

(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.

G01B 11/22 (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)

F 1

G01B 11/22
H01L 21/30 502 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
 APPPLIED MATERIALS, INCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタクララ バウアーズ 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ー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エッティング処理システム内で基板のエッティング深度を測定する機器であって、前記エッティ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、基板のエッティング深度を基板の裏側から測定するエッティ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、前記エッティ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ティ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。

【請求項 2】

前記ロ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】

前記ロボットブレードが、前記エッティ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】

前記ロボットブレードが、前記基板の表面を、前記エッティング深度測定器具から発光さ

10

20

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】

エッティング処理システム内で基板のエッティング深度を測定するための機器であって、

前記エッティ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ティ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ティ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口ボットと、を備え、

前記測定セルの底部における開口部により、前記エッティ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、

前記基板移送口ボットは、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ティ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。 10

【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、前記エッティ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。 20

【請求項 8】

前記キャリブレーションパッドがペ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、前記エッティ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ティングリアクタを更に備え、前記基板移送口ボットが、前記エッティ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。 30

【請求項 11】

前記エッティ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) 基板をエッティ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レジスト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、 40

b) 石英を第 1 のエッティング深度までエッティ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口ボットにより、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ティング深度測定器具によって、前記基板の裏側からエッティング深度を測定し、次のエッティングのエッティング時間を決定するステップであって、当該エッティング深度は、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) 前記基板をエッティング処理チャンバに戻すステップと、

f) 前記エッティング深度の測定によって決定されたエッティング時間だけエッティ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ティング深度測定器具によって、前記基板の裏側からエッティング深度を測定し、次のエッティングのエッティング時間を決定するステップと、

i) 目標のエッティ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 1 3】

前記エッティング深度測定が、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 1 2 に記載の方法。 10

【請求項 1 4】

エッティング処理システム内で基板のエッティング深度を測定する機器であって、

前記エッティ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ティ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口ボットと、を備え、

前記測定セルの底部における開口部により、前記エッティ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

前記基板移送口ボットは、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】

【0 0 0 1】

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。 30

【0 0 0 2】

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、エッティング処理前に、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、エッティングされた層の上にフォトレジストが付加され、この層にエッティングされる接触部、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ティングされ、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ト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

【0 0 0 3】

[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

a1 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(MoSi)またはケイ化モリブデン酸化窒素(MoSIO_N)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ティングされて、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ティ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。

【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4×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ティングされることで、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、金属エッティ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ングとエッティングが必要となる。

【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ティングは、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、複数のエッティング処理と複数のエッティング深度測定後に達成されることが多い。エッティングシステムと統合されていないシステム内でエッティ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。

【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ティング深度(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】

10

20

30

40

50

[0007]本発明の実施形態は、半導体フォトマスク処理システムにおける交互位相シフトフォトマスク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レジスト層とを光学的に透明な材料の上有するステップと、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的な説明が、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 】

10

20

30

40

50

【0013】

[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。

【0014】

[0021]図1A～図1F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100が処理チャンバへ導入される。基板100（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110から成るベース材料を備える。図1A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120が光学的に透明な材料110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120は、約50～約150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

【0015】

[0022]図1Bを参照すると、次に、基板100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、DuPont 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130の層が、不透明な金属層120に、約200～600nmの厚さにまで堆積される。次に、不透明金属層120に形成する第2の開口部135の寸法を画成するために使用される第1の開口部125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ニング器材を用いて、レジスト材料130にパターンエッチングする。20

【0016】

[0023]次に、基板100が、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

【0017】

[0024]遮光金属層120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1Cに示すように、下にある透明材料110を露出するための第2の開口部135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。

【0018】

[0025]図1A～図1Cを参照すると、遮光材料層120のエッチングが完了すると、基板100が処理チャンバへ移送され、通常、残りのレジスト材料130が基板100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

【0019】

[0026]図1D～図1Fを参照すると、透明材料110をエッチングすることで、基板100が更に処理される。透明材料110のエッチングにおいて、レジスト材料130が除去され、第2のフォトレジスト140が付加され、パターン化されて、第2の開口部135下にある透明な材料110が露出する。レジスト材料が、約200nm～600nm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110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トレーニ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Cl₂)またはフッ素含有ガス(例えばSF₆またはCF₄)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、エッチャーパー 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 つのエッチャーパー 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、真空下に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に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

10

20

30

40

50

配置することは、更に、真空下に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。

【0028】

[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320とフォトレジスト膜340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312およびフォトレジスト膜340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320とフォトレジスト膜340を再堆積し、再パターン化して、透明材料310の更なるエッティ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。10

【0029】

[0036] 図4は、基板400の裏面の下に配置したエッティング深度測定器具（または位相シフト角度測定器具）460の概略図を示す。基板400は、エッティング深度450と、更に不透明膜410およびフォトレジスト膜420を前側上に有する。基板400の裏面上には、入射光ビーム430、430、432、反射された光ビーム430'、431'、432'が存在する。入射光ビームの光源は測定器具460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430の一部分、反射された光ビーム430'が、基板400と環境470と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431'が、環境470との基板エッティングインターフェース451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432'は、不透明な層410と基板400の間のインターフェースから反射される。エッティ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431'と432'の間の位相シフトを計算することで、例えば基板400の前側上の膜、例えば不透明膜410、フォトレジスト膜420を除去することなく、透明基板のエッティング深度450と位相シフトを決定することができる。20

【0030】

[0037] 本発明の一実施形態では、図3のメインフレーム301のロボット304の一部分であるロボットアーム500は、基板ホルダ501を含むよう設計されている。図5Aに示すように、基板ホルダ501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5Aは、基板ホルダ501を有するロボットブレード510を収容するロボットアーム500の端部の概略図を示す。基板ホルダ501は、基板と比例するサイズのアパーチャ502を有する。一実施形態では、アパーチャ502は、6インチ(15.24cm)×6インチの基板について、約4インチ(10.16cm)×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502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510の厚さは約2/5インチ(1.02cm)である。アパーチャ502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。3040

【0031】

[0038] 図5Bは、基板520が図3の計測器具306内に配置されている状態を示す。計測器具306は、測定セル550とエッティング深度測定器具460を備える。基板はロボットアーム500から測定地点へと移動される。測定地点560の下には、エッティング深度測定器具460がある。エッティング深度測定器具460は、基板520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510はロボットアーム500に装着されており、基板520の表面を、測定器具460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。エッティング深度測定器具460は、基板裏側から反射された光を集光する。測定器具460によって

エッティ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ティ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]裏面エッティ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ティングし、次に、次のエッティング量を目標とする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ティ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（またはエッティング深度）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、基板エッティングの微細調整では基板をエッティ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ティング深度測定器具 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 590 が取り付けられている（図 5C に示すとおり）。基板エッティ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ヘ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ティ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 と底部エッティング深度測定器具 460 を備えた計測セル 306 の概略図を示す。

20

【0033】

30

[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、オ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）下で動作できる。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 エッティ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ヤが挙げられる。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1A】交互位相シフトフォトマスクを処理するためのエッティングシーケンスを示す断面図である。

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

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

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

【図1E】交互位相シフトフォトマスクを処理するためのエッティングシーケンスを示す断面図である。
10

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

【図2】統合エッティングシステムの主要構成要素のブロック図である。

【図3】統合エッティングシステムの一実施形態の図である。

【図4】基板と測定器具との間の、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5A】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5B】測定セルおよびエッティング深度計測器具の概略図を示す。

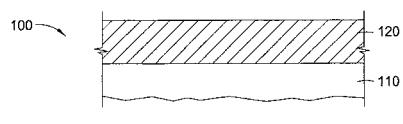
【図5C】エッティング深度測定器具とCD測定機器の測定セルの概略図を示す。

【符号の説明】
20

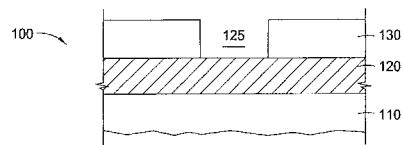
【0036】

100...基板、110...光学的に透明な材料、120...不透明な金属層、125...第1の開口部、130...レジスト材料、135...第2の開口部、140...フォトレジスト、145...第3の開口部、155...パターン化された基板表面、165...パターン化された基板表面、175...エッティング深度、200...処理システム、210...測定器具、220...プロセッサ、230...モニタ、240...メモリ装置、250...データベースシステム、270...エッチャー、301...メインフレーム、302...処理リアクタ、303...移送チャンバ、304...ロボット、305...工場インターフェース、306...統合計測器具、307...ロボット、308...カセットホルダ、400...基板、410...半透明膜、420...フォトレジスト膜、430...光ビーム、431...反射された光ビーム、432...反射された光ビーム、450...エッティング深度、451...基板エッティングインターフェース、460...測定器具、470...環境、500...ロボットアーム、501...基板ホルダ、502...アパチヤ、510...ロボットブレード、520...基板、550...測定セル、560...測定地点、580...キャリブレーションパッド、590...測定器具、595...開口部。
30

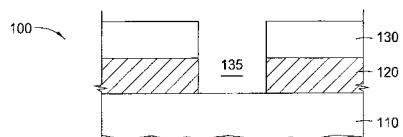
【図 1 A】



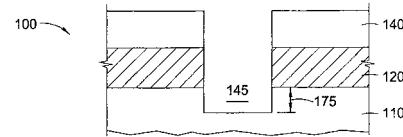
【図 1 B】



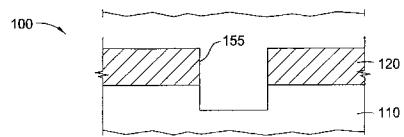
【図 1 C】



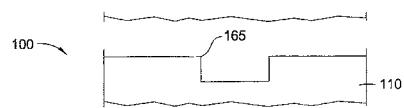
【図 1 D】



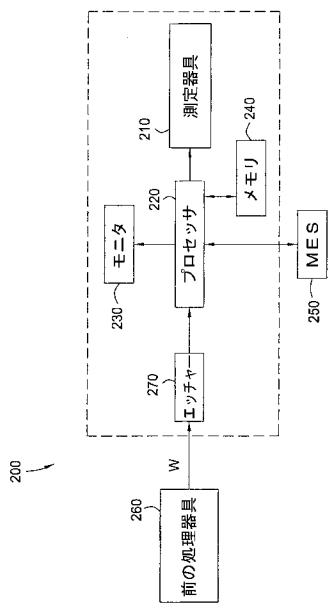
【図1E】



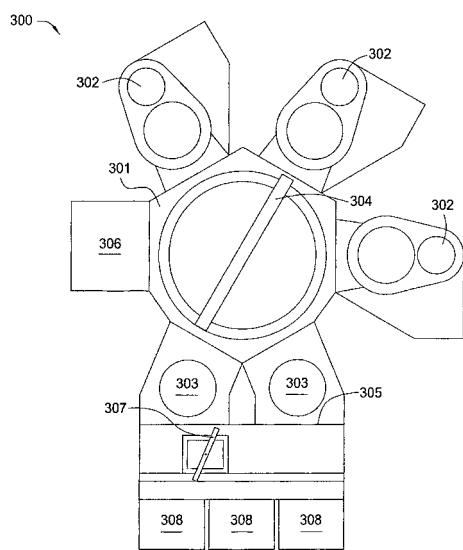
【図1F】



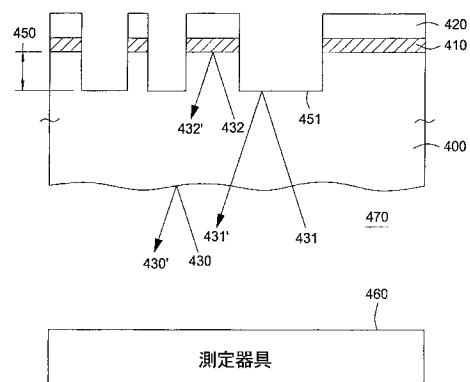
【図2】



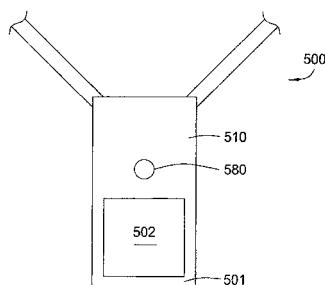
【図3】



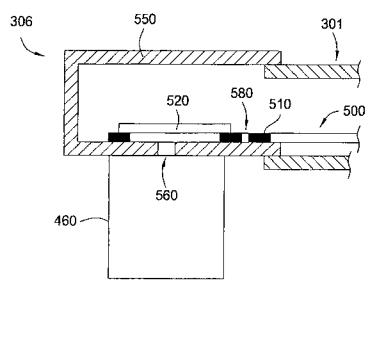
【図4】



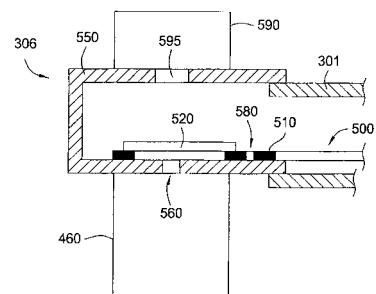
【図5A】



【図5B】



【図5C】



フロントページの続き

(72)発明者 リチャード レウイントン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, ハイワード, 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, アスペンウッド 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, SPIE, 2003年, Vol.5256, p.76-84

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 B 11/00 - 11/30
H 01 L 21/306 - 21/308
H 01 L 21/465 - 21/467
H 01 L 21/027