

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のユニットを有する露光装置であって、
各ロットに関して処理工程を計画する計画手段と、
前記計画手段により計画された、連続して処理されるべき第 1 及び第 2 のロットに関する処理工程を結合する結合手段と、
前記結合手段により結合された処理工程に基づいて、前記複数のユニットを制御する制御手段と
を有し、

前記結合手段は、前記第 1 ロットの処理の完了前且つ前記第 2 ロットの搬入前に、前記第 1 ロットに関し使用されなくなったユニットが前記第 2 ロットに関する第 1 の処理を開始するように、前記処理工程を結合することを特徴とする露光装置。 10

【請求項 2】

前記第 1 の処理は、原版を交換する処理、前記ユニットの調節処理、前記ユニットの条件設定処理、前記ユニットの校正処理、前記ユニットの補正処理、及び前記原版を位置合せする処理の少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記計画手段は、ロットに関するレシピデータと、ロットに関する各処理に使用されるユニットを示すデータとに基づいて、処理工程を計画することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の露光装置。 20

【請求項 4】

前記結合手段は、ロットに関する各処理に使用されるユニットを示すデータに基づいて、前記処理工程を結合することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 5】

ネットワークを介して前記レシピデータを受信する受信手段を有することを特徴とする請求項 3 又は請求項 4 に記載の露光装置。

【請求項 6】

各ロットに含まれる基板を計測するための計測ステージと、前記計測ステージにおいて計測された基板にパターンを露光するための露光ステージとを有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の露光装置。 30

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の露光装置を用いて基板にパターンを露光する露光工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のデバイス製造方法により製造されたことを特徴とするデバイス。

【請求項 9】

複数のユニットを有する露光装置を用いてデバイスを製造するデバイス製造方法であって、

各ロットに関して処理工程を計画する計画段階と、 40
前記計画段階において計画された、連続して処理されるべき第 1 及び第 2 のロットに関する処理工程を結合する結合段階と、

前記結合段階において結合された処理工程に基づいて、前記複数のユニットを制御する制御段階と
を含み、

前記結合段階において、前記露光装置による前記第 1 ロットの処理の完了前且つ前記露光装置への前記第 2 ロットの搬入前に、前記第 1 ロットに関し使用されなくなったユニットが前記第 2 ロットに関する第 1 の処理を開始するように、前記処理工程を結合することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 10】

前記第 1 の処理は、原版を交換する処理、前記ユニットの調節処理、前記ユニットの条件設定処理、前記ユニットの較正処理、前記ユニットの補正処理、及び前記原版を位置合せする処理の少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求項 9 に記載のデバイス製造方法。

【請求項 11】

前記計画段階において、ロットに関するレシピデータと、ロットに関する各処理に使用されるユニットを示すデータとに基づいて、処理工程を計画することを特徴とする請求項 9 又は請求項 10 に記載のデバイス製造方法。

【請求項 12】

前記結合段階において、ロットに関する各処理に使用されるユニットを示すデータに基づいて、前記処理工程を結合することを特徴とする請求項 9 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載のデバイス製造方法。 10

【請求項 13】

ネットワークを介して前記レシピデータを受信する受信段階を含むことを特徴とする請求項 11 又は請求項 12 に記載のデバイス製造方法。

【請求項 14】

前記露光装置は、各ロットに含まれる基板を計測するための計測ステージと、前記計測ステージにおいて計測された基板にパターンを露光するための露光ステージとを有することを特徴とする請求項 9 乃至請求項 13 のいずれか 1 項に記載のデバイス製造方法。

【請求項 15】

請求項 9 乃至請求項 14 のいずれか 1 項に記載のデバイス製造方法により製造されたことを特徴とするデバイス。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数のユニットを有する露光装置、デバイス製造方法及びデバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体デバイス生産の主流は、DRAMなどの単一製品（単一ロット）を大量生産する形式であった。そのため、投影露光装置は、単一ロットを連続して繰り返し処理することが多く、長期間にわたり連続運転し続ける場合が多かった。 30

【0003】

しかし、近年では、ASICなどの特注LSI製品を多品種小ロット型で生産する場合が増え、一つの投影露光装置で製造するロットを短期間で変更するケースが多くなっている。このような状況において、連続したロットを効率良く処理する運転制御方式が望まれている。このような運転制御方式として、生産予定のロットの制御情報を予約しておき、現在処理中のロットの製造が完了したときに、予約された制御情報に基づいて、次のロットの処理を自動で開始するバッチ処理技術が知られている。

【0004】

特許文献 1 では、現在処理中のロットの処理が完了する前に、次のロットのレシピ（制御情報）の存否に応じて、次のロットを製造するための基板を事前にウエハ準備完了位置へ搬送し、また、ロット処理に必要な露光装置の資源のオン／オフ状態を制御して、ロットの切換えの際に生じる時間損失を抑える方法が、本出願人により開示されている。 40

【特許文献 1】特開 2001 - 307972 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 では、次のロットの基板をウエハ準備完了位置へ搬送した後に、縮小投影レンズの結像面（焦点面）に基板（ウエハ）面を合致させるフォーカスの精 50

度や投影されるパターンを被投影領域に正確に重ね合わせるアライメントの精度を高精度に維持するために、製品（ロット）切換えの際に、基板の露光前に調整可能な補正パラメータを予め自動計測し、組織化された構成部品（ユニット）のパラメータを適正值に設定する各種装置の補正処理が行われるため、露光を行うまでに時間がかかる。

【0006】

特に、近年の微細化デバイスへ対応するためには、これらの補正パラメータをより精密に計測する必要があるため、補正パラメータの計測時間は更に長くなり、補正パラメータの種類も一層増える傾向にある。したがって、前述した多品種小ロット型での製造が増える状況において、製品（ロット）を切換える際の補正パラメータ計測に要する時間が増大するため、この観点からも効率的な処理が望まれる。

10

【0007】

また、パターンを形成した原版（レチクル）の位置決め、パルスレーザー光源のガス交換、レーザー光波長較正の実施、ウエハ位置合わせスコープの計測光の光量調整、マスクパターンの解像を最適にする照明条件設定等の各ユニットにおける前工程がロットの切換え毎に行われるため、これらの処理に起因する時間損失が製品（ロット）切換え頻度の増加に伴って増大するという問題がある。

【0008】

本発明は上記の背景に鑑みてなされたものであり、ロットの切換えによって生じる時間損失を抑えることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0009】

本発明の第1の側面は、複数のユニットを有する露光装置に係り、各ロットに関して処理工程を計画する計画手段と、前記計画手段により計画された、連続して処理されるべき第1及び第2のロットに関する処理工程を結合する結合手段と、前記結合手段により結合された処理工程に基づいて、前記複数のユニットを制御する制御手段とを有し、前記結合手段は、前記第1ロットの処理の完了前且つ前記第2ロットの搬入前に、前記第1ロットに関し使用されなくなったユニットが前記第2ロットに関する第1の処理を開始するように、前記処理工程を結合することを特徴とする。

【0010】

本発明の第2の側面は、デバイス製造方法に係り、上記の露光装置を用いて基板にパターンを露光する露光工程を含むことを特徴とする。

30

【0011】

本発明の第3の側面は、デバイス製造方法に係り、複数のユニットを有する露光装置を用いてデバイスを製造するデバイス製造方法であって、各ロットに関して処理工程を計画する計画段階と、前記計画段階において計画された、連続して処理されるべき第1及び第2のロットに関する処理工程を結合する結合段階と、前記結合段階において結合された処理工程に基づいて、前記複数のユニットを制御する制御段階とを含み、前記結合段階において、前記露光装置による前記第1ロットの処理の完了前且つ前記露光装置への前記第2ロットの搬入前に、前記第1ロットに関し使用されなくなったユニットが前記第2ロットに関する第1の処理を開始するように、前記処理工程を結合することを特徴とする。

40

【0012】

本発明の第4の側面は、デバイスに係り、上記のデバイス製造方法により製造されたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、ロットの切換えによって生じる時間損失を抑えることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

[実施形態1]

図1は、本発明の実施形態に係るシングルステージ型露光装置100の概略構成を示す。

50

図 1 において、パルスレーザー光源 101 には、例えば KrF 等のガスが封入され、レーザー光を発光する。パルスレーザー光源 101 は、遠紫外領域の波長 248 nm の光を発光する。また、パルスレーザー光源 101 には、共振器を構成するフロントミラー、露光波長を狭帯化するための回折格子、プリズム等からなる狭帯化モジュール、波長の安定性やスペクトル幅をモニタするための分光器やディテクタ等からなるモニタモジュール、及びシャッター等が設けられている。レーザー制御装置 102 は、レーザー光源 101 のガス交換動作、波長安定化動作、放電印加電圧等を制御する。本実施形態では、レーザー制御装置 102 による単独制御は行わず、インタフェースケーブルで接続した露光装置 100 全体の主制御装置 103 からの命令によって制御する例を示しているが、本発明はこれに限定されない。

【0015】

10

パルスレーザー光源 101 から射出されたビームは、照明光学系 104 のビーム整形光学系（不図示）を通して所定のビーム形状に整形された後、オプティカルインテグレータ（不図示）に入射されて、後述するマスク 109 を均一な照度分布で照明するために、多数の 2 次光源を形成する。照明光学系 104 の開口絞り 105 の開口部の形状は、略円形であり、照明系制御装置 108 によってその開口部の直径や照明光学系の開口数（NA）を所望の値に設定することができる。この場合、後述する縮小投影レンズ 110 の開口数に対する照明光学系 104 の開口数の比の値が、コヒーレンスファクタ（値）となるため、照明系制御装置 108 は、照明光学系 104 の開口絞り 105 を制御することによって値を設定することができる。照明光学系 104 の光路上には、ハーフミラー 106 が配置され、マスク 109 に照明される露光光の一部がハーフミラー 106 によって反射され取り出される。ハーフミラー 106 の反射光の光路上には、紫外光用のフォトセンサ 107 が配置され、露光光の強度（露光エネルギー）に対応した出力を発生する。フォトセンサ 107 の出力は、パルスレーザー光源 101 のパルス発光毎に積分を行う積分回路（不図示）によって、1 パルスあたりの露光エネルギーに変換され、照明系制御装置 108 を介して露光装置 100 本体を制御する主制御装置 103 に入力される。

20

【0016】

レチクル（又はマスク）109 には、焼き付けが行われる半導体素子の回路パターンが形成されており、照明光学系 104 によって露光光が照射される。可変ブラインド（不図示）は、光軸に直交する面上に遮光板を配置し、マスク 109 の回路パターン面の照射領域を任意に設定することができる。図 2 は、マスク 109 に露光光が照明されている状態を示す。マスク 109 の回路パターン 201 の一部は、スリット状光束 202 によってスリット照明されており、図 1 に示す投影レンズ 110 によってフォトレジストが塗布されたウエハ 115 上に、回路パターン 201 の一部が縮小倍率（例えば、 $1/4$ ）で縮小露光される。図 1 において矢印（Scan）で示すように、マスク 109 及びウエハ 115 を、投影レンズ 110 及びスリット状光束 202 に対し、投影レンズ 110 の縮小比率と同じ速度比率で互いに逆方向にスキャンさせながらパルスレーザー光源 101 からのパルス発光によるパルス露光を繰り返すことによって、マスク 109 全面の回路パターン 201 をウエハ 115 上の 1 チップ領域又は複数チップ領域に転写することができる。

30

【0017】

投影レンズ 110 の瞳面（レチクルに対するフーリエ変換面）上には、開口部が略円形である投影レンズの開口絞り 111 が配置され、モータ等の駆動手段 112 を用いて開口部の直径を制御することによって、投影レンズの開口数（NA）が所望の値に設定される。また、フィールドレンズ駆動装置 113 は、投影レンズ 110 中のレンズ系の一部を構成するフィールドレンズを、空気圧や圧電素子などを利用して投影レンズの光軸上に移動させるものであり、投影レンズの諸収差の悪化を防止しつつ、投影倍率や歪曲誤差を良好にすることができる。

40

【0018】

ウエハステージ 116 は、3 次元方向に移動可能であり、投影レンズ 110 の光軸方向（Z 方向）及びこの方向に直交する面内（X-Y 面）を移動することができる。ウエハステージに固定された移動鏡 117 までの距離を、レーザー干渉計 118 で計測することによって、ウエ

50

ハステージ116のX-Y面位置が検出される。露光装置100の主制御装置103の制御下にあるウエハステージ制御装置120は、レーザー干渉計118によってウエハステージ116の位置を検出し、モータ等の駆動手段119を制御することによって、ウエハステージ116を所定のX-Y面位置へ移動させる。また、フォーカス面検出手段121及び122は、ウエハ115上のフォトレジストを感光させない非露光光から成る複数個の光束を投光光学系121から投光し、ウエハ115上に各々集光されて反射された光束を検出光学系122で検出することによって、フォーカス面を検出する。図示は省略したが、検出光学系122内には、各反射光束に対応させて複数個の位置検出用の受光素子が配置されており、各位置検出用受光素子の受光面とウエハ115上での各光束の反射点が結像光学系によって略共役となるように構成されている。投影レンズ110の光軸方向におけるウエハ面の位置ずれは、検出光学系122内の位置検出用受光素子上の入射光束位置ずれとして計測される。

10

【0019】

本実施形態では、マスク109とウエハ115とが所定の関係となるように位置決めした後、主制御装置103からの同期信号に基づいて、レーザー制御装置102、ウエハステージ制御装置120及びマスクステージ制御装置126が、マスク202全面の回路パターン201をウエハ115のチップ領域へ転写するスキャン露光を行う。その後、ウエハステージ116によってウエハ115を所定量X-Y平面内に駆動させ、ウエハ115の他の領域を順次同じように投影露光するステップ・アンド・スキャン方式の露光処理が実行される。

【0020】

図6は、露光装置を使用した半導体製造工程で用いられる装置構成の一例を示す。図6において、複数の投影露光装置を管理する上位ホスト装置601には、ハードディスクドライブ602が接続される。ハードディスクドライブ602は、製品に応じて露光処理条件が詳細に設定されたレシピ(制御情報)を保持するデータベースを含む。露光装置の主制御装置606、607、608は、図1に示した露光装置100の主制御装置103にそれぞれ対応する。コンソール装置603、604、605は、露光装置100に付属するユーザインターフェースを持つ。コンソール装置603、604、605は、主制御装置606、607、608と1対1に接続される。オペレータは、個々のコンソール装置603、604、605を介して露光装置の各ユニットを制御することができる。ホスト装置601と各主制御装置606、607、608とは、付属するコンソール装置603、604、605を介して、ネットワーク通信機構によってオンライン接続され、ホスト装置601からの集中的な装置制御も可能である。本実施形態では、後者のホスト装置601を介したオンライン装置制御を一例として説明するが、本発明はこれに限定されない。

20

30

【0021】

オンライン通信609は、ホスト装置601から各コンソール装置603、604、605へ転送される製品ロットの処理要求を示し、製品ロットの露光処理を露光装置へ予約するときのデータの流れを示す。オンライン通信610は、各露光装置の主制御装置606、607、608の稼働状態及び前述のロット処理予約状態をホスト装置601へ通知するときのデータの流れを示す。ホスト装置601は、これらのオンライン通信によって露光装置を集中的に制御する。

【0022】

製品ロットを露光処理する場合、オペレータは、製品の種類に応じたレシピをホスト装置601で作成し、レシピ名称(例えば、Recipe-1、Recipe-2、...、Recipe-N)を付けて、レシピデータベース602へ保存する。製品を露光装置で生産する準備が整うと、レシピデータベース602から保存した製品のレシピ名称を選択した後、使用する露光装置(不図示)を指定する。ホスト装置601は、指定された露光装置の主制御装置(図6では主制御装置607)に接続されたコンソール装置(図6ではコンソール装置604)へ、ブロードバンド方式のオンライン通信609を介してレシピデータを転送する。レシピデータを受信したコンソール装置604は、図7に示したロット待ち行列の最後にレシピデータを挿入する。図7の場合、ロット要求701、702、703の順番にレシピデータが格納されている。露光装置は、ロット待ち行列として格納されたレシピデータが無くなるまで、順次露光処理を実行する。

40

【0023】

50

次に、図3を用いて単一ロットを処理する場合に、露光装置100において実行される一連の工程を概略的に示すフローチャートであり。ステップS301～ステップS303の工程は、次のロットにおける最初のウエハ115を搬送する前に実行される前工程に相当する。露光装置100は、ロット処理が開始されると、最初にステップS301とステップS302の並行動作を開始する。

【0024】

ステップS301では、ロット生産に用いるマスク109をマスクハンド（不図示）によってマスクステージ123へ搬送し、マスク位置合わせスコープ（不図示）を用いてマスク109とマスクステージ123の相対位置を観察しながら、マスクステージ123を位置決めする。

【0025】

ステップS302では、ステップS301と並行処理が可能な構成部品（ユニット）の前準備を行う。例えば、パルスレーザー光源101のガス交換、レーザー光波長較正の実施、ウエハ位置合わせスコープ（不図示）の計測光の光量調整、マスクパターンの解像を最適にする照明条件設定等を並行処理する。この照明条件設定では、投影レンズ110の開口数（NA）や照明光学系のコヒーレンスファクタ（値）105が指定条件に合うように制御される。ステップS301とステップS302のユニット制御が終了すると、ステップS303に進む。

【0026】

ステップS303では、ウエハ115の加工精度を維持するために装置補正処理を実施する。代表的な装置補正処理の一つは、投影レンズ110を通した光で焦点面を計測するスルーザレンズオートフォーカスシステム（TTLAF）（不図示）による処理である。これは、露光熱等によって投影レンズ110の焦点面が設計位置から変動する量を計測し、焦点面とウエハ面を合致させるように像面補正する処理である。

【0027】

ステップS304では、ウエハハンド（不図示）によってウエハ115をウエハステージ116へ搬入し、ウエハ位置合わせスコープ（不図示）でウエハ115上のアライメントマークを観察しながら、マスク109とウエハ115の相対位置決めを行う。

【0028】

ステップS305では、ウエハステージ116をチップ露光開始位置へ所定量X-Y平面内にステップ駆動させた後、マスクステージ123とウエハステージ115を同期走査しながら、パルスレーザー光源101によってスキャン露光を実施する。次のロットの基板を搬送する前に、ステップS301～ステップS303の前工程が終了しているため、次のロットの基板を搬入した後に、直ちにスキャン露光を開始することができる。

【0029】

ステップS306では、ウエハの全チップの露光が終了し、最終チップの露光が終了したか否かを判定する。最終チップの露光が終了した場合には（ステップS306で「Yes」）、ステップS307に進み、最終チップの露光が終了していない場合には（ステップS306で「No」）、ステップS305へ戻る。

【0030】

ステップS307では、ウエハハンド（不図示）によってウエハを搬出する。

【0031】

ステップS308では、ロットの全ウエハの露光が終了し、最終ウエハの露光が終了したか否かを判定する。最終ウエハの露光が終了した場合には（ステップS308で「Yes」）ロット処理を終了し、最終ウエハの露光が終了していない場合には（ステップS308で「No」）、ウエハ搬入ステップS304へ戻り、最終ウエハの露光が終了するまでステップS304からステップS308までの処理を繰り返す。

【0032】

以上、説明したステップS301からステップS308までの各工程は、単一のユニット又は複数ユニットの動作の組合せによって実行されうる。

【0033】

図4（a）は、従来のバッチ処理技術を用いて、単一ロットAと単一ロットBを2ロット

10

20

30

40

50

ト連続して実行した場合のタイムチャートである。ロット A は時間 405 で開始して時間 406 で終了する。ロット A をロット B に切替えた後、時間 407 からロット B が開始される。401 と 403 は、図 3 の露光装置 100 において実行される一連の基本工程に示した、ステップ S301 ~ ステップ S303 のロット準備処理に対応する。402 と 404 は、図 3 のステップ S304 からステップ S308 までの基板の搬入から搬出までの処理に対応する。このように、従来の露光処理では、ロット A からロット B に切替えるときに、時間 406 から時間 407 までの間の時間損失が生じ、ロット A からロット B に連続的に切替えることができなかった。これに対し、本発明の好適な実施形態では、ロット A の露光処理が終了する 406 より前に、次に続くロット B を開始 414 するため、ロット A からロット B に連続的に切替えることができ、図 4 (b) に示すように、ロット B を先行処理させることによって、ロット切替え時に生じる時間損失を抑えることができる。

【 0 0 3 4 】

次に、本発明の最も特徴的な方法の一つである、先行ロットで制御するユニットが空いた時に、ロット終了を待たずに後方ロットの先行工程を開始する工程順序計画方法と、この工程順序計画に基づいて運転制御する方法について説明する。図 5 は、本発明の好適な実施の形態に係るシステムの構成を示す概略図である。本システムは、前述したコンソール装置 501、主制御装置 103、及び露光装置 100 のロット処理工程表を格納するデータベース 503 で構成される。コンソール装置 501 は、ホスト装置から送信されるレシピデータをロット待ち行列 (レシピ) 504 へ格納すると共に、主制御装置 103 の工程計画装置 505 へ送信する (510)。計画手段としての工程計画装置 505 は、レシピデータに設定されている例えばウエハ処理枚数や照明条件等の露光条件と、予めデータベースに保存された、露光処理の工程毎に占有される構成部品 (ユニット) を示す情報 (工程毎ユニット占有情報) 509 とに基づいて (511)、露光処理の工程順序を示す工程順序計画情報を作成することによって、各ロットに関して処理工程を計画する (512)。

【 0 0 3 5 】

図 9 (a) は、工程計画装置 505 が作成する単一ロットの工程順序計画情報を有向グラフで例示した図である。円で記したノードは露光装置 100 の工程名を示し、矢印で記した枝は各工程の実行順序を示す。入力矢印の無いノードは、いつでも処理可能な状態にあることを意味する。また、工程 901、903、904、905 は、並行処理が可能である。入力矢印が有るノード、例えば工程 906 は、前工程である 902、903、904、905 が全て終了し、入力矢印が無くなった時が開始条件となる。

【 0 0 3 6 】

図 9 (a) は、図 3 で説明した単一ロットの処理フローで N 枚のウエハを露光した時の工程順序計画情報であり、図 3 と比べながら説明する。ステップ S301 のレチクル交換及びアライメントは、レチクル交換工程 901 及びレチクルアライメント 902 の 2 工程に相当する。ステップ S302 のロット前準備は、スコープ調光 903、照明条件設定 904 及びレーザー波長較正 905 の 3 工程に相当する。ステップ S303 の装置補正は、TTLAF 補正工程 906 に相当する。ロット処理が開始すると、レチクル交換工程 901、ウエハ位置合わせスコープ調光工程 903、照明条件設定工程 904 及びレーザー波長較正工程 905 を同時に開始することができる。これは、各工程を実施する時に占有するユニットが重複しないからである。レチクル交換工程 901 が終了すると、レチクルアライメント工程 902 が開始される。TTLAF 補正工程 906 は、レチクルアライメント工程 902、スコープ調光 903、照明条件設定 904 及びレーザー波長較正 905 が全て終了してから開始される。その後、Wafer 搬入 907、Wafer アライメント 908 及び Wafer 露光 909 の各工程が前工程の終了を待って実行され、N 枚のウエハが終了するまで繰り返し実行される。

【 0 0 3 7 】

図 5 に戻ると、結合手段としての工程結合装置 506 は、工程計画装置 505 によって作成された工程順序計画情報に基づいて、連続する第 1、第 2 ロットの工程順序計画情報 (処理工程) を結合する。制御手段としての工程制御装置 507 は、工程結合装置 506 で結合された工程順序計画情報 (処理工程) に従って、実行可能な工程 (ノード) を実行し露光装置を

制御する。工程制御装置507は、工程を実行するために使用する複数の下位のユニット制御装置508に対して、適正なパラメータを指示しながら運転制御する。ユニット制御装置508としては、例えば、レーザー制御装置102、照明系制御装置108、マスクステージ制御装置126、投影レンズ系制御装置114及びウエハステージ制御装置120等の制御装置が含まれる。ユニット制御装置508は、指示された動作を終了すると、終了通知515を工程制御装置507へ返信する。工程制御装置507は、ユニット制御装置508から終了通知を受信すると、工程順序計画情報の該工程（ノード）と次工程を指す矢印（枝）を消去し、実行可能な工程（ノード）があれば、実行を繰り返しながらロット処理を進める。

【0038】

以上説明した単一ロット処理を基準として2ロットを連続して処理する場合に、前方ロットの終了を待たずに後方ロットの先行処理を開始して、ロット切換えの時間損失を抑える例を次に説明する。工程計画装置505は、2ロット目のレシピデータが転送されると、図9（a）で前述した単一ロットと同じ手順によって、2ロット目の工程順序計画情報を作成する。この段階で、第1ロット（実行中でも可）及び第2ロットの工程順序計画情報が、2つ独立に作成される。

【0039】

次に、工程結合装置506は、工程毎ユニット占有情報509を用いて、ロット間の時間損失を抑えるべく、上記2つの工程順序計画情報を結合させる。図8は、工程毎ユニット占有情報509の一例を示す図である。図8の表において、行は工程名801、列は構成部品名（ユニット名）802をそれぞれ示す。図8の表中に記される丸印は各工程を実施する際に占有されるユニットを意味する。一行目のレチクル交換（Reticle交換）工程においては、レチクルステージ（ReticleStage）123及びレチクルを搬送するレチクルチェンジャ（ReticleChanger）（不図示）のユニットを占有することを意味する。工程毎ユニット占有情報509を参照することによって、露光装置100の各工程で使用されるユニット情報を得ることができる。

【0040】

図9（b）は、図8の工程毎ユニット占有情報509を参照して、2つのロット工程順序計画情報を結合した例を示す図である。最初に、後方ロット（第2ロット）の開始工程を前方ロット（第1ロット）へ結合する方法を説明する。第1ロットの最終工程であるウエハ搬出工程912では、図8よりWaferStageとWafer Feederのユニットを占有することが分かる。第2ロットの開始工程にあたる913、914、915、916の各工程においても、図8から各工程で占有するユニット情報を得て、第1ロット最終工程912と第2ロット開始工程913、912と914、912と915、912と916の各々について占有するユニットが重複するか否かを判定する。この場合は、第1ロット最終工程912と第2ロット開始工程913、914、915、916の全てにユニットが重複することが無く、同時処理（第2ロットの先行処理開始）が可能である。次に、第1ロットの最終工程912から更に1つ前工程のウエハ露光工程911と第2ロット開始工程との間のユニット占有の重複有無を比較する。第1ロットのウエハ露光工程911は、第2ロットの913、915、916とユニットが重複するため、911の終了を待って開始する順序枝918、920、921で結合する。更に、1つ前工程のウエハアライメント工程910と第2ロットのスコープ調光工程914とを比較する。これらの工程間で重複するユニットが存在するため、第1ロットの工程910の終了を待って、第2ロットの工程914を開始する（919）。

【0041】

次に、前方ロット（第1ロット）の終了工程を後方ロット（第2ロット）へ結合する方法を説明する。上の結合方法と同様に、第1ロットの最終工程であるウエハ搬出工程912を、第2ロットの開始工程から順に占有ユニット情報を比較する。第2ロットの工程を順次進める中で、占有するユニットが重複したら結合する。図9（b）の場合、第1ロットのウエハ搬出工程912と第2ロットのTTAF補正工程912との間で、WaferStageが重複しているので両者を結合する（922）。以上により、結合された工程順序計画情報を更新する。この工程順序計画情報での露光装置100の運転制御方法は、先に図5で説明した通りで

10

20

30

40

50

ある。

【 0 0 4 2 】

図 4 (b) は、本発明の好適な実施の形態において、ロット A とロット B を連続して実行した場合のタイムチャートである。ロット A の終了時間 413 より前にロット B が開始されている (414) ことが分かる。このオーバーラップは、図 9 に示した後方ロットの 914、913、915、916 が先行処理されたことによる。これによって、ロットを切替える際に発生する生産準備工程が先行処理され、製品ロット生産に要する時間が短縮されることがわかる。

【 0 0 4 3 】

[実施形態 2]

実施形態 1 では、ウエハアライメントとウエハ露光の工程を共有する 1 つのウエハステージ 116 を使って順次処理を実施するシングルステージ型露光装置 100 について例示した。本実施形態 2 では、ウエハアライメントやウエハフォーカス面計測等のウエハ計測工程を計測ステージで、ウエハ露光処理を露光ステージで、それぞれ独立したステージを使って実施するツインステージ型露光装置 1000 について説明する。

【 0 0 4 4 】

図 1 0 は、本発明の実施形態に係るツインステージ型露光装置 1000 の概略構成を示す図である。図 1 0 において、パルスレーザー光源 1001、照明光学系 1002、マスクステージ 1004、投影レンズ 1005 及び露光ステージ 1007 は、図 1 のシングルステージ型露光装置 100 と同様の構成である。製品ロットの生産において、露光ステージ 1007 では、搬送されたウエハ 1006 に対しステップ・アンド・スキャン方式の露光工程が実施される。

【 0 0 4 5 】

計測ステージ 1010 は、3 次元方向に移動可能であり、投影レンズ 1005 の光軸方向 (Z 方向) 及びこの方向に直交する面内 (X - Y 面) を移動することができる。計測ステージに固定された移動鏡 1011 までの距離をレーザー干渉計 1012 で計測することによって、計測ステージ 1010 の X - Y 面位置を検出することができる。レーザー干渉計 1012 によって計測ステージ 1010 の位置を検出し、モータ等の駆動手段 (不図示) を制御することによって、計測ステージ 1010 を所定の X - Y 面位置へ移動させる。

【 0 0 4 6 】

アライメントスコープ 1013 は、ウエハ 1006 に予め焼き付けてあるアライメントマーク (不図示) を観察するための顕微鏡である。アライメントスコープ 1013 を用いて、ウエハのアライメントマークを観察し、ウエハの下地回路パターンが正規位置からずれた量、例えば X、Y 方向へのシフト量、チップ倍率誤差を計測する。

【 0 0 4 7 】

フォーカス面検出手段 1014 及び 1015 は、投光光学系 1014 からウエハ上のフォトリジストを感光させない非露光光から成る複数個の光束を投光し、ウエハ 1006 上に各々集光されて反射された光束を検出光学系 1015 に入射する。図示は省略したが、検出光学系 1015 内には、各反射光束に対応させて複数個の位置検出用の受光素子が配置されており、各位置検出用受光素子の受光面とウエハ上での各光束の反射点が結像光学系によって、略共役となるように構成されている。投影レンズ 1005 の光軸方向におけるウエハ面の位置ずれは、検出光学系 1015 内の位置検出用受光素子上の入射光束位置ずれとして計測される。

【 0 0 4 8 】

計測ステージ 1010 では、露光ステージ 1007 上のウエハ 1006 を露光する前に、アライメントスコープ 1013 及びフォーカス面検出手段 1014、1015 を使って、ウエハ下地回路パターンの各種ずれ量を計測する工程を実施し、後に露光ステージ 1007 上のウエハ 1006 を露光する時の補正量を得る。

【 0 0 4 9 】

図 1 1 は、図 1 0 のツインステージを上から見た模式図であり、ロット処理する際のウエハ 1006 の流れを示している。感光剤が塗布されたウエハ 1006 がウエハフィーダー (不図示) によってウエハ搬入ステーション 1103 へ搬送されると (1106)、ウエハ 1006 を可動チ

10

20

30

40

50

ャック1105へ吸着する。吸着されたウエハ1006は、可動チャック1105と一体となって、搬送装置としてのウエハ搬入ハンド1111によって計測ステージ1010へ搬入される（1107）。計測ステージ1010では、前述したようにウエハ1006の下地回路パターンの各種ずれ量が計測される。

【0050】

次に、計測したウエハ1006は、ウエハ移動ハンド1112によって可動チャック1105と一体となって露光ステージ1007へ移動される（1108）。露光ステージ1007では、予め計測ステージで計測されたウエハ下地回路パターンの各種ずれ量を補正しながら、ステップ・アンド・スキャン露光を繰り返す。露光が終了したウエハ1006は、ウエハ搬出ハンド1113によって可動チャック1105と一体となってウエハ搬出ステーション1114へ搬出される（1109）。露光済みウエハ1006は、可動チャック1105との吸着が解除された後、ウエハフィーダー（不図示）によって搬送される（1110）。

10

【0051】

次に、ツインステージ型露光装置1000でのロット工程順序計画情報を図13(a)を用いて説明する。図13(a)は、単一ロットでウエハ2枚を露光処理する工程順序計画情報であり、図9(a)と同様に有向グラフで例示してある。ロット処理が開始されると、アライメントスコープ及びフォーカス面位置検出手段の計測光を調整するスコープ調光工程1301、1枚目のウエハを計測ステージへ搬入するMS搬入工程1302、照明条件設定工程1303、レーザー波長較正1304等のロット処理装置準備工程、レチクル交換工程1305等のマテリアル搬送工程の各5工程を同時に開始する。これは、各工程を実施する時に占有する

20

【0052】

計測ステージ側では、1枚目のウエハが搬入され（1302）、且つ、スコープ調光1301されると、ウエハアライメント1306とウエハフォーカス計測工程1308を順次実行する。一方、露光ステージ側では、ウエハ搬送される露光準備を継続する。露光ステージの上部に構成されている投影レンズ1005の焦点面を検出するTTLAF補正1309は、1303、1304及びレチクルアライメント工程1307の終了を待って実行される。つまり、ロット処理開始してから計測ステージ側でウエハ準備、ウエハ計測準備、ウエハ計測処理を、露光ステージ側でレチクル準備、装置補正などの露光前準備工程を実行する。

【0053】

次に、ウエハ移動1310で工程1308まで終了した計測済みウエハを、工程1309まで露光前準備工程が終了した露光ステージへ移動する。ウエハ移動1310が終了すると、計測ステージ側では2枚目ウエハを搬入し（1311）、アライメント1312とフォーカス計測1313を1枚目のウエハと同様に順次実行し、計測済みウエハは露光ステージへ移動できるのを待つ。一方、ウエハが搬入された露光ステージ側では、ウエハのチップ領域をステップ・アンド・スキャン方式で露光する（1314）。この際、先に計測ステージで計測したウエハ下地回路パターンの各種ズレ量を補正しながら露光する。露光終了した後に、露光済みウエハは交換ステージへ搬出される（1315）。以後同様に、2枚目の計測済みウエハを露光ステージへ移動し（1316）、露光処理する。

30

【0054】

次に、図5に示した工程結合装置506は、ツインステージ型露光装置1000の工程毎ユニット占有情報509を用いて、ロット間の時間損失を抑えるべく2つの工程順序計画情報を結合させる。図12にツインステージ型露光装置1000の工程毎ユニット占有情報509の一例を示す。図12の表の行1201は工程名、列1203は構成部品名（ユニット名）をそれぞれ示す。図12の表に記載のユニット名を図10、図11の装置構成図と比較すると、WaferInStation 1203はウエハ搬入ステーション1103、Reticle Stage 1204はマスクステージ1004、Reticle Changer1205はレチクル搬送ユニット（不図示）、Laser1206はパルスレーザー光源1001、Illumi. System1207は照明光学系1002、WaferOutHand 1208はウエハ搬出ハンド1113、ExpoStage 1209は露光ステージ1007、Wafer XferHand 1210はウエハ移動ハンド1112、MetroStage 1211は計測ステージ1010、WaferInHand 1212はウエハ搬入ハンド1

40

50

111、Alignment Scope 1213はアライメントスコープ1013、Focusdetector 1214はフォーカス面検出手段1014、1015、WaferOut Station 1215はウエハ搬出ステーション1114にそれぞれ対応する。表中に記された丸印は、該工程を実施する際に占有されるユニットを意味し、工程毎ユニット占有情報509を参照することによって、露光装置1000の各工程で使用されるユニット情報を得ることができる。

【0055】

図13(b)は、図12の工程毎ユニット占有情報509を参照し、2つのロット工程順序計画情報を結合した例である。最初に、後方ロット(第2ロット)の開始工程を前方ロット(第1ロット)へ結合する方法を説明する。第1ロットの最終工程である最終ウエハES搬出工程1320では、図12よりWaferOut Station、Wafer OutHand及び、Expo Stageを占有する。同様に、第2ロットの開始工程にあたるスコープ調光1333、ウエハ1MS搬入1330、照明条件設定1325、レーザー波長較正1326、レチクル交換1327に対するユニット占有情報を得て、第1ロット最終工程と第2ロットの各開始工程を比較し、占有するユニットが重複するか否かを判定する。この場合は、重複するユニットが無く、先行処理が可能であると判断される。以後同様に、第1ロット最終工程から順次に前に戻りながら、第2ロット開始工程のユニット占有情報とを比較する。スコープ調光1333は第1ロット最終ウエハフォーカス計測1323の後に結合し(1340)、ウエハ1MS搬入1330は第1ロットの最終ウエハ移動1322の後に結合し(1339)、照明条件設定1325、レーザー波長較正1326及びレチクル交換1327は第1ロットの最終ウエハ露光1321の後にそれぞれ結合する(1336、1337及び1338)。

10

20

【0056】

次に、前方ロット(第1ロット)の最終工程を後方ロット(第2ロット)へ結合する。上の結合方法と同様に、第1ロットの最終工程である最終ウエハのES搬出工程1320と、第2ロット開始工程から順に占有ユニット情報を比較する。第2ロットの工程を順次進める中で、第2ロットのTTAF補正工程1324との間で、ExpoStageが重複したので、その前に結合する(1335)。以上の計画は工程計画装置505が行う。図13(b)に示す工程順序計画情報に基づいて、露光装置1000を運転制御することによって、第1ロットで最終ウエハ計測1323及びウエハ移動1322が終了すると直ちに、第2ロットのスコープ調整1323とウエハ搬入1330とが開始されるため、ロット切換え時の時間損失を大幅に削減することができる。

30

【0057】

以上説明したように、本発明によれば、複数の製品ロットを連続して処理する場合に、トータルの処理時間が短縮でき、半導体デバイス等を効率的に生産することができる。特に、多品種小ロットの生産において大きな効果が期待できる。また、ツイン型のウエハステージを備えた露光装置において、本発明の効果が顕著にあらわれる。

【0058】

[応用例]

次に、上述の露光装置100、1000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14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図である。ステップ1(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2(マスク作製)では設計した回路パターンに基づいてマスクを作製する。

40

【0059】

一方、ステップ3(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4(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、上記のマスクとウエハを用いて、上記の露光装置によりリソグラフィ技術を利用してウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップ5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)等の組み立て工程を含む。ステップ6(検査)ではステップ5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、ステップ7でこれを出荷する。

50

【 0 0 6 0 】

上記ステップ4のウエハプロセスは以下のステップを有する。ウエハの表面を酸化させる酸化ステップ、ウエハ表面に絶縁膜を成膜するCVDステップ、ウエハ上に電極を蒸着によって形成する電極形成ステップ、ウエハにイオンを打ち込むイオン打ち込みステップ、ウエハに感光剤を塗布するレジスト処理ステップ、上記の露光装置によって回路パターンをレジスト処理ステップ後のウエハに転写する露光ステップ、露光ステップで露光したウエハを現像する現像ステップ、現像ステップで現像したレジスト像以外の部分を削り取るエッチングステップ、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト剥離ステップ。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。

10

【 0 0 6 1 】

なお、露光装置は、上述したものに限られず、半導体集積回路等の半導体デバイスや、マイクロマシン、薄膜磁気ヘッド等の微細なパターンが形成されたデバイスの製造に利用され、原版であるマスクあるいはレチクルを介して基板としての半導体ウエハW上に光源からの露光エネルギーとしての露光光（この用語は、可視光、紫外光、EUV光、X線、電子線、荷電粒子線等の総称である）を投影系としての投影レンズ（この用語は、屈折レンズ、反射レンズ、反射屈折レンズシステム、荷電粒子レンズ等の総称である）を介して照射することによって、基板上に所望のパターンを形成するものであればよい。また、マスクを使用せずに半導体ウエハ上に回路パターンを直接描画してレジストを露光するタイプの露光装置であってもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 2 】

【図1】本発明の好適な第1の実施形態に係るシングルステージ型露光装置の概略構成図である。

【図2】図1のマスク109に露光光が照明されている状態を示す図である。

【図3】本発明の好適な第1の実施形態に係る単一口ット処理する基本工程のフローチャートである。

【図4】本発明の好適な第1の実施形態に係るロット処理タイムチャートである。

【図5】本発明の好適な実施形態に係るシステム構成図である。

【図6】本発明の好適な実施形態に係る露光装置を使用した半導体製造工程の装置構成である。

30

【図7】本発明の好適な実施形態に係るロット待ち行列に保持されるデータ列である。

【図8】本発明の好適な第1の実施形態に係る工程毎ユニット占有情報の模式図である。

【図9】本発明の好適な第1の実施形態に係る工程順序計画情報をあらわす有向グラフである。

【図10】本発明の好適な第2の実施形態に係るツインステージ型露光装置の概略構成である。

【図11】本発明の好適な第2の実施形態に係るウエハ経路である。

【図12】本発明の好適な第2の実施形態に係る工程毎ユニット占有情報の模式図である。

40

【図13】本発明の好適な第2の実施形態に係る工程順序計画情報をあらわす有向グラフである。

【図14】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図である。

【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

100... 露光装置

102... レーザ制御装置

103... 主制御装置

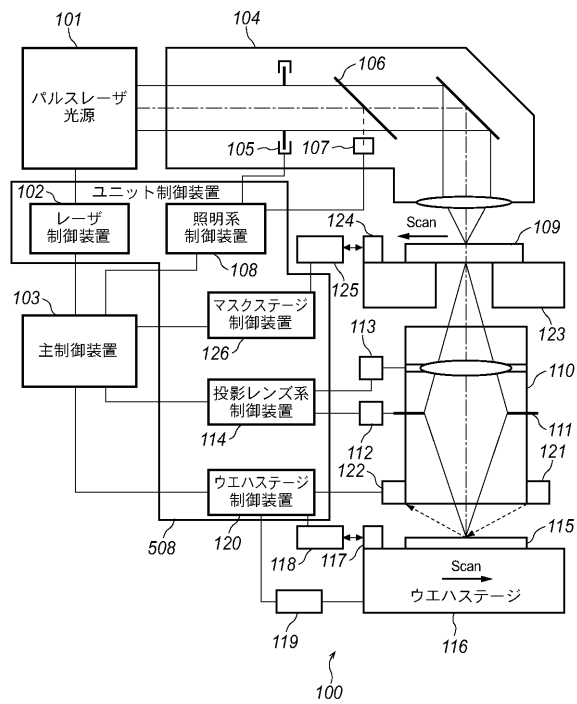
108... 照明系制御装置

114... 投影レンズ系制御装置

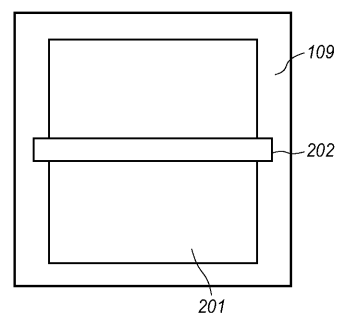
50

- 115... ウエハ（基板）
 120... ウエハステージ制御装置
 126... マスクステージ制御装置
 508... ユニット制御装置

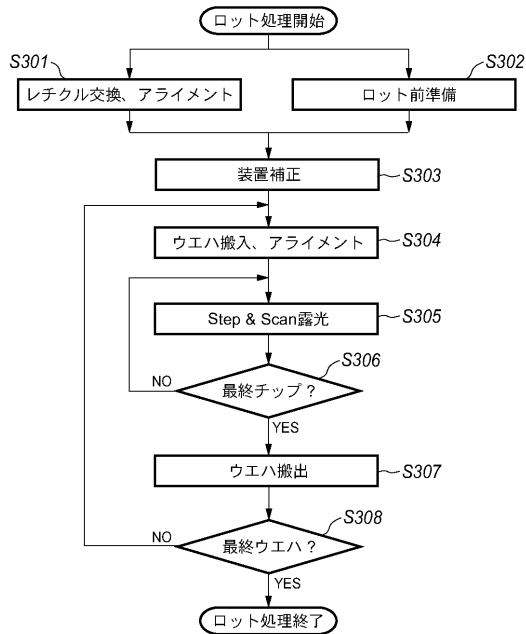
【図 1】



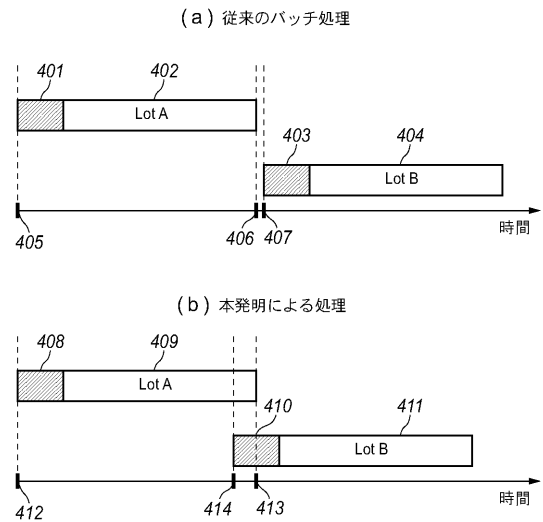
【図 2】



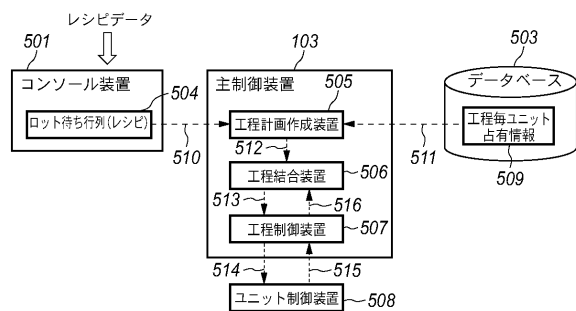
【図 3】



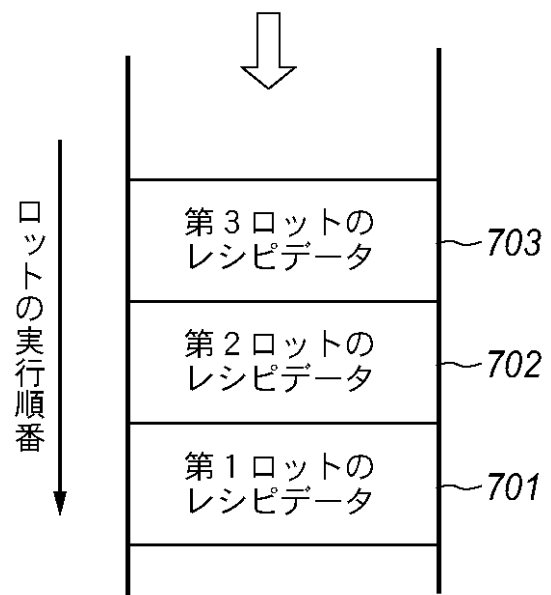
【図 4】



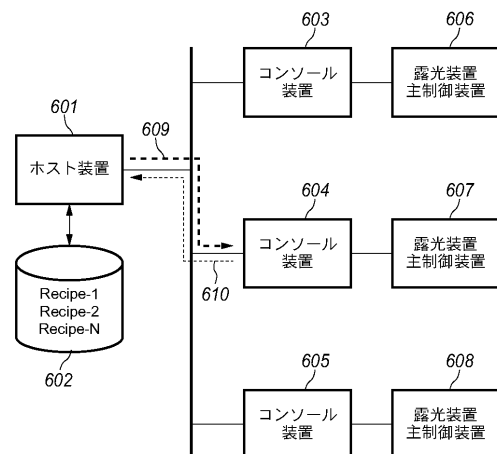
【図 5】



【図 7】



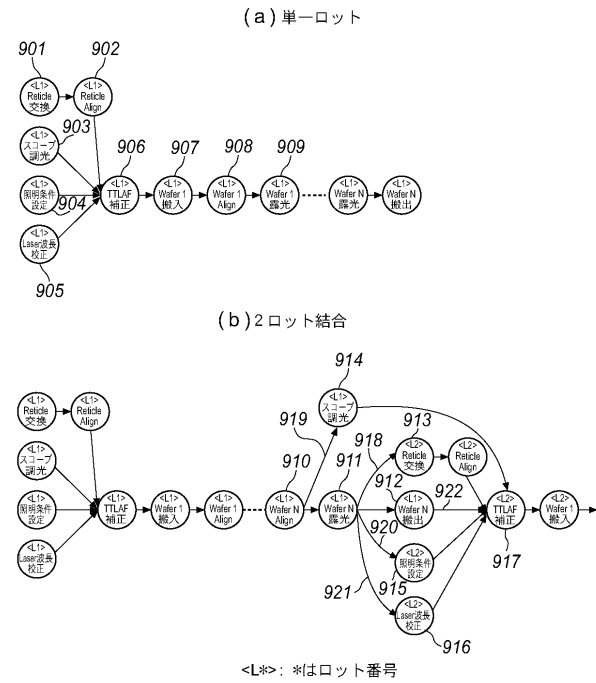
【図 6】



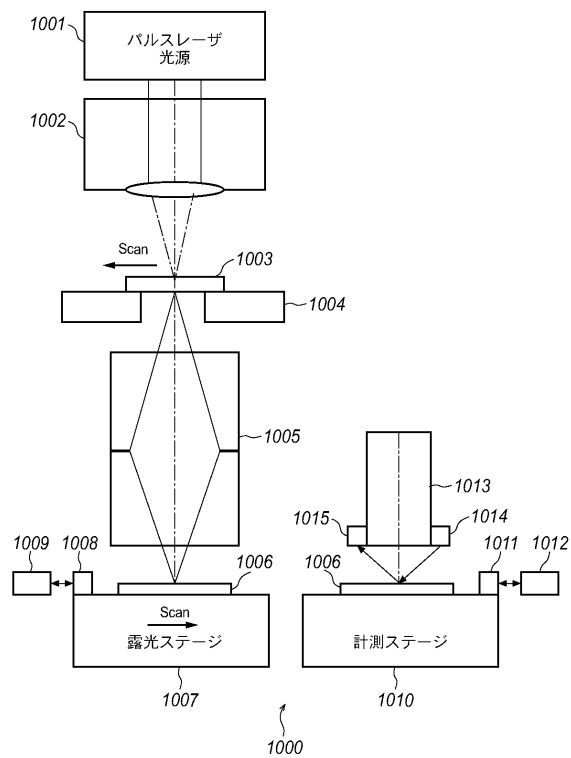
【図 8】

801 ~ 工程名	Wafer Stage	Wafer Feeder	Reticle Stage	Reticle Changer	Laser	Illumi. System	Alignment Scope
Reticle交換			○	○			
Reticle位置合せ			○				
Laser波長校正					○		○
照明条件設定						○	
Scope調光						○	○
TTLAF補正	○		○				
Wafer露光	○		○				
Wafer搬入	○	○					
Wafer搬出	○	○					

【図 9】



【図 10】



【図 11】

