(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7022111号
(P7022111)

(45)発行日　令和4年2月17日(2022.2.17)

(24)登録日　令和4年2月8日(2022.2.8)

(51)国際特許分類		FI		
H01L 21/02 (2006.01)		H01L	21/02	Z
H01J 37/22 (2006.01)		H01J	37/22	502H
G05B 19/418 (2006.01)		G05B	19/418	Z
G03F 7/20 (2006.01)		G03F	7/20	501
		G03F	7/20	521

請求項の数　12　（全17頁）

(21)出願番号　特願2019-506496(P2019-506496)
(86)(22)出願日　平成29年8月14日(2017.8.14)
(65)公表番号　特表2019-535123(P2019-535123A)
(43)公表日　令和1年12月5日(2019.12.5)
(86)国際出願番号　PCT/EP2017/070567
(87)国際公開番号　WO2018/033511
(87)国際公開日　平成30年2月22日(2018.2.22)
審査請求日　平成31年4月5日(2019.4.5)
(31)優先権主張番号　62/375,257
(32)優先日　平成28年8月15日(2016.8.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　62/543,242
(32)優先日　平成29年8月9日(2017.8.9)
最終頁に続く

(73)特許権者　504151804
エーエスエムエル ネザーランズ ビー．ブイ．
オランダ国 ヴェルトホーフェン ５５００ エーエイチ，ピー．オー．ボックス ３２４
(74)代理人　100079108
弁理士　稲葉 良幸
(74)代理人　100109346
弁理士　大貫 敏史
(74)代理人　100117189
弁理士　江口 昭彦
(74)代理人　100134120
弁理士　内藤 和彦
(72)発明者　ファン，ウェイ
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　半導体製造歩留まりを向上させるための方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１の基板の検査の１つ又は複数の検証済みの結果の受信に基づいて訓練データを生成するように構成された訓練ツールと、
前記訓練データ、第２の基板のウィークポイント情報及び前記第２の基板のスキャナの露光レシピに基づいて検査するために前記第２の基板上の１つ又は複数の領域を決定するように構成されたポイント決定ツールと
を含む、
前記訓練ツールが、前記露光レシピに基づいて前記訓練データを生成するようにさらに構成される、及び、前記露光レシピが、高密度フォーカスマップを含み、
モニタリングツールによって、空間パターン決定、パターンサイズ測定及びパターンシフト測定の少なくとも１つに基づいて、前記第１の基板の１つ又は複数のモニタ結果が生成され、前記１つ又は複数のモニタ結果に基づいて、前記露光レシピが決定される、歩留まり改善システム。
【請求項２】
前記訓練ツールが、前記訓練データを生成するために前記１つ又は複数の検証済みの結果を分析するためのディープニューラルネットワークを使用するように構成される、請求項１に記載のシステム。
【請求項３】
前記１つ又は複数の検証済みの結果が、検証ユニットによって、前記第１の基板の１つ又

は複数のモニタ結果と１つ又は複数の設計パラメータとの比較に基づいて生成される、請求項１に記載のシステム。
【請求項４】
前記第１の基板及び前記第２の基板が、スキャナ、現像ツール、エッチングツール及びアッシングツールによって処理される、請求項１に記載のシステム。
【請求項５】
第１の基板の検査の１つ又は複数の検証済みの結果を受信することと、
前記受信された検証済みの結果に基づいて訓練データを生成することと、
前記訓練データ、第２の基板のウィークポイント情報及び前記第２の基板のスキャナの露光レシピに基づいて検査するために前記第２の基板上の１つ又は複数の領域を決定することと、
モニタリングツールによって、空間パターン決定、パターンサイズ測定及びパターンシフト測定の少なくとも１つに基づいて、前記第１の基板の１つ又は複数のモニタ結果を生成することと、
前記１つ又は複数のモニタ結果に基づいて、前記露光レシピを決定することと
を含む、
前記訓練データを生成することが、前記露光レシピにさらに基づき、前記露光レシピが、高密度フォーカスマップを含む、方法。
【請求項６】
前記訓練データを生成することが、前記１つ又は複数の検証済みの結果を分析するためのディープニューラルネットワークを使用することを含む、請求項５に記載の方法。
【請求項７】
前記検証済みの結果が、検証ユニットによって、前記第１の基板の１つ又は複数のモニタ結果と１つ又は複数の設計パラメータとの比較に基づいて生成される、請求項５に記載の方法。
【請求項８】
前記第１の基板及び前記第２の基板が、スキャナ、現像ツール、エッチングツール及びアッシングツールによって処理される、請求項５に記載の方法。
【請求項９】
第１の基板の検査の１つ又は複数の検証済みの結果を受信することと、
前記受信された検証済みの結果に基づいて訓練データを生成することと、
前記訓練データ、第２の基板のウィークポイント情報及び前記第２の基板のスキャナの露光レシピに基づいて検査するために前記第２の基板上の１つ又は複数の領域を決定することと、
モニタリングツールによって、空間パターン決定、パターンサイズ測定及びパターンシフト測定の少なくとも１つに基づいて、前記第１の基板の１つ又は複数のモニタ結果を生成することと、
前記１つ又は複数のモニタ結果に基づいて、前記露光レシピを決定することと
を含む方法をコンピューティングデバイスに実行させるために１つ又は複数のプロセッサを含む前記コンピューティングデバイスによって実行可能な命令を格納する非一時的なコンピュータ可読記憶媒体であって、
訓練データを生成することが、前記露光レシピにさらに基づき、前記露光レシピが、高密度フォーカスマップを含む、非一時的なコンピュータ可読記憶媒体。
【請求項１０】
訓練データを生成することが、前記１つ又は複数の検証済みの結果を分析するためのディープニューラルネットワークを使用することを含む、及び／又は、前記露光レシピが、前記１つ又は複数のモニタ結果に基づいて決定される、請求項９に記載の媒体。
【請求項１１】
前記検証済みの結果が、検証ユニットによって、前記第１の基板の１つ又は複数のモニタ結果と１つ又は複数の設計パラメータとの比較に基づいて生成される、請求項９に記載の

媒体。
【請求項１２】
前記第１の基板及び前記第２の基板が、スキャナ、現像ツール、エッチングツール及びアッシングツールによって処理される、請求項９に記載の媒体。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
関連出願の相互参照
[001] この出願は、２０１６年８月１５日に出願された米国特許出願第６２／３７５，２５７号及び２０１７年８月９日に出願された米国特許出願第６２／５４３，２４２号の優先権を主張し、これらの特許は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。
【０００２】
[002] 本開示は、概して、半導体製造の分野に関し、より具体的には、半導体製造歩留まりを向上させるためのシステム及び方法に関する。
【背景技術】
【０００３】
[003] 集積回路（ＩＣ）の製造プロセスでは、未完成の又は完成した回路コンポーネントは、設計に従って製造されていることや、欠陥がないことを保証するために検査される。光学顕微鏡を利用する検査システムは、高いスループットを提供することができるが、典型的には、数百ナノメートルの分解能しか有さず、分解能は、光の波長によって制限される。ＩＣコンポーネントの物理的サイズは１００ナノメートル未満又は１０ナノメートル未満まで低減し続けているため、光学顕微鏡を利用するものより高い分解能が可能な検査システムが必要である。
【０００４】
[004] 走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）又は透過電子顕微鏡（ＴＥＭ）など、ナノメートル未満の分解能が可能な荷電粒子（例えば、電子）ビーム顕微鏡は、１００ナノメートル未満の特徴サイズを有するＩＣコンポーネントを検査するための実用的なツールとしての機能を果たす。ＳＥＭを用いると、単一の一次電子ビームの電子又は複数の一次電子ビームの電子は、検査中のウェーハのプローブスポットで集束させることができる。一次電子とウェーハとの相互作用は、１つ又は複数の二次電子ビームをもたらし得る。二次電子ビームは、一次電子とウェーハとの相互作用から生じる後方散乱電子、二次電子又はオージェ電子を含み得る。１つ又は複数の二次電子ビームの強度は、ウェーハの内部及び／又は外部の構造のプロパティに基づいて変動し得る。しかし、高分解能の荷電粒子ビーム顕微鏡のスループットは、低分解能の光学顕微鏡と比べてかなり低い可能性がある。
【０００５】
[005] 例えば、フォトレジストコーティング、露光、現像、エッチング及びフォトレジスト除去（アッシング）などの異なる半導体製造プロセスは、バッチ処理であり得る。バッチ処理は、バッチ内の複数の基板（本明細書ではウェーハとも呼ばれる）のパターニングにおける不均一性を引き起こし得る。さらに、全パターニングプロセスが完了した後にパターニング済みの基板の欠陥検査が実施される場合は、欠陥があるウェーハは、廃棄されるか又は格下げ製品に変換しなければならない可能性がある。これにより、半導体製造歩留まりがかなり低減され得る。
【発明の概要】
【０００６】
[006] 本開示の実施形態は、半導体製造歩留まりを向上させるためのシステム及び方法を提供する。いくつかの実施形態では、歩留まり改善システムが提供される。システムは、第１の基板の検査の１つ又は複数の検証済みの結果の受信に基づいて訓練データを生成するように構成された訓練ツールを含む。また、システムは、訓練データ、第２の基板のウィークポイント情報及び第２の基板のスキャナの露光レシピに基づいて検査するために第２の基板上の１つ又は複数の領域を決定するように構成されたポイント決定ツールも含む。

【０００７】
[007] いくつかの実施形態では、歩留まり改善方法が提供される。方法は、第１の基板の検査の１つ又は複数の検証済みの結果を受信することと、受信された検証済みの結果に基づいて訓練データを生成することとを含む。方法は、訓練データ、第２の基板のウィークポイント情報及び第２の基板のスキャナの露光レシピに基づいて検査するために第２の基板上の１つ又は複数の領域を決定することをさらに含む。
【０００８】
[008] いくつかの実施形態では、非一時的なコンピュータ可読記憶媒体が提供される。媒体は、１つ又は複数のプロセッサを含むコンピューティングデバイスによって実行可能な命令を格納し、歩留まり改善方法をコンピューティングデバイスに実行させる。方法は、第１の基板の検査の１つ又は複数の検証済みの結果を受信することと、受信された検証済みの結果に基づいて訓練データを生成することとを含む。方法は、訓練データ、第２の基板のウィークポイント情報及び第２の基板のスキャナの露光レシピに基づいて検査するために第２の基板上の１つ又は複数の領域を決定することをさらに含む。
【０００９】
[009] 開示される実施形態の追加の目的及び利点は、以下の説明にある程度記載されており、説明からある程度明らかになるか、又は、実施形態の実践により学習することができる。開示される実施形態の目的及び利点は、請求項に記載される要素及び組合せによって実現及び達成することができる。
【００１０】
[010] 前述の一般的な説明及び以下の詳細な説明は両方とも、例示的なものであり、説明することのみを目的とし、特許請求されるような開示される実施形態を制限しようとするものではないことを理解されたい。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】[011]本開示の実施形態と一致する、例示的な電子ビーム検査システムを示す概略図である。
【図２】[012]本開示の実施形態と一致する、図１の例示的な電子ビーム検査システムの一部であり得る例示的な電子ビームツールを示す概略図である。
【図３】[013]半導体処理システムを示す概略図である。
【図４】[014]半導体処理方法を示すフローチャートである。
【図５】[015]本開示の実施形態と一致する、例示的な歩留まり改善システムを示す概略図である。
【図６Ａ】[016]本開示の実施形態と一致する、基板上の検査領域を示す概略図である。
【図６Ｂ】[016]本開示の実施形態と一致する、基板上の検査領域を示す概略図である。
【図７】[017]本開示の実施形態と一致する、例示的な歩留まり改善方法を示すフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
[018] ここでは、例示的な実施形態を詳細に参照し、その例は、添付の図面に示される。以下の説明は、添付の図面を参照し、添付の図面では、別段の表現がない限り、異なる図面における同じ番号は、同じ又は同様の要素を表す。例示的な実施形態の以下の説明で記載する実装形態は、本発明と一致するすべての実装形態を表すわけではない。代わりに、それらの実装形態は、添付の請求項で記述されるような本発明に関連する態様と一致する装置及び方法の単なる例である。
【００１３】
[019] 本開示は、半導体製造歩留まりを向上させるためのシステム及び方法に関する。テストウェーハ又は第１のウェーハは、露光から現像まで処理することができ、スキャナの露光レシピ（例えば、高密度フォーカスマップ（ＨＤＦＭ））を記録することができる。本開示の実施形態は、ウェーハの露光レシピ及びホットスポット情報に基づいて検査する

ためにテストウェーハ又は第１のウェーハの１つ又は複数の領域を決定するように構成することができるポイント決定ツールを提供する。後続の処理済みのウェーハの露光レシピは、テストウェーハ又は第１のウェーハの検査結果に基づいて最適化することができる。また、本開示の実施形態は、検査結果に基づいて訓練データを生成するように構成することができる訓練ツールも提供する。訓練データは、訓練データ、ウェーハの露光レシピ及びホットスポット情報に基づいて検査するために後続の処理済みのウェーハの１つ又は複数の領域を決定するために、ポイント決定ツールに提供することができる。開示されるシステム及び方法は、露光レシピ及びモニタすべき領域の動的な更新を可能にする。露光レシピの更新は、後続の処理済みのウェーハの欠陥を低減し、従って、半導体製造歩留まりを改善することができる。モニタリングの更新は、より少ないホットスポットのモニタリングを含み得、それにより、スループットが改善される。また、モニタリングの更新は、欠陥の検出を改善するためのモニタリングの変更も含み得る。欠陥検出の改善は、半導体製造歩留まりをさらに改善する上で役立てることができる。

【００１４】

[020] ここでは、本開示の実施形態と一致する例示的な電子ビーム検査（ＥＢＩ）システム１００を示す図１を参照する。図１に示されるように、ＥＢＩシステム１００は、メインチャンバ１０１、ロード／ロックチャンバ１０２、電子ビームツール１０４及び機器フロントエンドモジュール（ＥＦＥＭ）１０６を含む。電子ビームツール１０４は、メインチャンバ１０１内に位置する。

【００１５】

[021] ＥＦＥＭ１０６は、第１のローディングポート１０６ａ及び第２のローディングポート１０６ｂを含む。ＥＦＥＭ１０６は、追加のローディングポートを含み得る。第１のローディングポート１０６ａ及び第２のローディングポート１０６ｂは、検査すべきウェーハ（例えば、半導体ウェーハ若しくは他の材料から作られているウェーハ）又はサンプルを内包するウェーハ前面開口式一体型ポッド（ＦＯＵＰ）を受け取ることができる（以下では、ウェーハ又はサンプルは、集合的に「ウェーハ」と呼ばれる）。ＥＦＥＭ１０６の１つ又は複数のロボットアーム（図示せず）は、ウェーハをロード／ロックチャンバ１０２に輸送することができる。

【００１６】

[022] ロード／ロックチャンバ１０２は、ロード／ロック真空ポンプシステム（図示せず）に接続され、ロード／ロック真空ポンプシステムは、大気圧を下回る第１の圧力に達するように、ロード／ロックチャンバ１０２内の気体分子を除去する。第１の圧力に達した後、１つ又は複数のロボットアーム（図示せず）は、ロード／ロックチャンバ１０２からメインチャンバ１０１にウェーハを輸送することができる。メインチャンバ１０１は、メインチャンバ真空ポンプシステム（図示せず）に接続され、メインチャンバ真空ポンプシステムは、第１の圧力を下回る第２の圧力に達するように、メインチャンバ１０１内の気体分子を除去する。第２の圧力に達した後、ウェーハは、電子ビームツール１０４による検査を受ける。

【００１７】

[023] ここでは、本開示の実施形態と一致する電子ビームツール１０４の例示的なコンポーネントを示す図２を参照する。図２に示されるように、電子ビームツール１０４は、電動台２００と、検査すべきウェーハ２０３を保持するために電動台２００によってサポートされるウェーハホルダ２０２とを含む。電子ビームツール１０４は、対物レンズアセンブリ２０４、電子検出器２０６、対物アパーチャ２０８、集光レンズ２１０、ビーム絞りアパーチャ２１２、ガンアパーチャ２１４、アノード２１６及びカソード２１８をさらに含む。対物レンズアセンブリ２０４は、いくつかの実施形態では、ポールピース２０４ａ、制御電極２０４ｂ、偏向器２０４ｃ及び励磁コイル２０４ｄを含む修正スイングオブジェクティブリターディングイマージョンレンズ（ＳＯＲＩＬ：swing objective retarding immersion lens）を含み得る。それに加えて、電子ビームツール１０４は、ウェーハ上の材料を特徴付けるためのエネルギー分散型Ｘ線分光器（ＥＤＳ）検出器（図示せず）

を含み得る。

【００１８】

[024] 一次電子ビーム２２０は、アノード２１６とカソード２１８との間に電圧を印加することによってカソード２１８から放出される。一次電子ビーム２２０は、ガンアパーチャ２１４及びビーム絞りアパーチャ２１２を通過し、ガンアパーチャ２１４及びビーム絞りアパーチャ２１２は両方とも、ビーム絞りアパーチャ２１２の下側に存在する集光レンズ２１０に入る電子ビームのサイズを決定することができる。集光レンズ２１０は、ビームが対物アパーチャ２０８に入る前に一次電子ビーム２２０を集束し、対物レンズアセンブリ２０４に入る前に電子ビームのサイズを設定する。偏向器２０４ｃは、ウェーハ上のビーム走査を容易にするために、一次電子ビーム２２０を偏向させる。例えば、走査プロセスでは、偏向器２０４ｃは、ウェーハ２０３の異なる部分の画像再構築のためのデータを提供するために、異なる時点においてウェーハ２０３の上面の異なる場所に一次電子ビーム２２０を順次偏向させるように制御することができる。さらに、いくつかの実施形態では、アノード２１６及びカソード２１８は、複数の一次電子ビーム２２０を生成するように構成することができ、電子ビームツール１０４は、ウェーハ２０３の異なる部分の画像再構築のためのデータを提供するために、複数の一次電子ビーム２２０をウェーハの異なる部分に同時に投影するために、複数の偏向器２０４ｃを含み得る。

【００１９】

[025] 励磁コイル２０４ｄ及びポールピース２０４ａは、磁界を生成し、磁界は、ポールピース２０４ａの一方の端部から始まり、ポールピース２０４ａの他方の端部で終了する。一次電子ビーム２２０によって走査されているウェーハ２０３の部分は、磁界に浸し、荷電することができ、これを受けて、電界が生成される。電界は、一次電子ビーム２２０がウェーハと衝突する前に、ウェーハの表面近くで衝突一次電子ビーム２２０のエネルギーを低減する。ポールピース２０４ａから電気的に絶縁された制御電極２０４ｂは、ウェーハのマイクロアーチングを防止し、適切なビーム集束を保証するために、ウェーハ上の電界を制御する。

【００２０】

[026] 二次電子ビーム２２２は、一次電子ビーム２２０が受信され次第、ウェーハ２０３の一部から放出され得る。二次電子ビーム２２２は、電子検出器２０６のセンサ表面上にビームスポットを形成し得る。電子検出器２０６は、ビームスポットの強度を表す信号（例えば、電圧、電流など）を生成し、処理システム（図２では図示せず）に信号を提供することができる。二次電子ビーム２２２及びその結果生じるビームスポットの強度は、ウェーハ２０３の外部及び／又は内部の構造に従って変動し得る。その上、上記で論じられるように、一次電子ビーム２２０は、異なる強度の二次電子ビーム２２２（及びその結果生じるビームスポット）を生成するために、ウェーハの表面の異なる場所に投影することができる。従って、ビームスポットの強度をウェーハ２０３の場所とマッピングさせることにより、処理システムは、ウェーハ２０３の内部及び／又は外部の構造を反映する画像を再構築することができる。

【００２１】

[027] ここでは、半導体処理システムを示す概略図である図３を参照する。図３は、スキャナ３０５、現像ツール３２０、エッチングツール３２５、アッシングツール３３０、モニタリングツール３３５、ポイント決定ツール３４５及び検証ユニット３５０を含む従来の半導体処理システム３００を示す。スキャナ３０５は、制御ユニット３１０を含み得る。

【００２２】

[028] スキャナ３０５は、ウェーハに転写すべき回路パターンをフォトレジストでコーティングされたウェーハに露光することができる。制御ユニット３１０は、ウェーハに露光するために使用される露光レシピを制御することができる。制御ユニット３１０は、様々な露光レシピパラメータ（例えば、露光時間、供給源強度及び露光ドーズ）を調整することができる。ＨＤＦＭ３１５は、露光に対応させて記録することができる。

【００２３】

[029] 現像ツール３２０は、望まない領域からフォトレジストを除去することによって、露光ウェーハ上にパターンを現像することができる。ポジ型フォトレジストの場合、スキャナ３０５で露光されたフォトレジストの部分は、フォトレジスト現像液に対する溶解性が高くなり、フォトレジストの露光されない部分は、フォトレジスト現像液に対する溶解性が低い状態を保つ。ネガ型フォトレジストの場合、スキャナ３０５で露光されたフォトレジストの部分は、フォトレジスト現像液に対する溶解性が低くなり、フォトレジストの露光されない部分は、フォトレジスト現像液に対する溶解性が高い状態を保つ。

【００２４】

[030] エッチングツール３２５は、フォトレジストが除去されたウェーハの部分からフィルムにエッチングを施すことによって、フォトレジストの下方の１つ又は複数のフィルムにパターンを転写することができる。エッチングツール３２５は、ドライエッチングツールでも、ウェットエッチングツールでもよい。アッシングツール３３０は、エッチング済みのウェーハから残りのフォトレジストを除去することができ、ウェーハ上のフィルムへのパターン転写プロセスを完了することができる。

【００２５】

[031] モニタリングツール３３５は、モニタ結果を生成するために、ウェーハ上の１つ又は複数の場所において処理済みのウェーハを検査することができる。モニタ結果は、空間パターン決定、異なるパターン特徴のサイズ測定又は異なるパターン特徴の位置シフトに基づき得る。検査場所は、ポイント決定ツール３４５によって決定することができる。

【００２６】

[032] ポイント決定ツール３４５は、ＨＤＦＭ３１５及びウィークポイント情報３４０に基づいて検査場所を決定するための１つ又は複数の事前決定モデルを含み得る。

【００２７】

[033] ウィークポイント情報３４０は、パターニングプロセスに関連する問題が起こる確率が高い場所に関する情報を含み得る。ウィークポイント情報３４０は、転送パターン、様々なプロセスパラメータ、並びに、ウェーハ、スキャナ３０５及びエッチングツール３２５のプロパティに基づき得る。

【００２８】

[034] 検証ユニット３５０は、検証済みの結果を生成するために、モニタリングツール３３５からのモニタ結果を対応する設計パラメータと比較することができる。検証ユニット３５０は、スキャナ３０５の制御ユニット３１０に検証済みの結果を提供することができる。制御ユニット３１０は、検証済みの結果に基づいて、後続のウェーハの露光レシピを調整することができる。例えば、制御ユニットは、検証済みの結果に基づいて、後続のウェーハ上のいくつかの場所に対してスキャナ３０５の露光ドーズを減少することができる。

【００２９】

[035] ここでは、従来の半導体処理方法を示すフローチャートである図４を参照する。例として、方法４００は、従来の半導体処理システム３００によって実行することができる。

【００３０】

[036] ステップ４０５では、半導体処理システム３００は、ウェーハにパターンを転写するために、フォトレジストでコーティングされたウェーハを処理することができる。スキャナ３０５は、パターンをウェーハに露光することができる。制御ユニット３１０は、ウェーハに露光するために使用される露光レシピを制御することができる。制御ユニット３１０は、様々な露光レシピパラメータ（例えば、露光時間、供給源強度及び露光ドーズ）を調整することができる。ＨＤＦＭ３１５は、露光に対応させて記録することができる。現像ツール３２０は、望まない領域からフォトレジストを除去することによって、露光ウェーハ上にパターンを現像することができる。エッチングツール３２５は、フォトレジストが除去されたウェーハの部分からフィルムにエッチングを施すことによって、フォトレジストの下方の１つ又は複数のフィルムにパターンを転写することができる。アッシングツール３３０は、エッチング済みのウェーハから残りのフォトレジストを除去することができ、ウェーハ上のフィルムへのパターン転写プロセスを完了することができる。

【００３１】
[037] ステップ４１０では、ポイント決定ツール３４５は、ステップ４０５におけるウェーハのパターニングと一致する露光レシピを受信することができる。露光レシピは、スキャナ３０５によって提供することができる。
【００３２】
[038] ステップ４１５では、ポイント決定ツール３４５は、パターニングプロセスと一致するウィークポイント情報３４０を受信することができる。ウィークポイント情報３４０は、パターニングプロセスに関連する問題が起こる確率が高い場所に関する情報を含み得る。ウィークポイント情報３４０は、転送パターン、様々なプロセスパラメータ、並びに、ウェーハ、スキャナ３０５及びエッチングツール３２５のプロパティに基づき得る。
【００３３】
[039] ステップ４２０では、ポイント決定ツール３４５は、モニタすべきパターニング済みのウェーハの領域を決定することができる。ポイント決定ツール３４５は、ステップ４１０で受信された露光レシピ及びステップ４１５で受信されたウィークポイント情報３４０に基づいて検査場所を決定するための１つ又は複数の事前決定モデルを使用することができる。
【００３４】
[040] ステップ４２５では、モニタリングツール３３５は、ステップ４２０でポイント決定ツール３４５によってモニタすべきと判断されたパターニング済みのウェーハの領域を検査することができる。モニタリングツール３３５は、モニタ結果を生成するために、１つ又は複数の場所においてパターニング済みのウェーハを検査することができる。モニタ結果は、空間パターン決定、異なるパターン特徴のサイズ測定又は異なるパターン特徴の位置シフトに基づき得る。
【００３５】
[041] ステップ４３０では、検証ユニット３５０は、検証済みの結果を生成するために、モニタリングツール３３５からのモニタ結果を対応する設計パラメータと比較することができる。
【００３６】
[042] ステップ４３５では、検証ユニット３５０は、設計要件に従って検証済みの結果が正しいかどうかを判断することができる。検証済みの結果が正しいと判断された場合は、検証ユニット３５０は、対応するウェーハに対するさらなる行動は取らない。検証済みの結果が正しくないと判断された場合は、検証ユニット３５０は、スキャナ３０５の制御ユニット３１０に検証済みの結果を提供することができる。
【００３７】
[043] ステップ４４５では、制御ユニット３１０は、検証済みの結果に基づいて、後続のウェーハの露光レシピを調整することができる。例えば、制御ユニット３１０は、検証済みの結果に基づいて、後続のウェーハ上のいくつかの場所に対してスキャナ３０５の露光ドーズを減少することができる。
【００３８】
[044] 従来の方法４００では、ポイント決定ツール３４５は、モニタすべき領域を決定するために、ＨＤＦＭ３１５及びウィークポイント情報３４０に基づいて静的モデルを使用する。モデルは、以前のウェーハの検証済みの結果に基づいて動的に更新されることはない。例えば、いくつかのウィークポイント場所に対する検証済みの結果は、複数のモニタ済みのウェーハに対して補正することができる。従って、これらのウィークポイント場所をモニタしないことによってスループットを改善することができる。しかし、従来の方法４００では、ポイント決定ツール３４５は、後続のウェーハに対するモニタ場所を決定するために、以前のウェーハの検証済みの結果を使用することはできない。従って、スループットは改善されない。さらに、制御ユニット３１０は、検証済みの結果に基づいて露光レシピを調整することができるが、モデルは、更新された露光レシピに応答して動的に更新されることはない。例えば、更新された露光レシピに基づいて、異なるウィークポイン

ト場所をモニタする必要があり得る。さらに、更新された露光レシピで処理されたウェーハの問題を検出するために、モニタリングツール３３５のレシピにおける更新が必要であり得る。しかし、従来の方法４００では、ポイント決定ツール３４５は、露光レシピの更新に基づいてモニタ場所及びレシピを更新することはできない。更新ができないことにより、従来の方法４００におけるパターニング問題の検出効率が低減され得る。

【００３９】

[045] ここでは、本開示の実施形態と一致する例示的な処理システム５００を示す概略図である図５を参照する。半導体処理システム５００は、スキャナ５０５、制御ユニット５１０、現像ツール５２０、エッチングツール５２５、アッシングツール５３０、モニタリングツール５３５、検証ユニット５５０及び歩留まり改善システム５５５を含み得る。歩留まり改善システム５５５は、ポイント決定ツール５４５及び訓練ツール５６０を含み得る。

【００４０】

[046] ポイント決定ツール５４５及び訓練ツール５６０の各々は、１つ又は複数のモジュールを含み得る。一般に、「モジュール」という用語は、本明細書で使用される場合は、他のコンポーネント（例えば、集積回路の部分）で使用するように設計されたパッケージ化された機能ハードウェアユニット、又は、関連機能の特定の機能を実行するプログラム（コンピュータ可読媒体上に格納された）の一部であり得る。モジュールは、入口及び出口を有し得、例えば、Java、Lua、Ｃ又はＣ＋＋などのプログラミング言語で記載することができる。ソフトウェアモジュールは、コンパイルして、実行可能プログラムにリンクすることも、ダイナミックリンクライブラリにインストールすることも、例えば、BASIC、Perl又はPythonなどのインタプリタ型プログラミング言語で記載することもできる。ソフトウェアモジュールは、他のモジュール又はソフトウェアモジュール自体から呼び出し可能であること及び／又は検出事象又はインタラプトに応答して起動できることが理解されよう。コンピューティングデバイス上で実行するように構成されたソフトウェアモジュールは、コンパクトディスク、デジタルビデオディスク、フラッシュドライブ、磁気ディスク又は他の任意の非一時的な媒体などのコンピュータ可読媒体上で提供することも、デジタルダウンロードとして提供することもできる（実行前にインストール、解凍又は暗号解読が必要とされる圧縮又はインストール可能なフォーマットで本来は格納することができる）。そのようなソフトウェアコードは、コンピューティングデバイスによる実行のために、実行コンピューティングデバイスのメモリデバイス上に部分的に又は完全に格納することができる。ソフトウェア命令は、電気的消去型プログラム可能読み取り専用メモリ（ＥＰＲＯＭ）などのファームウェアに埋め込むことができる。ハードウェアモジュールは、ゲート及びフリップフロップなどの接続論理ユニットで構成できること及び／又はプログラマブルゲートアレイ又はプロセッサなどのプログラマブルユニットで構成できることがさらに理解されよう。本明細書で説明されるモジュール又はコンピューティングデバイス機能性は、好ましくは、ソフトウェアモジュールとして実装されるが、ハードウェア又はファームウェアで表すことができる。一般に、本明細書で説明されるモジュールは、それらの物理的な組織又はストレージにもかかわらず、他のモジュールと組み合わせることも、サブモジュールに分割することもできる論理モジュールを指す。

【００４１】

[047] いくつかの実施形態では、ポイント決定ツール５４５及び訓練ツール５６０は、単一のツールに組み合わせることができる。いくつかの実施形態では、歩留まり改善システム５５５は、モニタリングツール５３５内に含めることができる。

【００４２】

[048] スキャナ５０５は、ウェーハに転写すべき回路パターンをフォトレジストでコーティングされたウェーハに露光することができる。制御ユニット５１０は、ウェーハに露光するために使用される露光レシピを制御することができる。制御ユニット５１０は、様々な露光レシピパラメータ（例えば、露光時間、供給源強度及び露光ドーズ）を調整することができる。ＨＤＦＭ５１５は、露光に対応させて記録することができる。

【００４３】
[049] 現像ツール５２０は、望まない領域からフォトレジストを除去することによって、露光ウェーハ上にパターンを現像することができる。ポジ型フォトレジストの場合、スキャナ５０５で露光されたフォトレジストの部分は、フォトレジスト現像液に対する溶解性が高くなり、フォトレジストの露光されない部分は、フォトレジスト現像液に対する溶解性が低い状態を保つ。ネガ型フォトレジストの場合、スキャナ５０５で露光されたフォトレジストの部分は、フォトレジスト現像液に対する溶解性が低くなり、フォトレジストの露光されない部分は、フォトレジスト現像液に対する溶解性が高い状態を保つ。
【００４４】
[050] エッチングツール５２５は、フォトレジストが除去されたウェーハの部分からフィルムにエッチングを施すことによって、フォトレジストの下方の１つ又は複数のフィルムにパターンを転写することができる。エッチングツール５２５は、ドライエッチングツールでも、ウェットエッチングツールでもよい。アッシングツール５３０は、エッチング済みのウェーハから残りのフォトレジストを除去することができ、ウェーハ上のフィルムへのパターン転写プロセスを完了することができる。
【００４５】
[051] モニタリングツール５３５は、モニタ結果を生成するために、ウェーハ上の１つ又は複数の場所において処理済みのウェーハを検査することができる。モニタ結果は、空間パターン決定、異なるパターン特徴のサイズ測定又は異なるパターン特徴の位置シフトに基づき得る。検査場所は、歩留まり改善システム５５５のポイント決定ツール５４５によって決定することができる。ポイント決定ツール５４５は、ＨＤＦＭ５１５、ウィークポイント情報５４０及び訓練ツール５６０によって提供された訓練データに基づいて検査場所を決定するための１つ又は複数のモデルを含み得る。ポイント決定ツール５４５は、１つ又は複数のモジュールを含み得る。
【００４６】
[052] ウィークポイント情報５４０は、パターニングプロセスに関連する問題が起こる確率が高い場所に関する情報を含み得る。ウィークポイント情報５４０は、転送パターン、様々なプロセスパラメータ、並びに、ウェーハ、スキャナ５０５及びエッチングツール５２５のプロパティに基づき得る。
【００４７】
[053] 検証ユニット５５０は、検証済みの結果を生成するために、モニタリングツール５３５からのモニタ結果を対応する設計パラメータと比較することができる。検証ユニット５５０は、スキャナ５０５の制御ユニット５１０に検証済みの結果を提供することができる。制御ユニット５１０は、検証済みの結果に基づいて、後続のウェーハの露光レシピを調整することができる。例えば、制御ユニット５１０は、検証済みの結果に基づいて、後続のウェーハ上のいくつかの場所に対してスキャナ３０５の露光ドーズを減少することができる。検証ユニット５５０は、歩留まり改善システム５５５の訓練ツール５６０に検証済みの結果をさらに提供することができる。
【００４８】
[054] 訓練ツール５６０は、検証ユニット５５０から受信された検証済みの結果に基づいて訓練データを生成することができる。訓練ツール５６０は、訓練データを生成するために１つ又は複数の検証済みの結果を分析するためのディープニューラルネットワークを含み得る。いくつかの実施形態では、訓練ツール５６０は、ＨＤＦＭ５１５も受信することができ、ＨＤＦＭ５１５に基づいて訓練データをさらに生成することができる。訓練ツール５６０は、生成された訓練データをポイント決定ツール５４５に提供することができる。ポイント決定ツール５４５は、受信された訓練データ、ＨＤＦＭ５１５及びウィークポイント情報５４０に基づいて他のウェーハに対する検査ポイントを決定することができる。従って、モニタポイントは、固定モデルの代わりに動的に選択することができる。
【００４９】
[055] ここでは、本開示の実施形態と一致する第１のパターニング済みの基板６００Ａ及

び第２のパターニング済みの基板６００Ｂ上のそれぞれの検査領域を示す概略図である図６Ａ及び図６Ｂを参照する。基板６００Ａ及び基板６００Ｂは、歩留まり改善システム５５５を有する半導体処理システム（例えば、図５の半導体処理システム５００）によって処理することができる。

【００５０】

[056] ポイント決定ツール（例えば、半導体処理システム５００のポイント決定ツール５４５）は、基板６００Ａの検査領域を決定することができる。露光レシピ（例えば、ＨＤＦＭ５１５）及びウィークポイント情報（例えば、ウィークポイント情報５４０）に基づいて、ポイント決定ツールは、検査用として６３１、６３２、６３３、６３４、６３５、６３６、６３７、６３８とラベル付けされた８つのダイを決定することができる。各ダイ内では、ポイント決定は、検査用として６２１、６２２、６２３、６２４、６２５とラベル付けされた５つの場所を決定することができる。

【００５１】

[057] モニタリングツール（例えば、半導体処理システム５００のモニタリングツール５３５）は、基板６００Ａの決定された場所に対して検査を実行することができる。検証ユニット（例えば、半導体処理システム５００の検証ユニット５５０）は、モニタ結果を設計パラメータと比較することによって検証済みの結果を生成することができる。検証済みの結果は、基板６００Ｂの処理の間に露光レシピを更新するために使用することができる。

【００５２】

[058] 訓練ツール（例えば、半導体処理システム５００の訓練ツール５６０）は、検証済みの結果に基づいて訓練データを生成し、ポイント決定ツールに訓練データを提供することができる。ポイント決定ツールは、訓練データを使用して、基板６００Ｂの検査用の領域を決定することができる。例えば、ポイント決定ツールは、検査すべきダイの数を８から７に低減することができる。図６Ｂに示されるように、ポイント決定ツールは、基板６００Ａのダイ６３６及び６３７の代わりに、基板６００Ｂのダイ６５１を検査することができる。いくつかの実施形態では、ポイント決定ツールは、受信された訓練データに基づいて、各ダイの検査ポイントの数を低減することもできる。検査ポイントの数の低減により、処理システムのスループットを増加することができる。さらに、モニタポイント又はモニタレシピは、基板６００Ｂの処理の間に使用された露光レシピの更新に対応させて更新することができる。例えば、更新された露光レシピを使用することによって接点が形成された場合は、異なるモニタリングツールレシピ（例えば、異なる着地エネルギー又は異なるビーム電流）を使用して、基板６００Ｂの異なるオープン／ショート欠陥を捕捉することができる。訓練データは、露光レシピの更新に対応させてモニタリングツールレシピを修正するための情報を含み得る。モニタリングツールレシピに変化がない場合は、変化したオープン／ショート欠陥は特定されない可能性がある。従って、本開示によって提供されるシステム及び方法は、欠陥の検出を改善することができ、それにより、半導体製造歩留まりを改善することができる。

【００５３】

[059] ここでは、本開示の実施形態と一致する例示的な歩留まり改善方法を示すフローチャートである図７を参照する。例として、方法７００は、歩留まり改善システム５５５を含む半導体処理システム５００によって実行することができる。示される手順は、ステップの順番の修正、ステップの削除又は追加のステップのさらなる包含を行うために変更できることが容易に理解されよう。

【００５４】

[060] ステップ７０５では、半導体処理システムは、ウェーハにパターンを転写するために、フォトレジストでコーティングされたウェーハを処理することができる。スキャナ（例えば、半導体処理システム５００のスキャナ５０５）は、パターンをウェーハに露光することができる。スキャナ内の制御ユニット（例えば、半導体処理システム５００の制御ユニット５１０）は、ウェーハに露光するために使用される露光レシピを制御することができる。制御ユニットは、様々な露光レシピパラメータ（例えば、露光時間、供給源強度

及び露光ドーズ）を調整することができる。ＨＤＦＭ（例えば、半導体処理システム５００のＨＤＦＭ５１５）は、露光に対応させて記録することができる。現像ツール（例えば、半導体処理システム５００の現像ツール５２０）は、望まない領域からフォトレジストを除去することによって、露光ウェーハ上にパターンを現像することができる。エッチングツール（例えば、半導体処理システム５００のエッチングツール５２５）は、フォトレジストが除去されたウェーハの部分からフィルムにエッチングを施すことによって、フォトレジストの下方の１つ又は複数のフィルムにパターンを転写することができる。アッシングツール（例えば、半導体処理システム５００のアッシングツール５３０）は、エッチング済みのウェーハから残りのフォトレジストを除去することができ、ウェーハ上のフィルムへのパターン転写プロセスを完了することができる。

【００５５】

[061] ステップ７１０では、ポイント決定ツール（例えば、半導体処理システム５００のポイント決定ツール５４５）は、ステップ７０５におけるウェーハのパターニングと一致する露光レシピを受信することができる。露光レシピは、スキャナによって提供することができる。

【００５６】

[062] ステップ７１５では、ポイント決定ツールは、パターニングプロセスと一致するウィークポイント情報（例えば、半導体処理システム３００のウィークポイント情報５４０）を受信することができる。ウィークポイント情報は、パターニングプロセスに関連する問題が起こる確率が高い場所に関する情報を含み得る。ウィークポイント情報は、転送パターン、様々なプロセスパラメータ、並びに、ウェーハ、スキャナ及びエッチングツールのプロパティに基づき得る。

【００５７】

[063] ステップ７２０では、ポイント決定ツールは、モニタすべきパターニング済みのウェーハの領域を決定することができる。ポイント決定ツールは、ステップ７１０で受信された露光レシピ及びステップ７１５で受信されたウィークポイント情報に基づいて検査場所を決定するための１つ又は複数の事前決定モデルを使用することができる。

【００５８】

[064] ステップ７２５では、モニタリングツール（例えば、半導体処理システム５００のモニタリングツール５３５）は、ステップ７２０でポイント決定ツールによってモニタすべきと判断されたパターニング済みのウェーハの領域を検査することができる。モニタリングツールは、モニタ結果を生成するために、１つ又は複数の場所においてパターニング済みのウェーハを検査することができる。モニタ結果は、空間パターン決定、異なるパターン特徴のサイズ測定又は異なるパターン特徴の位置シフトに基づき得る。

【００５９】

[065] ステップ７３０では、検証ユニット（例えば、半導体処理システム５００の検証ユニット５５０）は、検証済みの結果を生成するために、モニタリングツールからのモニタ結果を対応する設計パラメータと比較することができる。

【００６０】

[066] ステップ７３５では、検証ユニットは、設計要件に従って検証済みの結果が正しいかどうかを判断することができる。検証済みの結果が正しいと判断された場合は、検証ユニットは、対応するウェーハに対するさらなる行動は取らない。検証済みの結果が正しくないと判断された場合は、検証ユニットは、スキャナの制御ユニット及び歩留まり改善システムの訓練ツール（例えば、歩留まり改善システム５５５の訓練ツール５６０）に検証済みの結果を提供することができる。

【００６１】

[067] ステップ７４０では、制御ユニットは、検証済みの結果に基づいて、後続のウェーハの露光レシピを調整することができる。例えば、制御ユニットは、検証済みの結果に基づいて、後続のウェーハ上のいくつかの場所に対してスキャナの露光ドーズを減少することができる。

【００６２】
[068] ステップ７４５では、訓練ツールは、検証ユニットから検証済みの結果を受信し、検証済みの結果に基づいて訓練データを生成することができる。訓練ツールは、訓練データを生成するために１つ又は複数の検証済みの結果を分析するためのディープニューラルネットワークを含み得る。訓練ツールは、生成された訓練データをポイント決定ツールに提供することができる。ポイント決定ツールは、受信された訓練データ、露光レシピ及びウィークポイント情報に基づいて他のウェーハに対する検査ポイントを決定することができる。従って、モニタポイントは、固定モデルに依存する代わりに動的に決定することができる。この動的決定により、後続の処理済みのウェーハの欠陥を低減し、従って、半導体製造歩留まりを改善することができる。その上、動的決定から生じるモニタリングの更新は、より少ないホットスポットのモニタリングを含み得、それにより、スループットが改善される。また、動的決定から生じるモニタリングの更新は、欠陥の検出を改善するためのモニタリングの変更も含み得る。欠陥検出の改善は、半導体製造歩留まりをさらに改善する上で役立てることができる。
【００６３】
[069] 実施形態は、以下の条項を使用してさらに説明することができる。
１．第１の基板の検査の１つ又は複数の検証済みの結果の受信に基づいて訓練データを生成するように構成された訓練ツールと、
訓練データ、第２の基板のウィークポイント情報及び第２の基板のスキャナの露光レシピに基づいて検査するために第２の基板上の１つ又は複数の領域を決定するように構成されたポイント決定ツールと
を含む歩留まり改善システム。
２．訓練ツールが、訓練データを生成するために１つ又は複数の検証済みの結果を分析するためのディープニューラルネットワークを使用するように構成される、条項１に記載のシステム。
３．訓練ツールが、露光レシピに基づいて訓練データを生成するようにさらに構成される、条項１又は２に記載のシステム。
４．１つ又は複数の検証済みの結果が、検証ユニットによって、第１の基板の１つ又は複数のモニタ結果と１つ又は複数の設計パラメータとの比較に基づいて生成される、条項１～３の何れか一項に記載のシステム。
５．１つ又は複数のモニタ結果が、モニタリングツールによって、空間パターン決定、パターンサイズ測定及びパターンシフト測定の少なくとも１つに基づいて生成される、条項４に記載のシステム。
６．露光レシピが、１つ又は複数のモニタ結果に基づいて決定される、条項４又は５に記載のシステム。
７．露光レシピが、高密度フォーカスマップを含む、条項１～６の何れか一項に記載のシステム。
８．第１の基板及び第２の基板が、スキャナ、現像ツール、エッチングツール及びアッシングツールによって処理される、条項１～７の何れか一項に記載のシステム。
９．第１の基板の検査の１つ又は複数の検証済みの結果を受信することと、
受信された検証済みの結果に基づいて訓練データを生成することと、
訓練データ、第２の基板のウィークポイント情報及び第２の基板のスキャナの露光レシピに基づいて検査するために第２の基板上の１つ又は複数の領域を決定することと
を含む方法。
１０．訓練データを生成することが、１つ又は複数の検証済みの結果を分析するためのディープニューラルネットワークを使用することを含む、条項９に記載の方法。
１１．訓練データを生成することが、露光レシピにさらに基づく、条項９又は１０に記載の方法。
１２．検証済みの結果が、検証ユニットによって、第１の基板の１つ又は複数のモニタ結果と１つ又は複数の設計パラメータとの比較に基づいて生成される、条項９～１１の何れ

か一項に記載の方法。
１３．１つ又は複数のモニタ結果が、モニタリングツールによって、空間パターン決定、パターンサイズ測定及びパターンシフト測定の少なくとも１つに基づいて生成される、条項１２に記載の方法。
１４．露光レシピが、１つ又は複数のモニタ結果に基づいて決定される、条項１２又は１３に記載の方法。
１５．露光レシピが、高密度フォーカスマップを含む、条項９～１４の何れか一項に記載の方法。
１６．第１の基板及び第２の基板が、スキャナ、現像ツール、エッチングツール及びアッシングツールによって処理される、条項９～１５の何れか一項に記載の方法。
１７．第１の基板の検査の１つ又は複数の検証済みの結果を受信することと、
受信された検証済みの結果に基づいて訓練データを生成することと、
訓練データ、第２の基板のウィークポイント情報及び第２の基板のスキャナの露光レシピに基づいて検査するために第２の基板上の１つ又は複数の領域を決定することと
を含む方法をコンピューティングデバイスに実行させるために１つ又は複数のプロセッサを含むコンピューティングデバイスによって実行可能な命令を格納する非一時的なコンピュータ可読記憶媒体。
１８．訓練データを生成することが、１つ又は複数の検証済みの結果を分析するためのディープニューラルネットワークを使用することを含む、条項１７に記載の媒体。
１９．訓練データを生成することが、露光レシピにさらに基づく、条項１７又は１８に記載の媒体。
２０．検証済みの結果が、検証ユニットによって、第１の基板の１つ又は複数のモニタ結果と１つ又は複数の設計パラメータとの比較に基づいて生成される、条項１７～１９の何れか一項に記載の媒体。
２１．１つ又は複数のモニタ結果が、モニタリングツールによって、空間パターン決定、パターンサイズ測定及びパターンシフト測定の少なくとも１つに基づいて生成される、条項２０に記載の媒体。
２２．露光レシピが、１つ又は複数のモニタ結果に基づいて決定される、条項２０又は２１に記載の媒体。
２３．露光レシピが、高密度フォーカスマップを含む、条項１７～２２の何れか一項に記載の媒体。
２４．第１の基板及び第２の基板が、スキャナ、現像ツール、エッチングツール及びアッシングツールによって処理される、条項１７～２３の何れか一項に記載の媒体。
【００６４】
[069] 本発明は、上記で説明され、添付の図面に示される正確な構造に限定されず、その範囲から逸脱することなく様々な変更及び変化を行うことができることが理解されよう。本発明の範囲は、添付の請求項によってのみ制限されるべきであることが意図される。

【図面】

【図１】

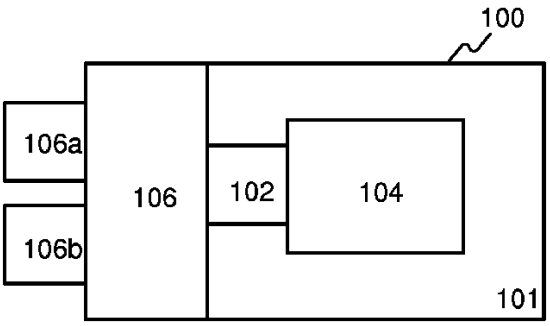


Fig. 1

【図２】

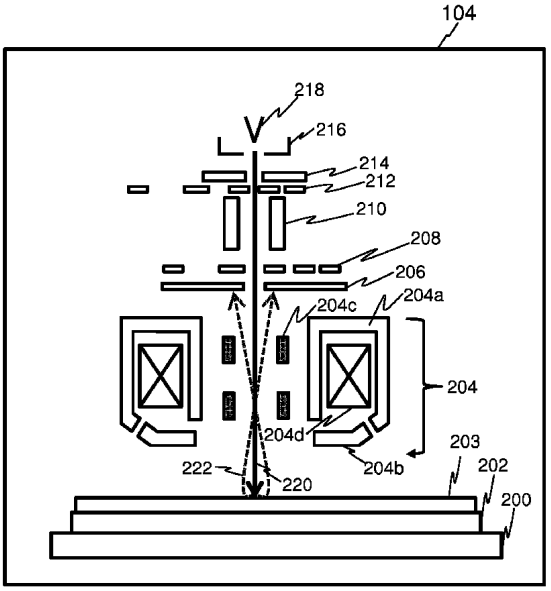
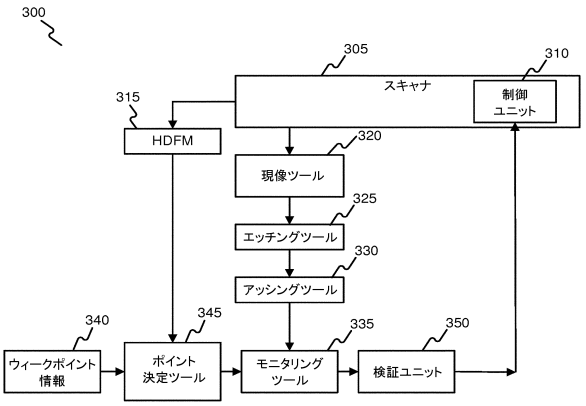
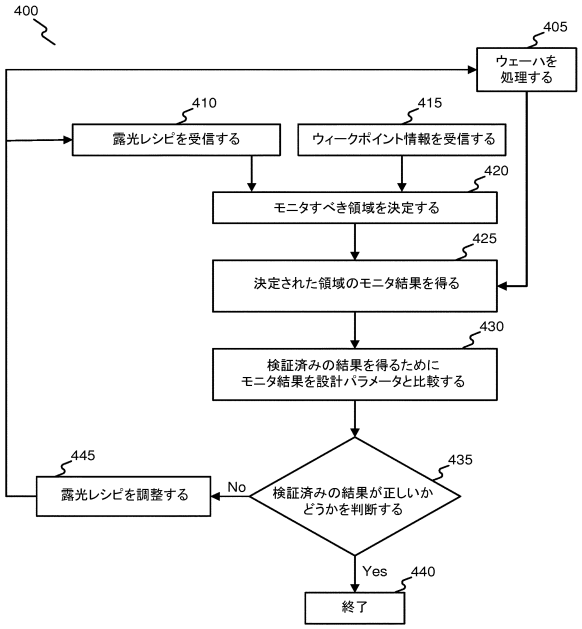


Fig. 2

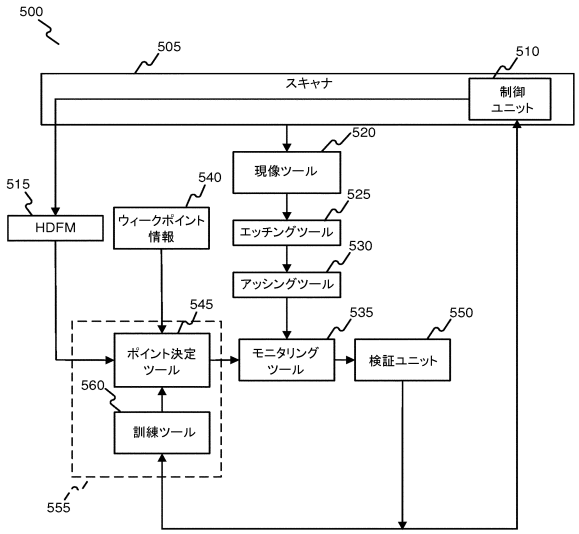
【図３】



【図４】



【図５】



【図６Ａ】

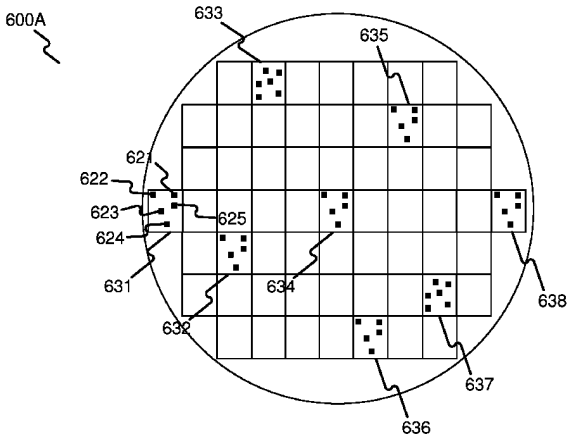


Fig. 6A

【図６Ｂ】

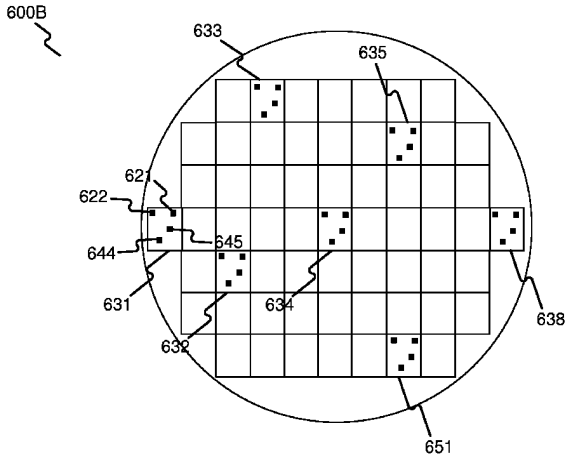
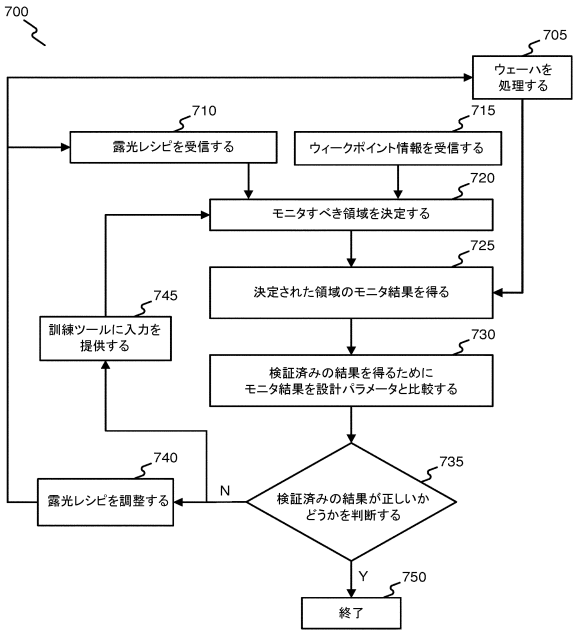


Fig. 6B

【図７】



フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

前置審査

アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９５１３１，サンノゼ，オートメーション パークウェイ １７６２

審査官 今井 聖和

(56)参考文献
特表２０１０－５１４２２６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－０４０６６１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０７４２９４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－１７６３０９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０５８６５４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０８４７３１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ ２１／０２
Ｈ０１Ｊ ３７／２２
Ｇ０５Ｂ １９／４１８
Ｇ０３Ｆ ７／２０