

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5028473号
(P5028473)

(45) 発行日 平成24年9月19日 (2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年6月29日 (2012.6.29)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/66 (2006.01)	HO 1 L 21/66 Z
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 570
HO 1 L 21/02 (2006.01)	HO 1 L 21/30 562
	HO 1 L 21/66 J
	HO 1 L 21/02 Z

請求項の数 7 (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願2009-503101 (P2009-503101)
 (86) (22) 出願日 平成19年1月24日 (2007.1.24)
 (65) 公表番号 特表2009-531866 (P2009-531866A)
 (43) 公表日 平成21年9月3日 (2009.9.3)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2007/060953
 (87) 国際公開番号 W02007/117737
 (87) 国際公開日 平成19年10月18日 (2007.10.18)
 審査請求日 平成21年10月8日 (2009.10.8)
 (31) 優先権主張番号 11/390,415
 (32) 優先日 平成18年3月28日 (2006.3.28)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂五丁目3番1号
 (73) 特許権者 390009531
 インターナショナル・ビジネス・マシー
 ズ・コーポレーション
 INTERNATIONAL BUSIN
 ESS MASCHINES CORPO
 RATION
 アメリカ合衆国10504 ニューヨーク
 州 アーモンク ニュー オーチャード
 ロード
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ウェハ均一性制御を用いた動的サンプリング測定法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ウェハを処理する方法であって、
 ウェハを受容するステップであって、前記ウェハは、複数のダイを有し、各ダイは、少なくとも一つの他の層の上部に、パターン化されたハードマスク層を有するステップと、
 前記ウェハに対する測定手法データ (metrology data) を定めるステップであって、前記測定手法データは、前記ウェハ上の少なくとも一つのハードマスクフィーチャの臨界寸法 (CD) データ、および前記少なくとも一つの他の層用のデータを含み、前記測定手法データは、第1組の複数のダイ上の測定サイトから、履歴データ、測定データ (measured data) またはこれらの組み合わせを用いて定められ、残りの複数のダイは、未測定サイトを有する第2組の複数のダイを形成する、ステップと、
前記測定サイトから、前記測定手法データを用いて、前記ウェハの前処理測定マップを形成するステップと、
前記前処理測定マップの第1の方向に配置された2以上の前記測定サイトから、前記測定手法データを用いて、第1の前処理式を定めるステップと、
前記前処理測定マップの第2の方向に配置された2以上の前記測定サイトから、前記測定手法データを用いて、第2の前処理式を定めるステップと、
前記第1の前処理式を用いて、前記ウェハの第1の前処理予測マップを計算するステップであって、前記第1の前処理予測マップは、前記第2組の複数のダイ上の1または2以上の前記未測定サイトの第1組の予測測定値を有する、ステップと、

10

20

前記第2の前処理式を用いて、前記ウェハの第2の前処理予測マップを計算するステップであって、前記第2の前処理予測マップは、前記第2組の複数のダイ上の1または2以上の前記未測定サイトの第2組の予測測定値を有する、ステップと、

前記ウェハの前処理信頼性マップを計算するステップであって、前記前処理信頼性マップは、前記第1の前処理予測マップおよび前記第2の前処理予測マップにおける前記第1および第2組の予測測定値の間の差値に基づいた、前記第2組の複数のダイ用の信頼性データを有し、大きな差値は、前記ウェハの処理の均一性を得るための低い信頼性を表し、小さな差値は、前記ウェハの処理の均一性を得るための高い信頼性を表すステップと、

前記第2組の複数のダイにおける1または2以上のダイの前記信頼性データが、前記ウェハの処理の均一性を得るための低い信頼性を示した場合、低い信頼性を示す前記1または2以上のダイを含む、前記ウェハの1または2以上の領域において、1または2以上の優先測定サイトを定めるステップと、

前記1または2以上の優先測定サイトを含む新たな測定レシピを用いて、前記ウェハに対する新たな測定手法データを取得するステップと、
を有する方法。

【請求項2】

さらに、

前記第2組のダイの前記信頼性データが、処理の均一性を得るため高い信頼性を示した場合、前記ウェハの制御設定値を計算するステップと、

前記計算された制御設定値を用いて、前記ウェハを処理するステップと、
を有することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】

さらに、

前記ウェハ上の少なくとも一つのハードマスクフィーチャの寸法を用いて、トリム値を定めるステップと、

化学酸化除去(OCR)処理を用いて、トリム化されたマスク層を形成するステップと、
を有することを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項4】

さらに、

前記第1組の複数のダイ上の前記測定サイトからの前記測定手法データ、および前記1または2以上の優先測定サイトからの新たな測定手法データを用いて、新たな前処理測定マップを形成するステップと、

前記ウェハの新たな前処理予測マップを計算するステップであって、前記新たな前処理予測マップは、前記1または2以上の優先測定サイトの周囲の領域において、前記第2組の複数のダイ上の1または2以上の前記未測定サイトの新たな組の予測測定データを含むステップと、

前記ウェハの新たな信頼性マップを計算するステップであって、前記新たな信頼性マップは、前記第1および/または第2の前処理予測マップの間の差値、および前記新たな前処理予測マップに基づく、前記第2組の複数のダイの新たな信頼性データを含むステップと

、前記1または2以上の優先測定サイトの前記新たな測定手法データが、ウェハの均一性仕様によって構築された限界範囲にない場合、エラー状況が形成されるステップと、

前記第2組のダイの前記新たな信頼性データが、処理の均一性を得るための高い信頼性を示す場合、前記ウェハが処理されるステップと、
を有することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項5】

さらに、

後処理測定手法データが必要な場合、測定モジュール内で、前記処理されたウェハを測定するステップであって、前記第1組の複数のダイ上の前記測定サイトから、後処理測定手法データが生じるステップ、

10

20

30

40

50

を有することを特徴とする請求項2に記載の方法。

【請求項6】

さらに、

前記処理されたウェハの前記後処理測定手法データを用いて、後処理測定マップを形成するステップと、

前記後処理測定マップの第1の方向に配置された2以上の前記測定サイトから、前記後処理測定手法データを用いて、第1の後処理式を定めるステップと、

前記後処理測定マップの第2の方向に配置された2以上の前記測定サイトから、前記後処理測定手法データを用いて、第2の後処理式を定めるステップと、

前記第1の後処理式を用いて、前記処理されたウェハの第1の後処理予測マップを計算するステップであって、前記第1の後処理予測マップは、前記第2組の複数のダイ上の1または2以上の前記未測定サイト用の、第1組の予測後処理測定値を含むステップと、

前記第2の後処理式を用いて、前記処理されたウェハの第2の後処理予測マップを計算するステップであって、前記第2の後処理予測マップは、前記第2組の複数のダイ上の前記1または2以上の前記未測定サイト用の、第2組の予測後処理測定値を含むステップと、

前記処理されたウェハの後処理信頼性マップを計算するステップであって、前記後処理信頼性マップは、前記第1の後処理予測マップと前記第2組の後処理予測マップにおける、前記第1および第2組の予測後処理測定値の間の差値に基づく、前記処理されたウェハ上の前記第2組の複数のダイ用の後処理信頼性データを含み、高い差値は、前記処理されたウェハの処理の均一性に低い信頼性が得られることを示し、低い差値は、前記処理されたウェハの処理の均一性に高い信頼性が得られることを示すステップと、

前記第2組の複数のダイにおける、1または2以上のダイの前記後処理信頼性データが、前記処理されたウェハの処理の均一性において低い信頼性が得られることを示す場合、低い信頼性を示す前記1または2以上のダイを含む前記ウェハの1または2以上の領域に、1または2以上の優先後処理測定サイトが構築されるステップと、

前記1または2以上の優先後処理測定サイトを含む新たな測定レシピを用いて、前記ウェハの新たな後処理測定手法データが取得されるステップと、

を有することを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項7】

さらに、

前記第1組の複数のダイ上の前記測定サイトからの前記後処理測定手法データ、および前記1または2以上の優先後処理測定サイトからの前記新たな後処理測定手法データを用いて、新たな後処理測定マップを形成するステップと、

前記処理されたウェハの新たな後処理予測マップを計算するステップであって、前記新たな後処理予測マップは、前記1または2以上の優先後処理測定サイトの周囲の領域において、前記処理されたウェハの前記第2組の複数のダイ上の1または2以上の前記未測定サイト用の新たな組の予測測定データを含むステップと、

前記処理されたウェハの新たな信頼性マップを計算するステップであって、前記新たな信頼性マップは、前記第1および/または第2の後処理予測マップの間の差値、および前記新たな後処理予測マップに基づく、前記第2組の複数のダイの新たな信頼性データを含むステップと、

前記1または2以上の優先後処理測定サイト用の新たな後処理測定手法データが、前記ウェハの均一性仕様によって構築された、後処理限界の範囲にない場合、エラー状況を形成するステップと、

を有することを特徴とする請求項6に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2006年3月28日に出願された米国特許出願第11/390,415号に基づき、この利益を主張するものである。本出願は、2003年11月12日に出願された、「ウェハを化学的に処

10

20

30

40

50

理する処理システムおよび方法」という題目の同時係属中の米国特許出願第10/705,200号；2003年11月12日に出願された、「ウェハを熱的に処理する処理システムおよび方法」という題目の同時係属中の米国特許出願第10/704,969号；2003年11月12日に出願された、「隣接する温度制御されたチャンバを熱的に絶縁する方法および機器」という題目の同時係属中の米国特許出願第10/705,397号；2004年9月20日に出願された、「モデルフィードバック更新による等温/ネスト化カスケーディングトリム制御」という題目の同時係属中の米国特許出願第11/046,903号；2005年2月1日に出願された、「ソフトマスク処理用の等温/ネスト化制御」という題目の同時係属中の米国特許出願第10/944,463号；本願と同日に出願された、「ウェハ均一性制御による動的サンプリング測定法」という題目の同時係属中の米国特許出願第11/390,469号（代理人認識番号313530-P0023）；本願と同日に出願された、「ジュアルダマッセン処理用の動的サンプリング測定法」という題目の同時係属中の米国特許出願第11/390,412号（代理人認識番号313530-P0027）；に関連する。これらの各出願の内容は、本願の参照として取り入れられている。

10

【0002】

本発明は、ウェハを処理するシステムおよび方法に関し、特に、ウェハの均一性を改善する、ランツラン制御を用いたシステムおよび方法に関する。

【背景技術】**【0003】**

半導体製造設備（工場）による半導体集積回路の製作において、フィードフォワード制御器を使用することは、古くから構築されている。最近まで、ウェハは、ロット中の各ウェハに対して実施されたものと同じ処理を用いて、バッチまたはロットで処理されてきた。ロットの寸法は、製造設備の実情に応じて変化するが、通常の場合、最大25ウェハに限られている。測定は、ロット中のいくつかのウェハに対して、ルーチンで行われ、これらのサンプルの測定結果に基づいて、処理が調整される。ロットのサンプルの測定結果に基づいて、以降のロットに対する方法を制御し、処理レシピの調整を行うことは、ロットツーロット（L2L）制御と呼ばれる。L2L制御の処理レシピを調整するために必要な処理モデルおよび情報は、保管されており、工場レベルで計算が実施される。近年、半導体処理設備（SPE）の製造工場は、処理の実施前後に、各ウェハを迅速に測定する機能を備える。処理ツール上の各ウェハの測定機能は、統合測定手法（IM）と呼ばれる。IMは、ウェハツーウェハ（W2W）レベルで測定を行い、処理レシピを調整する機能を有する。

20

30

【0004】

半導体ウェハの構造において、寸法の微細化および密度の増大により、追加の処理制御の問題が生じている。半導体ウェハの領域は、特定の領域内の構造物の密度に基づいた、分離領域またはネスト領域として定められ、半導体処理において、これらの異なる密度のため、問題が生じる。

【0005】

トリムエッチングの必要性は、広く認識されており、ゲート長制御のため、臨界寸法（CD）トリム処理に関して、多くの方法が開発されている。分離/ネスト化制御は、マスク設計プロセスの一部となりつつあり、これには、エッチング装置を介した処理のモデル化が含まれる。しかしながら、マスク形成処理に取り入れられた分離/ネスト化モデルは、分離またはネスト化構造に関連する、単一のCDターゲットに対して最適化される。マスクバイアス制御は、光処理補正（OPC）を利用し、これは、しばしば光近接補正と呼ばれ、レチクルの絞りは、パターンの信頼性を高めるため、必要な光を加え、または減ずるよう調整される。別の方法は、位相シフトマスク（PSM）であり、これにより、レチクル上に地勢構造が形成され、画像中にコントラスト増強干渉縞が導入される。

40

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

本発明では、ウェハを処理する方法が提供される。

【課題を解決するための手段】

50

【0007】

本発明の原理は、複数のダイを有するウェハを処理する方法に関し、各ダイは、少なくとも一つの他の層の上部に、パターン化されたハードマスク層を有し、ウェハ用の測定手法データが定められる。測定手法データは、ウェハ上の少なくとも一つのハードマスクフィーチャ用の臨界寸法(CD)データ、および少なくとも一つの他の層用のデータを含み、測定手法データは、ウェハ上の第1の数の測定サイトに対して、履歴データもしくは測定データ、またはこれらの組み合わせを用いて定められる。測定手法データを用いて、ウェハに対して、前処理測定マップが形成される。第1の前処理予測マップがウェハに対して計算され、ウェハ上の第1組のダイ用の第1組の予測測定データを有する。ウェハに対して第2の前処理予測マップが計算され、第2の前処理予測マップは、ウェハ上の第2組のダイ用の第2組の予測測定データを有する。ウェハに対して前処理信頼性マップが計算され、前処理信頼性マップは、ウェハ上のダイ用の第3組の信頼性データを有し、信頼性データは、第1の前処理予測マップと第2の前処理予測マップの間の差異を用いて定められる。1または2以上のダイ用の信頼性データが、ウェハの信頼性限界の範囲にない場合、第1の優先測定サイトが計算される。新たな測定レシピを用いて、ウェハに対して新たな測定手法データが取得され、この測定レシピは、第1の優先測定サイトを含む。

10

【0008】

本発明の他の態様は、以下の記載および添付図面により、明らかとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、添付の概略的な図面を参照して、一例に過ぎない本発明の実施例について説明する。図面において、対応する参照符号は、対応する部品を表している。

20

【0010】

材料処理方法において、パターンエッチング処理は、フォトレジストのような感光性材料の薄膜層を、その後パターン処理されるウェハに設置するステップを有し、これにより、エッチングの間、このパターンを下側の材料に転写するマスクが提供される。通常、感光性材料のパターン処理は、例えば、微細リソグラフィシステムを用いて、感光性材料を放射線源に暴露するステップを有し、その後、現像剤を用いて、感光性材料の被照射領域が除去され(陽性のフォトレジストの場合)、または非照射領域が除去される(陰性のフォトレジストの場合)。

30

【0011】

また、単一層および/または複数層のマスクが使用されても良い。ソフトマスクおよび/またはハードマスク層を使用しても良い。例えば、ソフトマスク上部層を用いて、フィーチャをエッチングする場合、ソフトマスク層のマスクパターンは、他のエッチングステップに先立ち、別個のエッチングステップ(ハードマスクオープン)を用いて、ハードマスク層に転写される。ソフトマスクは、これに限られるものではないが、小型フィーチャ法に適用可能なArFレジスト材料またはフォトレジスト材料を含む、シリコン処理用のいくつかの材料から選定される。例えば、ハードマスクは、これに限られるものではないが、二酸化珪素(SiO_2)、窒化珪素(Si_3N_4)、炭素等を含む、シリコン処理用のいくつかの材料から選定される。

40

【0012】

図1には、本発明の実施例による処理システムのブロック図の一例を示す。示された実施例では、処理システム100は、処理ツール110と、該処理ツール110に結合された制御器120と、処理ツール110および制御器120に結合された製造機器システム(MES)130とを有する。処理ツール110は、多数の処理モジュール115を有し、これらは、搬送システム150と結合される。

【0013】

また、処理ツール110には、統合測定モジュール(IMM)140が結合される。例えば、IMM140は、搬送システム150に結合される。あるいは、IMM140は、異なる方法で、処理ツール110に結合されても良い。処理ツール110、制御器120、MES130、およびIMM140のうちの少な

50

くとも一つは、制御部材、グラフィカルユーザインターフェース（GUI）部材、および／またはデータベース部材（図示されていない）を有する。別の実施例では、1または2以上のこれらの部材は、排除されても良い。

【0014】

処理ツール110および／または工場システム130からの制御器120により、いくつかの構成および／または配置の情報が取得される。工場レベルのビジネスルールを用いて、制御階層が構築される。ビジネスルールを用いて、通常処理用の行動、およびエラー状況での取るべき行動が特定されても良い。例えば、処理ツール110および／または制御器120は、独立に動作し、あるいは工場システム130によりある程度制御される。また、工場レベルのビジネスルールを用いて、処理の中断および／または停止のタイミング、ならびに処理が中断および／または停止された際になすべきことが決定される。また、工場レベルのビジネスルールを用いて、処理を変えるタイミングおよび処理を変える方法が決定されても良い。

10

【0015】

ビジネスルールは、制御方針レベル、制御プランレベル、または制御モデルレベルで定められる。ビジネスルールは、特定の内容に遭遇した際に実行するように割り当てられても良い。高レベルおよび低レベルで整合する内容に遭遇した場合、高レベルに関連するビジネスルールが実行される。GUIスクリーンを用いて、ビジネスルールが定められ、維持される。ビジネスルールの定義および割り当てにより、ユーザは、通常のセキュリティレベルよりも高いレベルを扱うことが可能となる。ビジネスルールは、データベース内に保管される。文書およびヘルプスクリーンにより、ビジネスルールの定義方法、割り当て方法、および維持方法が提供される。

20

【0016】

MES130は、処理ツール110および／または制御器120に関連する、データベースに記録されたデータを用いて、いくつかのシステム処理をモニターするように配置される。工場レベルのビジネスルールを用いて、モニターされる処理、および使用されるデータが定められる。例えば、処理ツール110および／または制御器120は、独立にデータを収集し、またはデータ収集処理は、工場システム130にある程度制御される。また、工場レベルのビジネスルールを用いて、処理が変更され、中断されおよび／または停止された際のデータの管理方法が定められても良い。

30

【0017】

また、MES130により、処理ツール110および／または制御器120に、ランタイム配置情報が提供される。データは、GEM SECS通信プロトコルを用いて交換される。例えば、APC設定、ターゲット、限界、ルール、およびアルゴリズムは、「APCレシピ」、「APCシステムルール」、および「APCレシピパラメータ」として、工場から処理ツール1および／または制御器120にダウンロードされる。測定システムレシピおよび設定は、工場から、「IMMレシピ」、「IMMシステムルール」、「IMMレシピパラメータ」として、処理ツール110および／または制御器120にダウンロードされる。

【0018】

通常、ルールにより、システムおよび／またはツールの動作は、処理システム100の動的状態に基づいて変更される。いくつかの構成および／または配置の情報は、処理システム100によりこれらが最初に構成された際に、処理ツール110および／または制御器120により定められる。また、ツールレベルのルールを用いて、ツールレベルの制御階層が構築される。例えば、処理ツール110および／またはIMM140は、独立に動作し、あるいはIMM140は、処理ツール110により、ある程度制御される。また、ツールレベルルールを用いて、処理が中断および／または停止されるタイミング、ならびに処理が中断および／または停止された際になすべきことを定めても良い。また、ツールのルールを使用して、処理を変更するタイミング、処理を変更する方法、およびデータを管理する方法を定めても良い。

40

【0019】

図1には、一つの処理ツール110および一つの制御器120が示されているが、これは、本発

50

明に必須ではない。半導体処理システムは、独立した処理ツールおよびモジュールに加えて、いかなる数の処理ツールを有しても良く、これらの処理ツールは、これらに関連するいかなる数の制御器を有しても良い。

【0020】

処理ツール110および/または制御器120を用いて、いかなる数の処理ツールを配置しても良く、いかなる数の独立した処理ツールおよびモジュールに加えて、これらの処理ツールは、これらに対応したいかなる数の処理ツールを有しても良い。処理ツール110および/または制御器120は、多くの機能のうち、処理ツール、処理サブシステム、処理モジュールおよびセンサを含む処理プロセスから、データの収集、提供、処理、保管、および表示を行う。

10

【0021】

処理ツール110および/または制御器120は、多数のアプリケーションを有し、少なくとも一つのツール関連アプリケーション、少なくとも一つのモジュール関連アプリケーション、少なくとも一つのセンサ関連アプリケーション、少なくとも一つのインターフェース関連アプリケーション、少なくとも一つのデータベース関連アプリケーション、少なくとも一つのGUI関連アプリケーション、および少なくとも一つの構成用アプリケーション等を含む。

【0022】

例えば、システム100は、東京エレクトロン社のAPCシステムを有し、これは、Unity（登録商標）ツール、Telius（登録商標）ツール、および/またはTrias（登録商標）ツール、ならびにこれらに関連する処理サブシステムおよび処理モジュールと連動する。また、システムは、東京エレクトロン社のIngenio（登録商標）TL ESサーバ、および東京エレクトロン社の統合測定モジュール（IMM）のようなランツェラン（R2R）制御器を有する。あるいは、制御器120は、他の処理ツールおよび他の処理モジュールを支援する。

20

【0023】

GUI部材（図示されていない）は、インターフェースを用いて容易に提供され、ユーザは、ツール状態および処理モジュール状態を視認し；選択ウェハのサマリーおよび未加工の（トレース）パラメータデータのx-yチャートを形成および編集し；ツールアラームログを視認し；データベースまたは出力ファイルへの配線データの条件を特定する、データ収集プランを構成し；統計処理制御（SPC）チャート処理、モデル処理および表計算プログラムにファイルを入力し、特定のウェハのウェハ処理情報を検査し；データベースに現在保管されているデータをレビューし；SPCチャートを形成し編集し；e-メール警告を発するSPCアラームを設定し、多変量原理部材解析（PCA）および/または部分最小二乗法（PLS）モデルを稼働し；TL制御器120を用いて問題を修正し記録するため、診断スクリーンを視認する。当業者には明らかなように、GUI部材は、全ての機能のインターフェースを提供する必要はない。GUIの代わりに、これらの機能の一部用の、または記載されていない他の機能用のインターフェースを提供しても良い。

30

【0024】

制御器120は、メモリ（図示されていない）を含み、このメモリは、1または2以上のデータベースを含む。ツールからのデータは、データベース内にファイルとして保管される。また、IMMデータおよびホスト測定手法データが、データベースに保管されても良い。データの量は、構成されたデータ収集プラン、および処理が行われ、処理ツールが稼働する頻度に依存する。処理ツール、処理チャンバ、センサ、オペレーティングシステムから取得されたデータが、データベースに保管されても良い。

40

【0025】

別の実施例では、システム100は、顧客側ワークステーション（図示されていない）を有する。システム100は、複数の顧客側ワークステーションを支援しても良い。顧客側ワークステーションにより、ユーザは、構成手順を実施し；ツール、制御器、処理を含む状態、および工場状態を視認し；現在のおよび過去のデータを視認し；モデル処理およびチャート処理機能を実施し；制御器にデータを入力することができる。例えば、ユーザには、

50

管理権が提供されても良く、これにより、システム部材により実施される1または2以上の処理が制御される。

【0026】

処理ツール110および制御器120は、MES130に結合され、E診断システムの一部となる。処理ツール110および/または制御器120は、工場システムと情報を交換することができる。また、MES130は、処理ツール110および/または制御器120に、指令を発信しおよび/または情報を変更する。例えば、MES130は、処理ツール110および/または制御器120に、ダウンロード可能なレシピをフィードフォワードし、このレシピは、各レシピ用の可変パラメータを有する、いかなる数の処理モジュール、ツールおよび測定装置に関連しても良い。可変パラメータには、ロット毎に調整する必要があるツールレベルシステムの変数、最終CDターゲット、限界、およびずれが含まれる。また、測定手法データは、工場システム、または東京エレクトロン社のLithius（登録商標）ツールのようなりソグラフィツールから、制御器120にフィードフォワードされても良い。

10

【0027】

また、MES130を用いて、臨界寸法走査電子顕微鏡（CD SEM）情報のような測定データが制御器120に提供される。あるいは、CD SEM情報は、マニュアルで提供されても良い。調整因子を用いて、IMとCD SEM測定の間、いかなるずれが調整されても良い。測定および/または履歴データは、データベースに適切に導入することが可能な、ウェハ同定情報および日付のような時刻印を含む。

20

【0028】

図1には、単一の処理ツール110が示されているが、これは、本発明にとって必須ではない。代わりに、追加の処理ツールが使用されても良い。ある実施例では、処理ツール110は、1または2以上の処理モジュールを有する。処理ツール110は、エッチングモジュール、成膜モジュール、測定モジュール、研磨モジュール、コーティングモジュール、現像モジュール、熱処理モジュール、またはこれらの2以上の組み合わせを有しても良い。

【0029】

処理ツール110は、少なくとも一つの他の処理ツールおよび/または制御器と結合されたリンク112を有する。例えば、他の処理ツールおよび/または制御器は、この処理の前に実施された処理と関連し、および/または制御器は、この処理の後に実施される処理と関連する。リンク112は、フィードフォワードおよび/またはフィードバック情報に使用される。例えば、フィードフォワード情報は、戻りのウェハに関するデータを有する。このデータは、ロットデータ、バッチデータ、ランデータ、組成データ、およびウェハ履歴データを含む。

30

【0030】

IMM140は、光学デジタルプロファイル（ODP）システムを有する。また処理ツール110は、測定装置、ツール関連測定装置、および外部測定装置に関するモジュールを有しても良い。例えば、データは、1または2以上の処理モジュールに結合されたセンサ、および処理ツールに結合されたセンサから取得される。センサは、光放射分光法（OES）センサまたは光終点検出センサを有する。例えば、これらのセンサの波長範囲は、200nmから900nmの範囲である。また、データは、走査型電子顕微鏡（SEM）ツール、透過型電子顕微鏡（TEM）ツール、および光デジタルプロファイル（ODP）ツールのような外部装置から取得されても良い。

40

【0031】

ODPツールは、Timbreテクノロジー社（TEL社）から入手でき、これにより、半導体装置の構造物のプロファイルを測定するパターン化技術が提供される。例えば、ODP技術を用いて、臨界寸法（CD）情報、構造プロファイル情報、またはピアプロファイル情報が取得される。

【0032】

制御器120は、処理ツール110およびMES130に結合され、前処理データおよび後処理データのような情報が、これらの間で交換される。例えば、ツールにより内部エラー事象が発生

50

した場合、制御器120は、事象に関する情報を含むメッセージを、MES130に送信する。これにより、工場システムおよび/または工場員は、修正または予防保守の間に生じる主要な変更の後、リスクのあるウェハの数を最小限にして、必要な変更を行うことができる。

【0033】

図1には、単一の制御器120が示されているが、これは本発明に必須ではない。代わりに、追加の制御器を使用しても良い。例えば、制御器120は、少なくとも一つのランツラン(R2R)制御器、フィードフォワード(FF)制御器、処理モデル制御器、フィードバック(FB)制御器、および処理制御器(いずれも図1には示されていない)を有しても良い。

【0034】

制御器120は、少なくとも一つの他の制御器と結合するためのリンク122を有する。例えば、他の制御器は、この処理の前に実施された処理と関連し、および/または制御器は、この処理の後に行われる処理と関連する。リンク122は、フィードフォワードおよび/またはフィードバック情報のため使用される。

【0035】

ある場合には、制御器120は、入力状態およびウェハ用の所望の状態のモデル式を把握し、制御器は、ウェハに対して実施されるレシピの組を定め、入力状態から処理状態に、ウェハの状態を変更する。別の場合、制御器120は、入力状態、およびウェハの所望の状態を定め、制御器120は、ウェハに対して実施されるレシピの組を決定し、入力状態から所望の状態に、ウェハが変更される。例えば、レシピの組は、処理モジュールの組を含むマルチステップ処理を表す。

【0036】

制御器120の一つの時定数は、測定の間時間に基づいて定められる。ロットの完了後に、測定データが利用されると、制御器の時定数は、ロットの間時間に基づいて定められる。ウェハ処理が完了した後に測定データが利用される場合、制御器の時定数は、ウェハの間時間に基づいて定められる。処理の間、リアルタイムで測定データが提供される場合、制御器の時定数は、ウェハ内の処理ステップに基づいて定められる。ウェハが処理される間、またはウェハが完了した後、またはロットが完遂した後、測定データが利用される場合、制御器120は、複数の時定数を有し、これは、処理ステップ間、ウェハの間、および/またはロットの間時間に基づく。

【0037】

1または2以上の制御器120は、いかなる時間点で作動されても良い。例えば、ある制御器120は、作動モード状態にあり、第2の制御器120は、モニターモードにある。また、別の制御器120は、シミュレーションモードで作動しても良い。制御器は、単一のループまたは複数のループを有し、このループは、異なる時定数を有する。例えば、ループは、ウェハのタイミング、パッチタイイング、ツールタイミング、および/または工場タイミングに依存する。

【0038】

制御器120は、入力状態、処理の特徴、および処理モデルに基づいて、ウェハの予測状態を計算する。例えば、トリム速度モデルを処理時間とともに使用して、予測トリム量が計算される。あるいは、処理時間とともにエッチングモデル速度が使用され、エッチング深さが計算され、処理時間とともに、成膜速度モデルが使用され、成膜厚さが計算されても良い。また、モデルは、SPCチャート、PLSモデル、PCAモデル、欠陥検出および分類(FDC)モデル、多変量解析(MVA)モデルを含む。

【0039】

制御器120は、処理モジュールにおいて、処理パラメータ限界用の外部提供データを受信し、これを利用する。例えば、制御器GUI部材は、処理パラメータ限界のマニュアル入力用の手段を提供する。また、工場レベルの制御器は、各処理モジュールの処理パラメータ用の限界を提供する。

【0040】

制御器120は、市販のモデル化ソフトウェアにより形成されたモデルを受信し、実行する

10

20

30

40

50

。例えば、制御器は、外部アプリケーションにより形成され、制御器に送信されたモデルを受信し、実行する。

【0041】

ある実施例では、制御器120を用いて、FDCアプリケーションが稼働され、アラーム/不具合条件に関する情報が送信および/または受信される。例えば、制御器は、工場レベルの制御器またはツールレベルの制御器に、およびこれから、FDC情報を送信および受信する。また、FDC情報は、エラー状況の判断後に、e-診断ネットワーク、e-メールまたはポケベルを介して、送信される。別の実施例では、FDCアプリケーションは、異なる制御器で稼働されても良い。

【0042】

制御器120は、アラーム/不具合に応じて、アラーム/不具合の性質に依存した各種行動を行うことができる。アラーム/不具合により採用される行動は、ビジネスルールに基づき、このビジネスルールは、システムレシピ、処理レシピ、モジュールレシピ、モジュール同定数、ロードポート数、カセット数、ロットナンバー、制御ジョブID、処理ジョブID、スロットナンバー、および/またはマップの種類により定められた内容のレシピに対して構築される。ある実施例では、制御器は、取るべき行動を決定する。あるいは、制御器は、FDCシステムにより、いくつかの特定の行動を行うように指示される。

【0043】

制御器120は、入力および出力データを保管するデータベース部材を有する。例えば、制御器は、特に、受信入力、送信出力、および制御器により行われた行動を、検索可能なデータベースに保管する。また、制御器130は、データバックアップと復旧用のハードウェアおよび/またはソフトウェアを有する。また、検索可能なデータベースは、モデル情報、配置情報、および履歴情報を有し、制御器120は、データベース部材を使用して、現在と過去のモデル情報およびモデル構成情報のバックアップと復旧を行う。また、検索可能なデータベースは、ウェハマップおよび/または処理マップのようなマップ情報、配置情報、および履歴情報を含んでも良く、制御器は、データベース部材を用いて、現在と過去のマップ情報およびマップ配置情報のバックアップと復旧を行う。

【0044】

制御器120は、ウェブをベースとしたユーザインターフェースを有する。例えば、制御器120は、データベース内のデータを視認するための、ウェブの可能なGUI部材を有する。制御器は、セキュリティ部材を有し、セキュリティ管理者に承認された許可に応じて、複数のレベルのアクセスが提供されても良い。また制御器120は、導入時に提供されたデフォルトモデルの組を有し、デフォルト条件にリセットする機能を有しても良い。

【0045】

制御器は、複数の処理モデルを管理する機能を有し、これらのモデルは、同時に実行され、処理レシピの異なる組に制約される。制御器は、3つの異なるモードで稼働する：シミュレーションモード、試験モードおよび標準モードである。制御器は、実際の処理モードと並列に、シミュレーションモードで作動する。また、FDCアプリケーションが並列に稼働され、リアルタイムの結果が得られる。

【0046】

半導体処理システムは、ホストシステム、および1または2以上の処理システムを有し、ホストシステムは、マスターシステムとして作動し、処理操作の主要部分を制御しおよび/またはモニターする。ホストシステムは、処理手順を形成し、この処理手順を処理システムに送信する。ある実施例では、処理手順は、一連の測定モジュール巡回と、処理モジュール巡回とを有する。各測定モジュール巡回および各処理モジュール巡回に対して、処理ジョブ(RJ)が形成される。

【0047】

また、処理システム制御器が、シミュレーションモードで稼働すると、仮想測定および/またはマップが形成される。シミュレーションモードの実行により得られる結果は、保管され、処理ドリフトおよび/または起こり得る不具合状況の予測に利用される。

10

20

30

40

50

【0048】

図1には、単一の処理ツール110が示されているが、一つの処理ツール110のみを含む配置は、本発明に必須ではない。代わりに、追加の処理ツールが使用されても良い。ある実施例では、処理ツール110は、前述のトリミング手順を実施する手段を有する。あるいは、処理ツール110は、エッチングモジュール、成膜モジュール、研磨モジュール、コーティングモジュール、現像モジュール、アッシングモジュール、酸化モジュール、熱処理モジュール、またはこれらの2以上の組み合わせを有しても良い。

【0049】

図2には、本発明の実施例による統合処理システム200の単純化されたブロック図を示す。示された実施例では、処理システム（TELIUS（登録商標））は、処理ツール、統合測定モジュール（IMM）235、およびツールレベルAPC制御器225を有する。当業者には明らかなように、統合処理システム200の部材は、本発明のシステムの単なる一例として示されている。当業者には明らかなように、および以下の記載から明らかなように、本発明の部材の順列組み合わせは、有意である。本願には示されていないが、そのような各変更は、本発明の範囲に属することを意図するものである。

10

【0050】

図2に示すようなシステム200'は、IMMウェハサンプル処理を提供し、ウェハスロット選択は、（PJ形成）機能を用いて定められる。R2R配置は、特に、フィードフォワード制御プラン変数、フィードバック制御プラン変数、測定手法較正パラメータ、制御限界、およびSEMI標準可変パラメータを有する。測定手法データレポートは、ウェハ、サイト、構造、および組成のデータを含み、ツールは、実際のウェハの設定を記録する。

20

【0051】

IMMシステムは、Timbreテクノロジー社の光デジタル側面（ODP）システムのような、光学測定システムを有し、これは、分光偏光法、反射測定法、または他の光学装置を用いて、真の装置プロファイル、正確な臨界寸法（CD）、およびウェハの多層化層の膜厚を測定する。Timbreテクノロジー社は、カリフォルニアにある会社であり、TELの完全子会社である。

【0052】

処理は、直列的に実行され、解析を実施するため、ウェハを破壊する必要はない。ODPは、インラインプロファイルおよびCD測定用の既存の薄膜測定ツールとともに使用され、TEL処理ツールと一体化して、リアルタイム処理モニタリングおよび制御を提供することができる。ODPプロファイル器は、実際のプロファイル、CDおよび薄膜厚さ測定結果を提供する高精度測定ツールと、インライン処理の逸脱または処理欠陥を検出する歩留まり向上ツールの両方に用いられる。

30

【0053】

ODP（登録商標）ソリューションは、3つの重要部材を有する：ODP Profiler（登録商標）ライブラリは、光スペクトルの特定のデータベース、ならびに対応する半導体プロファイル、CD、および膜厚を有する。Profiler（登録商標）アプリケーションサーバ（PAS）は、光学ハードウェアおよびコンピュータネットワークと接続されるコンピュータサーバを有する。これは、データ通信、ODPライブラリ動作、測定処理、結果発生、結果解析、および結果出力を取り扱う。ODP Profiler（登録商標）ソフトウェアは、PASにインストールされたソフトウェアを有し、これにより、測定レシピ、ODP Profiler（登録商標）ライブラリ、ODP Profiler（登録商標）データ、ODP Profiler（登録商標）結果検索/整合、ODP Profiler（登録商標）結果計算/解析、データ通信、および各種測定ツールおよびコンピュータネットワークに対する、PASインターフェースが管理される。

40

【0054】

光学測定システムの一例は、2000年11月28日に出願された、Jakatdarらの「格子プロファイルのリアルタイムライブラリ形成用のシステムおよび方法」という題目の、同時係属中の米国特許出願第09/727,530号に記載されており、これは、本願の参照文献として取り入れられている。

50

【 0 0 5 5 】

ODP技術を用いて、コーティング手順、および/または被パターン化ウェハのフィーチャ内のコーティングの厚さおよび/または残留物が測定される。これらの技術は、2003年2月3日に出願された、Niuらの「追加材料を有する構造のモデル最適化」という題目の同時係属中の米国特許出願第10/357,705号に記載されており、追加材料の測定に関するODP技術は、2001年12月4日に出願された、「周期格子内の追加材料のずれの光学的測定法」という題目の米国特許第6,608,690号、および2003年5月5日に出願された「周期格子内の追加材料のずれの光学測定法」という題目の米国特許第6,839,145号に記載されており、これらは、全て本願の参照として取り入れられている。

【 0 0 5 6 】

測定モデルを形成するODP技術は、2002年7月25日に出願されたVoungらの「光学測定におけるモデルおよびパラメータ選定」という題目の同時係属中の米国特許出願第10,206,491号に記載されており、統合測定用途に関するODP技術は、2001年8月6日に出願された、「回帰系ライブラリ発生処理を用いたダイナミックラーニングの方法およびシステム」という題目の米国特許第6,785,638号に記載されており、これらは、いずれも本願の参照として取り入れられている。

【 0 0 5 7 】

東京エレクトロン株式会社のIngenioシステムのような制御システムは、レシピ管理アプリケーションのような管理アプリケーションを有する。例えば、レシピ管理アプリケーションは、Ingenioシステムデータベースに保管されたレシピの視認および/または制御に使用することができ、これは、Ingenioシステムから、ネットワーク環境を介して、機器と同期化される。Ingenioクライアントは、向上から離れた位置に配置され、複数の機器ユニットに対する包括的な管理機能が提供される。

【 0 0 5 8 】

レシピは、3つの構造に組織化され、これは、レシピ組、クラス、および対象物として表示されるレシピを有する。レシピは、処理レシピデータ、システムレシピデータ、およびIMMレシピデータを含む。データは、レシピ組を用いて保管され、組織化される。処理ツール100に関するIMMレシピを用いて、サンプリングウェハ、およびスロットとIMレシピの関係が定められる。IMレシピは、IMM140内に存在し、これは、Telius IMMレシピにおいて選択され、パターン認識情報を有し、各ウェハ上のサンプルのチップスの同定に使用され、使用PASレシピの決定に使用される。PASレシピを用いて、どのODPライブラリを使用するかが決定され、上部CD、底部CD、側壁角度(SWA)、層厚さ、溝深さ、および良好フィッティングの状態(GOF)のような測定指標が定められる。

【 0 0 5 9 】

Ingenioシステムのような処理システムは、制御方式として作動するAPCアプリケーションを含み、この制御方式は、エッチングツールレシピを含む制御プランと関連する。ランタイムで整合するウェハレベルコンテキストにより、ウェハのカスタム配置が可能となる(スロット、ウェハID、ロットID等)。制御方式は、1または2以上の制御プラン、および処理モジュールを有し、および/または制御される測定モジュールは、処理モジュールおよび/または測定モジュールに対する巡回の際に定められた、少なくとも一つの制御プランを有する。制御プランは、マップ、モデル、制御限界、ターゲットを有し、静的レシピ、式モデル、およびフィードバック計画を有する。

【 0 0 6 0 】

制御システムにおいて、フィードフォワードおよび/またはフィードバック制御は、制御方式、制御プラン、および制御モデルを設定することにより実施される。制御方式は、各システム処理に対して記録され、フィードフォワードおよび/またはフィードバック制御が実施される。方式が保護されると、その全ての対象(計画およびモデル)は、編集することができなくなる。システムレシピが実行されると、制御方式内の制御プランの1または2以上が実行される。各制御プランを用いて、フィードフォワードおよび/またはフィードバック情報に基づいて、レシピが修正される。

10

20

30

40

50

【0061】

制御方式を用いて、処理レシピおよび処理ツールが構築され；制御プランが定められ；ウェハマップが定められ、不具合に応じた行動が構築され；コンテキストが構築され；制御モードが構築され（標準、シミュレーション、または試験）、制御行動が構築され（可能／無効）；制御状態が構築される（保護／未保護）。

【0062】

制御方式は、標準制御方式およびシミュレーション制御方式を有する。標準制御方式は、処理ツール110を制御するように構成される。シミュレーション方式は、シミュレーション制御プランに関連する。制御プランは、選定されたモデルに基づいて、レシピ変数を調整する。レシピ変数は、制御器によりログ化されるが、処理ツールには送信されない。複数のシミュレーション制御方式が同時に実行されるが、一つの標準タイプの制御プランは、所与のウェハに対して実行される。

10

【0063】

また、制御方式は、他の操作領域を含んでも良い。例えば、ロットID領域を用いて、ロット識別子が導入／編集され、CJID領域を用いて、制御ジョブ識別子が導入／編集される。PJID領域を用いて、処理ジョブ識別子が導入／編集される。カセットID領域を用いて、カセット識別子が導入／編集される。キャリアIDを用いて、キャリア識別子が導入／編集される。スロットIDを用いて、スロットナンバーが導入／編集される。ウェハタイプの領域を用いて、ウェハタイプが導入／編集される。筆記ウェハIDを用いて、筆記ウェハ識別子が導入／編集される。ウェハID領域を用いて、ウェハ識別子が導入／編集される。領域よりも速い開始時間を用いて、開始時間が導入／編集される。また、領域よりも遅い開始時間を用いて、終了時間が導入／編集される。

20

【0064】

制御プランは、モジュール内の複数の処理ステップを網羅し、工場により制御される。各処理および／または測定モジュール毎に、パラメータ範囲が定められ、各制御パラメータに、可変パラメータ「限界範囲」が提供される。

【0065】

制御システムは、APCアプリケーションを有し、これは、制御データの解析、およびエラー条件の構築に使用される。コンテキストが整合した際に、解析アプリケーションが実行される。解析アプリケーションの実行の間、1または2以上の解析プランが実行される。例えば、一変数モデル／プランが実行され、SPCアラームが開始され；PCAおよび／またはPLSモデル／プランが実行され、SPCアラームが開始され；多変数SPCモデル／プランが実行され、SPCアラームが開始され；他のファイル出力プランが実行され、ソフトウェアアラームが開始される。

30

【0066】

データに不具合が生じると、プランにより、エラーが生じ、実行プログラムが生じ、または制御プログラムが生じる。エラーが生じると、プランにより、アラームメッセージが生じ；親の方式状態が不具合状態に変化し；プラン状態が不具合状態に変化し；アラームログおよびFDCシステムに、1または2以上のメッセージが送信される。フィードフォワードプランまたはフィードバックプランに問題が生じると、親の方式の1または2以上のプランが終結され、状態が不具合状態に変化する。ある場合には、不良の導入ウェハが検出されると、制御プランは、これを欠陥導入ウェハとして検出しおよび／または同定する。また、フィードバックプランが使用可能となると、フィードバックプランは、欠陥および／または不具合ウェハとして同定されたウェハを、別のプランによりスキップする。データ収集プランは、このウェハに関する全ての測定サイトにおけるデータを拒絶し、またはデータを拒絶する。そのデータを用いて形成されたマップは、不均一限界を超えるからである。

40

【0067】

ある実施例では、フィードバックプランの不具合によって、その方式、または他のプランは終結されず、マップ形成不具合によって、その方式または他のプランは、終結されない。適合プラン、方式、および／またはマップ形成は、いかなるエラー／アラームメッセー

50

ジも形成しない。

【0068】

制御システムは、FDCシステムを有し、これは、エラー/アラーム/不具合条件のためのアプリケーションを有する。エラー、アラームおよび/または不具合条件が検出されると、FDCシステムのFDCアプリケーションは、1または2以上の処理モジュールおよび/またはツールに、メッセージを送信する。例えば、メッセージは、現在の処理を中断し、または停止するために送信される。ある場合は、メンテナンスカウンタの値を変更することにより、ツールの中断/停止がなされる。

【0069】

方式および/またはプランエラーの事前指定不具合動作は、データベース内に保管され、エラーが生じた際に、データベースから取り出される。不具合動作には、このウェハおよびモジュール用の通常の処理レシピを用いること；このウェハおよびモジュール用の無効処理レシピを利用すること；処理モジュールを中断し、介入を待機すること；または全体のツールを中断し、介入を待機すること；が含まれる。例えば、処理ツールは、エラーを有するウェハが、R2R不具合が生じた対象の処理モジュールに到達したときにのみ、動作を行っても良く、処理ツールは、他のモジュールにおける他のロット、レシピ、またはウェハの処理を継続しても良い。無効レシピは、処理ツールおよび/または処理システムにより使用される制御レシピであっても良く、ウェハは、処理されないで処理チャンバを通過する。例えば、無効レシピは、処理ツールが中断された際、またはウェハが処理を必要としない際に、使用されても良い。

【0070】

FDCシステムは、欠陥を検出し、ツールの特性を予測し、予防メンテナンス計画を予測し、メンテナンス休止時間を抑制し、処理ツール内の消耗部品のサービス寿命を延伸する。FDCシステムは、ツールおよび追加のセンサからデータを収集し、サマリパラメータを計算し、MVAを実施し、結果を通常のSPCを使用したときの動作と比較する。例えば、SPC部材は、Western Electricランルールの一連の評価を実施し、ランルールが違反する場合、SPCアラームが生じる。

【0071】

APCシステムおよびFDCシステムの動作は、顧客側により構成され、被処理ウェハのコンテキストに基づいて行われる。コンテキスト情報は、レシピ、ロット、スロット、制御ジョブ、および処理ジョブを含む。APCシステムおよびFDCシステム用のユーザインターフェースは、ウェブ処理が可能であり、リアルタイムに近いツール状態、およびリアルタイムアラーム状態の表示が提供される。

【0072】

図3には、本発明の実施例による光学測定システムの一例を示す。示された実施例では、光学測定システム300は、周期格子304を検査し、オーバーレイ測定を行うように構成される。また、光学測定システム300は、電磁源310を有する。周期格子304は、電磁源310からの入射信号312により照射される。電磁源310は、入射信号312のスポットサイズを制御する、焦点化光学素子を含む。

【0073】

ある実施例では、入射信号312のスポットサイズは、周期格子304を有するウェハ302の試験領域の寸法未満に低減される。例えば、使用スポットサイズは、約 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 以下である。また、電磁源310は、パターン認識モジュールを有し、ウェハ302上の試験領域に、スポットの中心が合わされる。また、電磁源310は、偏光器（図示されていない）のような偏光素子を有する。

【0074】

図3に示すように、入射信号312は、周期格子304の法線

10

20

30

40

【数1】



に対して、入射角 i 、および方位角（すなわち、入射信号312の平面と、周期格子304の周期方向の間の角度）で周期格子304の方に誘導される。

【0075】

図3に示すように、回折信号322は、法線

【数2】



に対して、角度 d で放射される。また、回折信号322は、複数の回折次数を有する。明確化のため、図3では、回折信号322は、ゼロ時の回折（回折信号322A）、正の一次の回折（回折信号322B）、および負の一次の回折（回折信号322C）を有する。しかしながら、回折信号322は、いかなる数の回折次数を有しても良いことに留意する必要がある。

【0076】

回折信号322は、検出器320により検出され、信号処理システム330により解析される。光学測定システム300が偏光解析器を有する場合、回折信号322の振幅比 \tan および位相が受信され、検出される。光学測定システム300が反射率計を有する場合、回折信号322の相対強度が受信され、検出される。また、検出器320は、偏光器のような偏光素子を有しても良い（図示されていない）。

【0077】

ある一実施例では、周期格子304は、斜めおよび円錐状に照射され、これは、入射角 i がゼロ度ではなく、方位角 θ がゼロ度ではないことを意味する。ゼロ次の交差偏光測定結果が得られ、次に、ゼロ次の交差偏光測定に基づいて、オーバーレイ測定結果が得られる。

【0078】

例えば、1または2以上のウェハ302が製作されるまでの時間、1または2以上の周期格子304が検査され、測定結果が得られる。前述のように、電磁源310は、斜めおよび円錐状の入射信号を、周期格子104に誘導する。ゼロ次の交差偏光測定結果が得られ、その後、信号処理システム330により、得られた測定結果に基づいて、特徴的パラメータが定められる。ある例では、ゼロ次の交差偏光測定結果は、周期格子304の単一の位置/サイトから得られ、信号処理システム330により、ウェハ302を動かさずに、いくつかの測定手法データが提供され、これは、処理量が増える点で有意である。ゼロ次の光は、入射角と等しい角度での反射光を表す。また、信号処理システム330は、ゼロ次の交差偏光測定結果間の差異を計算し、得られた際を利用して、追加の測定手法データを提供する。信号処理システム330は、いかなる従来のコンピュータシステムを有しても良く、これは、ゼロ次の交差偏光測定結果を処理するように構成される。

【0079】

光学測定システムおよび技術は、2004年9月8日に出願された、「ゼロ次交差偏光測定結果を利用したオーバーレイ測定」という題目の米国特許第6,947,141号、2004年5月27日に出願された、「回帰系ライブラリ形成処理を介したダイナミックラーニングの方法およびシステム」という題目の米国特許第6,928,395号、および2003年5月5日に出願された、「周期格子における追加材料のずれの光学測定」という題目の米国特許第6,839,145号に記載されており、これらは全てTimbreテクノロジー社およびTEL社に譲渡され、本願の参照として取り入れられている。

【0080】

制御器120は、式計算系技術、方式計算系技術、および表計算系技術など、異なる処理方式に利用される。制御器120がこれらの技術に利用された場合、フィードフォワードおよび/またはフィードバック制御変数が設定できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 1 】

制御器120は、単一入力単一出力（SISO）装置、単一入力複数出力（SIMO）装置、複数入力単一出力（MISO）装置、および／または複数入力複数出力（MIMO）装置等として作動する。また、入力および出力は、一つの制御器120内で、および／または1もしくは2以上の制御器120の間で行われても良い。複数のモジュールを含むマルチ処理の場合、マップ情報は、一つの制御器から別の制御器に、フィードフォワードまたはフィードバックされる。

【 0 0 8 2 】

処理ツールおよび／または処理モジュールがデータをデータベースに送信すると、このデータは、制御器120によってアクセスされる。例えば、このデータは、ツールトレースデータ、メンテナンスデータ、および終点検出（EPD）データを有する。トレースデータは、処理に関する重要な情報を提供する。トレースデータは、ウェハの処理の間、またはウェハの処理が完了した後、更新され保管される。

10

【 0 0 8 3 】

制御器120は、処理モジュールにおいて、処理パラメータ用の外部提供データを受信し、利用する。例えば、制御器GUI部材は、処理パラメータ限界をマニュアル入力する手段を提供する。また、工場レベルの制御器は、各処理モジュールに対する処理パラメータの限界を提供する。

【 0 0 8 4 】

制御器120は、市販のモデル化ソフトウェアで形成されたモデルを受信し、実行する。例えば、制御器120は、外部アプリケーションにより形成され、制御器120に送信されたモデル（PLA、PCA等）を受信し、実行する。

20

【 0 0 8 5 】

マップおよび／またはモデルの更新は、ウェハのモニタが実施され、設定値が変更され、結果が観察されることにより実施される。その後、マップおよび／またはモデルが更新される。例えば、更新は、モニタ用ウェハの特徴を測定する前、および後に、各N処理時間毎に行われる。異なる作動領域をチェックするための時間にわたって、設定値を変更することにより、動作空間全体が確認され、またはいくつかのモニタ用ウェハが、異なるレシピ設定により、直ちに処理される。制御器120において、ツールまたは工場で更新手順が行われ、工場制御により、モニタ用ウェハが管理され、モデルが更新される。

30

【 0 0 8 6 】

制御器120は、新たなウェハ用の更新レシピおよび／または更新マップを計算する。ある場合には、制御器120は、フィードフォワード情報、モデル情報、およびフィードバック情報を利用し、現在のウェハを処理する前に、または次のウェハを処理する前に、または次のロットを処理する前に、現在のレシピが変更されたかどうかを決定する。

【 0 0 8 7 】

測定手法データ源を用いて、処理結果データが提供されると、シーケンスが特定され、ウェハは、処理の現時点でIMM140に送られる。例えば、ウェハは、処理モジュール115が記入される前、および／または処理モジュール115でウェハが処理された後、IMM140に送られる。また、IMレシピが特定され、行われる所定の測定組、および所定の出力データ組が提供される。例えば、データは、該データが平均化される前にフィルタ処理され、制御器120で利用される。

40

【 0 0 8 8 】

制御器120は、1または2以上のフィルタ（図示されていない）を有し、測定手法データがフィルタ化され、ランダムノイズが除去される。外れ値フィルタを用いて、統計的に有効ではなく、ウェハの測定結果の平均計算に考慮すべきではない外れ値が除去される。ノイズフィルタを用いて、ランダムノイズが除去され、制御ループが安定化しても良く、あるいは指数関数重み付け移動平均（EWMA）、またはカルマンフィルタを適用しても良い。

【 0 0 8 9 】

制御器120は、フィードバックデータを受信し、利用する。例えば、制御器120は、既に処

50

理されたウェハ用のマップ情報を受信し、このデータに基づいて、処理モデルを調整する。

【0090】

制御器120は、エラー状況の通知を送受信する。例えば、制御器120は、特に、工場レベルの制御器、R2R制御器、および/またはツールレベル制御器に、あるいはこれから通知を送信および受信する。また、通知は、エラー状況の把握後に、e-診断ネットワーク、eメール、または紙を介して送信される。

【0091】

制御器120は、シミュレーションモードで、処理マップおよび/またはモデルを計算しおよび/または実行する。例えば、制御器120は、シミュレーションモードにおいて、実際の処理モードと並列に作動する。この場合、シミュレーションの動作は、履歴データベースに記録され、迅速な行動は、行われぬ。

10

【0092】

制御器120は、入力材料コンテキストに基づいて、処理マップおよび/またはモデルを選定する。例えば、制御器120は、入力材料状態と処理レシピに基づいて、処理マップおよび/またはモデルを選定する。制御器は、システム100が有効なR2R設定値を計算したことを確認する手段を有する。

【0093】

制御器120入力は、フィードフォワード/フィードバックループの時定数、蓄積のリセット事象、IMMステップおよびODPオフセット等を含む。指令は、特に、ターゲット、誤差、計算命令、データ収集プラン、アルゴリズム、モデル、計数およびレシピを有する。ウェハ状態は、例えば、被処理ウェハからの情報(サイト、ウェハ、ロット、バッチ状態)、プロファイル、物理的または電氣的に測定された特性、を含む。モジュール物理状態は、ウェハの処理に使用されるモジュールおよび部材の、現在のまたは最後の記録状態、RF時間、ウェハ数、消耗状態を含む。処理状態は、トレースデータおよび統計の要約を含む、処理環境のセンサからの、現在のおよび最後の測定状態を含む。制御器パラメータは、レシピ/制御器設定点の最後の設定値、ならびにウェハ状態、モジュール物理状態、および処理状態を形成する処理ターゲット、を含む。

20

【0094】

制御器120は、少なくとも一つのコンピュータおよびソフトウェアを有し、後者は、Ingenioソフトウェアのようなオペレーションソフトウェアを支持するソフトウェアである。ある場合は、オペレーションソフトウェアは、構成モジュール、データ配置モジュール、GUIモジュール、不具合管理モジュール、トラブル対応モジュール、またはこれらの2以上の組み合わせを有する。また、構成GUIスクリーンを用いて、コンピュータと処理素子の間に、インターフェースが構成され、処理素子用の装置の種類(すなわち、ツール、モジュール、センサ等)が定められても良い。データ管理GUIスクリーンを用いて、データの量および種類を定め、収集データをどのように、およびどこに保管するかを定めても良い。また、不具合管理GUIスクリーンを使用して、ユーザに不具合状況を通知しても良い。

30

【0095】

通常、フィードフォワード制御により、処理モジュールに到達する前のウェハで測定された前処理データを用いて、処理モジュールレシピが更新される。ある場合は、測定手法データおよび処理対象データは、制御器120で受信される。これらの値は、比較され、結果が所望の処理結果となる(例えば所望のトリム量)。次に、この所望の処理結果は、モデル選択用の制御器に送信され、適当な処理レシピパラメータが計算される。この新たなレシピは、処理モジュールに送信され、ウェハは、新たなレシピを用いて処理(トリム)される。

40

【0096】

システム100では、制御器120において、制御方式、制御プラン、および制御モードの構成により、フィードフォワード制御が実施される。制御方式は、フィードフォワード制御が実施される各システムレシピ用に記録される。処理ツール110において、このシステムレ

50

レシピが実行されると、制御方式内の制御プランが実行される。各制御プランを用いて、フィードフォワード情報に基づいて、レシピが調整される。

【0097】

制御プランは、入力データ源を含む。異なる数の入力データ源が使用されても良く、この場合、各入力データ源は、異なる符号値を有する。例えば、あるデータ源は、ODPツールであり、Telius（登録商標）のような処理ツールの一部となる。また、別のデータ源は、SEMであり、パラメータ/値は、CD-SEMデータのような実際の測定データであっても良い。

【0098】

これらのデータ源からの入力を用いて、ユーザは、対象の計算を特定する。次に、この計算の結果を用いて、モデルを実行する制御が選定される。システムは、公称レシピ（ツールに存在するレシピ）で開始される。次に、各実行制御プランからの更新が追加される。一旦全ての（調整制御方式内の）制御プランが実行されると、ツールに最終レシピが送信される。

10

【0099】

制御器120は、レシピパラメータソルバーとして作動し、適当な処理モデル、処理モデル制限、処理対象、および処理パラメータ制限により、レシピパラメータを形成する。制御器120は、複数の処理モデルを管理することができ、これらの処理モデルは、同時に実行され、処理レシピ制限の単一組に制限される。制御に不具合が生じると、制御器120は、ツール処理レシピ（公称レシピ）を使用し、無効レシピを用い、または（ツールパラメータ設定により）ランツールン制御を中断するように構成される。ツール110の中断のため、制御器120は、処理モジュールを中断し、または前システム100を中断するように構成される。

20

【0100】

図4には、本発明の実施例によるゲート形成処理の単純化された概略図を示す。示された実施例では、ハードマスクオープン（HMO）ステップ410、第1の測定ステップ415、トリミングステップ420、ポリエッチングステップ425、第2の測定ステップ430、清浄化ステップ435、および第3の測定ステップ440が示されている。あるいは、異なる組のステップが使用されても良い。例えば、より少ない測定ステップを使用し、および/または測定ステップは、HMOステップの前に実施されても良い。

30

【0101】

処理システム100を用いて、分離、ネスト化したフィーチャを有するウェハを処理することができ、制御方式を用いて、処理シーケンスを定めることができる。分離/ネスト化測定シーケンスの間、処理ツールは、一つのIMレシピを選定し、分離およびネスト化構造に、別個のIMMレシピが用いられる。

【0102】

例えば、ウェハは、統合測定手法（IM）モジュールにロードされ；IMレシピは、IMモジュールにロードされ；プロファイラーアプリケーションサービス（PAS）レシピは、IM制御器にロードされる。次に、ウェハが測定され、IM制御器にODPレシピがロードされる。次に、測定スペクトルを用いて、ライブラリが検索され、1または2以上の分離構造が同定される。分離構造が測定される際には、分離構造用のIM、PASおよびODPレシピが使用される。

40

【0103】

次に、統合測定手法（IM）モジュールに、別のIMレシピがロードされ、IM制御器に、別のPASレシピがロードされる。ウェハが測定され、または前の測定データが使用され、別のODPレシピがIM制御器にロードされる。次に、測定スペクトルを用いて、ライブラリが検索され、1または2以上のネスト化構造が同定される。ネスト化構造が測定される際、ネスト化構造用のIM、PAS、およびODPレシピが使用される。1または2以上の異なるウェハ位置で、測定シーケンスが実施されると、ウェハがアンロードされる。

【0104】

50

ある実施例では、特定の製品および技術の分離構造 / フィーチャと対応する、第1のピッチを有する測定格子が提供され、この製品および技術のネスト化構造 / フィーチャを有する、第2のピッチを有する別の測定格子が提供される。例えば、分離構造用に595nmの格子が使用され、ネスト化構造用に245nmの格子が使用される。別の実施例では、追加の測定格子が提供され、異なるピッチが提供される。

【0105】

図5には、本発明の実施例によるウェハの前処理用の単純化されたフロー図を示す。示された実施例では、分離 / ネスト化手順500が示されており、分離 / ネスト化手順500を実施して、パターン化マスクがウェハ上に形成される。あるいは、異なる手順を実施し、あるいは分離 / ネスト化手順は、使用されなくても良い。

10

【0106】

ステップ510では、質問が実施され、分離 フィーチャがネスト化 フィーチャ以上であるかどうか決定される。分離構造物がネスト化構造物と等しいか、これよりも大きい場合、手順500は、520に分岐する。分離構造物がネスト化構造物よりも小さい場合、手順500は、530に分岐する。

【0107】

ステップ520では、分離CD値がネスト化CD値以上の場合、分離化がより大きな場合の制御方式および対応する制御プランが実行される。制御プランは、分離 / ネスト化処理を制御する分離 / ネスト化制御プラン、トリム処理を制御するトリム制御プラン、および底部抗反射コーティング / 抗反射コーティング (BARC / ARC) オープン制御プランのようなBARC および / またはARCエッチング処理を制御する制御プランのうち少なくとも一つを含む。分離CD値がネスト化CD値と等しい場合、または必要なトリム量が実質的にゼロの場合、またはBARC / ARCエッチングが不要な場合、処理ツールに無効レシピが送信される。あるいは、レシピは、処理ツールに送信されなくても良い。

20

【0108】

分離CD値がネスト化CD値よりも大きい場合、分離 / ネスト化処理は、エッチング処理を含む。例えば、分離 / ネスト化エッチング処理は、約10mTのチャンバ圧力を用いて実施され、上部RF出力は、約200Wであり、下部RF出力は、約0Wであり、O₂流速は、約70sccmであり、背面He圧力は、中央領域では約3Torrであり、端部領域では、約3Torrであり、上部板温度は、約80 であり、チャンバ壁温度は、約60 であり、ウェハホルダ温度は、約30 であり、処理時間は、約36秒である。また、測定されたネスト化特徴部のCD変化は、約23nmであり、測定された分離構造物のCD変化は、約33nmである。

30

【0109】

ある実施例では、最初にトリム処理が実施され、分離ソフトマスクおよびネスト化ソフトマスク フィーチャから、実質的に同じ量がトリム化 (側面エッチング) される。トリム処理が実施された後、分離ソフトマスク フィーチャの寸法は、ネスト化ソフトマスク フィーチャの寸法よりも大きいままである。トリム処理の間、別の層が局部的にエッチングされる。次に、分離 / ネスト化エッチング処理が実施され、分離ソフトマスク フィーチャおよびネスト化ソフトマスク フィーチャから、異なる量がトリム化 (側面エッチング) される。分離 / ネスト化エッチング処理が実施された後、分離ソフトマスク フィーチャは、ネスト化ソフトマスク フィーチャと実質的に等しい寸法となる。分離 / ネスト化エッチング処理の後、別の層が部分的にエッチングされる。最後に、BARC / ARCオープンエッチング処理が実施され、分離ソフトマスク フィーチャとネスト化ソフトマスク フィーチャの間の、残りのBARCが除去される。

40

【0110】

ステップ530では、分離CD値がネスト化CD値よりも小さい場合、ネストがより大きな場合の制御方式、およびそれに対応するプランが実行される。制御プランは、トリム処理用の分離 / ネスト化制御プラン、分離 / ネスト化成膜処理、およびBARC / ARCオープンエッチング処理のうち少なくとも一つを含む。

【0111】

50

ネスト化CD値が分離CD値よりも大きな場合、分離/ネスト化処理は、成膜処理を含む。例えば、分離/ネスト化成膜処理は、約10mTのチャンバ圧力を用いて実施され、上部RF出力は、約200Wであり、下部RF出力は、約100Wであり；CHF₃流速は、約200sccmであり、背面He圧力は、中央領域では約3Torrであり、端部領域では、約3Torrであり、上部板温度は、約80℃であり、チャンバ壁温度は、約60℃であり、ウェハホルダ温度は、約30℃であり、処理時間は、約185秒である。また、測定されたネスト化フィーチャのCD変化は、約+15nmであり、測定された分離フィーチャのCD変化は、約+30nmである。

【0112】

トリム処理の間、分離ソフトマスクフィーチャおよびネスト化ソフトマスクフィーチャから、実質的に等しい量のマスク材料がトリム化（側面エッチング）される。分離/ネスト化成膜処理の間、分離ソフトマスクフィーチャとネスト化ソフトマスクフィーチャからの間で、異なる量が成膜され、基板の他の領域は、部分的にコーティングされる。分離/ネスト化成膜処理の間、成膜速度は、分離フィーチャよりも大きく、成膜処理が完了した後、分離ソフトマスク（フォトレジスト）フィーチャ寸法は、ネスト化ソフトマスク（フォトレジスト）フィーチャの寸法と実質的に等しく、またはより大きくなる。BARC/ARCオープンエッチング処理の間、分離ソフトマスクフィーチャとネスト化ソフトマスクフィーチャの間の、残りのBARCが除去される。

10

【0113】

いずれかの制御方式を用いて、分離/ネスト化処理が実施された後、トリム化分離マスクフィーチャおよびネスト化マスクフィーチャの寸法は、必要なCDよりも大きく、あるいは実質的にこれと等しくなる。あるいは、同等のトリム化処理を実施した場合、分離ハードマスクフィーチャの寸法は、ネスト化ハードマスクフィーチャと実質的に等しくなる。

20

【0114】

分離/ネスト化手順の間、データ収集（DC）プラン、および制御方式と関連するマップ化アプリケーションが実行される。データ収集プランおよび/またはマップ化アプリケーションは、制御プランが実施される前、間、および/または後に、稼働される。データ収集プランは、ツール、モジュール、チャンバ、センサ、（OESシステム、ODPシステム、SEMシステム、TEMシステム、およびMESシステム）測定素子のような、処理素子からデータを取得する。

【0115】

また、データ収集プランの選定および開始は、コンテキストをベースとしても良い。DCプランを用いて、制御方式に対応するマップ用のデータが提供される。DCプランは、どのデータが収集され、どのように収集されたのかを定め、どこにデータを保管するかを定める。制御器は、物理モジュール用のデータ収集プランおよび/またはマップを自動発生する。通常、一つのデータ収集プランは、特定のモジュールの時間で活性となり、制御器は、ウェハコンテキストと整合するデータ収集プランを選定し使用する。データは、トレースデータ、処理ログ情報、レシピデータ、メンテナンスカウンタデータ、OCPデータ、OESデータ、電圧/電流プローブ（VIP）データ、アナログデータ、またはこれらの2以上の組み合わせを有する。測定装置および/またはセンサは、DCプランにより開始され、停止される。またDCプランは、トリミングデータ、チップ化データ、ならびにスパイクおよび外れ値処理データ用の情報を提供する。

30

40

【0116】

また、データ収集前、中、および/または後に、データは、解析され、アラーム/不具合状況が同定される。解析方式に対応する解析プランが実施される。また、判定および/または介入プランが実行される。例えば、データが収集された後、データは、ランルール評価のため、判定および/または介入プランに送信される。不具合限界は、履歴データに基づいて自動で計算され、あるいは顧客の経験もしくは処理の知識に基づいて手動で入力され、あるいはホストコンピュータから得られる。データは、警告限界および制御限界と比較され、ランルールが違反する場合、処理が統計的限界を超えたことを示すアラームが生じる。

50

【0117】

また、解析方式が実行されると、ウェハデータマップ、処理データマップ、および/またはモジュールデータマップが解析され、アラーム/不具合状態が同定される。また、判定および/または介入プランが、マップ化アプリケーションに対応する場合、これらが実行される。例えば、マップが形成された後、ランルール評価技術を用いて、マップが解析される。不具合限界は、履歴データに基づいて自動で計算され、または顧客の経験もしくは処理知識に基づいて手動で入力され、あるいは、ホストコンピュータから取得される。マップは、警告および制御限界と比較され、ランルールが違反する場合、処理が統計的限界を超えることを示すアラームが生じる。

【0118】

アラームが生じると、制御器は、通知または介入のいずれかを実施する。通知は、eメールを介して、またはeメール活性化ポケベルを介して行われる。また、制御器は、介入を実施し；現在のロットの最後に処理が中断され、または現在のウェハを最後に処理が中断される。制御器は、警告発生の原因となった処理モジュールを同定する。

【0119】

方式は、データ不具合領域を有し、これは、入力/編集データ不具合動作に利用される。例えば、データ不具合は、マップ化アプリケーションにエラーが生じ、またはマップが完成しなかった際に生じる。データ不具合が生じた場合、以下の中からシステム応答が選定される：(a) ツール処理レシピ(公称レシピ)の使用 - ソフトウェアにより、処理ツールに、指示が送信され、処理ツールは、ツール処理レシピを使用する；(b) 処理レシピの使用中止(無効レシピ) - ソフトウェアにより、処理ツールに、ウェハに関する無効レシピ情報が送信され、ウェハは、処理されずにチャンバから排出され、または搬入される；(c) PM中断 - 処理モジュールが中断される；(d) システム中断 - 搬送システムを含むシステムが中断される。他の選択肢も可能であることは、当業者には明らかである。解析プラン、判定プラン、および介入プランからの結果は、他のプランのフィードフォワードおよび/またはフィードバックデータとなり、他のプランにより、このデータが使用され、出力が計算される。

【0120】

手順500は、ステップ540で完了する。

【0121】

図6には、本発明の実施例による処理システムを作動する方法のフロー図の一例を示す。手順600は、タスク605から開始される。ある実施例では、ホストシステムは、レシピおよび/または可変パラメータを、処理ツール110のような処理ツール(図1)にダウンロードする。また、ホストシステムは、ウェハシーケンスを決定する。ダウンロードされたデータには、処理レシピ、測定レシピ、およびウェハシーケンスが含まれる。整合制御方式において、制御プランにより参照される全てのシステムレシピが確認されると、制御器120は、処理ツール110に、システムレシピの確認が無事完了したことを示すメッセージを送信する。システムレシピが確認されると、ロットに対して、R2R制御が開始される。確認がされなかった場合は、ロットに対して、R2R制御は開始されない。

【0122】

タスク610では、処理システム100(図1)によりウェハが受容され、ウェハおよび/またはロットに関連する前処理データが受信される。前処理データは、導入ウェハおよび/または導入ロットの参照マップ、測定マップ、予測マップ、および/または信頼性マップを有する。前処理データは、東京エレクトロン株式会社のLithius(登録商標)システムのような、リソグラフィシステムに対応する測定モジュールからの測定データ、および/または東京エレクトロン株式会社のTelius(登録商標)システムのような、エッチングシステムからの測定データを有する。

【0123】

タスク615では、質問が実施され、前処理測定プロセスをいつ実施するかが決定される。ある実施例では、処理データは、正確な測定手法データを有し、前処理測定プロセスは、

10

20

30

40

50

不要である。処理が十分に完了すると、処理結果は、一定となり、全てのウェハに対する前処理測定プロセスは、不要となる。ただし、いくつかのウェハは、処理確認ウェハとして同定され、これらのウェハに、前処理測定プロセスが実行される。処理が不十分であり、処理結果が変化する場合、前処理測定プロセスは、多くのウェハに対して実施される。前処理測定プロセスが不要な場合、手順600は、タスク625に分岐し、後処理測定プロセスが不要な場合、手順600は、タスク650からタスク685に分岐する。

【0124】

タスク620では、前処理測定プロセスが実施される。ある実施例では、制御方式が実行され、前処理測定プロセスレシピが構築される。例えば、ウェハは、IMM40（図1）に送られ、トリミング処理が実施される前に、パターン化ウェハのハードマスクフィーチャが測定される。あるいは、フィーチャは、ソフトマスクおよび/またはハードマスクのフィーチャを有する。1もしくは2以上のデータ収集（DC）プラン、および/またはマップ化アプリケーションが使用されても良い。あるいは、異なる測定システムが使用されても良い。

10

【0125】

図7Aには、円形ウェハ700上の前処理測定マップ720の単純化された図を示す。このウェハは、複数のチップ/ダイ710を有する。図7Bには、四角形基板750上の前処理測定マップ720の単純化された図を示す。この基板は、複数のチップ/ダイ710を有する。示された実施例では、125のチップ/ダイが示されているが、これは、本発明に必須ではない。代わりに、異なる数のチップ/ダイを用いても良い。また、示された形状は、一例であって、本発明に必須ではない。例えば、チップ/ダイは矩形状であっても良い。

20

【0126】

図において、行列は、ゼロから12まで番号付けされている。また、12のチップ/ダイ730がラベル化され（1-12）、これらのチップ/ダイを用いて、示された前処理測定プラン720用の測定サイトの位置が定められる。あるいは、他の前測定プランおよび/または他の測定サイトが使用されても良い。

【0127】

前処理測定プランは、履歴データベースに保管されたデータに基づいて、半導体製造者により特定されても良い。例えば、半導体製造者は、SEM測定を行う際に、過去にウェハ上の多くの位置を選択し、統合測定ツールから、SEMツールを用いて測定されたデータに、測定データを関連付ける。他の製造者は、TEMおよび/または焦点化イオンビーム（FIB）データを使用しても良い。

30

【0128】

ある実施例では、前処理ウェハ上の周期格子のような測定フィーチャは、図7Aおよび7Bに示す12の位置のうちの1または2以上の位置（1-12）で、測定される。例えば、前処理ウェハ上のフィーチャは、図4に示すように、ハードマスク層内であっても良い。

【0129】

前処理測定プロセスは、時間がかかり、処理システムの処理量に影響を及ぼす。処理の稼働の間、製造者は、ウェハの測定に必要な時間を最小限に抑制することを要望する。前処理測定プランは、駆動コンテキストであり、ウェハのコンテキストに基づいて、異なる方式および/またはプランが選定されても良い。例えば、1または2以上のウェハは、測定されず、および/または前処理測定プロセスは、前処理測定プラン720に収容された測定サイトのサブセットを用いて実施される。

40

【0130】

ある実施例では、半導体処理の途中の間、1または2以上の参照マップが形成され、これが後の使用のため保管される。参照測定マップは、前処理測定マップ720において示されるデータよりも多くの測定データを含む。あるいは、参照測定マップは、同一の測定サイト組を用いても良く、または参照測定マップは、なくても良い。

【0131】

参照予測マップは、前処理測定マップ720に示されたサイトよりも多くのサイトでの予測測定データを含む。あるいは、参照予測マップは、同一の組の測定サイトを用いても良く

50

、あるいは参照予測マップは、なくても良い。

【0132】

参照信頼性マップは、前処理測定マップ720よりも多くのサイトでの信頼性データを含む。あるいは、参照信頼性マップは、同一の組の測定サイトを使用し、あるいは参照信頼性マップは、なくても良い。

【0133】

測定、予測、および/または信頼性マップは、1または2以上の良好フィッティング(GOF)マップ、1または2以上の格子厚さマップ、1または2以上の臨界寸法(DC)マップ、1または2以上のCDプロファイルマップ、1または2以上の厚さマップ、1または2以上の材料断面積マップ、1または2以上の溝断面積マップ、1または2以上の側壁角度マップ、1または2以上の差動幅マップ、またはこれらの組み合わせを有しても良い。また前処理データは、サイト結果データ、サイト数データ、CD測定フラッグデータ、測定サイト数データ、座標Xデータ、座標Yデータ等を有する。

10

【0134】

タスク625では、1または2以上の前処理予測マップが計算される。図8には、単純化された前処理予測マップ800を示すが、このマップは、複数のチップ/ダイ810と、番号付けされた前述の12の測定サイト830(1-12)と、ノッチ位置を示す参照側840とを有する。ある実施例では、曲線フィッティング手順が実施され、ウェハ上の未測定のサイトのデータが計算される。別の実施例では、予測マップは、表面予測技術、表面フィッティング技術、あるいは数学的技術を用いて定められる。

20

【0135】

ある実施例では、第6行目からの測定データを用いて、第1の前処理式が計算され(測定サイト2、3、11)、この第1の前処理式を使用および/または修正して、チップ/ダイの予測値が計算され(6-3、6-4、6-6、6-7、6-8、6-9)、第1の前処理式を使用および/または修正して、チップおよび/またはダイ(6-0、6-1、6-11、6-12)の予測値が外挿される。あるいは、他の測定サイトを使用して、第1の前処理式が計算されても良い。

【0136】

第1の前処理式および/または修正版を使用して、第5行第7列目のチップ/ダイ値が計算/予測される。第1の前処理式は、必要な場合、5行目(測定サイト9)および7行目(測定サイト8)の測定データがフィッティングするように修正される。第1の前処理式が正確に決定および/または修正できないときは、エラー状況が示される。また、エラー状況は、1または2以上の測定値および/または計算/予測値が、ウェハに対して得られる均一性の限界を超えるとにも示される。

30

【0137】

また、第1の前処理式および/または修正版を使用して、ウェハ上の残りのサイトの値が計算/予測される。ある実施例では、第1の前処理式および/または修正版を用いて、第1の前処理予測マップの全体が計算される。1または2以上の計算値および/または予測値がウェハに対して得られる均一性の限界を超える場合、エラー状況が示される。あるいは、第1の前処理式および/または修正版を用いて、ウェハのある位置の値が計算/予測される。例えば、この部分は、1または2以上の象限を含んでも良い。

40

【0138】

また、第7番目の列(測定サイト7、8、9、10)からの測定データを用いて、第2の前処理式が定められ、第2の前処理式を使用および/または修正して、チップ/ダイ(3-7、4-7、6-7、8-7、9-7、10-7)の予測値が計算され、第2の前処理式を使用および/または修正して、チップ/ダイの予測値が外挿される(0-7、1-7、12-7)。あるいは、他の測定サイトを使用して、第2の前処理式が決定される。

【0139】

第2の前処理式および/または修正版を使用して、第5列と第6列のチップ/ダイの値が計算/予測される。第2の前処理式は、必要な場合、修正され、第6列(測定サイト5、6)と第5列(測定サイト4、3)の測定データについて、より良いフィッティングが得られる。

50

第2の前処理式が正確に決定および/または修正できないときは、エラー状況が示される。また、エラー状況は、1または2以上の測定値および/または計算値/予測値が、ウェハに対して得られる均一性の限界を超える場合にも示される。

【0140】

また、第2の前処理式および/または修正版を使用して、ウェハ上の残りのサイトの値を計算/予測しても良い。ある実施例では、第2の前処理式および/または修正版を用いて、第2の前処理マップ全体が計算される。1または2以上の計算値および/または予測値がウェハに対して得られる均一性の限界を外れる場合、エラー状況が示される。あるいは、第2の前処理式および/または修正版を用いて、ウェハのある部分の値が計算/予測される。例えば、この部分は、1または2以上の象限を含んでも良い。

10

【0141】

あるいは、第1の前処理式のみを使用して、第1の前処理マップが計算され、および/または第2の前処理式のみを使用して、第2の前処理マップが計算される。例えば、この手順を使用することにより、実質的に均一なプロセスのための処理時間が低減される。

【0142】

タスク630では、1または2以上の前処理信頼性マップが計算される。図9には、信頼性マップ920の単純化された一例を示すが、このマップは、複数のチップ/ダイ910と、(1-12)にラベル化された前述の12の測定サイト930と、ウェハのノッチ位置または基板の特定のサイトを示す参照サイド940とを有する。ある実施例では、前処理信頼性マップは、第1の前処理予測マップと第2の前処理予測マップの間の差異を用いて計算される。あるいは、前処理信頼性マップは、前処理予測マップと参照測定マップの間の差異を用いて計算される。

20

【0143】

実施例に示したように、信頼性マップは、値「C1」、「C2」を用いて、異なる領域に分離され、異なる領域に、異なる値および/またはルールが構築される。例えば、2つの領域は、中央領域と端部領域の間の差異を示すために利用される。あるいは、異なる数の領域が使用されても良い。

【0144】

別の実施例では、前処理予測マップとウェハに対して得られる均一性限界の間の差異を用いて、前処理信頼性マップが計算される。例えば、予測マップ内の値が均一性限界に接近している場合、予測マップ内の値が均一性の限界に接近していない場合に比べて、信頼性値は、低くなる。

30

【0145】

また、1または2以上の処理用の処理結果マップおよび/または信頼性マップを用いて、測定データ用の信頼性マップが計算されても良い。

【0146】

タスク635では、前処理データに基づいて、いつ優先サイトを構築するかが質問される。信頼性マップ内の全ての領域の値が高い場合、新たな優先サイトを構築する必要はない。他の実施例では、予測マップ間の差異が小さく、および/または前処理予測マップと参照測定マップの間の差異が小さい場合、必ずしも新たな優先サイトを構築する必要はない。

40

【0147】

また、信頼性マップ上の値が特定の処理に対して常に大きい場合、処理時間を低減するため、少数の測定サイトを使用し、新たな測定プランが構築されても良い。

【0148】

信頼性マップの1または2以上の領域における1または2以上の値が低い場合、これらの領域に、1または2以上の新たな優先サイトが構築される。他の実施例では、予測マップ間の差異および/または前処理予測マップと参照測定マップの間の差異が大きい場合、1または2以上の新たな優先サイトが構築される。例えば、優先サイトは、ウェハ全体に対して、または特定の象限(Q1、Q2、Q3、またはQ4)のような、特定の領域に対して構築されても良い。

50

【0149】

優先サイトが必要な場合、手順600は、タスク640に分岐し、優先サイトが不要な場合、手順600は、タスク645に分岐する。

【0150】

タスク640では、1または2以上の優先サイトが構築される。図10には、新たな前処理測定マップ1020の単純化された図を示すが、このマップは、複数のチップ/ダイ1010と、新たな前処理測定サイト1035と、(1-12)にラベル化された前述の12の測定サイト1030と、ウェハ上のノッチ位置または基板の特定のサイトを示す参照サイト1040とを有する。あるいは、新たな前処理測定マップは、ウェハ上の異なる位置に、複数の優先サイトを有しても良い。ウェハのある領域の信頼性値が低い場合、その領域に、前処理測定サイトとして、1または2以上の優先サイトが構築される。例えば、第1の象限(Q1)における信頼性値が低い場合、優先サイトとしてチップ/ダイ(3-2)が同定され、測定ツールは、このサイトで測定を行うように指示される。

10

【0151】

前処理信頼性マップは、計算された前処理予測値の信頼性用の指標となるとともに、測定された前処理データと、必要な要求の範囲内にある前処理予測データの指標となる。

【0152】

新たな前処理優先サイトが必要な場合、新たな前処理測定レシピが形成され、新たなレシピを用いて、1または2以上の優先サイトで、測定ツールが追加の前処理測定を行うように指示される。

20

【0153】

ある実施例では、新たな前処理優先サイトは、過去に定めたサイトの組から選定される。例えば、構成および/または検査手順の間、40以上のサイトで測定が行われ、1または2以上のこれらのサイトが使用される。あるいは、新たな前処理優先サイトは、過去に定めたサイトの組から、選定されなくても良い。

【0154】

ウェハが測定ツール内にある間に前処理信頼性マップが計算されると、遅延が最小限に抑制されるようにして、新たに構築された優先サイトで、追加の測定が実施される。ウェハが測定ツールから排出された後に、信頼性マップが計算されると、ある遅延時間後に、新たなレシピが使用され、優先サイトで追加の測定が実施される。

30

【0155】

ある実施例では、優先サイトの測定データが形成されると、これは、前処理予測マップ内のデータと比較される。あるいは、優先サイトの測定データが形成されると、これは、保管され、後に、前処理予測マップ内のデータと比較されても良い。測定データがウェハにより構築された均一性の限界を外れると、エラー状況が示される。

【0156】

優先サイトの測定データが、特定の予測マップ内の値と接近している場合、この予測マップは、優先サイトの周囲の領域に利用される。例えば、1または2以上の優先サイトは、第1の象限内にあり、測定値が第1の前処理予測マップ内の値に近接している場合、第1の象限に、第1の前処理予測マップが使用される。

40

【0157】

優先サイトの測定データが特定の予測マップ内の値に近接していない場合、新たな予測マップが形成され、優先サイトの周囲領域に、これが使用される。例えば、1または2以上の優先サイトが第1の象限内にあり、測定値が前処理予測マップ内の値とは近づいていない場合、新たな前処理予測マップが形成され、これが第1の象限に使用される。

【0158】

予測マップが変化すると、常時、新たな信頼性マップ、または信頼性マップの新たな部分が計算される。

【0159】

タスク645では、信頼性マップが要求限界内にある場合、ウェハが処理される。ある実施

50

例では、1または2以上のトリミングおよび/またはエッチングおよび/またはアッシング処理が実施され、ウェハ上にパターン化されたポリシリコン層が形成され、これらの処理は、図4に示すような手順で実施される。あるいは、異なる手順を実施しても良い。

【0160】

ハードマスクトリミング手順の間、1または2以上の処理レシピ、および1または2以上の制御設定組（レシピパラメータ）が計算される。円形のウェハが処理される場合、処理レシピは、半径方向に変化が生じるように調整され、非円形のウェハが処理される場合、処理レシピは、横方向に変化が生じるように調整される。

【0161】

ある実施例では、側方向のトリミング処理が実施され、ハードマスクフィーチャの寸法および/または形状が変化する。例えば、ハードマスク層は、TEOS材料を含んでも良い。処理システム100（図1）により、化学酸化反応（COR）処理が実施され、これにより、必要な寸法のハードマスクフィーチャが形成される。COR処理を実施するための方法およびシステムは、2003年12月17日に出願された、Tomoyasuらの「化学酸化除去用のシステムを動作する方法」という題目の同時係属中の米国特許出願第10/736,983号、および2003年11月12日に出願された、Hamelinらの「基板を処理する処理システムおよび方法」という題目の米国特許出願第10/705,201号に示されており、これらは、本願の参照として取り入れられている。

10

【0162】

次に、ハードマスクフィーチャを用いて、フィーチャがゲート材料層にエッチングされる。例えば、ゲート材料層は、ドーブされたおよび/または未ドーブのポリシリコン材料を含む。次に、清浄化処理が実施され、ハードマスク層の残留部分が除去される。例えば、アッシング処理および/または湿式清浄化処理が実施されても良い。次に、清浄化処理の実施後に、測定手順が実施される。あるいは、測定手順は、清浄化処理が実施される前に実施されても良い。

20

【0163】

図11には、本発明の実施例によるトリミング処理の一例を示す。示された実施例では、ハードマスクフィーチャ1005は、ウェハ1100上に示されており、上部層1130の残りの部分は、フィーチャの上部に示されている。あるいは、上部層1130はなくても良い。測定CD1110、測定側壁角度1135、対象CD1120、および対象側壁角度1125が示されている。所望の処理結果には、測定CD1110と対象CD1120の間の差異に相当するトリム量1140と、測定側壁角度1135と対象側壁角度1125の間の差異に相当する側壁角度とが含まれる。また、ターゲット値付近に形成された誤差があり、これらを用いて、GOFデータおよび/または信頼性データが定められる。（垂直エッチングとは反対の）トリムの場合、トリム処理は、構造の両表面で同時に行われる。このため、トリム量は、被覆ウェハに対する量の2倍となる。

30

【0164】

ある実施例では、過去に計算された予測マップが、測定データマップとして使用される。あるいは、修正予測マップが使用されても良い。

【0165】

図12には、本発明による処理結果のマップの単純化された図を示す。図12には、単純化された処理結果マップ1220が示されており、これは、複数のチップ/ダイ1210と、(1-12)にラベル化された前述の12の測定サイト1230と、ウェハ上、または基板の特定の側のノッチ位置を示す参照側1240とを有する。ある実施例では、処理結果マップは、測定マップおよび/または処理マップを用いて定められる。あるいは、処理結果マップは、処理モデルを用いて定めても良い。

40

【0166】

図の実施例に示すように、処理結果マップは、「PR1」および「PR2」の値を用いて示された異なる領域に分離され、異なる領域に、異なる値および/またはルールが構築される。あるいは、異なる数の領域が使用されても良い。サイト「PR1」の第1の群は、これらに関連する第1組の処理結果を有し、サイト「PR2」の第2の群は、これらに関連する第2組の処

50

理結果を有しても良い。2つの群は、本発明に必須ではなく、これらは、一例に過ぎない。代わりに、異なる数の群を使用しても良い。例えば、実質的に均一な組の処理結果が予測された場合、単一の群が使用され、2つの群を使用して、中央領域と端部領域の差異が示されても良い。また、2つの領域を用いて、計算処理を単純化し、またはこれらを使用して、中央領域と端部領域で生じる異なる処理結果および/または異なる測定結果を予測しても良い。

【0167】

エッチングおよび/またはトリミング処理が実施されると、1または2以上の処理結果マップが使用される。エッチング処理マップを用いて、垂直エッチングの量が特徴化され、側壁角度調整マップを用いて、側壁角度の変化量が特徴化され、マップに関連する誤差値を用いて、1または2以上の処理結果の許容量が定められる。トリム処理マップを用いて、水平方向のエッチング量が特徴化され、側壁角度調整マップを用いて、側壁角度の変化量が特徴化され、マップに関連する誤差値を用いて、1または2以上のデータ項目における許容量が定められる。また、処理信頼性マップを用いて、処理シーケンス内の1または2以上の処理に対するリスク因子が構築される。例えば、処理信頼性マップは、時間とともに変化し、チャンバ処理手順に応じて変化させても良い。

【0168】

トリミング手順が実施される際、制御方式は、1もしくは2以上のマップおよび/または予測式を有し、これらは、処理空間のモデル化のために形成される。ある実施例では、半径位置 (rp) とともに、 $y(rp) = f(x, rp)$ のように変化する予測式が使用される。ある場合には、 $y(rp)$ は、ウェハ上の半径位置 (r) での所望の処理結果と等しくなる。例えば、 $y(rp)$ は、「トリム量」 $[TA(rp)]$ のような所望の処理結果であっても良く、 $x(rp)$ は、 $y(rp)$ に関連する処理パラメータ (制御変数) と等しくても良い。処理空間では、1もしくは2以上の予測および/またはモデル化式が定められ、これは、処理ガス流速を処理空間の第1の部分におけるトリム量と関連付ける、多項式および多項式の係数を得る計算により得られる。例えば、N次の多項式が使用され、

【数3】

$$PR(rp) = \sum_0^N A_n [DV(rp)]^n$$

ここで、 $DV(rp)$ は、半径位置 (rp) により変化する動的変数であり、 $PR(rp)$ は、半径位置 (rp) で変化する、必要な処理結果であり、 $N-1$ であり、 A_n は、正の値、負の値およびゼロの少なくとも一つを含む定数を有する。ある実施例では、N次の多項式を解くことにより、 $DV(rp)$ の値が定められる。

【0169】

あるいは、異なる多項式を形成し、異なる多項式の係数を求めることにより、逆数の式が求められても良い。この多項式により、逆数処理空間の異なる部分において、処理変数 (ガス流速) が処理結果 (トリム量) と関連付けられる。例えば、N次の多項式には、

【数4】

$$DV(rp) = \sum_0^N C_m [PR(rp)]^m$$

が使用され、ここで $DV(rp)$ は、半径位置 (rp) とともに変化する動的変数であり、 $PR(rp)$ は、トリム量のような、半径位置 (rp) で変化する、必要な処理結果であり、 $N-1$ であり、 C_m は、正の値、負の値およびゼロの少なくとも一つを含む定数を有する。

【0170】

制御器は、これらの種類の式および/またはモデルの項目のリストを計算し、制御器は、1または2以上の事項を操作する。事項は、制御器により定められ、処理内の少なくとも一つのステップが割り当てられる。あるいは、レシピパラメータマップが形成され、このマ

ップ内で、各タームがパラメータ値に割り当てられる。

【0171】

タスク650では、質問が実施され、後処理測定プロセスを実施するタイミングが定められる。処理が十分な場合、処理結果は、一定であり、各ウェハ毎に、後処理測定プロセスを行う必要はない。しかしながら、いくつかのウェハが、処理信頼性ウェハとして定められ、これらのウェハに対して、後処理測定プロセスが実施されても良い。処理が不十分で、処理結果が変化する場合、後処理測定プロセスが実施される。後処理測定プロセスが不要な場合、手順600は、タスク685に分岐し、後処理測定プロセスが必要な場合、手順600は、タスク655に分岐する。

【0172】

ある実施例では、制御方式が実行され、これを用いて、後処理測定プロセスレシビが形成される。例えば、ウェハは、IMM140(図1)に送られ、ゲート材料にエッチング処理が実施されてから、パターン化されたウェハのフィーチャが測定される。例えば、TEMおよび/またはSEM測定が行われる。

【0173】

図13Aには、複数のチップ/ダイ1310を有する円形ウェハ1300の後処理測定マップ1320の簡略化された図を示す。図13Bには、複数のチップ/ダイ1310を有する正方形基板1350の簡略化された後処理測定マップ1320の図を示す。示された実施例では、125のチップ/ダイが示されているが、これは、本発明に必須ではない。代わりに、異なる数のチップ/ダイが使用されても良い。また、この形状は、一例のため示されており、本発明には必須ではない。例えば、チップ/ダイは、矩形状であっても良い。

【0174】

行および列は、ゼロから12まで示されている。また、12のチップ/ダイ1330は、ラベル化(1-12)され、これらのチップ/ダイを用いて、示された後処理測定プラン1320用の測定サイトの位置が定められる。あるいは、他の後処理測定プランおよび/または他の測定サイトが使用されても良い。

【0175】

後処理測定プラン1320は、履歴データベースに保管されたデータに基づいて、半導体製造者により特定されても良い。例えば、半導体製造者は、SEM測定の際に、ウェハ上の多数の位置を選定し、統合測定ツールからの測定データを、SEMツールを用いて測定されたデータに関連付ける。他の製造者は、FIBデータを利用しても良い。

【0176】

ある実施例では、後処理ウェハ上のフィーチャは、図13Aおよび13Bに示した12(1-12)の位置の1または2以上で測定される。例えば、後処理ウェハ上のフィーチャは、図4に示すようなものであっても良い。

【0177】

後処理測定マップは、1または2以上の良好フィッティング(GOF)マップ、1または2以上の格子厚さマップ、1または2以上の臨界寸法(CD)マップ、1または2以上のCDプロフィールマップ、1または2以上の材料断面領域マップ、1または2以上の溝断面積マップ、1または2以上の側壁角度マップ、1または2以上の差異幅マップ、またはこれらの組み合わせを有する。また、後処理データは、サイト結果データ、サイト数データ、CD測定フラグデータ、測定サイト数データ、座標xデータ、座標yデータ等を有しても良い。

【0178】

タスク660では、1または2以上の後処理予測マップが計算される。図14には、後処理予測マップ1420の単純化された図を示すが、このマップは、複数のチップ/ダイ1410と、前述のラベル化された12の測定サイト1430(1-12)と、ノッチ位置を示す参照サイド1440とを有する。ある実施例では、カーブフィッティング手順が実施され、非測定ウェハ上のサイトのデータが計算される。別の実施例では、予測マップは、表面予測、表面フィッティング技術、または他の数学技術を用いて定められる。

【0179】

10

20

30

40

50

ある実施例では、第6行（測定サイト2、3、11）からの測定データを用いて、第1の後処理式が求められ、この第1の後処理式を使用および/または修正して、チップ/ダイの予測後処理測定データが計算され（6-3、6-4、6-6、6-7、6-8、6-9）、第1の後処理式を使用および/または修正して、チップ/ダイ用の予測後処理測定データの予測値が外挿される（6-0、6-1、6-11、6-12）。あるいは、他の測定サイトを使用して、第1の前処理式が定められる。

【0180】

第1の後処理式および/または修正版を用いて、5行および7行のチップ/ダイの後処理値が計算/予測される。第1の後処理式は、必要な場合、修正して、5行（測定サイト9）と7行（測定サイト8）において、後処理測定データをフィッティングしても良い。第1の後処理式が適正に定まらず、および/または修正できないときには、エラー状況が示される。また、1または2以上の測定値および/または計算/予測値が、ウェハに対して得られる均一性限界から外れる場合、エラー状況が示される。

10

【0181】

また、第1の後処理式および/または修正版を使用して、ウェハ上の残りのサイトの値が計算/予測される。ある実施例では、第1の後処理式および/または修正版を使用して、第1の後処理予測マップ全体が計算される。1または2以上の計算値および/または予測値が、ウェハに対して得られる均一性限界を超える場合、エラー状況が示される。あるいは、第1の後処理式および/または修正版を用いて、ウェハのある部分の値が計算/予測される。例えば、この部分は、1または2以上の象限を含んでも良い。

20

【0182】

また、7列（測定サイト7、8、9、10）からの後処理測定データを用いて、第2の後処理式が求められても良く、この第2の後処理式を使用および/または修正して、チップ/ダイ用（3-7、4-7、6-7、8-7、9-7、10-7）の実施される後処理測定データが計算され、第2の後処理式を使用および/または修正して、チップ/ダイ（0-7、1-7、12-7）用の予測後処理測定データの値が外挿される。あるいは、他の測定サイトを使用して、第2の後処理式を定めても良い。

【0183】

第2の後処理式および/または修正版を用いて、5列と6列のチップ/ダイの値を計算/予測しても良い。第2の後処理式は、必要な場合、修正され、これにより、6列（測定サイト5、6）と5列（測定サイト4、3）のより良いフィッティングが可能となる。第2の後処理式が適正に定まらずおよび/または修正されない場合、エラー状況が示される。また、1または2以上の測定値および/または計算/予測値が、ウェハに対して得られる均一性を外れる場合、エラー状況が示される。

30

【0184】

また、第2の後処理式および/または修正版を使用して、ウェハ上の残りのサイトの値が計算/予測される。ある実施例では、第2の後処理式および/または修正版を用いて、第2の後処理予測マップ全体が計算される。計算および/または予測された値の1または2以上が、ウェハに対して得られる均一性限界を外れる場合、エラー状況が示される。あるいは、第2の後処理式および/または修正版を使用して、ウェハのある部分の値を計算/予測しても良い。例えば、この部分は、1または2以上の象限を有する。

40

【0185】

あるいは、第1の前処理式のみを用いて、第1の後処理予測マップが計算され、第2の後処理式のみを用いて、第2の前処理マップが計算される。例えば、このような手順を使用した場合、実質的に均一な処理のための処理時間が抑制される。

【0186】

タスク665では、1または2以上の後処理信頼性マップが計算される。図15には、後処理信頼性マップ1520の単純化された図を示すが、このマップは、複数のチップ/ダイ1510と、ラベル化（1-12）された前述の12の測定サイト1530と、ノッチ位置を示す参照側1540とを有する。ある実施例では、第1の後処理予測マップと第2の後処理予測マップの間の差異を

50

用いて、後処理信頼性マップが計算される。あるいは、後処理予測マップと参照測定マップの間の差異を用いて、後処理信頼性マップが計算されても良い。

【0187】

図の実施例に示すように、信頼性マップは、「C1」および「C2」で示すような異なる領域に分離され、異なる領域に、異なる値および/またはルールが構築されても良い。例えば、2つの領域を用いて、中央領域と端部領域の間の差異が示されても良い。あるいは、異なる数の領域が使用されても良い。

【0188】

別の実施例では、後処理予測マップと、ウェハに対して得られる均一性限界の差を用いて、後処理信頼性マップが計算される。例えば、予測マップ内の値が均一性限界に近い場合、予測マップの値が均一性限界に近くない場合に比べて、信頼性値は、小さくなる。

10

【0189】

ある実施例では、第1の種類の後処理信頼性データにより、測定データに対する信頼性の予測値が提供され、換言すれば、予測された測定データが正しいかどうかを示す予測値が提供される。ウェハ全体の測定には、時間がかかるため、少量の測定サイトが使用され、信頼性因子が構築され、これにより、予測された測定データが、ウェハのより多くのサイトまたはより多くの部分を用いて、測定を行った場合に得られるデータを正確に表していることが確認される。第2の種類の後処理信頼性マップにより、トリミング処理の信頼性の予測が提供される。処理された後に、ウェハ全体を測定した場合、時間がかかり、半導体製造者は、処理が正確に実施されたかを確認することを望むため、実際の測定データおよび/または予測測定データが、予測ターゲット値と比較され、これらの数が特定の限界を有する場合、半導体製造者は、ウェハ全体が測定されていない場合でも、処理が正確に実施されたと推定することができる。

20

【0190】

タスク670では、質問が実施され、後処理データに基づいて、優先サイトを構築するタイミングが定められる。後処理信頼性マップの全ての領域において、値が大きい場合、必ずしも新たな優先サイトを構築する必要はない。他の実施例では、予測マップ間の差異が小さく、および/または後処理予測マップと参照測定マップの間の差異が小さい場合、必ずしも優先サイトを構築する必要はない。

【0191】

また、特定の処理において、後処理信頼性マップの値が常時大きい場合、新たな測定プランが構築され、これを用いて、少数の測定サイトが利用され、処理時間が低減される。

30

【0192】

後処理予測マップ内の1または2以上の領域において、1または2以上の値が小さい場合、これらの領域に、1または2以上の新たな優先サイトが構築される。他の実施例では、後処理予測マップ間の差異が大きく、および/または後処理予測マップと参照測定マップの間の差異が大きい場合、1または2以上の新たな優先サイトが構築が構築される。例えば、優先サイトは、ウェハ全体に対して構築されても良く、または特定の象限(Q1、Q2、Q3、Q4)のような特定の領域に構築されても良い。

【0193】

後処理優先サイトが必要な場合、手順600は、タスク675に分岐し、後処理優先サイトが不要な場合、手順600は、タスク680に分岐する。

40

【0194】

タスク675では、1または2以上の優先サイトが構築される。図16には、新たな後処理測定マップ1620の単純化された図を示すが、このマップは、複数のチップ/ダイ1610と、新たな後処理測定サイト1635と、ラベル化(1-12)された前述の12の測定サイト1630と、ウェハのノッチ位置または基板の特定サイドを示す参照サイド1640とを有する。あるいは、新たな後処理測定マップは、ウェハ上の異なる位置に、複数の優先サイトを有しても良い。ウェハの一つの領域の信頼性値が小さい場合、1または2以上の優先サイトは、後処理測定サイトとして、その領域に構築される。例えば、第1の象限(Q1)において、信頼性値が

50

小さい場合、チップ/サイト(3-2)が優先サイトとして定められ、測定ツールは、このサイトで測定を実施するように指示される。

【0195】

新たな後処理優先サイトが必要な場合、新たな後処理測定レシピが形成され、新たなレシピを用いて、1または2以上の優先サイトで、追加の後処理測定を実施するように測定ツールが指令を受ける。ウェハが測定ツールにある間に、後処理信頼性マップが計算されると、最小の遅延となるようにして、新たに構築された優先サイトで、追加の測定が実施される。ウェハが測定ツールから排出された後に、後処理信頼性マップが計算されると、後に、新たなレシピが使用され、ある遅延時間の後、優先サイトで、追加の測定が実施される。

10

【0196】

ある実施例では、優先サイト用の測定データが形成されると、これは、後処理予測マップのデータと比較される。あるいは、優先サイト用の測定データが形成されると、これは、保管され、後に、後処理予測マップ内のデータと比較される。優先サイトの測定データがウェハの均一性要求により構築された限界を外れると、エラー状況が示される。

【0197】

優先サイトの測定データが、特定の予測マップ内の値と接近している場合、優先サイトの周囲領域に、この予測マップが用いられる。例えば、1または2以上の優先サイトが第1の象限内にあり、測定値が第1の後処理予測マップ内の値と接近している場合、第1の象限に、第1の後処理予測マップが使用される。

20

【0198】

優先サイトの測定データが、特定の予測マップ内の値と接近していない場合、新たな優先マップが形成され、優先サイトの周囲領域に、これが用いられる。例えば、1または2以上の優先サイトが第1の象限内にあり、測定値が前処理予測マップ内の値と接近していない場合、新たな前処理予測マップが形成され、第1の象限に、これが使用される。

【0199】

後処理予測マップが変化すると、常時、新たな後処理信頼性マップ、または後処理信頼性マップの新たな部分が計算される。

【0200】

測定ツール用に新たな後処理測定レシピが形成され、後に、この新たな測定レシピを用いて、1または2以上の優先サイトで測定を実施するように、測定ツールが指示される。例えば、新たな測定レシピを用いて、次のウェハまたはいくつかの他のウェハが測定される。あるいは、現在のウェハを測定ツール内に搬送して、新たな後処理測定レシピを使用して、このウェハの再測定を行っても良い。

30

【0201】

後処理予測マップが変更されると、常時新たな後処理信頼性マップ、または後処理信頼性マップの新たな部分が計算される。また、平均後処理予測マップが計算されても良い。例えば、ウェハ全体、または特定の象限(Q1、Q2、Q3、Q4)のような特定の領域に対して、平均後処理予測マップが計算される。

【0202】

タスク680では、質問が行われ、別の後処理測定プロセスを実施するタイミングが決定される。処理が十分な場合、処理結果は、一定となり、後処理測定プロセスは不要となる。しかしながら、いくつかのウェハが、処理信頼性ウェハとして定められ、これらのウェハに対して後処理測定プロセスが実施されても良い。処理が不十分で、処理結果が変化する場合、後処理測定プロセスが実施される。別の後処理測定プロセスが実施されても良い。別の後処理測定プロセスが不要な場合、手順600は、タスク685に分岐し、後処理測定プロセスが必要な場合、手順600は、タスク655に分岐する。

40

【0203】

ある実施例では、1または2以上の優先サイトが定められ、1または2以上の優先サイトで、後処理測定処理プロセスが実施される。

50

【0204】

ある実施例では、過去に計算された予測マップが、測定データマップとして使用される。あるいは、修正された予測マップが使用されても良い。

【0205】

タスク685では、質問が実施され、ウェハに追加の処理が必要なタイミングが定められる。処理が実施されると、多数のウェハが、ロットまたはバッチで処理される。追加のウェハ処理が不要な場合、手順600は、タスク690に分岐し、追加のウェハ処理が必要な場合、手順600は、タスク610に分岐する。

【0206】

手順600は、タスク690で完了する。

10

【0207】

別の実施例では、BARC材料および/またはARC材料および/またはハードマスク材料として、調整エッチング抵抗ARC (TERA) 材料が使用され、ゲート材料は、GaAs、SiGe、および歪みシリコンを含む。

【0208】

図17A乃至17Cには、本発明の実施例による動的サンプリングを実施するための、異なる処理方法を示す。3種類の異なる方法で、ウェハ測定レシピ設定(測定のための可変レシピ調整)を計算するアプリケーションが使用される:第1の方法は、測定解析システム(Timbre(登録商標)PAS)を使用し、第2の方法は、ツール処理システム(Telius(登録商標)/Ingenio(登録商標))を使用し、第3の方法は、工場ホストを使用する。

20

【0209】

図17Aに示された実施例では、測定解析システム内のPAS制御器により、1または2以上の動的サンプリングが実施される。1Aでは、ウェハ内容を有するレシピリストがIMに送信され、PJスタート命令が使用される。2Aでは、IMがウェハ内容をPAS制御器に送信し、これには、追加のウェハマップが含まれても良い。3Aでは、PAS制御器は、1または2以上の動的サンプリング(DS)アプリケーションが呼び出される。4Aでは、DSアプリケーションを用いて、ウェハのマップサイト位置調整が計算される。5Aでは、PAS制御器により、可変調整メッセージがIMに送信される。6Aでは、IMにより修正レシピを用いた測定が実施される。

【0210】

図17Bに示した実施例では、アドバンス処理制御(APC)システム内の制御器により、1または2以上の動的サンプリングが実施される。1Bでは、ウェハ内容を含むレシピリストがIMに送信され、PJスタート命令が使用される。2Bでは、ツールにより、ウェハ内容がAPC制御器に送信され、これには、追加のウェハマップが含まれても良い。3Bでは、APC制御器が1または2以上のDSアプリケーションが呼び出される。4Bでは、DSアプリケーションを用いて、ウェハマップサイト位置調整が計算される。5Bでは、ツール制御器により、APC制御器からの可変調整メッセージが受信される。6Bでは、ツール制御器により、可変調整メッセージがIMに送信される。7Bでは、IMにより、修正レシピを用いて、測定が行われる。

30

【0211】

図17Cに示した実施例では、ホストシステム内の制御器により、1または2以上の動的サンプリングのアプリケーションが実施される。1Cでは、IMに、ウェハ内容を含むレシピリストが送信される。1Cでは、ウェハ内容を含むレシピリストがIMに送信され、PJ開始命令が使用される。2Cでは、ツールにより、ウェハ内容がホスト制御器に送信され、これには追加のウェハマップが含まれても良い。3Cでは、ホスト制御器により、1または2以上のDSアプリケーションが呼び出される。4Cでは、DSアプリケーションを用いて、ウェハマップサイト位置調整が計算される。5Cでは、ホスト制御器により、可変調整メッセージがIMに送信される。7Cでは、IMにより、修正レシピを用いた測定が実施される。

40

【0212】

図1を再度参照すると、制御器120は、導入材料の測定マップ(入力状態)と、処理結果マップ(所望の状態)との間の差異を使用して、処理パラメータ組を予測し、選定し、また

50

は計算し、入力状態から、所望の状態にウェハの状態を変化させるための所望の結果が得られる。例えば、この処理パラメータの予測組は、レシピの第1の予測であり、これを用いて、均一な処理が提供される。また、測定マップおよび/または処理結果マップがMES130から得られ、これを用いて、第1の予測を更新しても良い。

【0213】

制御器120は、1または2以上の入力状態マップに基づいて、1または2以上の処理モジュール特性マップに基づいて、ならびに1または2以上の処理モジュールに基づいて、ウェハの予測状態マップを計算する。例えば、所持時間とともに、トリム速度マップが使用され、予測トリム量マップが計算される。あるいは、処理時間とともに、エッチング速度マップが使用され、エッチング深さマップが計算され、処理時間とともに、成膜速度マップが使用され、成膜厚さマップが計算される。

10

【0214】

制御器120は、後処理測定マップおよび/またはデータに使用され、第1組の処理偏差が計算される。この処理偏差の計算組は、1または2以上の所望の処理結果マップ、ならびに1または2以上の後処理測定マップから定められた、実際の処理結果マップに基づいて定められる。ある場合には、制御器120は、必要なマップを取得し、制御器120は、1または2以上のマップを用いて、所望の状態と実際の状態の間のこの差異を定める。この方法では、1または2以上の測定された実際の処理結果マップが、1または2以上の所望の処理結果マップと比較され、処理レシピに対する関係が定められる。例えば、「結果」マップは、上部CDマップ、底部CDマップ、側壁角度マップを有し、トリム処理、BARCオープンエッチング処理、および/または分離/ネスト化エッチング処理用の処理レシピとの関係が形成される。

20

【0215】

別の場合には、制御器120は、ウェハの1または2以上の予測状態マップと、1または2以上の出力状態マップとを取得し、制御器120により、予測状態マップと出力状態マップの間の差異が定められる。この方法では、測定された実際の処理結果マップが、予測処理結果マップと比較され、1もしくは2以上の処理モデルおよび/またはマップとの関係が求められる。例えば、「結果」マップは、上部CDマップ、底部CDマップ、側壁角度マップを有し、トリム処理、BARC/ARCオープンエッチング、および/または分離/ネスト化エッチング処理用の処理モデルに対する関係が形成される。

30

【0216】

マップは、フィードバックデータを用いて更新され、このフィードバックデータは、モニター用、試験用および/または製品ウェハを稼働し、処理設定を変化させ、結果を観察し、1または2以上の異なるマップを更新することにより形成される。例えば、マップの更新は、各N処理時間毎に行われ、モニタ用ウェハの特徴の測定の前および後に、行われる。異なる差動領域を調べる時間の設定を変更することにより、時間に対して作動空間全体が有効となり、またはいくつかのモニタ用ウェハを、異なるレシピ設定で同時に稼働することが可能になる。マップの更新は、制御器120内で、処理ツールで、または工場で行われ、工場により、モニタ用ウェハとマップ更新を制御および/または管理することが可能になる。

40

【0217】

制御器120により、処理手順の1または2以上の時点で、マップが更新される。ある場合には、制御器120は、フィードフォワード情報、モデル化情報、およびフィードバック情報を使用し、現在のウェハに使用される前、次のウェハに使用される前、または次のロットに使用される前に、1または2以上の現在使用中のマップを変更するかどうか定められる。

【0218】

処理の信頼性因子が定められる際、必要な処理結果マップが使用される。必要な処理結果マップは、所望の処理結果マップと実際の測定データマップの間の差異を有する。測定データに対して、対象データのような、所望の処理結果データが計算される。例えば、所望

50

の処理結果マップは、所望の溝領域マップ、所望の材料厚さマップ、所望の側壁角度マップ、所望の格子厚さマップ、所望のフィーチャプロファイルマップ、所望のトリム量マップ、所望の差分深さマップ、所望の均一性マップ、および所望の差分幅マップの少なくとも一つを有する。

【0219】

マップ化を実施する場合、マップ源が重要となり、これは、予め定められる。例えば、マップは、外部発生または内部発生の内いずれであっても良い。外部発生マップは、MES130により提供される。内部発生マップは、GUIからの計算値および/または入力を用いて、形成される。また、外部発生マップまたは内部発生マップを使用するタイミングを定める際に使用され得る、ビジネスルールが提供される。マップは、これらが使用される前に、評価され、あるいは予め適合される。

10

【0220】

以上、本発明のある実施例のみについて詳細に示したが、本発明の新たな示唆および利点から実質的に逸脱しないで、実施例に多くの修正が可能であることは、当業者には容易に理解できる。従って、そのような全ての修正は、本発明の範囲に属するものである。

【0221】

すなわち、本文の記載は、本発明を限定するものではなく、本発明の構成、動作、および挙動は、所与のレベルで、実施例の修正および変更が可能であることを示すために記載されている。従って、前述の記載は、本発明を限定することを決して意味するものではなく、本発明の範囲は、特許請求の範囲により定められる。

20

【図面の簡単な説明】

【0222】

【図1】本発明の実施例による処理システムのブロック図の一例を示す図である。

【図2】本発明の実施例による別の処理システムの単純化されたブロック図である。

【図3】本発明の実施例による光学測定システムの一例を示した図である。

【図4】本発明の実施例によるゲート形成処理の単純化された概略図である。

【図5】本発明の実施例によるウェハの前処理用の単純化された図である。

【図6】本発明の実施例による処理システムを作動する方法のフロー図の一例を示した図である。

【図7A】本発明の実施例による前処理測定マップの一例を示した図である。

30

【図7B】本発明の実施例による前処理測定マップの一例を示した図である。

【図8】本発明の実施例による前処理予測マップの一例を示した図である。

【図9】本発明の実施例による前処理信頼性マップの一例を示した図である。

【図10】本発明の実施例による新たな前処理測定マップの一例を示した図である。

【図11】本発明の実施例によるトリム処理の一例を示した図である。

【図12】本発明の実施例による処理結果マップの単純化された図である。

【図13A】本発明の実施例による後処理測定マップの一例を示した図である。

【図13B】本発明の実施例による後処理測定マップの一例を示した図である。

【図14】本発明の実施例による後処理予測マップの一例を示した図である。

【図15】本発明の実施例による後処理信頼性マップの一例を示した図である。

40

【図16】本発明の実施例による新たな後処理測定マップの一例を示した図である。

【図17A】本発明の実施例による動的サンプリングを実施する、異なる処理方法を示した図である。

【図17B】本発明の実施例による動的サンプリングを実施する、異なる処理方法を示した図である。

【図17C】本発明の実施例による動的サンプリングを実施する、異なる処理方法を示した図である。

【図1】

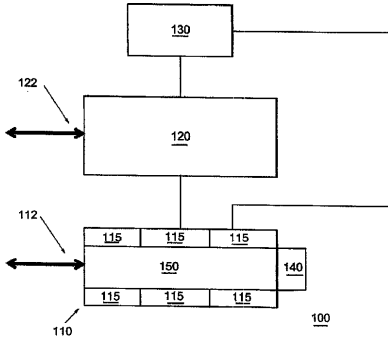
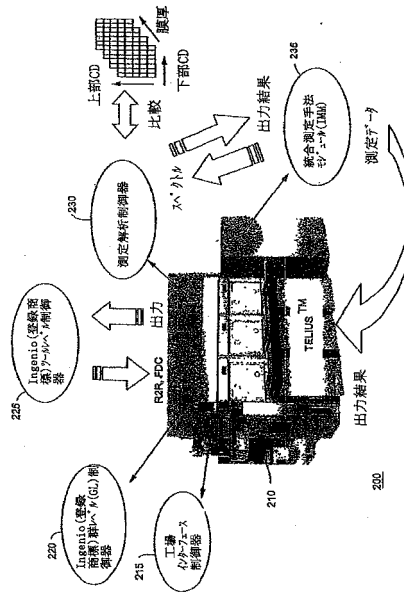


FIG. 1

【図2】



200

【図3】

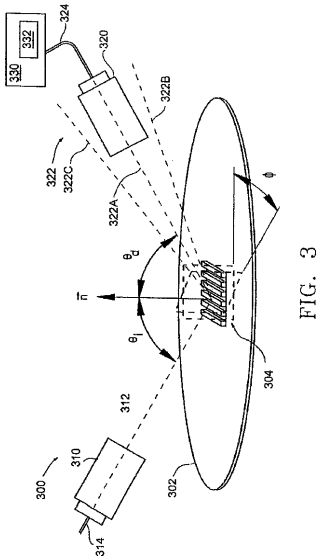
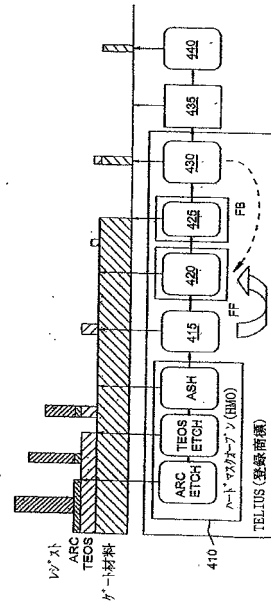
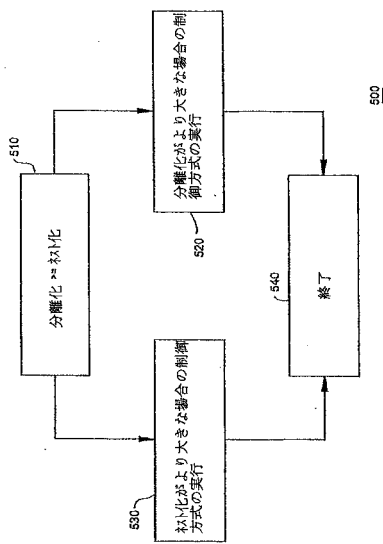


FIG. 3

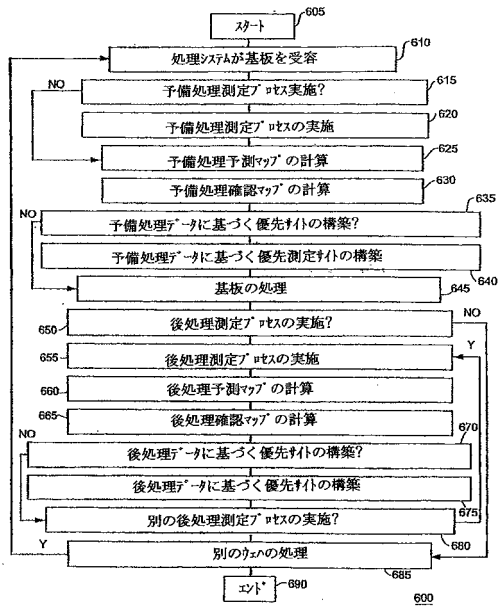
【図4】



【図5】



【図6】



【図7A】

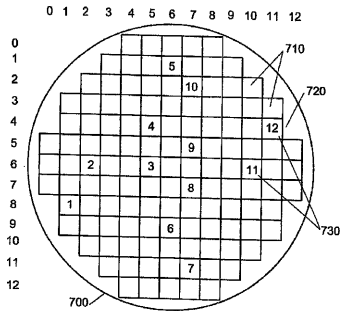


FIG. 7A

【図7B】

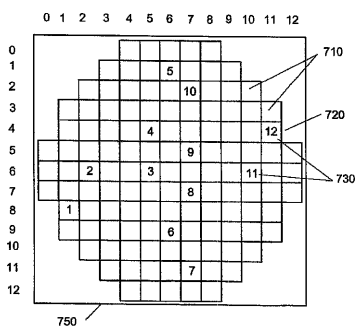


FIG. 7B

【図8】

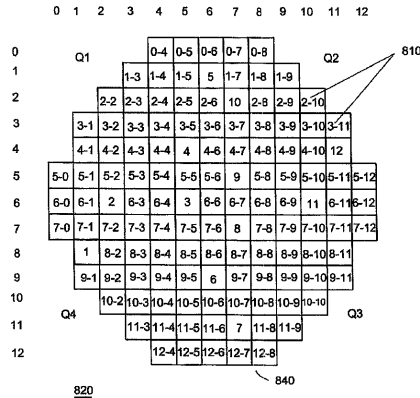


FIG. 8

【図9】

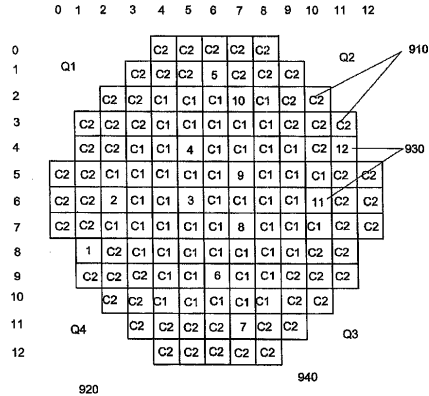


FIG. 9

【 10】

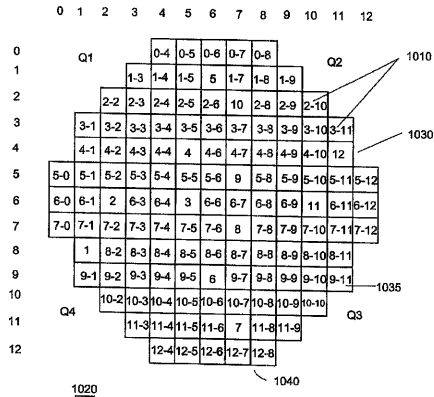


FIG. 10

【 11】

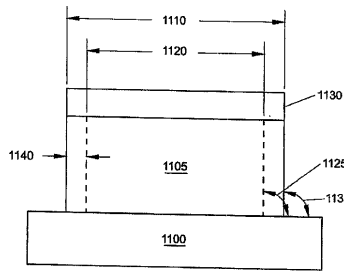


FIG. 11

【 12】

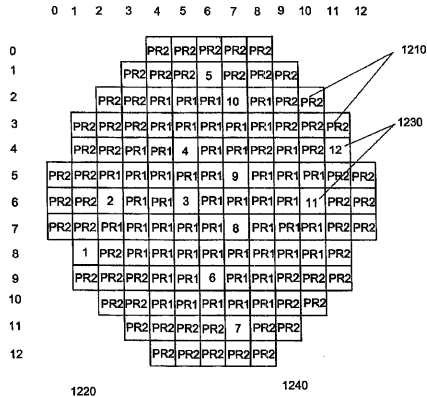


FIG. 12

【 13 A】

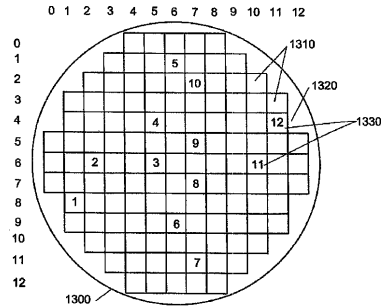


FIG. 13A

【 13 B】

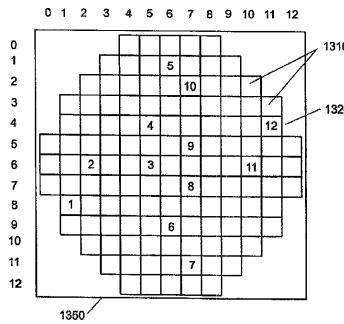


FIG. 13B

【 15】

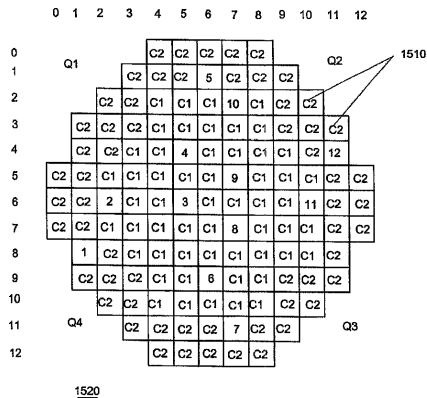


FIG. 15

【 14】

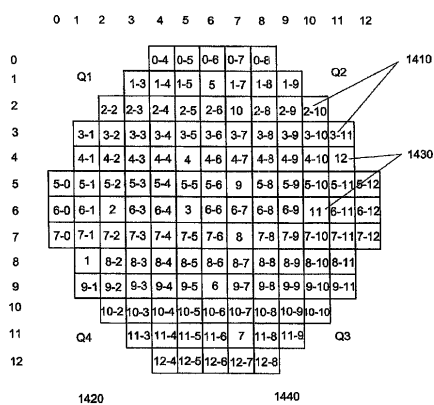


FIG. 14

【 16】

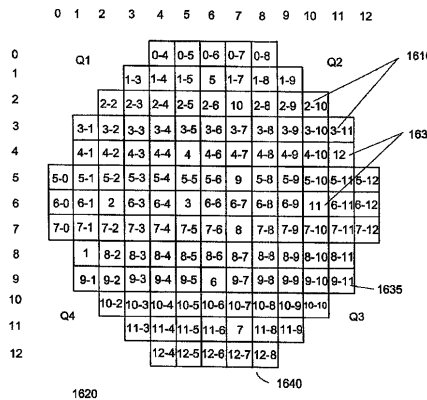
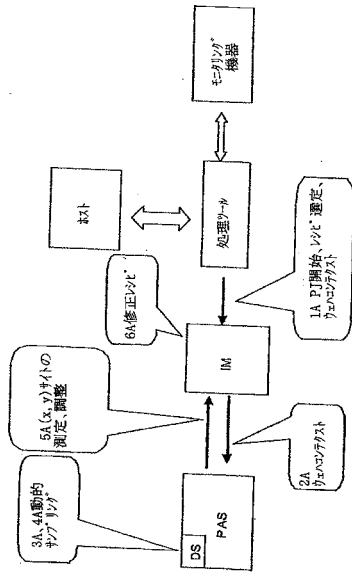
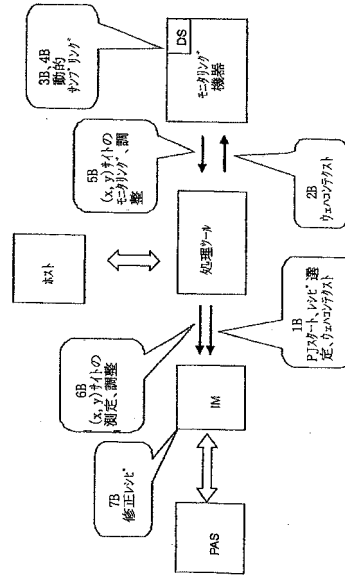


FIG. 16

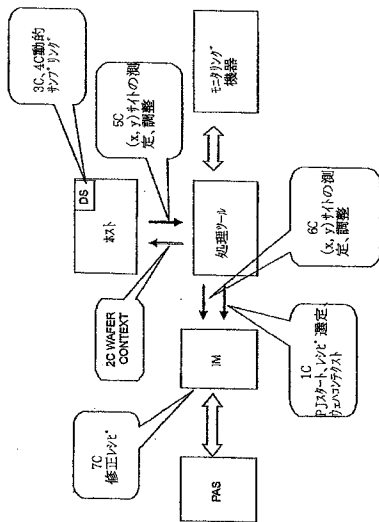
【図17A】



【図17B】



【図17C】



フロントページの続き

- (72)発明者 ファンク,メリット
アメリカ合衆国,テキサス州 78737,オースティン シルヴァー・マウンテン・コーヴ 8
412
- (72)発明者 サンダララジャン,ラドハ
アメリカ合衆国,テキサス州 78620,ドリッピング・スプリングス キャットフィッシュ・
コーヴ 149
- (72)発明者 プレイジャー,ダニエル
アメリカ合衆国,ニューヨーク州 12533,ホープウェル・ジャンクション シャパーク・レ
ーン 89
- (72)発明者 ナツツェル,ウィーズリー
アメリカ合衆国,ニューヨーク州 12561,ニューパルツ,カナン・ロード 140

審査官 滝谷 亮一

(56)参考文献 特表2005-505124(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01L 21/66

H01L 21/02

H01L 21/027