

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5392972号
(P5392972)

(45) 発行日 平成26年1月22日 (2014. 1. 22)

(24) 登録日 平成25年10月25日 (2013. 10. 25)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 B 11/22 (2006. 01)
H O 1 L 21/027 (2006. 01)G O 1 B 11/22 Z
H O 1 L 21/30 5 O 2 P

請求項の数 14 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2006-2870 (P2006-2870)
 (22) 出願日 平成18年1月10日 (2006. 1. 10)
 (65) 公開番号 特開2006-194878 (P2006-194878A)
 (43) 公開日 平成18年7月27日 (2006. 7. 27)
 審査請求日 平成21年1月9日 (2009. 1. 9)
 (31) 優先権主張番号 11/031, 400
 (32) 優先日 平成17年1月8日 (2005. 1. 8)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレ
 イテッド
 APPLIED MATERIALS, I
 NCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 054 サンタ クララ パウアーズ ア
 ベニュー 3050
 (74) 代理人 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義教

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透明基板のための統合計測チャンバ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エッチング処理システム内で基板のエッチング深度を測定する機器であって、
 前記エッチング処理システムのメインフレームと結合した測定セルと、
 前記測定セルの底部と結合しており、基板のエッチング深度を基板の裏側から測定する
 エッチング深度測定器具であって、前記測定セルの底部における開口部により、前記エッ
 チング深度測定器具と前記基板の間を光ビームが通過することが可能であるエッチング深
 度測定器具と、

前記基板を前記測定セルへ移送するために前記メインフレーム内に配置した基板移送口
 ボットと、を備え、

前記基板移送口ボットは、前記基板を保持するための口ボットブレードを有し、

この口ボットブレードは、前記測定セルにおける測定の間前記基板を保持しながら光ビ
 ームにより前記基板の裏側を照射することを可能にするための開口部を有する、機器。

【請求項 2】

前記口ボットブレードの前記開口部が円形又は四角形である、請求項 1 に記載の機器。

【請求項 3】

前記口ボットブレードが、前記エッチング深度測定器具のキャリブレーションに使用さ
 れるキャリブレーションパッドを備える、請求項 1 に記載の機器。

【請求項 4】

前記口ボットブレードが、前記基板の表面を、前記エッチング深度測定器具から発光さ

れた光ビームに対して垂直に位置決めするための回転および傾斜機能を有する、請求項 1 に記載の機器。

【請求項 5】

エッチング処理システム内で基板のエッチング深度を測定するための機器であって、
前記エッチング処理システムのメインフレームと結合し、該メインフレームと共に前記エッチング処理システムの真空側に位置する測定セルと、

前記測定セルの底部と結合したエッチング深度測定器具と、

前記基板を前記測定セルへ移送するための、前記メインフレーム内に配置された基板移送ロボットと、を備え、

前記測定セルの底部における開口部により、前記エッチング深度測定器具と前記基板の間を光ビームが通過することが可能であり、

前記基板移送ロボットは、前記基板を保持するためのロボットブレードを有し、

このロボットブレードは、

前記測定セルにおける測定の間前記基板を保持しながら光ビームにより前記基板の裏側を照射することを可能にするための開口部と、

基板の表面を前記エッチング深度測定器具から発光された測定光ビームに対して垂直にすることを可能にするための回転および傾斜機能と、を有する、機器。

【請求項 6】

前記ロボットブレードの開口部が四角形である、請求項 5 に記載の機器。

【請求項 7】

前記ロボットブレードが、前記エッチング深度測定器具のキャリブレーションに使用するキャリブレーションパッドを備える、請求項 5 に記載の機器。

【請求項 8】

前記キャリブレーションパッドがベアシリコンを備える、請求項 7 に記載の機器。

【請求項 9】

前記ロボットブレードが、前記基板の表面を、前記エッチング深度測定器具から発光された光ビームに対して垂直に位置決めするための回転および傾斜機能を有する、請求項 5 に記載の機器。

【請求項 10】

前記メインフレームと結合したエッチングリアクタを更に備え、前記基板移送ロボットが、前記エッチングリアクタと前記測定セルとの間で基板を移送するように構成されている、請求項 5 に記載の機器。

【請求項 11】

前記エッチング深度測定器具が、光学的に透明な層を有する基板を検査するように構成されている、請求項 5 に記載の機器。

【請求項 12】

交互位相シフトマスクを準備する方法であって、

a) 基板をエッチング処理チャンバ内に配置するステップであって、前記基板が光学的に透明な材料で作られており、且つ、前記基板が、第 1 のパターン化された不透明な層と、第 2 のパターン化されたフォトリソ層とを前記光学的に透明な材料の上に有するステップと、

b) 石英を第 1 のエッチング深度までエッチングするステップと、

c) 前記基板を、当該基板を保持するためのロボットブレードを有する基板移送ロボットにより、基板移送チャンバと結合した測定セルへ移送するステップと、

d) 前記測定セルの底部に結合したエッチング深度測定器具によって、前記基板の裏側からエッチング深度を測定し、次のエッチングのエッチング時間を決定するステップであって、当該エッチング深度は、前記測定セルにおける測定の間前記基板を保持しながら光ビームにより前記基板の裏側を照射することを可能にするための前記ロボットブレードの開口部を通過する光ビームを用いて測定されるステップと、

e) 前記基板をエッチング処理チャンバに戻すステップと、

f) 前記エッチング深度の測定によって決定されたエッチング時間だけエッチングするステップと、

g) 前記基板を前記測定セルへ移送するステップと、

h) 前記測定セルの底部に結合したエッチング深度測定器具によって、前記基板の裏側からエッチング深度を測定し、次のエッチングのエッチング時間を決定するステップと、

i) 目標のエッチング深度に達するまで“e”から“h”までを繰り返すステップと、を備える方法。

【請求項 13】

前記エッチング深度測定が、前記基板の裏側から反射された光ビームを集光することによって実行される、請求項 12 に記載の方法。

10

【請求項 14】

エッチング処理システム内で基板のエッチング深度を測定する機器であって、

前記エッチング処理システムのメインフレームと結合した測定セルと、

前記測定セルの底部と結合したエッチング深度測定器具と、

前記測定セルの頂部と結合した C D 測定器具と、

前記基板を前記測定セルへ移送するための、前記メインフレーム内に配置された基板移送ロボットと、を備え、

前記測定セルの底部における開口部により、前記エッチング深度測定器具と前記基板の間を光ビームが通過することが可能であり、

前記測定セルの頂部における開口部によって、光ビームが前記 C D 測定器具と前記基板の間を通過することが可能であり、

20

前記基板移送ロボットは、前記基板を保持するためのロボットブレードを有し、

このロボットブレードは、前記測定セルにおける測定の間前記基板を保持しながら光ビームにより前記基板の裏側を照射することを可能にするための開口部を有する、機器。

【発明の詳細な説明】

【発明の背景】

【0001】

発明の分野

[0001]本発明は、集積回路の製造に有用なフォトマスクの製作に関する。

【0002】

30

関連技術の背景

[0002]フォトリソグラフィ技術は、基板表面上に堆積させた光パターンとフォトレジスト材料を使用して、エッチング処理前に、基板表面上に精密なパターンを生み出す。従来のフォトリソグラフィ処理では、エッチングされた層の上にフォトレジストが付加され、この層にエッチングされる接触部、ビア、相互接続部のような特徴部が、所望の特徴形状に関連したフォトリソグラフィフォトマスクを通る光のパターンにフォトレジストを露出させることで画成される。フォトレジストの組成を変えるために、例えば紫外線(UV)光を発光する光源を使用してフォトレジストを露出することができる。一般に、露出したフォトレジスト材料を化学処理によって除去し、下にある基板材料を露出させる。次に、露出した、下にある基板材料がエッチングされ、基板表面に特徴部が形成される一方で、保有されたフォトレジスト材料は、露出していない、下にある基板材料のための保護コーティングとして残される。フォトマスクは、装置パターンを作成するために繰り返し使用されるため、フォトマスク製造の品質制御が非常に重要である。

40

【0003】

[0003]フォトリソグラフィフォトマスク、またはレティクルは、sub 0.13 μm 技術に使用できる、バイナリ(または従来の)フォトマスクおよび位相シフトマスク(PSM)を含む。典型的に、バイナリ(または従来の)マスクは、光学的に透明なシリコンベースの材料、例えば石英(すなわち二酸化ケイ素、SiO₂)で作られ、クロムのような金属の不透明な遮光層を基板の表面上に有する基板を含む。位相シフトは、位相シフトによる軽い画像の解像を向上させる。位相シフトマスクの原理は、Plummer, De

50

al and Griffin, "Silicon VLSI Technology Fundamentals, Practice and Modeling", 2000 Prentice Hall, Inc., 230~234頁に説明されている。位相シフトマスクは、減衰した位相シフトまたは交互位相シフトマスクのいずれであってもよい。典型的に、減衰した位相シフトマスクは、ケイ化モリブデン(MoS₂)またはケイ化モリブデン酸化窒素(MoS₂ON)のような材料の半透明な層を頂部に有する、石英のような光学的に透明なシリコンベースの材料で作られる基板を含む。例えば248nm波長のフォトリソグラフィ光が、半透明な層で被覆されたパターン化されたマスク表面を照射する場合に、半透明な層の透過性(例えば248nm波長にて6%)と厚さが、半透明な層で被覆されていないパターン化されたマスク表面を介して照射されるフォトリソグラフィ光と比較して、例えば180°の位相シフトを作成する。交互位相シフトマスクは、典型的に、石英のような光学的に透明なシリコンベースの材料で作られる基板を含んでおり、これがある深度にまでエッチングされて、パターン化されたマスクを介してフォトリソグラフィ光が照射されるエッチングされていない透明基板と共に位相シフトを作成する。更に、石英と同様のパターンを設けたクロム層を有する。これ以外のタイプの位相シフトマスク、例えば、クロム層を除去したクロムレスマスクのリソグラフィ(CPL)マスクもある。

10

【0004】

[0004]フォトマスクにより、精密なパターン内で光がフォトマスクを通過し、基板表面上へと到達することが可能になる。フォトマスク基板上的の金属層は、基板へ移送される特徴部に対応してパターン化される。フォトマスク上のパターンは、ウェーハ基板上にパターン化されるパターンサイズの1X、2X、または4Xであってもよい。典型的に、フォトリソグラフィステッパーが、フォトマスクの画像を4xにまで縮小し、ウェーハ表面を被覆しているフォトレジスト上にパターンを印刷する。従来のフォトマスクは、まず、例えば石英のような光学的に透明なシリコンベースの材料を備える基板上に形成されているマスクのタイプに応じて不透明または半透明のいずれかであってもよい1~2枚の薄い金属層を堆積させ、基板上にフォトレジスト層を堆積させることにより、製作される。次に、フォトレジストに臨界寸法を画成するために、従来のレーザまたは電子ビームパターン器材を使用して、フォトマスクがパターン化される。その後、一般に不透明な頂部金属層がエッチングされることで、パターン化されたフォトレジストにより保護されていない金属材料が除去され、これにより、下にあるシリコンベースの材料が露出する。バイナリマスクの場合は、金属エッチングステップ後にフォトマスクが形成される。減衰および交互位相シフトマスクの場合、フォトマスクを形成するために、透明基板または半透明金属層への追加のフォトレジストパターンニングとエッチングが必要となる。

20

30

【0005】

[0005]装置パターンを作成するためにフォトマスクが繰り返し使用されるため、臨界寸法の正確性および引張分布、位相シフト角度および基板全体にわたるその均一性は、バイナリおよび位相シフトフォトマスクにとって重要な必要性である。交互位相シフトマスクの場合、石英のような透明材料の深度によって位相角度が影響を受ける。位相シフトの精密制御は非常に重要であるため、石英のような透明材料のエッチングは、マスクの位相シフトを制御限度内に確実に収めるために、複数のエッチング処理と複数のエッチング深度測定後に達成されることが多い。エッチングシステムと統合されていないシステム内でエッチング深度測定が実行された場合には、処理サイクル時間が非常に長くなり、このアプローチにより総欠陥数が増加する。

40

【0006】

[0006]したがって、半導体フォトマスク処理システム内のフォトマスクのエッチング深度(または位相シフト角度)を測定するために統合計測器具の当分野における必要性が依然として残る。

【発明の概要】

【0007】

50

[0007]本発明の実施形態は、半導体フォトリソ処理システムにおける交互位相シフトフォトリソについてエッチング間のエッチング深度を測定する方法および機器に関する。一実施形態では、エッチング処理システム内で基板のエッチ深度を測定する機器は、エッチング処理システムのメインフレームと結合した測定セルと、測定セルの底部と結合したエッチング深度測定器具であって、測定セルの底部における開口部により、エッチング深度測定器具と基板の間を光ビームが通過することが可能になるエッチング深度測定器具を備える。

【 0 0 0 8 】

[0008]別の実施形態では、エッチング処理システム内で基板のエッチング深度を測定する装置は、エッチング処理システムのメインフレームと結合した測定セルと、測定セルの底部と結合したエッチング深度測定器具であって、測定セルの底部における開口部により、エッチング深度測定器具と基板の間を光ビームが通過することが可能になるエッチング深度測定器具と、基板を測定セルへ移送するための、メインフレーム内に配置された基板移送ロボットであって、基板を保持するためのロボットブレードを有し、このロボットブレードが、光ビームが基板上を照射することを可能にするための開口部を有する基板移送ロボットを備える。

【 0 0 0 9 】

[0009]別の実施形態では、交互位相シフトマスクを準備する方法は、a) 基板をエッチング処理チャンバ内に配置するステップであって、基板が光学的に透明な材料で作られており、第1のパターン化された不透明な層と、第2のパターン化されたフォトリソ層とを光学的に透明な材料の上に有するステップと、b) 石英を第1のエッチング深度までエッチングするステップと、c) 基板を、基板移送チャンバと結合した測定セルへ移送するステップと、d) 次のエッチングのエッチング時間を決定するために、測定セルの底部に結合したエッチング深度測定器具によって、基板裏側からエッチング深度を測定するステップと、e) 基板を配置しエッチング処理チャンバに戻すステップと、f) エッチング深度測定によって決定されたエッチング時間だけエッチングするステップと、g) 基板を測定セルへ移送するステップと、h) 次のエッチングのエッチング時間を決定するために、測定セルの底部に結合したエッチング深度測定器具によって、基板裏側からエッチング深度を測定するステップと、i) 目標のエッチング深度に達するまで“e”から“h”までを繰り返すステップと、を備える。

【 0 0 1 0 】

[0010]別の実施形態では、エッチング処理システム内で基板のエッチング深度を測定する機器は、エッチング処理システムのメインフレームと結合した測定セルと、測定セルの底部と結合したエッチング深度測定器具であって、測定セルの底部における開口部により、エッチング深度測定器具と基板の間を光ビームが通過することが可能になるエッチング深度測定器具と、測定セルの頂部と結合したCD測定器具であって、測定セルの頂部における開口部によって、光ビームがCD測定器具と基板の間を通過することが可能になるCD測定器具と、基板を測定セルへ移送するための、メインフレーム内に配置された基板移送ロボットであって、基板を保持するためのロボットブレードを有し、このロボットブレードが、光ビームが基板上を照射することを可能にするための開口部を有する基板移送ロボットと、を備える。

【 0 0 1 1 】

[0011]本発明の上記態様に到達し、詳細に理解できるようにするために、上記において簡略的に要約した本発明のより特定の説明が、添付の図面に例示されているその実施形態を参照することで得られる。

【 0 0 1 2 】

[0012]しかしながら、添付の図面は、本発明の典型的な実施形態のみを例示するものであり、本発明はこれ以外の同等に効率的な実施形態を許容できるため、これをその範囲の限定と考慮すべきではないことに注意されたい。

【 詳細な説明 】

【 0 0 1 3 】

[0020] 本明細書では、便宜性の理由から、主に交互の位相シフトマスクのエッチングを参照しながら本発明を説明する。本発明の概念は、異なるタイプのフォトマスクのエッチングに使用することができる。

【 0 0 1 4 】

[0021] 図 1 A ~ 図 1 F は、交互位相シフトマスクを作成する例証的な処理の流れを例示する。基板 1 0 0 が処理チャンバへ導入される。基板 1 0 0 (またはレティクル) は、例えば光学品質石英、フッ化カルシウム、アルミナ、サファイア、または典型的に光学品質石英材料で作られたこれらの組み合わせのような、光学的に透明な材料 1 1 0 から成るベース材料を備える。図 1 A に示すように、クロムのような不透明 (または遮光性) 金属層 1 2 0 が光学的に透明な材料 1 1 0 上に堆積している。クロム層のような遮光材料層は、当分野において既知である従来の方法、例えば物理的気相堆積法 (PVD) 技術または化学気相堆積法 (CVD) 技術によって堆積させることができる。典型的に、遮光 (または不透明) 金属層 1 2 0 は、約 5 0 ~ 約 1 5 0 ナノメートル (nm) の厚さにまで堆積されるが、しかしながら、層の深度は製造業者からの要求、および基板または金属層の材料の組成に基づいて変更することができる。

10

【 0 0 1 5 】

[0022] 図 1 B を参照すると、次に、基板 1 0 0 が別の処理チャンバへと移送され、この処理チャンバにおいて、Du Pont de Nemours Chemical Company によって製造された "RISTON" レジストのようなレジスト材料 1 3 0 の層が、不透明金属層 1 2 0 に、約 2 0 0 ~ 6 0 0 nm の厚さにまで堆積される。次に、不透明金属層 1 2 0 に形成する第 2 の開口部 1 3 5 の寸法を画成するために使用される第 1 の開口部 1 2 5 を形成するために、従来のレーザまたは電子ビームパターンニング器材を用いて、レジスト材料 1 3 0 にパターンエッチングする。

20

【 0 0 1 6 】

[0023] 次に、基板 1 0 0 が、カリフォルニア州サンタクララのアブライドマテリアルズ社によって製造された、図 3 で説明した (以降に説明する) Tetra II (商標) フォトマスクエッチングシステム内の Tetra II (商標) フォトマスクエッチングチャンバのようなエッチングシステムへ移送される。本発明の態様を、Tetra II (商標) フォトマスクエッチングチャンバを含む、電気誘導的に結合したプラズマエッチングチャンバを参照しながら以降に説明する。しかしながら、これ以外にも、例えばそれぞれ設計の異なる静電容量的に結合した平行板チャンバ、磁気拡張したイオンエッチングチャンバ、電気誘導的に結合したプラズマエッチングチャンバのような処理チャンバを使用して本発明の処理を実行することも可能である。

30

【 0 0 1 7 】

[0024] 遮光金属層 1 2 0 は、当分野において既知である金属エッチング技術を用いて、または図 1 C に示すように、下にある透明材料 1 1 0 を露出するための第 2 の開口部 1 3 5 を形成するべく開発された新規の金属エッチング技術によってエッチングされる。

【 0 0 1 8 】

[0025] 図 1 A ~ 図 1 C を参照すると、遮光材料層 1 2 0 のエッチングが完了すると、基板 1 0 0 が処理チャンバへ移送され、通常、残りのレジスト材料 1 3 0 が基板 1 0 0 から除去される。レジスト除去は、酸素プラズマ処理、またはこれ以外の当分野において既知であるレジスト除去技術によって達成することができる。

40

【 0 0 1 9 】

[0026] 図 1 D ~ 図 1 F を参照すると、透明材料 1 1 0 をエッチングすることで、基板 1 0 0 が更に処理される。透明材料 1 1 0 のエッチングにおいて、レジスト材料 1 3 0 が除去され、第 2 のフォトレジスト 1 4 0 が付加され、パターン化されて、第 2 の開口部 1 3 5 下にある透明な材料 1 1 0 が露出する。レジスト材料が、約 2 0 0 nm ~ 6 0 0 nm の厚さの間にまで堆積されるが、この厚さは任意であってもよく、更に、フォトマスクを形成するべく透明材料 1 1 0 内にエッチングする特徴部の深度と同じ厚さであってもよい。

50

次に、レジスト層 140 および金属層 120 に第 3 の開口部 145 を形成するべく、フォトレジスト 140 がエッチングされる。次に、透明材料 310 をプラズマエッチングするために、パターン化された基板 100 が、図 3（以降に説明する）で説明された Tetra II（商標）フォトマスクエッチングシステムのようなエッチングチャンバへ移送される。

【0020】

[0027]透明材料 110 のエッチング深度 175 が位相シフト角度を決定するため、エッチング深度 175 の精密な制御が非常に重大となる。例えば、KrF エクシマーレーザーリソグラフィのための交互の位相シフトマスクに 180° の位相シフト角度を達成する場合、石英エッチング深度は約 240 である。過度のエッチングを防止するために、最初のエッチングは、目標のエッチング深度の 50% ~ 75% といった、一部分のみをエッチングする。エッチングされた基板 100 のエッチング深度 175（または位相シフト角度）が統合計測器具にて測定される。基板 100 は、目標のエッチング深度 175 に達するまで、追加のエッチングおよびエッチング深度測定を続けて受ける。統合計測器具においてエッチング深度測定を実行することにより、基板を同一の真空環境にないエリアへ移送する必要性が回避されるという利点を有する。基板を同一の真空環境にないエリアへ繰り返し移送することは、真空破壊により時間がかかってしまい、また、フォトマスクを作るにあたって非常に望ましくない粒子が生成される結果となる。

【0021】

[0028]目標のエッチング深度 175 に達した後に、パターン化された基板表面 155 を形成するべく、第 2 のレジスト材料 140 が除去される。金属層 120 の除去後に、パターン化された基板表面 165 をもつ交互位相シフトマスクが形成される。エッチングチャンバ内におけるドライエッチングは、最終的なエッチング深度のある割合に達するべくエッチングするだけであり、最終的なステップは、ウェットエッチングは表面の粗さを低減し、フォトマスク基板上のマイクロレンチングを減少させることができるウェットエッチングステップによって行うこともある。

【0022】

[0029]クロムのような遮光層、石英のように光学的に透明な材料のための交互位相シフトフォトマスクエッチング処理はドライエッチング処理を含む。塩素含有ガス（例えば Cl_2 ）またはフッ素含有ガス（例えば SF_6 または CF_4 ）のようなエッチングガス、酸素のような酸化ガス、ヘリウムのような不活性ガスのプラズマを使用して、基板上に形成された材料層、または基板自体にエッチングすることができる。この用途において遮光層にエッチングするために使用するエッチング化学の詳細が、2003 年 4 月 18 日付けで提出された、同一出願人による米国特許明細書出願番号第 10/418、795 号、タイトル “Process for Etching Photomasks”、2002 年 9 月 4 日付けで提出された、米国特許明細書出願番号第 10/235、223 号、タイトル “Methods And Apparatus For Etching Metal Layers on Substrates” に開示されている。基板のシリコンベースの材料へのエッチングは、同一出願人による、2003 年 3 月 18 日付けで発行された米国特許番号第 6、534、417 号、タイトル “Method and Apparatus For Etching Photomasks”、2002 年 5 月 21 日付けで発行された米国特許番号第 6、391、790 号、同一タイトルの “Method and Apparatus For Etching Photomasks” に説明されている。これら全ての明細書の開示は、本発明の態様と矛盾することのない範囲で、本明細書に参照として組み込まれている。

【0023】

[0030]本発明で採用しているエッチング深度計測技術は高度処理制御（APC）イネーブラである。エッチング深度計測技術は、広い波長範囲にかけての基板の反射を検出する。検出された波長スペクトルが理論モデルに適合されることで、膜の特性が使用可能となる。この計測は、基板の複数の場所における透明性、エッチング深度、膜の厚さ、位相シ

10

20

30

40

50

フト角度を測定するために使用できる。エッチング深度（または位相シフト角度）測定器具の一例は、カリフォルニア州サンタクララにある n & k Technology, Inc. 製の n & k Analyzer 1512RT が挙げられる。

【0024】

[0031] 本発明の例証的な実施形態は、図 2 に示すように、測定器具 210、例えばエッチング深度（または位相シフト角度）測定器具を備えた処理システム 200 内のエッチング深度測定器具を使用して実現される。処理システム 200 は更に、本明細書に開示している分析を電子的に実行するプロセッサ 220 と、プロセッサ 220 の分析結果を表示するためのモニタ 230 とを備える。プロセッサ 220 は、半導体メモリのようなメモリ装置 240、また、処理情報の保存に従来使用されている「製造実行システム」（MES）として既知であるコンピュータソフトウェアで実現されるデータベースシステム 250 と通信していてもよい。プロセッサ 220 は更に、測定器具 210、エッチャー 270 と通信することもできる。

【0025】

[0032] 図 3 に、エッチング深度（または位相シフト角度）を測定する機能を備える ex-situ 計測器具と統合したエッチングシステムの一例を示す。このシステム、Tetra II（商標）は、チャンバまたは「メインフレーム」301 を備えるが、これらは、例えば、Tetra II（商標）フォトマスクリアクタ（またはチャンバ）302、「ロードロック」とも呼ばれる 1 つ以上の移送チャンバ 303 といった複数の処理チャンバを取り付けるための、カリフォルニア州サンタクララのアプライドマテリアルズ社より販売されている Centura（商標）処理システムであってもよい。本発明の一実施形態において、3 つのエッチングリアクタ 302 および 1 つの計測機器 306 は、メインフレーム 301 に取り付けられている。メインフレーム 301 と計測器具 306 の間にこれらを流体連通させるための開口部（図示せず）が設けられているため、計測器具 306 をメインフレーム 301 と同一の真空下に配置することができる。例証的な一実施形態では、3 つのエッチャー 302 を使用してエッチングを行う。メインフレーム 301 内に、処理リアクタ 302、移送チャンバ 303、統合計測器具 306 間でウェーハを移送するためのロボット 304 が設けられている。統合計測器具 306 は、エッチング深度（または位相シフト角度）を測定することができる。移送チャンバ 303 は、制御された環境を維持するための、「小型環境」としても知られる工場インターフェース 305 と接続している。本発明の一実施形態において、メインフレーム 301 に取り付けられている計測（または測定）器具 306 は、高速データ収集能力と分析能力を有する。工場インターフェース 305 の他端にはカセットホルダ 308 が接続している。内部 305 には、カセットホルダ（308）と「ロードロック」（303 の間で基板を移送するためのロボット 307 が配置されている。

【0026】

[0033] エッチング深度測定器具 306 は、エッチングチャンバ 302 からのエッチングされた基板の測定し、再度エッチングするべくエッチングチャンバ 302 へ送り戻すことを可能にするために、メインフレーム 301 に取り付けられている。エッチングおよび測定処理シーケンスは、目標のエッチング深度（または位相シフト角度）に達するまで、数回繰り返すことができる。透明材料 110 の 目標のエッチング深度まで繰り返されるエッチングおよび測定の性質により、エッチング深度測定器具（または位相シフト角度測定器具）をメインフレーム 301 に取り付けることが望ましい。メインフレーム 301 と計測器具 305 は両方とも統合真空環境下にあるので、追加の基板移送と真空破壊のために時間がかかる、真空下でないエリアへの基板の移送の必要性を回避できる。真空下にある処理エリアと真空下でない処理エリアの間で基板を繰り返し移送することは、時間がかかるだけでなく、粒子を生成してしまう。

【0027】

[0034] 本発明の別の実施形態では、計測器具 306 は、複数の移送チャンバ 303 のうち 1 つの場所に配置される。複数の移送チャンバ 303 の 1 つの場所に計測器具 306 を

配置することは、更に、真空下でないエリアへ基板を移送する必要性が回避されるという利点を有する。

【 0 0 2 8 】

[0035]基板は透明であるため、基板の裏面から反射された光を分析することにより、不透明膜 3 2 0 とフォトレジスト膜 3 4 0 を除去する必要なく、位相シフト角度（またはエッチ深度）を測定することができる。従来の位相シフト角度測定は基板前側より実行され、また、位相シフト角度測定の前に不透明膜 3 1 2 およびフォトレジスト膜 3 4 0 を除去する必要がある。追加の、膜を除去する処理ステップにより、フォトマスク準備にとって非常に望ましくない粒子または他の処理欠陥が生じ得る。これに加え、位相シフト角度（またはエッチ深度）が目標に達していないことがわかった場合には、不透明膜 3 2 0 とフォトレジスト膜 3 4 0 を再堆積し、再パターン化して、透明材料 3 1 0 の更なるエッチングを可能にする必要があるため、これにより、粒子および他の処理欠陥問題を悪化させることになりかねない。

【 0 0 2 9 】

[0036]図 4 は、基板 4 0 0 の裏面の下に配置したエッチング深度測定器具（または位相シフト角度測定器具）4 6 0 の概略図を示す。基板 4 0 0 は、エッチング深度 4 5 0 と、更に不透明膜 4 1 0 およびフォトレジスト膜 4 2 0 を前側上に有する。基板 4 0 0 の裏面上には、入射光ビーム 4 3 0、4 3 0、4 3 2、反射された光ビーム 4 3 0'、4 3 1'、4 3 2' が存在する。入射光ビームの光源は測定器具 4 6 0 からであってもよい。光源は広帯域光源であることが好ましい。入射光ビーム 4 3 0 の一部分、反射された光ビーム 4 3 0' が、基板 4 0 0 と環境 4 7 0 の間のインターフェースから反射される。反射された光ビーム 4 3 1' が、環境 4 7 0 との基板エッチングインターフェース 4 5 1 間のインターフェースから反射される。反射された光ビーム 4 3 2' は、不透明な層 4 1 0 と基板 4 0 0 の間のインターフェースから反射される。エッチング深度測定器具は、基板裏側表面の範囲にかけて反射された光ビームを集光する。例えば光ビーム 4 3 1' と 4 3 2' の間の位相シフトを計算することで、例えば基板 4 0 0 の前側上の膜、例えば不透明膜 4 1 0、フォトレジスト膜 4 2 0 を除去することなく、透明基板のエッチング深度 4 5 0 と位相シフトを決定することができる。

【 0 0 3 0 】

[0037]本発明の一実施形態では、図 3 のメインフレーム 3 0 1 のロボット 3 0 4 の一部分であるロボットアーム 5 0 0 は、基板ホルダ 5 0 1 を含むよう設計されている。図 5 A に示すように、基板ホルダ 5 0 1 は、基板裏側上の入射光ビームおよび反射された光ビームの通過を可能にするための開口部を有する。図 5 A は、基板ホルダ 5 0 1 を有するロボットブレード 5 1 0 を収容するロボットアーム 5 0 0 の端部の概略図を示す。基板ホルダ 5 0 1 は、基板と比例するサイズのアパーチャ 5 0 2 を有する。一実施形態では、アパーチャ 5 0 2 は、6 インチ（15 . 24 c m）× 6 インチの基板について、約 4 インチ（10 . 16 c m）× 4 インチである。基板の縁が基板ホルダによって支持されるようにするために、アパーチャ 5 0 2 のサイズは基板のサイズよりも小さい。一実施形態では、ロボットブレード 5 1 0 の厚さは約 2 / 5 インチ（1 . 02 c m）である。アパーチャ 5 0 2 のサイズは、基板上の広いエリアにかけて測定データを収集できるよう可能な限り大きくなくてはならない。

【 0 0 3 1 】

[0038]図 5 B は、基板 5 2 0 が図 3 の計測器具 3 0 6 内に配置されている状態を示す。計測器具 3 0 6 は、測定セル 5 5 0 とエッチング深度測定器具 4 6 0 を備える。基板はロボットアーム 5 0 0 から測定地点へと移動される。測定地点 5 6 0 の下には、エッチング深度測定器具 4 6 0 がある。エッチング深度測定器具 4 6 0 は、基板 5 2 0 の裏面へ光を発光する広帯域光源（図示せず）を備える。ロボットブレード 5 1 0 はロボットアーム 5 0 0 に装着されており、基板 5 2 0 の表面を、測定器具 4 6 0 から発光された測定光ビームに対して垂直にすることを可能にするための回転および傾斜機能を有する。エッチング深度測定器具 4 6 0 は、基板裏側から反射された光を集光する。測定器具 4 6 0 によって

エッチング深度を計算するために、反射された光から生成されたデータが分析される。本発明の一実施形態では、ロボットブレード 510 上に、例えば一片のベアシリコンのようなエッチング深度測定キャリブレーション装置を収容するキャリブレーションパッド 580 がある。一実施形態では、キャリブレーションパッドのサイズは、直径が約 1/2 インチ (1.27 cm) である。測定器具 460 をキャリブレートするために、キャリブレーションパッド 580 を測定地点 560 よりも上の位置に断続的に移動することができる。典型的に、ベアシリコン面上には天然酸化層が存在している。天然酸化層の存在は、いくつかの測定器具のキャリブレーションにとって重要である。ある実施形態では、測定地点 560 は、例えば直径約 1 インチ (2.54 cm) の円形の開口部である。

【0032】

10

[0039]裏面エッチング深度測定の利点は、この測定では前側膜の除去が不要であることである。したがって、まず基板を部分的にエッチングし、次に、次のエッチング量を目標とすべく基板を測定することができる。次に、フォトレジスト層剥離を実行するために基板を別のシステムへ移動する必要がなく、基板が複数回再エッチングおよび再測定される。代替の位相シフトマスクを作る場合、位相シフト角度（またはエッチング深度）の精密な制御が非常に重大である。基板は透明であり、位相シフト角度を裏面から測定できるため、また、基板エッチングの微細調整では基板をエッチングモジュールから除去する必要がないため、処理時間を大幅に低減することができる

[0040]測定セル 306 の底部に取り付けたエッチング深度測定器具 460 に加えて、一実施形態において、開口部 595 を介して臨界寸法 (CD) 測定データを収集するために、測定セル 306 の頂部上に CD 測定器具 59 が取り付けられている (図 5C に示すとおり)。基板エッチング手法を調整するために、収集した CD 測定データをエッチャーへと前方または後方供給することができる。CD 測定の測定場所要求はエッチング深度測定のものよりも厳密であるため、メインフレーム 301 内のロボット 304 の一部分であるロボットアーム 500 は、要求されるほど十分な精密な制御を有する必要はない。CD 測定器具 590 は、CD 測定器具内の測定装置 (図示せず) が基板 520 よりも上の特定の測定場所へ移動することを可能にするための移動装置 (図示せず) を含んでいてもよい。移動装置の移動は、その精密な移動を制御するために、コントローラーによって制御される。図 5C は、頂部 CD 測定器具 590 と底部エッチング深度測定器具 460 を備えた計測セル 306 の概略図を示す。

20

30

【0033】

[0041]CD 測定器具 590 は、OCD (光学臨界寸法) 計測技術を採用することができる。OCD 計測技術は高度処理制御 (APC) イネーブラである。例えば、普通の入射分光器的 OCD 計測システムは、インライン型の非破壊 SEM では不可能な詳細な線輪郭を提供する。フォトマスクの場合、OCD 計測は、反射モード (反射された光を利用する) または透過モード (透過する光を利用する) で動作できる。OCD 技術の小型サイズおよび速度により、本発明の測定システムを、アプライドマテリアルズ社製の Tera II (商標)、または DPS (登録商標) II エッチングシステムのような処理器具内部に完全に統合することが可能になる。APC ソフトウェアと組み合わせた場合、これはウェーハ間閉鎖ループ制御に、完全なフォードフォワードソリューションを提供する。光学 CD 測定器具の一例には、カリフォルニア州ミルピタスにある Nanometrics 社製の Nano OCD 9000、または米国特許第 5,963,329 号に開示されている光学イメージャが挙げられる。光学 CD 測定器具は、光波散乱計測法、反射率測定法、透過偏光解析法技術を利用できる。

40

【0034】

[0042]本発明の好ましい態様について前述したが、本発明の他の、および更なる態様は、本発明の基本範囲から逸脱しない限度内で考案され、また、この範囲は特許請求の範囲によって決定される。

【図面の簡単な説明】

【0035】

50

【図 1 A】交互位相シフトフォトマスクを処理するためのエッチングシーケンスを示す断面図である。

【図 1 B】交互位相シフトフォトマスクを処理するためのエッチングシーケンスを示す断面図である。

【図 1 C】交互位相シフトフォトマスクを処理するためのエッチングシーケンスを示す断面図である。

【図 1 D】交互位相シフトフォトマスクを処理するためのエッチングシーケンスを示す断面図である。

【図 1 E】交互位相シフトフォトマスクを処理するためのエッチングシーケンスを示す断面図である。

10

【図 1 F】交互位相シフトフォトマスクを処理するためのエッチングシーケンスを示す断面図である。

【図 2】統合エッチングシステムの主要構成要素のブロック図である。

【図 3】統合エッチングシステムの一実施形態の図である。

【図 4】基板と測定器具の間の、基板、測定器具、衝突および反射された光ビームを示す略線図である。

【図 5 A】ロボットブレードを装備したロボットアームの端部の概略図を示す。

【図 5 B】測定セルおよびエッチング深度計測器具の概略図を示す。

【図 5 C】エッチング深度測定器具と C D 測定機器の測定セルの概略図を示す。

20

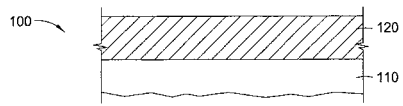
【符号の説明】

【 0 0 3 6 】

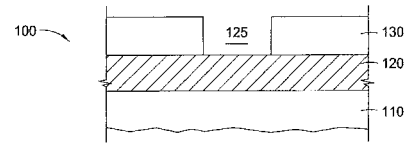
1 0 0 ... 基板、 1 1 0 ... 光学的に透明な材料、 1 2 0 ... 不透明な金属層、 1 2 5 ... 第 1 の開口部、 1 3 0 ... レジスト材料、 1 3 5 ... 第 2 の開口部、 1 4 0 ... フォトレジスト、 1 4 5 ... 第 3 の開口部、 1 5 5 ... パターン化された基板表面、 1 6 5 ... パターン化された基板表面、 1 7 5 ... エッチング深度、 2 0 0 ... 処理システム、 2 1 0 ... 測定器具、 2 2 0 ... プロセッサ、 2 3 0 ... モニタ、 2 4 0 ... メモリ装置、 2 5 0 ... データベースシステム、 2 7 0 ... エッチャー、 3 0 1 ... メインフレーム、 3 0 2 ... 処理リアクタ、 3 0 3 ... 移送チャンバ、 3 0 4 ... ロボット、 3 0 5 ... 工場インターフェース、 3 0 6 ... 統合計測器具、 3 0 7 ... ロボット、 3 0 8 ... カセットホルダ、 4 0 0 ... 基板、 4 1 0 ... 半透明膜、 4 2 0 ... フォトレジスト膜、 4 3 0 ... 光ビーム、 4 3 1 ... 反射された光ビーム、 4 3 2 ... 反射された光ビーム、 4 5 0 ... エッチング深度、 4 5 1 ... 基板エッチングインターフェース、 4 6 0 ... 測定器具、 4 7 0 ... 環境、 5 0 0 ... ロボットアーム、 5 0 1 ... 基板ホルダ、 5 0 2 ... アパーチャ、 5 1 0 ... ロボットブレード、 5 2 0 ... 基板、 5 5 0 ... 測定セル、 5 6 0 ... 測定地点、 5 8 0 ... キャリブレーションパッド、 5 9 0 ... 測定器具、 5 9 5 ... 開口部。

30

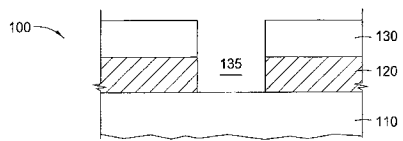
【図 1 A】



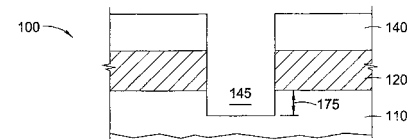
【図 1 B】



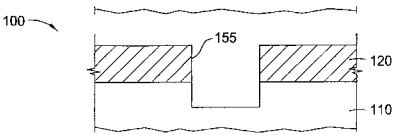
【図 1 C】



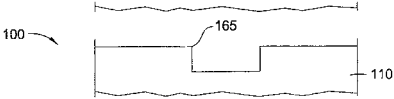
【図 1 D】



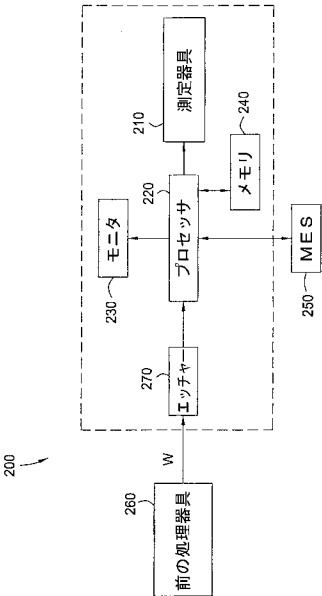
【図 1 E】



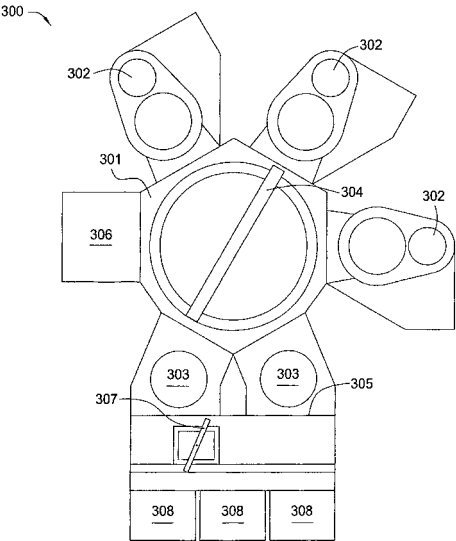
【図 1 F】



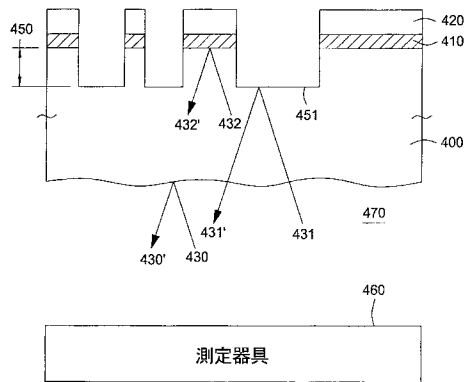
【図 2】



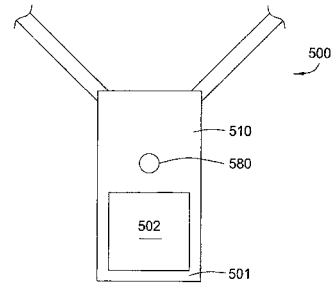
【図 3】



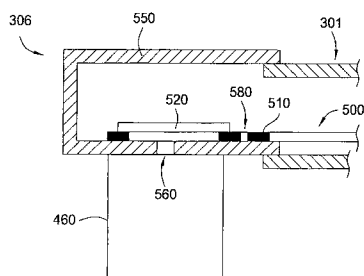
【図 4】



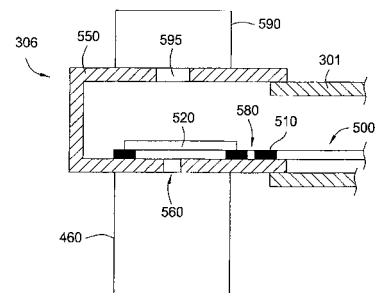
【図 5 A】



【図 5 B】



【図 5 C】



フロントページの続き

- (72)発明者 リチャード レウィントン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, ヘイワード, エヴァンジェライン ウェイ 602
- (72)発明者 コリー コラード
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ノゼ, アルバニー ドライヴ 4370 アパ
ートメント 1
- (72)発明者 スコット アンダーソン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, リヴァモア, アспенウッド ウェイ 6432
- (72)発明者 ヒエム ヌグイエン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ノゼ, ケップラー コート 2724

審査官 うし 田 真悟

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2004/0203177(US, A1)
特表平08-501635(JP, A)
特開平04-092444(JP, A)
TURGUT Sahin, 外7名, Integrated Phase Shift Measurements For Advanced Mask Etch Process
Control, Proceedings of SPIE 23rd Annual BACUS Symposium on Photomask Technology, SPI
E, 2003年, Vol.5256, p.76-84

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 11/00 - 11/30
H01L 21/306 - 21/308
H01L 21/465 - 21/467
H01L 21/027