

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4943629号
(P4943629)

(45) 発行日 平成24年5月30日 (2012.5.30)

(24) 登録日 平成24年3月9日 (2012.3.9)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 J 37/305 (2006.01)

H O 1 J 37/305 A

H O 1 J 37/30 (2006.01)

H O 1 J 37/30 Z

H O 1 L 21/302 (2006.01)

H O 1 L 21/302 2 O 1 B

請求項の数 16 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-396297 (P2003-396297)
 (22) 出願日 平成15年11月26日 (2003.11.26)
 (65) 公開番号 特開2004-179165 (P2004-179165A)
 (43) 公開日 平成16年6月24日 (2004.6.24)
 審査請求日 平成18年11月21日 (2006.11.21)
 (31) 優先権主張番号 60/429, 135
 (32) 優先日 平成14年11月26日 (2002.11.26)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 501419107
 エフ・イー・アイ・カンパニー
 アメリカ合衆国オレゴン州 9 7 1 2 4, ヒ
 ルズバラ, ノースイースト・ドーソンクリ
 ーク・ドライブ 5 3 5 0
 (74) 代理人 110001209
 特許業務法人山口国際特許事務所
 (74) 代理人 100090376
 弁理士 山口 邦夫
 (72) 発明者 ブライアン・ミラー
 アメリカ合衆国, オレゴン州 9 7 2 2 9
 , ポートランド, ヘレン レーン 1 3 1
 9 7

審査官 村井 友和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ターゲット修復用のイオンビーム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上のアラインメントマークを覆う物質を取り除く方法であって、
 液体金属イオン源ではないイオン源を有する集束イオンビームシステムのステージに前
 記基板を取り付ける工程と、

該ステージに対して前記基板を位置合わせする工程と、

該ステージに対して前記基板の中心と回転角度を決定する工程と、

前記アラインメントマークの位置座標を用いて該アラインメントマークを覆う物質がイ
 オンビームによって走査される領域内になるようにステージを位置決めする工程と、

前記アラインメントマークを覆う物質に対して、300ナノアンペアを越えるビーム電
 流を有し前記基板表面に対して斜めに入射するイオンビームを照射する工程と、

イオンビームスパッタリングによって前記物質を取り除く工程とからなる方法。

【請求項 2】

前記集束イオンビームシステムがプラズマイオン源を装備していることを特徴とする請
 求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記イオンビームが前記基板表面の垂線に対して80度を越えない角度で照射されるこ
 とを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

基板上のアラインメントマークを覆う物質を取り除く方法であって、

10

20

機械的視覚システムを用いて集束イオンビームシステムのステージに対して前記基板を位置合わせする工程と、

該ステージに対して前記基板の中心と回転角度を決定する工程と、

希ガスイオンのビームの前記集束イオンビームである荷電粒子ビームによって前記アラインメントマークを覆う物質が走査される領域内になるように前記ステージを位置決めする工程と、

前記アラインメントマークを覆う物質に対して前記荷電粒子ビームを照射する工程であり、前記荷電粒子ビームが300ナノアンペアを越えるビーム電流を有し前記基板表面に対して斜めに照射する工程と、

エッチング補助ガスを用いずに、荷電粒子ビームスパッタリングによって前記物質を取り除く工程からなる方法。

【請求項5】

前記集束イオンビームが、アルゴンイオンビームとクリプトンイオンビームとクセノンイオンビームからなる群から選択されることを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記荷電粒子ビームが前記基板表面の垂線に対して40度から80度までの角度で入射されることを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項7】

前記荷電粒子ビームが300ナノアンペアから20000ナノアンペアまでのビーム電流を有することを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項8】

前記荷電粒子ビームが1500ナノアンペアから5000ナノアンペアまでのビーム電流を有することを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項9】

前記基板がシリコンウェハであることを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項10】

アラインメントマークを覆う物質が金属膜であることを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項11】

基板上のアラインメントマークを覆う物質を取り除く装置であって、

荷電粒子ビームを放出する荷電粒子源と、前記荷電粒子ビームを集束するための光学系と、前記荷電粒子ビームの位置決めをするためのコンピュータ制御偏向装置を有する荷電粒子ビームシステムであり、300ナノアンペアを越えるビーム電流を有する前記荷電粒子ビームを前記基板表面に対して斜めに照射する、少なくとも集束イオンビームシステム及び希ガスイオンビームシステムのうちのいずれかである荷電粒子ビームシステムと、

前記基板を前記荷電粒子ビームシステムに装填する機器と、

前記荷電粒子ビームシステムのステージに対して前記基板を位置合わせする機器と、

該ステージに対して前記基板の中心と回転角度を決定する機器と、

前記アラインメントマークを覆う物質が荷電粒子ビームによって走査される領域内になるように前記ステージを位置決めする装置であり、機械的視覚システムを具備する装置と

、

前記物質に加えられる荷電粒子ビームドーズを制御する機器と、

前記基板を排出する機器とからなる装置。

【請求項12】

前記荷電粒子ビームシステムが、アルゴンイオンビームシステムとクリプトンイオンビームシステムとクセノンイオンビームシステムからなる群から選択されることを特徴とする請求項11に記載の装置。

【請求項13】

前記荷電粒子ビームが前記基板表面の垂線に対して40度から80度までの角度で照射されることを特徴とする請求項11に記載の装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 4】

前記荷電粒子ビームが 3 0 0 ナノアンペアから 2 0 0 0 0 ナノアンペアまでのビーム電流を有することを特徴とする請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 5】

前記荷電粒子ビームが 1 5 0 0 ナノアンペアから 5 0 0 0 ナノアンペアまでのビーム電流を有することを特徴とする請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 6】

前記基板を位置合わせする機器が光学顕微鏡を装備していることを特徴とする請求項 1 1 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、リソグラフィ処理に関し、特に、たとえば、ウェハアラインメントマークを覆う金属被覆層の一部のような不必要な物質をウェハ上の所定の位置から局所的に取り除く方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

たとえば、集積回路の製造のような半導体製造は、多くの場合、ホトリソグラフィ技術の使用を必然に伴う。通常はシリコンウェハである、その上に回路を形成した半導体基板には、たとえば、ホトレジスト膜のような放射線に曝された場合に溶解度を変える物質が被覆されている。放射線源と半導体基板の間に位置する、たとえば、マスク又はレチクルのようなリソグラフィ用の器具は、影を作り出して基板のどのエリアに放射線が照射されるのかを調整する。照射後に、ホトレジスト膜が被照射領域又は不照射領域の何れかを取り除いて、パターン化されたホトレジスト膜をウェハ上に残すが、それは後続のエッチング工程又は拡散工程においてウェハの部分を保護する。

20

【0 0 0 3】

ホトリソグラフィ技術によって、度々チップと称される、複数の集積回路デバイス又は複数の電気機械デバイスが各ウェハ上に形成される。そして、このウェハは、それぞれが単一の集積回路デバイス又は電気機械デバイスを有する個々のダイに切り離される。最後に、これらのダイに別の操作が施されて個々の集積回路チップ、電気機械デバイス又はデータ貯蔵ドライブのリードライト構成部材にパッケージ化される。

30

【0 0 0 4】

光学系の極めて小さな許容誤差のために、投影焼き付け中にウェハ全体を一度に照射することはない。その代わりに、ウェハの各隣接部分を順次照射していく。ウェハの一部分の照射後に、光学系はモーター駆動系によって次の位置に移動してウェハの次の部分を照射する。このタイプのホトリソグラフィックプリンタは「ステッピングプリンタ」又は「ウェハステッパー」と呼ばれている。別の露光方法には、ウェハが連続して移動する間にウェハを横断して線スキャンニングするものがある。このタイプのホトリソグラフィックプリンタは「ウェハスキャナー」と呼ばれている。

40

【0 0 0 5】

それぞれの工程において、露光以前にマスクとウェハの位置合わせ（アラインメント）が高精度で実施されねばならない。この位置合わせを行うために、ウェハは、通常アラインメントマークと呼ばれる位置検出用のマークを有するが、それは早期のリソグラフィ工程でウェハ上に形成されるものである。アラインメントマークは主に配向された細い線分又はグレーティングで構成され X Y 位置情報を提供するものである。このアラインメントマークはウェハ上のチップとチップの間の狭い空所である切り溝に印刷されることが多い。多くの装置製造業者が異なるタイプのアラインメントマークを異なる位置に用いているので、いくつかの異なるタイプのアラインメントマークが同じウェハ上に形成されることはまれではない。

【0 0 0 6】

50

マスキング処理中、ウェハステッパはアラインメントマークを利用して、マスクをウェハの所望の部分に対して正確に位置合わせをする。主に、レーザーアラインメントビームが適切なアラインメントマークに向かって照射される。ウェハステッパは、それによって生じた回折パターンを「読み取って」、ウェハとホトリソグラフィックマスクの相対的な位置を調整し、ホトリソグラフィックマスクのパターンが、所望の正確な位置においてウェハに転写されるようにする。各マークは通常マスキング工程中に読み取られ、それぞれの後続マスクが同じマークに対して位置合わせを行う。

【 0 0 0 7 】

半導体製造処理中に、各アラインメントマークは各種の処理材料によって簡単に汚染又は被覆されてしまう。このような場合、次の処理工程が始まる前にウェハ上のアラインメントマークをクリーンにして処理装置におけるウェハの適正な位置合わせを確実にする必要がある。

【 0 0 0 8 】

たとえば、現代的な集積回路構造を製造するときに、その構造中において回路部材の所望の密度を得るためには、複数の金属化層が必要であることが一般的である。これらの金属膜層は不透明であるか若しくは非常に反射的であることが多い。ウェハ表面が連続的に金属化層によって被覆されるので、通常アラインメントマークもまた被覆されてしまい、ウェハステッパによってはもはや読み取ることができないことが多々ある。他の処理の開始前に、このアラインメントマークから被覆を引き剥がさなくてはならない。

【 0 0 0 9 】

アラインメントマークから被覆を引き剥がして清浄にする方法は、通常「ターゲット修復」と呼ばれており、別のホトリソグラフィ工程で一般に達成される。しかしながら、別のマスキング工程及びエッチング工程は、それに付随する清浄工程と点検工程と共に、サイクル回数を増やしてしまい望ましくなく、また、処理方法も複雑にしてしまう。実際、従来のホトリソグラフィ処理方法（スピン、露光、現像、ベーキング、エッチング、アッシング、クリーン）を用いてアラインメントマークから被覆を剥がすことは、ウェハの連続処理を8時間までも遅延させることがあり、更に、別の閉塞した金属化層で再び被覆されねばならない。

【 0 0 1 0 】

これらの別のホトリソグラフィ工程を避ける一つの方法が、「半導体ウェハ上の局所マークを保全する保持装置、金属堆積システム及びウェハ処理方法」と題する R a m a s w a m i 他に付与された米国特許第 5 4 5 6 7 5 6 号に記載されている。このシステムにおいては、材料堆積中に適切な箇所にウェハを保持するために使用されるクランプリング上のシールドイングタブが、材料堆積工程中にアラインメントマークをシールドするために使用されている。このシールドは材料がアラインメントマークの上に堆積してアラインメントマークを見づらくすることを阻止する。残念ながら、この方法では、半導体製造工程中に、膜剥離や膜の不均一化やウェハエッジ剥離などの多くの問題を生じさせる。これらの問題は半導体チップの大量生産上において特に重要である。

【 0 0 1 1 】

別の方法が、「アラインメント方法と装置」と題する M i z u n o 他に付与された米国特許第 5 4 0 5 8 1 0 号に記載されている。この特許には、エネルギービームとガス補助エッチングを使用してアラインメントマークを覆っている膜の所定部分を引き剥がすことが記載されている。しかし、この方法も、また、大量生産には不向きであるいくつかの欠点を有する。まず、それは、ガス補助エッチングを使用すると、かならず、ガス搬送システムの使用を必要とする。そのようなガス搬送システムを装備したいかなるエネルギービームシステムも、ガス搬送システムなしのシステムに比べて複雑になってしまう。複雑さが増すとそのようなシステムの信頼性が減少し、大量生産に使用する適性が少なくなってしまう傾向がある。ガス搬送システムを必要とするシステムは、また、ガス搬送システムなしのシステムに比べて物理的に大規模となる傾向を有する。ほとんどの製造がクリーンルーム内で行われているので小規模のシステムの方が望ましいし、クリーンルーム空間に

10

20

30

40

50

かかる費用は極めて高価である。更に、このタイプのシステムに使用されるガスは、ほとんどが毒性を有し腐食性であり、このことがその取り扱いと貯蔵を難しくしている。そのようなガスは、また、真空系の構成部品を劣化させることもある。

【 0 0 1 2 】

【特許文献 1】米国特許第 5 4 5 6 7 5 6 号

【特許文献 2】米国特許第 5 4 0 5 8 1 0 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 3 】

半導体チップ又は電気機械デバイスの高度大量生産に適切な手段によって、ウェハ上のアラインメントマークを覆う金属被覆層を取り除くような、ワークピース上の所定の位置から不必要な物質を局所的に取り除く方法を提供することが本発明が解決しようとする課題である。

【 0 0 1 4 】

本明細書に記載され、そして、特許請求の範囲においても請求された本発明に係わる好適な実施の形態は、荷電粒子ビームミリングを用いてアラインメントマークから被覆を引き剥がすことを含んでいる。

【 0 0 1 5 】

上記は、以下の発明の詳細な説明をよりよく理解することができるように、本発明の特徴と技術的な利点を広範囲にというよりか概説したものである。本発明の他の特徴と利点は、以下に説明される。開示された概念及び特定の実施の形態が改作の基礎又は本発明と同じ目的を実施するための他の構成を設計するための基礎として容易に利用できることが当該業界において通常の知識を有する者によって理解される。それらの均等な構造物が特許請求の範囲に請求された本発明の精神及び範囲から逸脱するものではないことも当該業界において通常の知識を有する者によって理解される。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

本発明に係わる、基板上のアラインメントマークを覆う物質を取り除く方法は、液体金属イオン源ではないイオン源を有する集束イオンビームシステムのステージに前記基板を取り付ける工程と、該ステージに対して前記基板を位置合わせする工程と、該ステージに対して前記基板の中心と回転角度を決定する工程と、前記アラインメントマークの位置座標を用いて該アラインメントマークを覆う物質がイオンビームによって走査される領域内になるようにステージを位置決めする工程と、前記アラインメントマークを覆う物質に対して、300ナノアンペアを越えるビーム電流を有し前記基板表面に対して斜めに入射するイオンビームを照射する工程と、イオンビームスパッタリングによって前記物質を取り除く工程とからなることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、本発明に係わる、基板上のアラインメントマークを覆う物質を取り除く装置は、荷電粒子ビームを放出する荷電粒子源と、前記荷電粒子ビームを集束するための光学系と、前記荷電粒子ビームの位置決めをするためのコンピュータ制御偏向装置を有する荷電粒子ビームシステムであり、300ナノアンペアを越えるビーム電流を有する前記荷電粒子ビームを前記基板表面に対して斜めに照射する、少なくとも集束イオンビームシステム及び希ガスイオンビームシステムのうちのいずれかである荷電粒子ビームシステムと、前記基板を前記荷電粒子ビームシステムに装填する機器と、前記荷電粒子ビームシステムのステージに対して前記基板を位置合わせする機器と、該ステージに対して前記基板の中心と回転角度を決定する機器と、前記アラインメントマークを覆う物質が荷電粒子ビームによって走査される領域内になるように前記ステージを位置決めする装置であり、機械的視覚システムを具備する装置と、前記物質に加えられる荷電粒子ビームドーズを制御する機器と、前記基板を排出する機器とからなることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

本発明によると、アラインメントマークを物質によって覆われてしまった基板が装填機器によって本発明の装置に装填されると、まずその基板を位置合わせ（アラインメント）すると共にイオンビーム等の荷電粒子ビームに対して基板が取り付けられたステージの位置決めもする。そして、アラインメントマークを覆う物質に対して、300ナノアンペアを越えるビーム電流を有するイオンビームを前記基板表面に対して斜め（好適には基板表面の垂線に対して80度を超えない角度、望ましくは、40度から80度までの角度）に照射する。前記物質に加えられるイオンビームドーズを制御してイオンビームスパッタリングによって前記物質を取り除く。最後に、アラインメントマークから不必要な物質が取り除かれた基板を本発明の装置から排出する。

【0019】

10

このような方法は、基板表面に対して斜めに向かってイオンビームを照射することによって高スパッタリングレートとスループットの増加をもたらし、個々の基板のアラインメントマークから物質を取り除く処理時間が少なく済む。しかも、本発明の装置は、エッチング補助ガスを用いないので構造が複雑にならず小型且つ安価である。

【0020】

また、使用されるビーム電流は、好適には、300乃至2000ナノアンペア、最も好ましくは、1500乃至5000ナノアンペアである。このような高電流イオンビームは結果的にスパッタレートを増加する。希ガスカラムの場合、高イオン電流は大量生産のための所望のスループット条件を達成する。

【発明の効果】

20

【0021】

本発明の方法と装置は、半導体チップ又は電気機械デバイスの高度の大量生産を可能にする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

本発明の好適な実施の形態は、適切な手段によって、半導体ウェハ上のアラインメントマークを覆う金属化層の一部を取り除くような、基板上の所定の位置から不必要な物質を局所的に取り除く方法を提供する。

【0023】

図1(A)は、アラインメントマークの2つの一般的な配置位置を示した半導体ウェハの平面図である。ウェハ100は、スクライブライン120によってウェハ上にその輪郭を形成された多くのダイ110で構成されている。アラインメントマーク130は、不使用のダイの内部に配置される。アラインメントマーク140は、スクライブライン120の内部に配置される。一般的に、スクライブライン120は、200ミクロン未満の幅を有する。

30

【0024】

ASMLやSVGLやニコンやキャノンのようなホトリソグラフィ機器製造者は、それぞれ、固有のアラインメントマーク及び/又はそれらのアラインメントマーク用の位置を必要としている。場合によっては、供給業者が、自分自身の異なるホトリソグラフィ機器のそれぞれのために異なるマークを有することもある。結果として、一つの半導体ウェハがいくつかの異なるアラインメントマークを有することが必要である場合もある。

40

【0025】

図1(B)は、ウェハ100とスクライブライン120の内部に配置されたアラインメントマークボックス160の一部拡大図である。このボックス160には、各種の異なるタイプのアラインメントマーク170, 180, 190が含まれている。これらの異なるアラインメントマークは、それぞれその製造工程において異なる機器によって使用される。

【0026】

図2は、代表的なアラインメントマーク200の平面図である。このアラインメントマーク200は、2次元グレーティングからなり、ウェハステッパーの製造業者であるAS

50

MLによって使用されているアラインメントマークと同様のものである。このアラインメントマークは、更に、4つのサブグレーティング202a、202b、202c、202dからなる。このサブグレーティング202a、202dは、X方向のアラインメントに使用され、一方サブグレーティング202b、202cは、Y方向のアラインメントに使用される。

【0027】

半導体製造工程中において、アラインメントマーク（たとえば、図1（A）、図1（B）、図2に図示されたようなもの）が不透明で反射性の金属化層によって覆われてしまった場合には、その金属化層を取り除いてアラインメントマークを表出させてからでなければその製造工程を継続されてはならない。このような取り除き又はアラインメントマークのクリーニング工程は、一般に、別のホトリソグラフィステップによって実施される。しかし、この別のマスクキングステップ及びエッチングステップは、それに付随するクリーニングステップと点検ステップと共に、サイクル回数を増やしてしまい望ましくなく、また、方法を複雑にしてしまう。実際、従来のホトリソグラフィ方法を用いてアラインメントマークの被覆を剥がすとなると、ウェハの処理を更に8時間まで遅延させることがありうるが、一方、本発明を用いてアラインメントマークの被覆を剥がすとなると、全約0.25時間しかかからない。

【0028】

図3は、本発明に係わる基板上のアラインメントマークを覆う物質を取り除くシステム300の一つの実施の形態を図示している。図3に示す実施の形態は、荷電粒子ビームシステム309とホストコンピュータ342と表示装置344と（たとえば、キーボードやマウスのような）オペレータインタフェース346と、メモリ343とホストインタフェース340からなる。いくつかの実施の形態においては、ホストコンピュータ301の機能の一部又は全部を一又はそれ以上の組み込み式のコンピュータに置き換えることもできる。

【0029】

真空室305内で、アラインメントマークが金属化層によって被覆されてしまった半導体ウェハのようなワークピース302がステージ301に取り付けられる。真空室305は、通常 1×10^{-4} mbar未満の圧力に真空ポンプ318によって排気される。

【0030】

ワークピースが手動で、若しくは、たとえば自動ハンドラーシステムによって自動式に取り付けできることは当該業界において通常の知識を有する者には理解される。システム300は、半導体製造方法における特別のタスクを行ういくつかのステーションの一つであってもよい。中央ロボットアーム又は他の自動ハンドリングシステムが、「レシピ」、即ち、製造方法中にウェハに行われるべき各手順を定義するコンピュータプログラムの制御の基に、ウェハを一つのステーションから他のステーションに移動することを可能にする。

【0031】

光学顕微鏡306は、ワークピース302の位置合わせをしてウェハの中心と配向を決定するために使用される。たとえば、ワークピースを真空室内に配置後、光学顕微鏡を用いてウェハと非ウェハの間のコントラスト変化を観察し、ウェハの少なくとも3つの縁部が位置合わせされる。これらの縁部の位置は、ウェハの中心の計算のために使用される。そして、ノッチが認識されて回転角度が計算され、そして、決定される。機械視覚システムが光学顕微鏡に代わって、又は、それに加えて使用されることもある。オプションとして、ワークピース302がロボットシステム303によって位置合わせされることもある。そのようなロボットは、半導体製造方法において普通のものである。前段のステップにおいて、ワークピース302は（図示しない）プレアラインメントモジュールに搭載されるが、それはウェハのノッチ又は平坦縁の位置合わせをすることによってウェハの配向を決定する。自動式のハンドラーロボット303はプレアラインメントモジュールからワークピースを取り出し、それをステージ301上において適切な位置合わせを行う。

【 0 0 3 2 】

通常、ワークピース 3 0 2 は、多くのウェハ（たとえば、2 5 枚）を内蔵するウェハカセット 3 1 9 に搭載された一バッチ分のウェハの一部である。ウェハカセット 3 1 9 とロボット 3 0 3 は、真空室 3 0 5 内部に任意に配設することもでき、更に、二次真空室 3 2 0 内においても配設することができる。ロボット 3 0 3 に対してアクセスされるために、ウェハのカセットは二次真空室に置いておき、その後その真空室が封止されて主真空室 3 0 5 の圧力以下にされる。これによって、新たなウェハカセットが挿入される度に真空室を大気圧にする必要性が減少する。

【 0 0 3 3 】

荷電粒子ビームシステム 3 0 9 は、ビームシステムの物理的なハードウェアが含まれており、たとえば、イオン光学カラム 3 0 8 とビームが照射する各点の表面特性に対応する信号を発生する検出器 3 0 4 を含んでいる。イオン光学カラム 3 0 8 は、（図示しない）ビーム集束レンズと、ビームを操縦するビーム偏向器 3 5 4 と、ビームを遮断するビームブランカー 3 5 6 とからなるが、これら全てはコントローラ 3 5 2 を介して制御される。

【 0 0 3 4 】

イオンがプラズマイオン源 3 1 0 から取り出されて、イオンカラム 3 0 8 を通じて加速されイオンビーム 3 2 2 を生成するが、それはアラインメントマークを覆う金属化層をミリングするのに使用される。FIBシステムが使用される場合、イオンビームはスパッタリング、即ち、試料表面から原子と分子を物理的に取り除くことによって表面をミリングする。二次電子 3 2 4 が検出器 3 0 4 によって集められて、試料表面の画像を形成する。検出器 3 0 4 からのアナログ信号がデジタル信号に変換され、イオンビーム信号処理ユニット 3 5 8 によって信号処理される。ビーム偏向器 3 5 4 からの信号と連携してその結果のデジタル信号がホスト 3 4 2 によって使用されて表示装置 3 4 4 にワークピースの画像が表示される。

【 0 0 3 5 】

好適な実施の形態において、イオンカラム 3 0 8 は希ガスカラムであって、それはアルゴンやクリプトンやクセノンのような非反応性高エネルギーイオンで構成されるイオンビームを生成する。このタイプのカラムは、代表的なガリウム L M I S イオンカラムに比べてより多くのビーム電流でイオンビームを使用することを可能にする。

【 0 0 3 6 】

ガリウム L M I S イオンカラムは、通常、約 2 0 ナノアンペアの最大ビーム電流を許容する（もっと大きな電流が使用されたとしても、その結果のイオンビームの質がよくない）。反対に、希ガスカラムは、1 0 0 ナノアンペアを越えるビーム電流で利用可能な質のビームと電流密度を生成することを可能にする。また、希ガスカラムを使用することによって、従来のガリウムイオンビームによって生じることがある現実若しくは感知される金属汚染の問題を回避する。

【 0 0 3 7 】

使用されるビーム電流は、好適には、3 0 0 乃至 2 0 0 0 0 ナノアンペア、最も好ましくは、1 5 0 0 乃至 5 0 0 0 ナノアンペアである。周知のように、高電流イオンビームは結果的にスパッタレートを増加する。希ガスカラムの高イオン電流は、大量生産のための所望のスループット条件を達成することを可能にする。使用されるべきビーム電流は、ミリングすべき材料と要求される精度のレベルに依存する。たとえば、過度のミリングが問題を生じることなく終点が限界点でないとしたら、より大きなビーム電流を使用することができる。

【 0 0 3 8 】

高ビーム電流の一つの欠点は、勿論、より大きなビーム直径である。通常のアラインメントマークボックスは約 1 0 0 ミクロンの幅を有するが、ある場合には 5 0 0 乃至 8 0 0 μm である。高性能のアルゴンカラムを 5 0 0 0 ナノアンペアのビーム電流で使用すると、ビーム直径は 5 0 μm 未満にすることもできる。

【 0 0 3 9 】

各種のプラズマ源が知られており、本発明を実施するのにも使用されるが、それには、共鳴的にマイクロウェーブエネルギーをイオン源にカップリングすることによって内部でプラズマが発生される電子サイクロトロン共鳴（ECR）源と、適切な形状の陽極と陰極間で直流放電することによって内部でプラズマが発生するペニング（Penning）タイプのプラズマ源と、電流アークが加熱フィラメントと陽極の間で発生する直流（DC）駆動ボリューム源と、適切な構成のアンテナによって可聴周波数のエネルギーがイオン源にカップリングされる可聴周波数（RF）駆動ボリューム源が含まれている。

【0040】

必要なイオンの種類に応じて、（アルゴンやクリプトンやクセノンのような）適切なガスがガス貯蔵タンク312に貯蔵されており、排出弁313を通じてプラズマイオン源310に導入される。真空ポンプ側のカラムの近辺の（図示しない）真空ゲージと組み合わせて、排出弁313が排出弁制御器350を介して手動若しくはコンピュータ制御で操作されるが、それはガス流が正確に制御されることを可能にする。そして、適切なエネルギー源によってこのガスがイオン化される。使用されるイオン源のタイプに応じて、プラズマイオン源310は乾燥粗挽きポンプ（若しくは同様の機能を有する機構）によって支援されたターボ分子ポンプ314によって排気される。

10

【0041】

そして、イオンが引き出されて（図示しない）イオン光学系によってイオンカラム308を通じて下方に向かって加速される。イオンカラム308は、粗挽きポンプ317によって支援されたターボ分子ポンプ316によって排気される。イオンカラム308は、カラムにとって適切なガス流を維持するために、通常 1×10^{-6} mbar 未満の圧力に維持される。

20

【0042】

好適な実施の形態において、ステージ301は必要ないかなる角度にも傾動することができる傾動ステージである。ステージの傾斜と位置はステージコントローラ348を介して制御される。傾動ステージによって、試料表面に対して斜めに向かってイオンビーム322がワークピース302に照射されることを可能にするが、そのことは高スパッタリングレートとスループットの増加をもたらす。ある角度まではビーム入射角度によって（スパッタリングレートとしても言及されている）ミリングレートが通常増加し、その後は減少することが当該業界において通常の知識を有する者には知られている。スパッタレートは材料に依存するけれども、通常試料表面に対してイオンビームの角度が40度乃至80度の間にある場合にスパッタレートは最高となる。最適な傾斜角度はミリングされている材料と所望のスパッタリングレートに依存する。たとえば、終点が限界点である場合には、より低いスパッタレートの方が有利であるかも知れないしより大きなビーム角度を用いることができる。上記とは別に、イオンカラムがステージに代わって傾動されることもできる。

30

【0043】

図4は、本発明の好適な実施の形態である基板上的のアラインメントマークを覆う物質を取り除く方法の各工程を示すフローチャートである。任意の工程401において、アラインメントマークが既に金属化層によって覆われている半導体ウェハのようなワークピースが多く（たとえば25枚）を内蔵するカセットから取り出される。

40

【0044】

工程410において、ワークピースをFIBステージに取り付けることによってワークピースが集束イオンビームシステムのような粒子ビームシステムに搭載される。このワークピースは、手動、若しくは、たとえば、自動ハンドラーシステムによって自動式に搭載される。

【0045】

工程412において、ワークピースの位置合わせが行われる。この位置合わせは、たとえば、光学顕微鏡を用いてオペレータによって手動式に、又は、例えば、適切な配向を決定するためにウェハのノッチ又は平坦縁を位置合わせする自動ハンドラーロボットを用い

50

て自動的に達成される。

【 0 0 4 6 】

工程 4 1 4 において、ステージが位置決めされて、アラインメントマークを覆う金属化層が荷電粒子ビームによってスキャンされる領域内にあるようにする。この位置決めは、たとえば、見出されるべき各アラインメントマークの位置座標を記憶してそれを用いることによって達成される。

【 0 0 4 7 】

工程 4 1 6 において、ステージが所望の角度に傾動される。上記のように、荷電粒子ビームと試料表面の間の斜めの角度がミリングレートを大きくする。

10

【 0 0 4 8 】

工程 4 1 8 において、ワークピースを覆う金属化層を取り除くのに必要な適切な量のビームドーズが計算される。ビームドーズの計算方法は周知である。たとえば、所定のビーム電流でのミリングレートを決定するために、同一の材料と厚さを有する試験層が実験的にミリングされてそれを測定することもある。試験層を取り除くために必要なビーム電流とドーズ量が記憶され、各ワークピース上のアラインメントマークの上の層をミリングするためにそれが使用されることもある。ミリングレートが荷電粒子ビームと試料表面の間の入射角度に依存しているので、ビームドーズ量の計算はステージ角度を考慮に入れなければならない。

【 0 0 4 9 】

20

工程 4 2 0 において、適切な量のビームドーズが適用されて金属化層をミリングしアラインメントマークを見出す。任意の工程 4 2 2 において、金属化層の取り除きが適切であるかが、たとえば、光学顕微鏡による点検によって確認される。

【 0 0 5 0 】

工程 4 2 4 において、ワークピース上の別のアラインメントマークを見出す必要があるか否かをシステムが決定する。必要がある場合には、システムによって次のアラインメントマーク用の座標が読み出されて工程 4 1 4 に戻る。これ以上見出すべきアラインメントマークがなくなるまで繰り返し各工程を継続する。

【 0 0 5 1 】

任意の工程 4 2 6 において、処理を終えたワークピースがカセットに戻され次のワークピースが取り出される。カセット内の各ワークピースが処理されると、そのカセットは製造トラックに戻される。

30

【 0 0 5 2 】

本発明並びにその利点を詳しく説明してきたが、様々な変更と置換と代替が特許請求の範囲において請求された発明の精神と範囲を逸脱しない限りなされうことは明らかである。しかしながら、本願の範囲は、この明細書に記載された処理方法、機械、製造物、化合物、手段、方法、工程の特定の実施の形態に限定されることを意味しない。当該業界において通常の知識を有する者が本発明の開示事項を容易に評価するので、現存の又は将来開発されるであろう処理方法、機械、製造物、化合物、手段、方法、工程であって、ここに説明された実施の形態と実質的に同じ機能を有するか、若しくは、実質的に同じ結果をもたらすものについては、本発明に応じて利用可能である。従って、特許請求の範囲はその範囲内にそのような処理方法、機械、製造物、化合物、手段、方法、工程を含めることを意図している。

40

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 3 】

本発明の方法と装置は、半導体チップ又は電気機械デバイスを大量に生産するときに用いられる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 4 】

【図 1】図 1 (A) は、アラインメントマークの 2 つの一般的な配置位置を示した先行技

50

術に係わる半導体ウェハの平面図である。図 1 (B) は、先行技術に係わる、いくつかの異なるタイプのアラインメントマークを有するアラインメントマークボックスの一部拡大図である。

【図 2】 先行技術に係わる代表的なアラインメントマークの平面図である。

【図 3】 本発明の好適な実施の形態に係わる装置の略図である。

【図 4】 本発明の好適な実施の形態に係わる方法を示したフローチャートである。

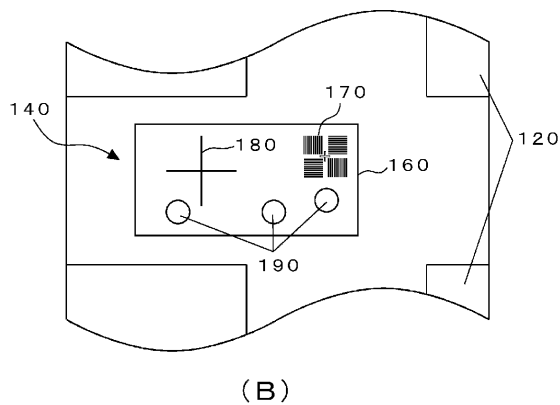
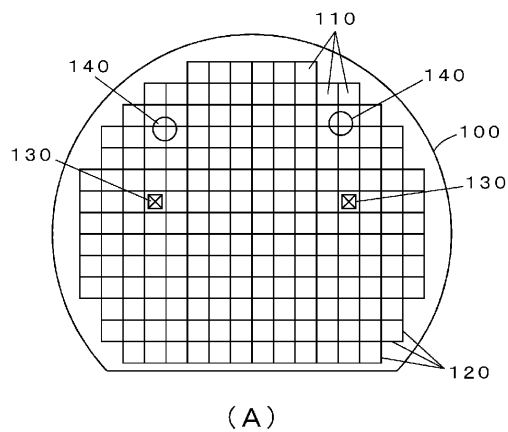
【符号の説明】

【 0 0 5 5 】

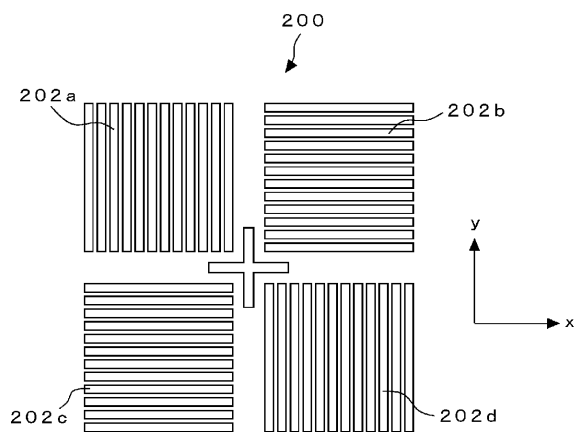
- 2 0 0 アラインメントマーク
- 3 0 1 ステージ
- 3 0 2 ワークピース
- 3 0 5 真空室
- 3 0 6 光学顕微鏡
- 3 0 9 荷電粒子ビームシステム
- 3 1 0 プラズマイオン源
- 3 2 2 イオンビーム

10

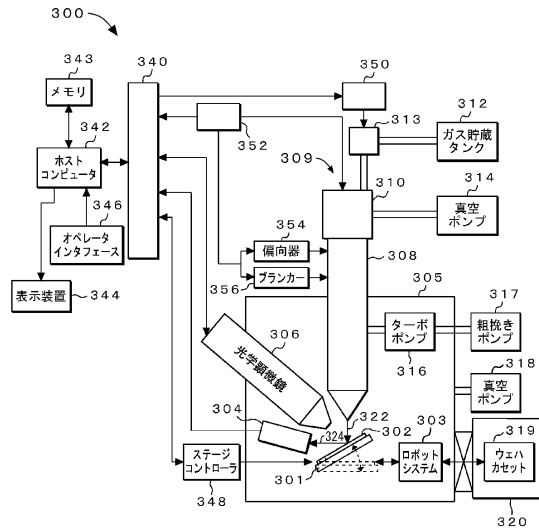
【図 1】



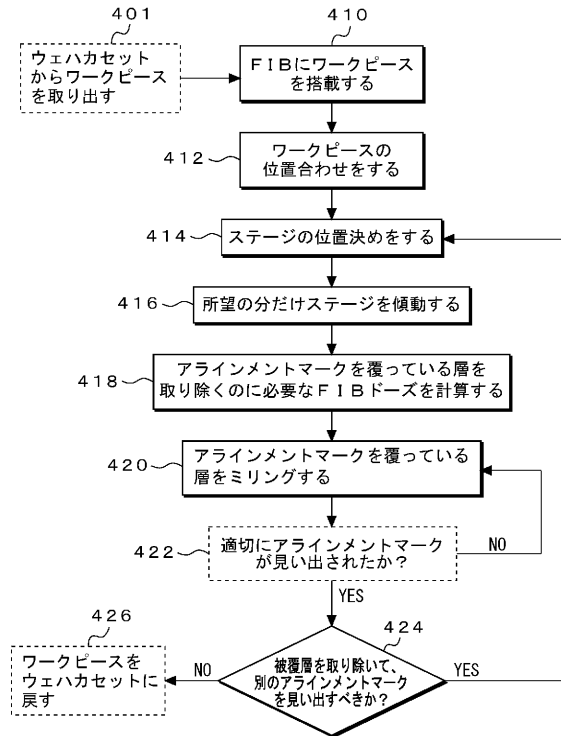
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-280295(JP,A)
特開2001-345360(JP,A)
特開2000-035390(JP,A)
国際公開第02/075806(WO,A1)
特開平06-260129(JP,A)
特開昭56-107555(JP,A)
特開2002-208374(JP,A)
特開2002-263877(JP,A)
特開平1-225772(JP,A)
特開平5-214528(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 37/30
H01J 37/305
H01J 37/317