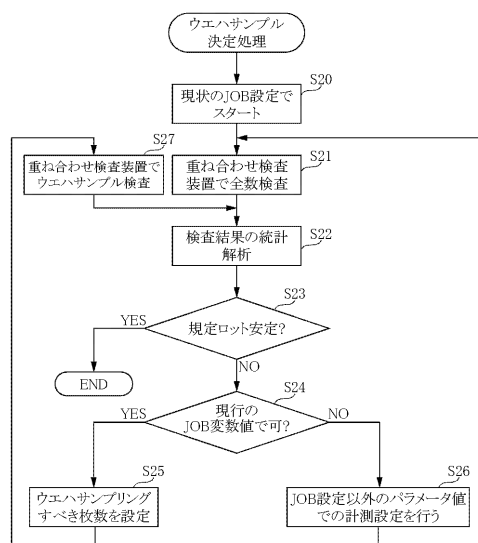
【 図 1 】



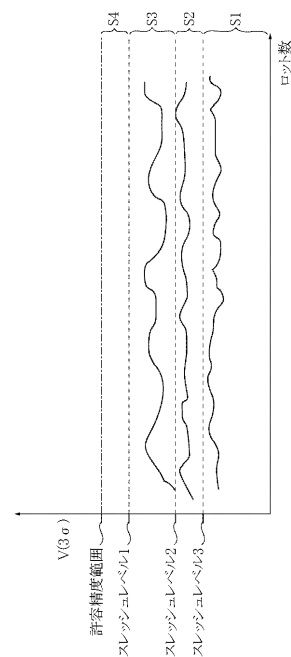
【 図 2 】



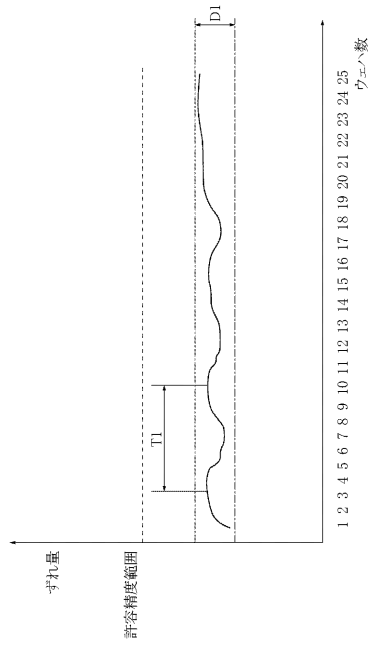
【 図 3 】



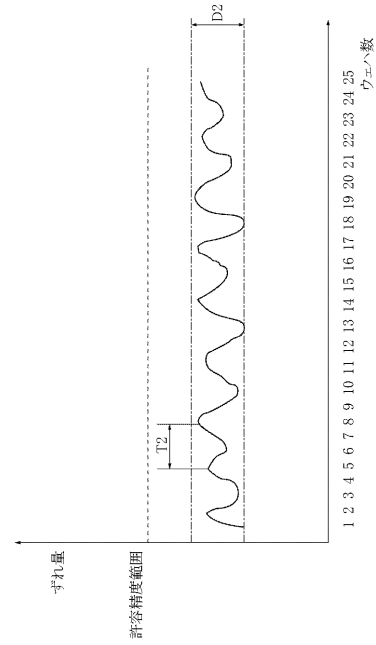
【 図 4 】



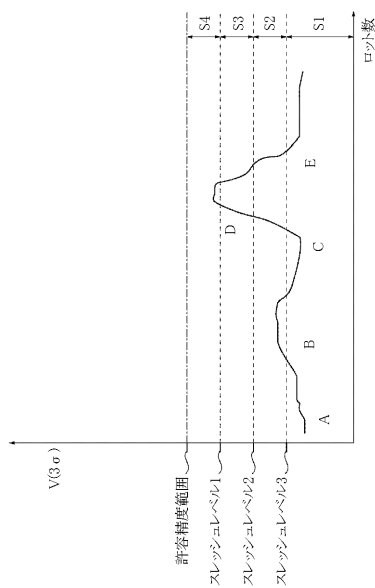
【図 5】



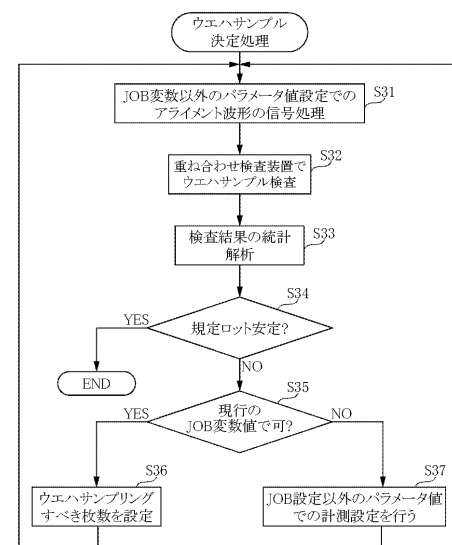
【図 6】



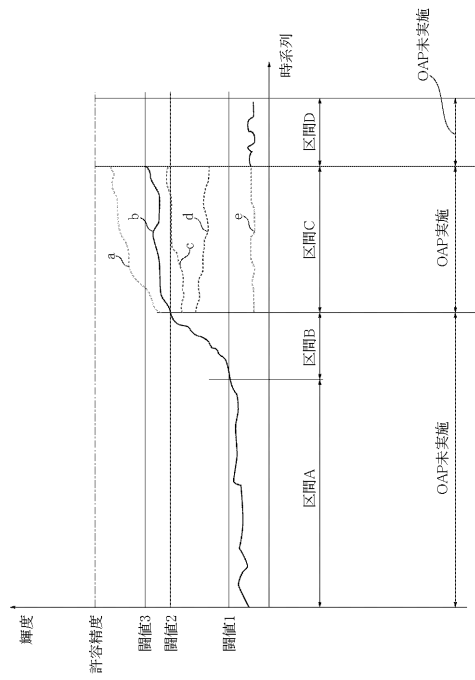
【図 7】



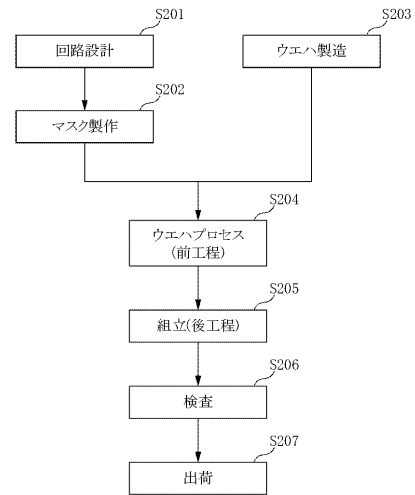
【図 8】



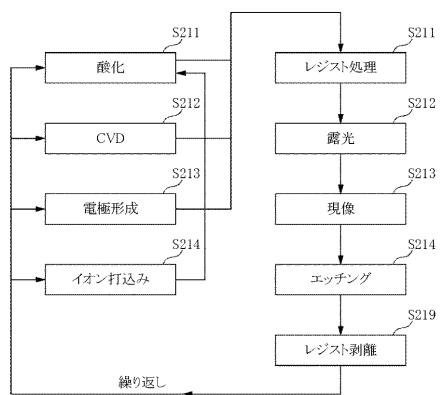
【図 9】



【図 10】



【図 11】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 松本 隆宏  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 千徳 孝一  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 杉浦 淳

- (56)参考文献 特開平11-297739(JP,A)  
特開平10-284403(JP,A)  
特開平10-141915(JP,A)  
特開平08-181066(JP,A)  
特開平09-092591(JP,A)  
特開昭62-242866(JP,A)  
特開2001-134798(JP,A)  
特開2000-235949(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/027