

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4585649号
(P4585649)

(45) 発行日 平成22年11月24日(2010.11.24)

(24) 登録日 平成22年9月10日(2010.9.10)

(51) Int.Cl.

F 1

HO 1 L 21/027	(2006.01)	HO 1 L 21/30	502 G
GO 1 B 11/00	(2006.01)	HO 1 L 21/30	526 B
GO 1 B 11/26	(2006.01)	GO 1 B 11/00	B
GO 3 F 7/207	(2006.01)	GO 1 B 11/26	Z
		GO 3 F 7/207	H

請求項の数 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2000-148831 (P2000-148831)

(22) 出願日

平成12年5月19日 (2000.5.19)

(65) 公開番号

特開2001-332471 (P2001-332471A)

(43) 公開日

平成13年11月30日 (2001.11.30)

審査請求日

平成19年5月21日 (2007.5.21)

(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 100126240

弁理士 阿部 琢磨

(74) 代理人 100124442

弁理士 黒岩 創吾

(72) 発明者 黒沢 博史

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 福島 浩司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】露光装置およびデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原版を保持して移動する原版ステージと、基板を保持して移動する基板ステージと、該原版からの光を投影する投影光学系と、該基板に関してフォーカス計測を行う計測手段と、を有し、前記原版ステージと前記基板ステージとを走査し、該走査されている基板ステージに保持された基板のショット領域に関して前記計測手段によりフォーカス計測値を得、かつ該フォーカス計測値に対応した目標値にしたがって前記基板ステージを移動させながら、該走査されている原版ステージに保持された原版と前記投影光学系とを介して該ショット領域を露光する露光装置であって、

該フォーカス計測値と許容値とに基づき、フォーカスに関する規格精度が達成されるか否かを判断し、

該規格精度が達成されないと判断された場合には、該ショット領域の露光を継続し、かつ該ショット領域がエラーショット領域であることを表示し、

該ショット領域の露光は、該規格精度が達成されないと判断される前の最後の該フォーカス計測値によるフォーカス目標値およびチルト目標値、グローバルフォーカス目標値およびグローバルチルト目標値、または露光が終了したショットでのフォーカス目標値およびチルト目標値を前記基板ステージのフォーカス目標値およびチルト目標値として継続する、

ことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

10

20

該ショット領域を露光した後、該基板の露光処理を中断し、オペレータに該中断後の処理を選択させるための表示を行う、ことを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】

該中断は、該規格精度が達成されないと判断されたショット領域の数に基づいて行う、ことを特徴とする請求項2に記載の露光装置。

【請求項4】

該規格精度が達成されないと判断された場合であっても、該ショット領域の露光が開始されていないときには、該ショット領域の露光を開始させないようにする、ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の露光装置。

【請求項5】

該ショット領域の露光を開始させないようにした後、該ショット領域の露光を再度試みる、ことを特徴とする請求項4に記載の露光装置。

【請求項6】

該ショット領域の露光を再度試み、該ショット領域の露光が開始される前に該規格精度が達成されないと判断された場合には、該ショット領域を露光し、かつ該ショット領域がエラーショット領域であることを表示し、該ショット領域の露光は、グローバルフォーカス目標値およびグローバルチルト目標値、または露光が終了したショットでのフォーカス目標値およびチルト目標値を前記基板ステージのフォーカス目標値およびチルト目標値として行う、ことを特徴とする請求項5に記載の露光装置。

【請求項7】

該規格精度が達成されるか否かは、該ショット領域内の複数の計測点に関する該フォーカス計測値から算出される、該フォーカス計測値の平均値、該フォーカス計測値のばらつき、および該ショット領域の傾斜量の少なくとも1つに基づいて判断する、ことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の露光装置。

【請求項8】

原版を保持して移動する原版ステージと、基板を保持して移動する基板ステージと、該原版からの光を投影する投影光学系と、該基板に関してフォーカス計測を行う計測手段と、を有し、前記原版ステージと前記基板ステージとを走査し、該走査されている基板ステージに保持された基板のショット領域に関して前記計測手段によりフォーカス計測値を得、かつ該フォーカス計測値に対応した目標値にしたがって前記基板ステージを移動させながら、該走査されている原版ステージに保持された原版と前記投影光学系とを介して該ショット領域を露光する露光装置であって、

該フォーカス計測値に基づき、該ショット領域を規定のフォーカス位置決め精度内に追い込むか否かを判断し、

該ショット領域を前記フォーカス位置決め精度内に追い込めないと判断された場合には、該ショット領域の露光を継続し、かつ該ショット領域がエラーショット領域であることを表示し、

該ショット領域の露光は、該ショット領域を前記フォーカス位置決め精度内に追い込めないと判断される前の最後の該フォーカス計測値によるフォーカス目標値およびチルト目標値、グローバルフォーカス目標値およびグローバルチルト目標値、または露光が終了したショットでのフォーカス目標値およびチルト目標値を前記基板ステージのフォーカス目標値およびチルト目標値として継続する、

ことを特徴とする露光装置。

【請求項9】

請求項1乃至8のいずれかに記載の露光装置を用いて基板を露光するステップと、前記ステップで露光された該基板を現像するステップと、を有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】

10

20

30

40

50

本発明は、半導体集積回路または液晶表示素子等を製造する際のフォトリソグラフィ工程で用いられる露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

図13は、静止露光装置（ステッパ）のフォーカスアルゴリズムを示す図である。ウエハステージにロードされた基板であるウエハは、ウエハ内で代表する数ショットにおけるフォーカス計測ショットにおいてフォーカス計測される（ステップ1301）。これによって求められたフォーカス計測データから、例えば最小2乗近似等の方法でウエハ表面を代表する一次平面であるグローバル近似平面を計算する（ステップ1302）。ウエハ表面をグローバル近似平面上に位置するように駆動したときのウエハステージのZ方向の目標値をグローバルフォーカス目標値といい、その時のx, y方向の目標値をグローバルチルト目標値という。

【0003】

グローバルフォーカス・チルト計測を行うショットは、例えば図14において、ウエハ内のハッチングを施したショットのアライメントマーク位置（1401x, 1401y, 1402x, 1402y, 1403x, 1403y, 1404x, 1404y）においてアライメント計測を行う時に同時に行われる。ここで、図14は、グローバルフォーカス計測を行うウエハ内のショット位置を示す図である。計測されたグローバルチルト量およびグローバルアライメントにおける方向回転角度の精度を向上させるためには、XY方向の計測スパンを広げた方が良いので、上記ショットはウエハの外周に近いショットであることが望ましい。

【0004】

次に、図13より、XYステージは、対象露光ショットの位置にステップ移動し（ステップ1303）、同時にグローバル近似平面から推定した露光ショットにおけるフォーカス・チルトポジションにz・チルトウエハステージを移動させる（ステップ1304）。移動完了後、再度露光ポジションにおいてフォーカス計測（ステップ1305）を行い、フォーカストレランス判定（ステップ1306）にパスするまで追い込み駆動（ステップ1307）およびフォーカス計測（ステップ1305）を行う。このときにフォーカス計測（ステップ1305）は、図15に示すような複数の露光ショット内のフォーカス計測点をフォーカスセンサで計測し、それらの計測値から求められる1次的な近似平面をウエハ表面とし、そのウエハ表面が像面に位置するようにフォーカス追い込みを行うためのウエハステージ目標値が逐次計算される。ここで、図15は、静止露光装置における露光ショット内のフォーカス計測点の配置を示す図である。

【0005】

図15において、ch1～ch5はフォーカス計測ポイントであり、一つの計測ポイントは5つのマーク（1501a～1501e）から形成されており、各マークのフォーカス方向計測値の平均が各マーク（ch1～ch5）毎のフォーカス計測データとして用いられる。露光ショット1502は、複数のフォーカス計測点（ch1～ch5）によって計測されるが、例えばch5が他の計測点ch1～ch4に対してフォーカス計測値が異常に外れていた場合は、ウエハ表面の欠陥とみなし、露光を行わなかった（ケースA）。また、異常に外れている計測点に関しては、その計測値をフォーカス計測データとして用いないで、残りのフォーカス計測点から近似平面を計算するという方法も採られている（ケースB）。

【0006】

フォーカストレランスにパスしたら、図1より、フォーカス駆動・アッベ補正駆動（ステップ1307）によるステップで発生したXY方向の残留振動の収束を待ち（ステップ1308）、露光を開始する（ステップ1309）。ステップ1310では、全ショットにわたる露光シーケンスが終了したかを判別し、終了していなければ最初に計測したグローバル近似平面のデータ（ステップ1302）を用いて上記フォーカスアルゴリズム（ステップ1303～1310）を繰り返す。

10

20

30

40

50

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

プロセスウェハは、工程の途中で表面に $5 \sim 10 [\mu\text{m}]$ 程度の凹凸を生じる場合がある。このようなウェハを露光しようとした場合、ケースAのような従来例においては、凹凸の部分を含んだショットにおいて露光シーケンスが中断され、そのショットの露光ができなくなる。このような場合、従来例においては、凹凸を含んだショットの露光を行わずに次のショットの処理に移る。露光が行われなかつた場所は、レジストの現像処理過程において、レジストの残膜量が周辺のショットに対して大きく異なるために、周辺のショットにおけるレジスト像に対しても悪影響を及ぼす場合がある。

【0008】

10

ウェハ要因のフォーカスエラーが発生した場合、従来例ではジョブを中断してマニュアルオペレーションモードに入り、エラーの発生したショットの処理についてオペレータに判断を委ねていた。

【0009】

また、ウェハチャックに付着した塵等の影響でフォーカス追い込みエラーが発生した場合、チャックを清掃してチャックの汚染を取り除くことが必要となる。しかし、ケースBのような従来例においては、フォーカス追い込みエラーが検出されないためウェハの現像結果から、ウェハチャックの汚れを推測するしか方法がなかった。

【0010】

20

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、エラーショット領域の、その周辺のショット領域に対する影響を低減することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明に係る第1の露光装置は、原版を保持して移動する原版ステージと、基板を保持して移動する基板ステージと、該原版からの光を投影する投影光学系と、該基板に関してフォーカス計測を行う計測手段と、を有し、前記原版ステージと前記基板ステージとを走査し、該走査されている基板ステージに保持された基板のショット領域に関して前記計測手段によりフォーカス計測値を得、かつ該フォーカス計測値に対応した目標値にしたがつて前記基板ステージを移動させながら、該走査されている原版ステージに保持された原版と前記投影光学系とを介して該ショット領域を露光する露光装置であつて、

30

該フォーカス計測値と許容値とに基づき、フォーカスに関する規格精度が達成されるか否かを判断し、

該規格精度が達成されないと判断された場合には、該ショット領域の露光を継続し、かつ該ショット領域がエラーショット領域であることを表示し、

該ショット領域の露光は、該規格精度が達成されないと判断される前の最後の該フォーカス計測値によるフォーカス目標値およびチルト目標値、グローバルフォーカス目標値およびグローバルチルト目標値、または露光が終了したショットでのフォーカス目標値およびチルト目標値を前記基板ステージのフォーカス目標値およびチルト目標値として継続する、

40

ことを特徴とする露光装置である。

【0015】

本発明に係る第2の露光装置は、原版を保持して移動する原版ステージと、基板を保持して移動する基板ステージと、該原版からの光を投影する投影光学系と、該基板に関してフォーカス計測を行う計測手段と、を有し、前記原版ステージと前記基板ステージとを走査し、該走査されている基板ステージに保持された基板のショット領域に関して前記計測手段によりフォーカス計測値を得、かつ該フォーカス計測値に対応した目標値にしたがつて前記基板ステージを移動させながら、該走査されている原版ステージに保持された原版と前記投影光学系とを介して該ショット領域を露光する露光装置であつて、

該フォーカス計測値に基づき、該ショット領域を規定のフォーカス位置決め精度内に追

50

いれるか否かを判断し、

該ショット領域を前記フォーカス位置決め精度内に追い込めないと判断された場合には、該ショット領域の露光を継続し、かつ該ショット領域がエラーショット領域であることを表示し、

該ショット領域の露光は、該ショット領域を前記フォーカス位置決め精度内に追い込めないと判断される前の最後の該フォーカス計測値によるフォーカス目標値およびチルト目標値、グローバルフォーカス目標値およびグローバルチルト目標値、または露光が終了したショットでのフォーカス目標値およびチルト目標値を前記基板ステージのフォーカス目標値およびチルト目標値として継続する、

ことを特徴とする露光装置である。

10

【0016】

本発明に係るデバイス製造方法は、上記の露光装置を用いて基板を露光するステップと、前記ステップで露光された該基板を現像するステップと、を有することを特徴とするデバイス製造方法である。

【0017】

【発明の効果】

本発明により、エラーショット領域の、その周辺のショット領域に対する影響を低減することができる。

【0049】

【実施例】

20

以下に、本発明の実施例について図面を用いて詳細に説明する。なお、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【露光装置の実施例】

図1は、本発明を適用した一実施例に係る走査露光装置のハードウェア構成図である。レチクルステージ108上に搭載されたレチクル109は、レチクルステージコントローラ103の制御によって紙面上の矢印方向に等速度で走査される。原版であるレチクル109上のパターン像の一部は、投影光学系110によって左右反転して、フォーカスステージ112上の結像面上に投影される。フォーカスステージ112は、アライメントステージ113上に搭載されており、Z方向及びチルト方向(x, y)の位置決めを行う。アライメントステージ113はX, Y, Z方向に駆動可能であり、走査露光中は図中の矢印の方向、すなわちレチクルステージ108の駆動方向とは反対の方向にウエハステージコントローラ101によって等速度で走査される。アライメントステージ113とレチクルステージ108の走査速度比率は、投影光学系110の投影倍率と転写像の偏倍比率から決定される。

30

【0050】

フォーカス検出機構であるフォーカス計測センサ111は、投影光学系110をとりつけた装置筐体に固定されており、フォーカスステージ112上に搭載された基板であるウエハ120のフォーカス方向の計測を行っている。フォーカス計測センサ111によって得られた信号は、フォーカス信号処理ユニット102によって、ウエハステージの座標系にあわせた表現形式であるフォーカス計測値105に変換され、ウエハステージコントローラ101に渡される。ウエハステージコントローラ101は、ショット露光の際に、予めメインシーケンスコントローラ104から渡された露光コマンド107の引数に含まれている結像面に対するフォーカス目標値に、ウエハ120の表面が到達するように、フォーカスステージ112の操作量を制御する。

40

【0051】

115は照明光学系であり、パルスレーザ光源116からの露光光のコヒーレンスの分散化とスリット形状の光量分布整形等を行う。ウエハステージコントローラ101は、スキャン中のステージの位置に応じて、パルスレーザの発光開始タイミングと発光停止タイミングを発光許可信号117を介してリアルタイムに制御する。

【0052】

50

メインシーケンスコントローラ 104 は、ショット毎に発行されるコマンドの中において、露光コマンド 107 の中でアライメントステージ 113 に対しては走査駆動目標値を指示し、フォーカスステージ 112 に対しては結像面に対するフォーカス目標値と走査露光に入る前にプリセットするフォーカス初期目標値（以下、近傍フォーカス目標値という）を指示する。また、パルスレーザ光源 116 に対しては、ショット毎若しくは一定時間毎のタイミングでパルスエネルギーや波長の指令信号 118 を送る。1ショットの露光が終了すると、該当ショットのフォーカス方向のアライメントを行うために、ウエハステージコントローラ 101 が計算したフォーカスステージ 112 のフォーカス制御目標値 106 をメインシーケンスコントローラ 104 に返す。ここで、返されるデータは、以降のショットの近傍フォーカス目標値として用いられる。この近傍フォーカス目標値は、次に露光するショットがフォーカス追い込みエラーを発生するようなウエハ 120 上の凹凸があつた場合に、以下のフローチャートの説明にある強制露光を実施する際にウエハステージのフォーカス・チルト軸の目標値として用いられる。フォーカス追い込みエラーショットがウエハ 120 内の露光第 1 ショットである場合、グローバルチルト目標値（後述）を、強制露光を実施する際に、ウエハステージのフォーカス・チルト軸の目標値として用いる。
10

【0053】

グローバルフォーカス・チルト計測によって得られた値により、次回に同様のグローバルフォーカス・チルト計測を行った場合に、グローバル近似平面が $(Z, x, y) = (0, 0, 0)$ と計測される位置にウエハステージを駆動した後の概念図を図 2 に示す。ここで、図 2 において、図 1 と同一の符号は、図 1 と同様の構成要素を示す。
20

【0054】

ウエハ 120 表面は、ウエハステージの Z 方向の目標値を不变にして駆動したときにたどる軌跡（ウエハステージ走り面 201）に対して平行になっている。ウエハ 120 表面が理想的に平坦であれば、この状態でスキャン露光を行えば、露光スリット下でデフォーカスは発生しない。しかし、現実的には、ウエハ 120 表面に局所的な凹凸が焦点深度に対して無視できない量存在するために、露光中にフォーカス計測を行い、スリット直下におけるウエハ 120 表面がデフォーカスしないように追い込む必要がある。この量は、ウエハ 120 の表面研磨工程やプロセスによっても差があるが、一般的な片面研磨のウエハ 120 でグローバルチルト面に対して最大 $3 \sim 4 [\mu\text{m}]$ 程度の量である。これに対し、露光時のフォーカス制御に割り振られているフォーカス制御精度は、 $0.15 \mu\text{m L/S}$ のルールにおいて、 $0.1 [\mu\text{m}]$ 程度である。
30

【0055】

図 3 は、本発明を適用した一実施例に係る走査露光装置における露光スリットとフォーカス計測点の結像面上の位置関係を表す図である。アライメントステージ 113（図 2）が矢印 1 の方向に走査する場合は、a, b, c のフォーカス計測点が用いられ、矢印 2 の方向に走査する場合は、A, B, C のフォーカス計測点が用いられる。ショット中心にもフォーカス計測点 S が設けられており、露光中のフォーカス方向の追い込み結果を確認するために、スキャン中に行われる複数のフォーカス計測イベントの 1 サイクルで (a, b, c, S)、(A, B, C, S) の組み合わせの各点のフォーカス計測が行われる。これらのフォーカス計測サイクルにおいて、得られるフォーカス計測値は、以下のような条件（フォーカス位置決め精度内に追い込めない場合）のもとに判定手段によりフォーカス追い込みエラーと判断される。
40

(i) a, b, c の計測値の平均からの各計測値のばらつきが予め規定された許容量を超える。

(ii) $y = (a - c) / L$ から求められる絶対的な傾斜量が予め規定された許容量を超える。

(iii) $Z = (a + b + c) / 3$ から求められる絶対的なフォーカス量が予め規定された許容量を超える。

(iv) 前回のフォーカス計測によって得られた 及び y と、今回計測した Z 及び y の値の差がそれぞれ予め規定された許容量を超える。
50

【0056】

フォーカス追い込みエラーの発生は、以下に示す（A）, (B) 2通りのケースに分けることができる。

(A) フォーカス計測点に対して露光ショット内を計測しているが、露光スリットが露光エリアにさしかかっていないために、露光がまだ開始されていない時の追い込みエラー（未露光フォーカスエラー）。

(B) 露光スリットが露光エリアにさしかかって、すでに露光が開始されている時の追い込みエラー（露光中断フォーカスエラー）。

【0057】

(A) の場合、図1より、発光許可信号117を直ちに禁止し、パルスレーザ光源116の発光を停止（露光光を遮断）させる。水銀ランプ光源のような応答性の遅い光源システムにおいては、照明光学系115の中に高速のシャッタを設けて露光光を遮光してもよい。

10

【0058】

(B) の場合、(A) のように直ちに露光を中止することは可能であるが、ショット内で露光した場所と全く露光されていない場所ができてしまう。このように、ショット内の途中で露光がとぎれた場合は、図1より、露光を中断した場所をウエハステージコントローラ101で記憶しておくことによって、リトライ手段により再度リトライを行ったときに露光を中断した場所からパルスレーザ光源115の発光を開始すればよい。本実施例では、簡素化のために、このような場合は露光を中断せずに、強制露光手段によりショット内に残った最後の部分まで露光を継続する。このときに、フォーカス計測値がないまま露光を継続しなければならなくなるが、正常に計測された最後のフォーカス計測位置の z , y （フォーカスおよびチルトポジション）の値を用いるのが最も望ましい。グローバルフォーカス計測値や、前回のショットの近傍フォーカス値を用いてもよい。

20

【0059】

静止露光装置の場合もフォーカス制御エラーは発生し得る。図13における従来例のフローチャートにおいて、フォーカス計測（ステップ1305）、フォーカストレランス判定（ステップ1306）、フォーカス駆動・アップベ補正駆動（ステップ1307）を行う追い込みループにおいて所定の回数だけループしてもフォーカストレランス判定（ステップ1306）にパスしない場合や、図15に示したショット内のフォーカス計測点間ににおいて演算した1次近似平面からの各計測点計測値の分散が予め規定された量を上回った場合が、それに当たる。

30

【0060】

図4は、本発明を適用した一実施例に係る走査露光装置における露光シーケンスの一例を示す図である。フォーカス制御（追い込み）エラーが発生した時に光源に対する指令の判断を行い、露光光源の発光を制御する機能（制御手段）は、リアルタイム制御を行うウエハステージコントローラ101（図1）に実装されている。ウエハステージコントローラ101は、ショット毎の単位でフォーカス制御エラーステータス及びショットについて、露光したか否かという情報をメインシーケンスコントローラ104（図1）に送信する。

40

【0061】

図4に示すフローは、図1より、露光ショット毎に得られるウエハステージコントローラ101の情報をもとに行われるメインシーケンスコントローラ104のシーケンスを示すものである。ウエハステージ上のウエハ120は、露光シーケンスに入る前に、アライメントスコープ114によってアライメント計測が行われ、露光ショット毎の駆動目標値がすでに定まっている状態から本シーケンスに入る。

【0062】

図4において、各ショットの露光指令401を受けると、ウエハステージとレチクルステージは、スキャンのための助走開始点に一旦ステップし、スキャン動作を行う。スキャン中にフォーカス計測ユニットは、図5における507から501に向けて順次フォーカス計測を行って、その計測結果からウエハステージの目標値を計算していく。ここで、図5

50

は、露光ショット 508 内のフォーカス計測位置と露光スリット 301 (図 3) の配置の位置関係を表す図である。

【0063】

次に、フォーカス制御エラーが発生したときの処理を図 4 を用いて説明する。

図 4 より、フォーカス計測点 a, b, c (図 5) は、露光スリット 301 (図 5) よりもスキャン方向に関して前方に配置されているため、フォーカス制御エラー (フォーカス追い込みエラー) 402 は露光を行う前に発生することもある。露光中に発生することもある。このとき、露光装置は、直ちにユーザインタフェースにメッセージウィンドウを表示する等して、エラーメッセージ表示 403 を行う。

【0064】

次に、フォーカスエラーの場合、対象ショット内をすでに露光したか否かを判断 404 し、露光済みであれば自動継続モードであるか否かを判断するシーケンス 405 に遷移する。フォーカス制御エラー 402 が発生した場合は、その時点で露光スリット 301 (図 5) が露光エリアにさしかかって露光を開始したか否かを判断し、露光を開始していなければ直ちにパルス光源に対して発光を禁止する処理を行う。また、露光を開始している場合は、光源の発光を止めないでそのまま露光しきってしまう。さらに、対象ショットが未露光である場合、床からの外乱等の要因でフォーカス制御エラーが発生した場合は、再度同じ露光すれば成功する可能性がある。

【0065】

シーケンス 406 では、装置が自動オペレーション手段により自動運転モードに設定されているかを判断し、自動運転モードであれば該当ショット (フォーカスエラーショット) を再度同じ条件で露光する。また、407 では、フォーカス制御エラーが同じショットでリトライしても失敗した場合を判別し、1 回リトライして失敗した場合は強制露光シーケンス 417 を実施する。強制露光 417 をする場合は、ウエハ表面を計測した値を用いても意味がないので、フォーカス計測センサの値に依存しない目標値である、グローバルフォーカス・チルト目標値、若しくは前回露光したショットの最終部分を露光した時間におけるウエハステージのフォーカス・チルト目標値がスキャン中の固定目標値として採用される。また、自動的に強制露光 417 を行うようにすると、例えばフォーカス計測系の故障等の要因でフォーカス計測値が信頼できなくなった場合でも、最適でないフォーカス・チルト目標値のまま露光シーケンスを継続してしまう。よって、強制露光 417 は、特に連続したショットに関しては有限個数内にとどめるべきである。そこで、シーケンス 413 では、強制露光 417 を連続して行った回数をカウントした結果が 5 ショットを越えた場合に、自動継続モードであってもジョブを停止するようになっている (シーケンス停止 414)。

【0066】

ジョブは停止させられると、オペレータにその後の処理を選択 (判断) させるために、図 6 のようなボタンをユーザインタフェースに表示 (判断手段) し、オペレータの指示を待つ (シーケンス 415)。ここで、図 6 は、本発明の実施例において、フォーカス制御エラーが発生したときに表示されるオペレーションボタンの一例を示す図である。図 4 および図 6 より、CONT (Continue) ボタンは処理の継続を指示するボタンであり、CONT ボタンが押されるとフォーカスエラーを起こしたショットの露光をスキップして、次のショットの露光シーケンスに進む (ショット B スキャン露光指令 416)。ABORT (Abort) ボタンは露光ジョブの終了 411 を意味し、実行中のジョブを中断して処理途中のウエハをすべて回収する。RW (RejectWafer) ボタンは、現状の露光対象ウエハのみを露光シーケンスを中断して回収 412 させる。シーケンス 406 において、自動運転モードが選択されていなかった場合は、その場でジョブを中断 (シーケンス停止 408) し、図 6 に示すユーザボタン入力待ち 409 となる。この場合の選択肢は、シーケンス 415 に加えてフォーカス制御エラーの発生したショットに対するリトライ処理を行う RETRY (Retry) ボタンと、フォーカシングに失敗した場合に強制露光処理 410 を行う FORCE (Force) ボタンが選択できるようになっている。

10

20

30

40

50

【0067】

一方、ウエハステージコントローラ101(図1)によってフォーカス制御エラーが発生したときに、対象ショットの一部がすでに露光済みであった場合は、そのショットはすでにデフォーカスした状態で露光されている。その時に、シーケンス405で自動継続モードであればシーケンス413のチェックを行い、次のショットの処理416に移る。自動継続モードでない場合、露光シーケンスを中断(シーケンス停止414)し、ユーザボタン入力待ち415状態になる。

【0068】

フォーカス制御エラーの発生したショットの位置は、メインシーケンスコントローラ104(図1)に記憶される。フォーカス制御エラーの発生する要因は、(A)ウエハの表面状態の欠陥によるもの、(B)ウエハからはがれたレジスト等によるウエハチャック表面の汚染(コンタミネーション)、(C)床からの外乱による振動、(D)装置の故障等の原因に分類される。この中で、特に(B)に挙げた要因は、フォーカス制御エラーがウエハ枚葉に共通して同じショットポジションで発生することから、原因を切り分けることが可能である。そこで、本実施例において、ウエハ枚葉間においてフォーカス制御エラーの発生したショットの位置を記憶し、同じショットポジションで発生したフォーカスエラーは、ウエハチャックの汚染が発生したものと見なしてジョブを中断する機能を有している。この機能によって、ウエハチャックの汚染が検出されたときは、ウエハチャックの交換、またはクリーニングを行うことにより、フォーカス制御エラーの要因判別を迅速に行うことが可能となり、ショットの歩留まりを向上することができる。

10

20

【0069】

また、自動継続モード405、406、および413における強制露光を行ったショット数を所定のショット数(5ショット)と比較する機能に関して、自動継続モードの実施有無の選択と所定のショット数の指定は、メインシーケンスコントローラ104(図1)に接続されたマンマシンインタフェースを介して行うことができる。また、ウエハ毎やロット毎に上記強制露光処理を行ったショットの積算数を記録して、オンライン上のホストマシンに送信することも本発明を適用する上で容易に実現できる。また、例えばウエハチャックの汚染が識別された際に、前記マンマシンインタフェースを介してオペレータに警告することもできる。

【0070】

30

さらに、アライメント方向の同期制御精度や、照明光学系115(図1)でモニタしている照度から計算される露光スリット内の積算露光量に関して、予め設定された許容量に対して許容量を逸脱したときのエラー処理として本発明を適用することができる。すなわち、同期制御や露光量制御が所望の精度を達成しているか否かは、走査露光が開始されてからでないと知ることはできない。精度を達成できていないからといって、途中で露光光源の発光を停止すると、部分的に未露光の場所ができてしまい、レジストの現像時に正常に露光された周辺のショットに対して悪影響を及ぼす。従って、先に述べたフォーカスやチルト制御エラーに関してのみならず、同期制御精度や露光量制御精度に関しても判定手段により露光途中で規格精度を逸脱した場合(以下、規格精度未達成エラーという)が判定されたときは、露光を停止することなく強制露光手段により焼き切ってしまう方が好ましい。床振動やウエハ120(図1)の局所的な要因、若しくはパルスレーザ光源116(図1)のミスファイア(発光パルスの歯抜け)が原因で発生した上記規格精度未達成エラーに関しては、次のショットは正常に処理できる可能性が高い。また、パルスレーザ光源116の寿命や露光装置の障害で発生する規格精度未達成エラーは、連続したショットで発生するケースがほとんどである。

40

【0071】

すなわち、上記自動継続モードのアルゴリズムを、露光量制御精度や同期制御精度の監視に対して同様に適用することが可能である。これによって局所的な要因による不可避の規格精度未達成エラーについては、装置を止めずにジョブを継続させることができるので、装置の稼働率を向上させることができる。また、装置の故障等の要因によって発生する規

50

格精度未達成エラーは、連続したショットで発生しているかを監視することにより、最小限の被害でこれを判別して停止させることができる。度重なる規格精度未達成エラーからシーケンスを停止させる別の方法として、連続したショットでのエラーを監視する方法以外にエラー発生延べ数や、所定露光ショット数内におけるエラー発生数（発生レート）でこれを識別してもよい。

【0072】

また、装置の同期精度規格や露光精度規格、フォーカス・レベリング精度規格は、通常sigmaで保証性能を規定されることが一般的である。装置の規格性能が実際に達成されているか否かを判断し、装置の稼働中に監視する手段として、本発明は有効である。すなわち、確率的に規格精度を満たさない露光ショットは、必ずあることに対して、単一ショットの露光結果に着目して判断をさせると、規格定義上（sigma）正常に動作していてもシーケンスを停止させることになるからである。

10

【0073】

また、静止露光装置においては、予めフォーカス追い込みを行ってから露光に入るシーケンスとなる。そのため、フォーカス追い込みの過程でフォーカス追い込みエラーが発生した場合は、光源の発光をキャンセルしたり、シャッタを開かない等の処置により露光を開始する前に中止することができる。従って、図4におけるフォーカスエラーが発生したときに、一部を露光してしまったか否かを判断する処理404、および自動継続モードで運転されているか否かを判断する処理405は必要ない。それ以外の処理は、静止露光装置におけるフォーカス制御エラーの処理工程として、全く同様に適用できることは明らかである。

20

【0074】

図7は、本発明の一実施例に係る露光装置のユーザインターフェース画面の一例を示す図である。740は現在進行中のシーケンスを表示するウインドウ、741はジョブの実行過程で発生したエラーおよびワーニングを表示するウインドウである。742は露光対象であるウエハの外形を表し、その上に露光ショット701～730が露光が完了するとハッチングされる。この露光ショット701～730の中で、705, 706はフォーカス制御エラーが発生したショットを表しており、ハッチングする色を変えてオペレータに正常に露光されたショットと区別できるようになっている。743はオペレーションボタンであり、ジョブ実行中のシーケンスに応じて許されるオペレーションが異なるので、ボタン743に表示されるメニューがこれに応じて変化する。自動継続モードでないモードにおいて、再露光可能なフォーカスエラーが発生したときは、図6に掲げたようなオペレーションボタンを表示してオペレータの指示を待つようになっている。

30

【0075】

[半導体生産システムの実施例]

次に、上記説明した露光装置を利用した半導体等のデバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の生産システムの例を説明する。これは、半導体製造工場に設置された製造装置のトラブル対応や定期メンテナンス、若しくはソフトウェア提供等の保守サービスを、製造工場外のコンピュータネットワーク等を利用して行うものである。

40

【0076】

図8は、全体システムをある角度から切り出して表現したものである。図中、801は半導体デバイスの製造装置を提供するベンダ（装置供給メーカー）の事業所である。製造装置の実例として、半導体製造工場で使用する各種プロセス用の半導体製造装置、例えば、前工程用機器（露光装置、レジスト処理装置、エッチャング装置等のリソグラフィ装置、熱処理装置、成膜装置、平坦化装置等）や後工程用機器（組立て装置、検査装置等）を想定している。事業所801内には、製造装置の保守データベースを提供するホスト管理システム808、複数の操作端末コンピュータ810、これらを結んでイントラネット等を構築するローカルエリアネットワーク（LAN）809を備える。ホスト管理システム808は、LAN809を事業所の外部ネットワークであるインターネット805に接続するた

50

めのゲートウェイと、外部からのアクセスを制限するセキュリティ機能を備える。

【0077】

一方、802～804は、製造装置のユーザとしての半導体製造メーカーの製造工場である。製造工場802～804は、互いに異なるメーカーに属する工場であってもよいし、同一のメーカーに属する工場（例えば、前工程用の工場、後工程用の工場等）であってもよい。各工場802～804内には、夫々、複数の製造装置806と、それらを結んでイントラネット等を構築するローカルエリアネットワーク（LAN）811と、各製造装置806の稼動状況を監視する監視装置としてホスト管理システム807とが設けられている。各工場802～804に設けられたホスト管理システム807は、各工場内のLAN811を工場の外部ネットワークであるインターネット805に接続するためのゲートウェイを備える。これにより各工場のLAN811からインターネット805を介してベンダ801側のホスト管理システム808にアクセスが可能となり、ホスト管理システム808のセキュリティ機能によって限られたユーザだけがアクセスが許可となっている。具体的には、インターネット805を介して、各製造装置806の稼動状況を示すステータス情報（例えば、トラブルが発生した製造装置の症状）を工場側からベンダ側に通知する他、その通知に対応する応答情報（例えば、トラブルに対する対処方法を指示する情報、対処用のソフトウェアやデータ）や、最新のソフトウェア、ヘルプ情報等の保守情報をベンダ側から受け取ることができる。各工場802～804とベンダ801との間のデータ通信および各工場内のLAN811でのデータ通信には、インターネットで一般的に使用されている通信プロトコル（TCP/IP）が使用される。なお、工場外の外部ネットワークとしてインターネットを利用する代わりに、第三者からのアクセスができずにセキュリティの高い専用線ネットワーク（ISDN等）を利用することができる。また、ホスト管理システムはベンダが提供するものに限らずユーザがデータベースを構築して外部ネットワーク上に置き、ユーザの複数の工場から該データベースへのアクセスを許可するようにしてもよい。

【0078】

さて、図9は、本実施形態の全体システムを図8とは別の角度から切り出して表現した概念図である。先の例では、それぞれが製造装置を備えた複数のユーザ工場と、該製造装置のベンダの管理システムとを外部ネットワークで接続して、該外部ネットワークを介して各工場の生産管理や少なくとも1台の製造装置の情報をデータ通信するものであった。これに対し本例は、複数のベンダの製造装置を備えた工場と、該複数の製造装置のそれぞれのベンダの管理システムとを工場外の外部ネットワークで接続して、各製造装置の保守情報をデータ通信するものである。図中、901は製造装置ユーザ（半導体デバイス製造メーカー）の製造工場であり、工場の製造ラインには各種プロセスを行う製造装置、ここでは例として露光装置902、レジスト処理装置903、成膜処理装置904が導入されている。なお、図9では、製造工場901は1つだけ描いているが、実際は複数の工場が同様にネットワーク化されている。工場内の各装置はLAN906で接続されてイントラネット等を構成し、ホスト管理システム905で製造ラインの稼動管理がされている。一方、露光装置メーカー910、レジスト処理装置メーカー920、成膜装置メーカー930等、ベンダ（装置供給メーカー）の各事業所には、それぞれ供給した機器の遠隔保守を行うためのホスト管理システム911, 921, 931を備え、これらは上述したように保守データベースと外部ネットワークのゲートウェイを備える。ユーザの製造工場内の各装置を管理するホスト管理システム905と、各装置のベンダの管理システム911, 921, 931とは、外部ネットワーク900であるインターネット若しくは専用線ネットワークによって接続されている。このシステムにおいて、製造ラインの一連の製造機器の中のどれかにトラブルが起きると、製造ラインの稼動が休止してしまうが、トラブルが起きた機器のベンダからインターネット900を介した遠隔保守を受けることで迅速な対応が可能で、製造ラインの休止を最小限に抑えることができる。

【0079】

半導体製造工場に設置された各製造装置はそれぞれ、ディスプレイと、ネットワークイン

10

20

30

40

50

タフェースと、記憶装置にストアされたネットワークアクセス用ソフトウェアならびに装置動作用のソフトウェアを実行するコンピュータを備える。記憶装置としては内蔵メモリやハードディスク、若しくはネットワークファイルサーバ等である。上記ネットワークアクセス用ソフトウェアは、専用又は汎用のウェブブラウザを含み、例えば図10に一例を示す様な画面のユーザインタフェースをディスプレイ上に提供する。各工場で製造装置を管理するオペレータは、画面を参照しながら、製造装置の機種1001、シリアルナンバー1002、トラブルの件名1003、発生日1004、緊急度1005、症状1006、対処法1007、経過1008等の情報を画面上の入力項目に入力する。入力された情報はインターネットを介して保守データベースに送信され、その結果の適切な保守情報が保守データベースから返信されディスプレイ上に提示される。また、ウェブブラウザが提供するユーザインタフェースは、さらに図示の毎くハイパーリンク機能1010, 1011, 1012を実現し、オペレータは各項目の更に詳細な情報にアクセスしたり、ベンダが提供するソフトウェアライブラリから製造装置に使用する最新バージョンのソフトウェアを引出したり、工場のオペレータの参考に供する操作ガイド(ヘルプ情報)を引出したりすることができる。ここで、保守データベースが提供する保守情報には、上記説明した本発明に関する情報も含まれ、また前記ソフトウェアライブラリは本発明を実現するための最新のソフトウェアも提供する。

【0080】

次に、上記説明した生産システム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11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5(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップ4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、これを出荷(ステップ7)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。

【0081】

図12は、上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11(酸化)ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウエハ表面に絶縁膜を成膜する。ステップ13(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14(イオン打込み)ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16(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17(現像)では露光したウエハを現像する。ステップ18(エッティング)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19(レジスト剥離)ではエッティ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って、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。各工程で使用する製造機器は上記説明した遠隔保守システムによって保守がなされているので、トラブルを未然に防ぐと共に、もしトラブルが発生しても迅速な復旧が可能で、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。

【0082】

本発明を適用した上述の実施例によれば、プロセス要因でウエハ平面度の欠陥があった場合には、強制露光が可能であることから、エッティング時に、周辺に正常に露光されたショットに及ぼす影響を最小限にすることができる。そのため、ウエハの歩留まりが向上す

10

20

30

40

50

る。

【0083】

チャック要因でウエハ平面度の欠陥があった場合には、フォーカス制御エラーが発生した場所をウエハ枚葉間で記憶する機能を具備しているので、上記効果に加えてウエハチャックの汚染を速やかに発見することができる。

【0084】

また、床からの外乱等の影響でフォーカス制御エラーが発生した場合は、スキャン露光の前であれば露光を中止しリトライする機能を具備しているので、露光不良ショットの率を低減することができ、歩留まりが向上する。

【0085】

さらに、上記リトライや強制露光の判断を自動で行う機能を具備したことにより、オペレータの判断待ちで装置が停止している時間を最小限にすことができ、装置の稼働率が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した一実施例に係る走査露光装置のハードウェア構成図である。

【図2】ウエハ表面をグローバルチルト面に駆動したときの概念図である。

【図3】本発明を適用した一実施例に係る走査露光装置における露光スリットとフォーカス計測点の結像面上の位置関係を表す図である。

【図4】本発明を適用した一実施例に係る走査露光装置における露光シーケンスの一例を示す図である。

【図5】露光ショット内のフォーカス計測位置と露光スリットの配置の位置関係を表す図である。

【図6】本発明の一実施例に係る露光装置においてフォーカス制御エラーが発生したときに表示されるオペレーションボタンの一例を示す図である。

【図7】本発明の一実施例に係る露光装置のユーザインタフェース画面の一例を示す図である。

【図8】本発明の一実施例に係る露光装置を含む半導体デバイスの生産システムをある角度から見た概念図である。

【図9】本発明の一実施例に係る露光装置を含む半導体デバイスの生産システムを別の角度から見た概念図である。

【図10】本発明の一実施例に係る露光装置を含む半導体デバイスの生産システムにおけるユーザインタフェースの具体例を示す図である。

【図11】本発明の一実施例に係る露光装置による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12】本発明の一実施例に係る露光装置によるウエハプロセスを説明する図である。

【図13】従来の静止露光装置のフォーカス（露光）アルゴリズムを示す図である。

【図14】従来の静止露光装置におけるグローバルフォーカス計測を行うウエハ内のショット位置を示す図である。

【図15】従来の静止露光装置における露光ショット内のフォーカス計測点の配置を示す図である。

【符号の説明】

101：ウエハステージコントローラ、102：フォーカス信号処理ユニット、103：レチクルステージコントローラ、104：メインシーケンスコントローラ、105：フォーカス計測値、106：フォーカス制御目標値、107：露光コマンド、108：レチクルステージ、109：レチクル、110：投影光学系、111：フォーカス計測センサ、112：フォーカスステージ、113：アライメントステージ、114：アライメントスコープ、115：照明光学系、116：パルスレーザ光源、117：発光許可信号、118：エネルギー・波長指令、120：ウエハ、201：ウエハステージ走り面、301：露光スリット、a, b, c：矢印1の方向に走査する場合のフォーカス計測点、A, B, C：矢印2の方向に走査する場合のフォーカス計測点、S：ショット中心に設けられたフ

10

20

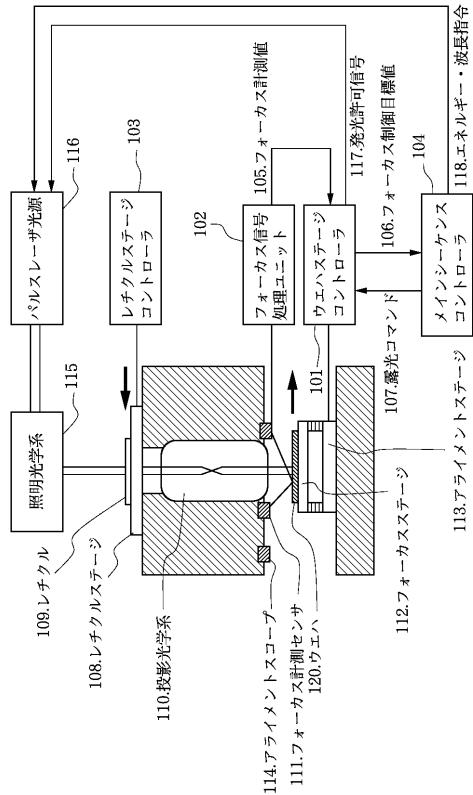
30

40

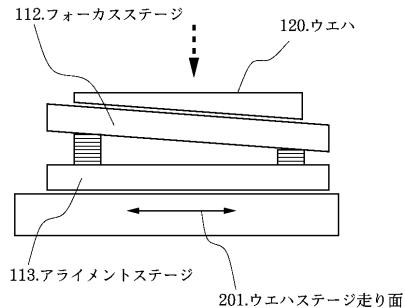
50

オーカス計測点、501, 502, 503, 504, 505, 506, 507: フォーカス計測点、508, 701~730: 露光ショット、705, 706: フォーカス制御(追い込み)エラーが発生したショット、740: 現在進行中のシーケンスを表示するウインドウ、741: ジョブの実行過程で発生したエラーおよびワーニングを表示するウインドウ、742: 露光対象であるウエハ、743: オペレーションボタン、801: ベンダの事業所、802, 803, 804: 製造工場、805: インターネット、806: 製造装置、807: 工場のホスト管理システム、808: ベンダ側のホスト管理システム、809: ベンダ側のローカルエリアネットワーク(LAN)、810: 操作端末コンピュータ、811: 工場のローカルエリアネットワーク(LAN)、900: 外部ネットワーク、901: 製造装置ユーザの製造工場、902: 露光装置、903: レジスト処理装置、904: 成膜処理装置、905: 工場のホスト管理システム、906: 工場のローカルエリアネットワーク(LAN)、910: 露光装置メーカー、911: 露光装置メーカーの事業所のホスト管理システム、920: レジスト処理装置メーカー、921: レジスト処理装置メーカーの事業所のホスト管理システム、930: 成膜装置メーカー、931: 成膜装置メーカーの事業所のホスト管理システム、1001: 製造装置の機種、1002: シリアルナンバー、1003: トラブルの件名、1004: 発生日、1005: 緊急度、1006: 症状、1007: 対処法、1008: 経過、1010, 1011, 1012: ハイパーリンク機能。
10

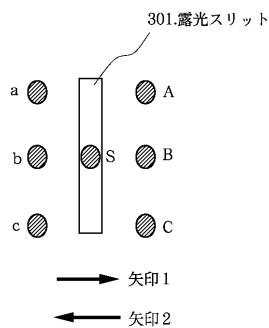
【図1】



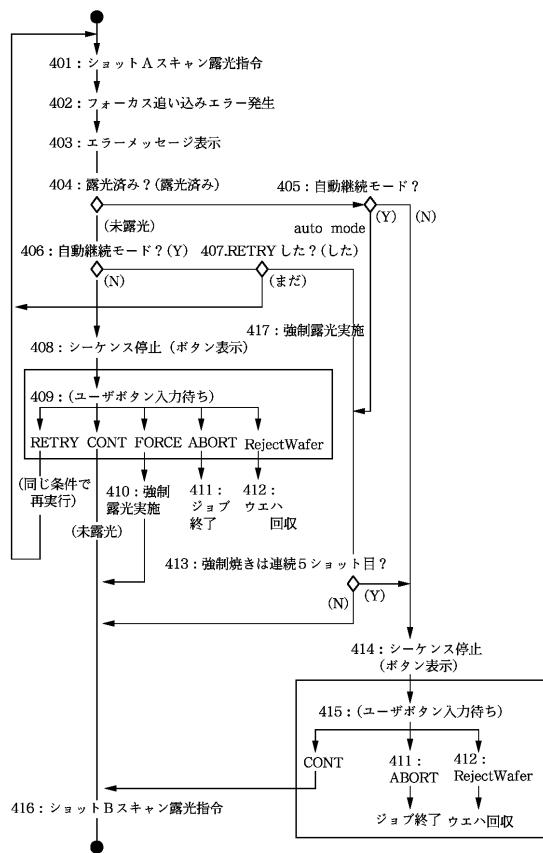
【図2】



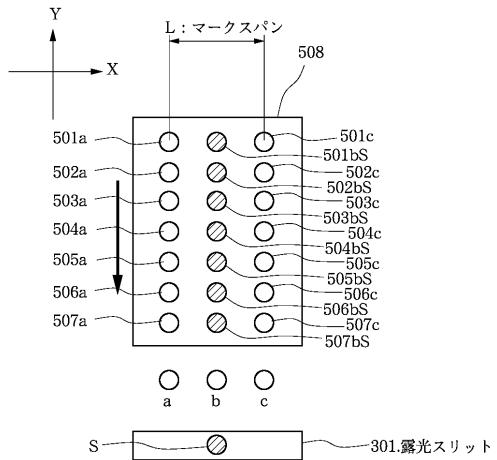
【図3】



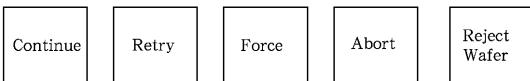
【図4】



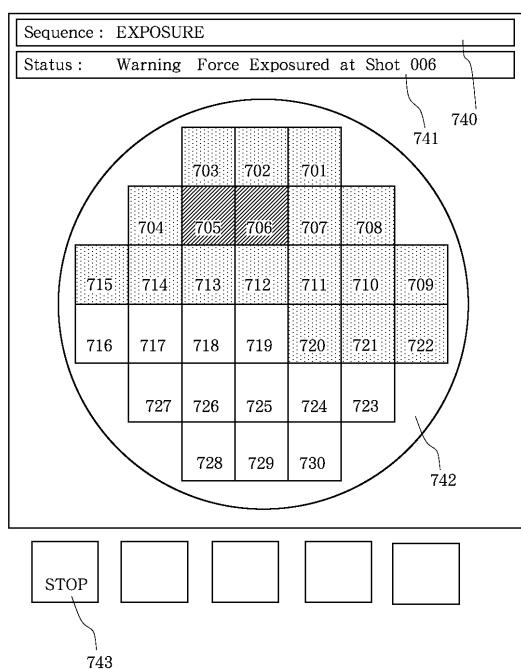
【図5】



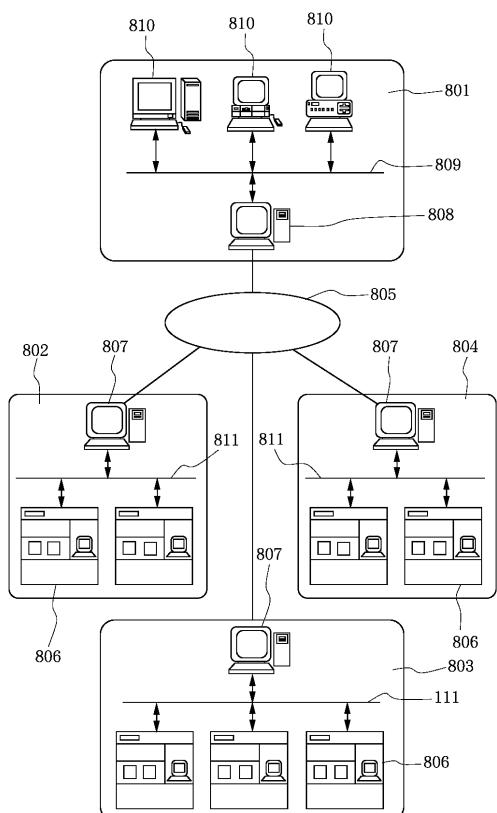
【図6】



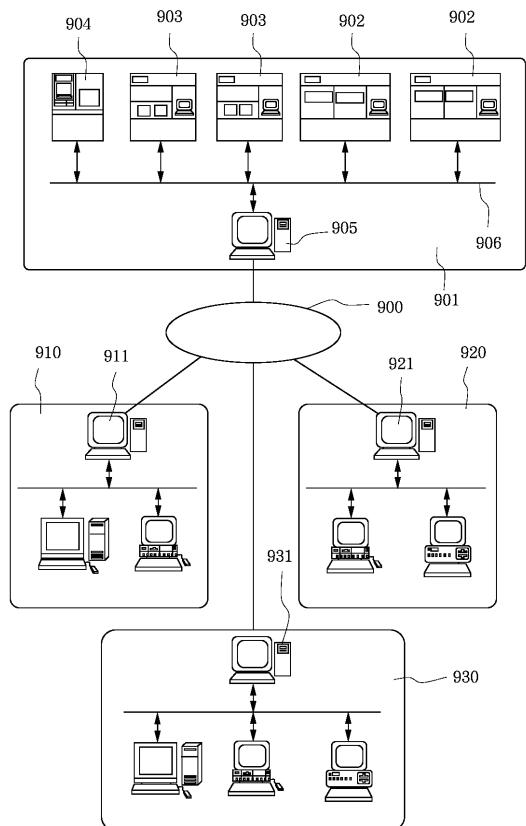
【図7】



【図8】



【図9】



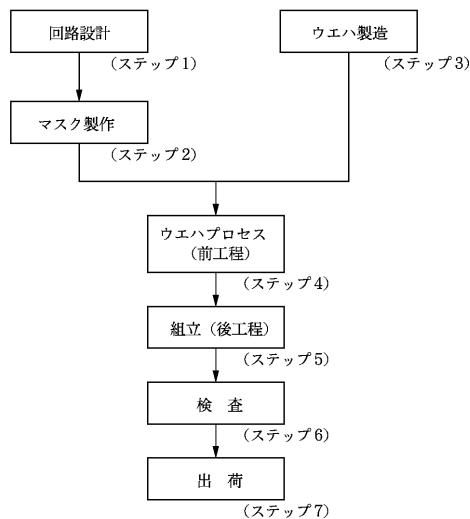
【図10】

URL <http://www.maintain.co.jp/db/input.html>

トラブルDB入力画面

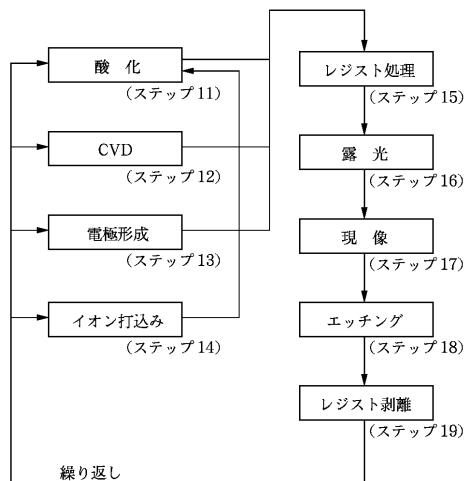
発生日 2000/3/15 1004
機種 *** * * * * * * * * * * 1001
件名 動作不良(立上時エラー) 1003
機器S/N 465NS4580001 1002
緊急度 D 1005
症状 電源投入後LEDが点滅し続ける 1006
対処法 電源再投入(起動時に赤ボタンを押下) 1007
経過 暫定対処済み 1008
1010
1011 1012
結果一覧データベースへのリンク ソフトウェアライブラリ 操作ガイド

【図11】



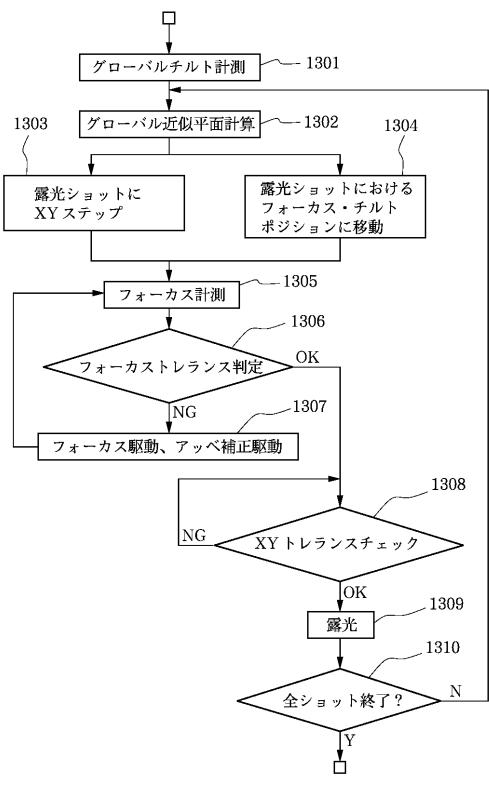
半導体デバイス製造フロー

【図12】

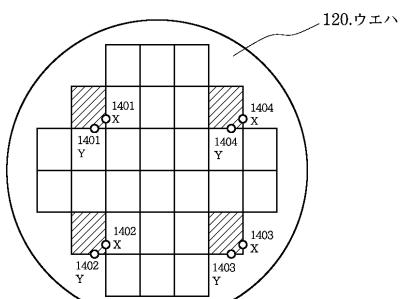


ウエハプロセス

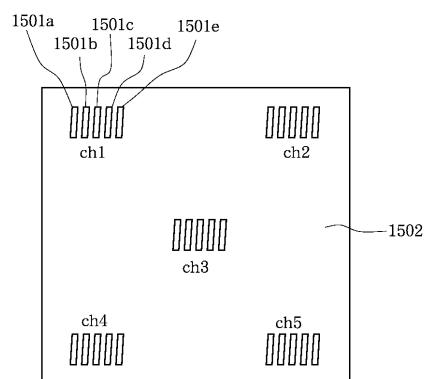
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平08-110586(JP, A)
特開平10-041211(JP, A)
特開平10-022202(JP, A)
特開昭63-014431(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G01B 11/00

G01B 11/26

G03F 7/207