

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6722114号
(P6722114)

(45) 発行日 令和2年7月15日 (2020.7.15)

(24) 登録日 令和2年6月23日 (2020.6.23)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 J 37/147 (2006.01)

HO 1 J 37/147 B

HO 1 J 37/28 (2006.01)

HO 1 J 37/28 B

HO 1 J 37/20 (2006.01)

HO 1 J 37/20 D

HO 1 J 37/22 (2006.01)

HO 1 J 37/22 5 O 2 B

HO 1 L 21/66 (2006.01)

HO 1 J 37/22 5 O 2 H

請求項の数 12 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-563893 (P2016-563893)
 (86) (22) 出願日 平成27年1月12日 (2015.1.12)
 (65) 公表番号 特表2017-504175 (P2017-504175A)
 (43) 公表日 平成29年2月2日 (2017.2.2)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/011050
 (87) 国際公開番号 W02015/106212
 (87) 国際公開日 平成27年7月16日 (2015.7.16)
 審査請求日 平成30年1月12日 (2018.1.12)
 (31) 優先権主張番号 14/153, 923
 (32) 優先日 平成26年1月13日 (2014.1.13)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(73) 特許権者 504144253
 アブライド マテリアルズ イスラエル
 リミテッド
 イスラエル, 76705 レホヴォト,
 パーク ラビン, オッペンハイマー
 ストリート 9
 (73) 特許権者 390040660
 アブライド 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 950
 54, サンタ クララ, パウアーズ
 アヴェニュー 3050

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子ビームシステムを使用した関心領域の検査

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の関心領域を 1 つまたは複数の荷電粒子ビームを使用して走査するシステムであって、

荷電粒子光学系を有する照射モジュールと、

前記基板と前記荷電粒子光学系の間に - Y 方向の相対運動を導入するステージと、

荷電粒子ビームによる同じ関心領域の複数の走査にตอบสนองして前記基板から発散した電子を集める画像化モジュールであって、前記複数の走査の少なくとも 2 つの走査は、少なくとも 1 つの画像取得条件が互いに異なる、画像化モジュールと

を備え、

+ X 方向と - X 方向に前記関心領域の前記走査中に + Y 方向に前記荷電粒子ビームの反対運動を実行し、それによって前記基板と前記荷電粒子光学系の間に導入された前記相対運動を無効にするように前記荷電粒子光学系が配置され、

前記荷電粒子光学系が、+ X 方向の前記関心領域の少なくとも 1 回の走査と - X 方向の前記関心領域の 1 回の走査の間で前記 - Y 方向に前記荷電粒子ビームの移動を実行するように配置される、システム。

【請求項 2】

前記照射モジュールは、前記荷電粒子ビームを発生するように構成されており、

前記システムは、更に、前記ステージ及び前記照射モジュールに動作可能に接続される制御装置であって、関心領域を走査するように前記照射モジュールを制御しながら、関心

領域の走査中に、機械的走査パターンに沿って連続的に一定速度で、前記ステージを移動させるように構成された前記制御装置を備え、

前記制御装置は、更に、前記関心領域の走査中に前記ステージの機械的移動を無効にするように、前記関心領域の走査中に、前記荷電粒子ビームの反対運動を実行するための前記照射モジュールを制御するように構成される、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記荷電粒子ビームの反対運動の実行が、前記荷電粒子ビームを前記ステージの移動の方向に移動させることを含む、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記基板を一定の速度で移動させることによって前記相對運動を導入するように前記ステージが配置されており、鋸歯形の制御信号の制御下で前記荷電粒子ビームの前記反対運動を実行するように前記荷電粒子光学系が配置されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

ステージ位置情報に応答して前記荷電粒子ビームの位置を調整する制御信号を生成するように配置された制御装置を更に備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

基板の複数の関心領域を 1 つまたは複数の荷電粒子ビームを使用して走査するシステムであって、

荷電粒子光学系を有する照射モジュールと、

前記基板と前記荷電粒子光学系の間に相對運動を導入するステージと、

荷電粒子ビームによる前記関心領域の走査に応答して前記基板から発散した電子を集める画像化モジュールと

を備え、

前記関心領域の前記走査中に前記荷電粒子ビームの反対運動を実行し、それによって前記関心領域の前記走査中に前記基板と前記荷電粒子光学系の間に導入された前記相對運動を無効にするように前記荷電粒子光学系が配置され、

前記関心領域の少なくとも 2 つは、形状又大きさの少なくとも一方が互いに異なり、

前記関心領域は、前記システムの単一の視野内にあり、

前記関心領域は、前記関心領域の間にある前記単一の視野内のエリアがスキップされる一方で走査される、システム。

【請求項 7】

前記荷電粒子光学系が、単一の荷電粒子ビームを発生させる単一の荷電粒子カラムと、それぞれの荷電粒子カラム構造体が単一のビームを発生させている多重荷電粒子カラム構造体と、複数の荷電粒子ビームを発生させる単一の荷電粒子カラムとからなるグループのうちの 1 つである、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記基板がウエハである、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記基板がレチクルである、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記荷電粒子ビームが電子ビームである、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記荷電粒子ビームがイオンビームである、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 12】

全ての前記関心領域の全体の面積が前記基板の面積の小部分である、請求項 6 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

10

20

30

40

50

電子ビーム検査ツールは、高い分解能を示すが比較的到低速である。高分解能の電子ビームでウエハ全体を走査すると非常に長い時間がかかり、したがって、このことが電子ビームシステムの用途を制限する可能性がある。

高スループットおよび高分解能でウエハを検査するシステムおよび方法の必要性が高まっている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0002】

関心領域 (region of interest) を電子ビームを使用して検査する方法およびシステム。

10

【課題を解決するための手段】

【0003】

本発明の一実施形態によれば、基板の複数の関心領域を1つまたは複数の荷電粒子ビームを使用して走査するシステムであって、荷電粒子光学系 (charged particle optics) を有する照射モジュールと、基板と荷電粒子光学系の間に相対運動を導入するステージと、前記1つまたは複数の荷電粒子ビームによる関心領域の走査に応答して基板から発散した電子を集める画像化モジュールとを備え、関心領域の走査中に荷電粒子ビームの反対運動 (counter movement) を実行し、それによって関心領域の走査中に基板と荷電粒子光学系の間に導入された相対運動を無効にするように荷電粒子光学系が配置されたシステムが提供される。

20

本発明の一実施形態によれば、関心領域の長さが $0.25\text{ }\mu\text{m} \sim 2\text{ }\mu\text{m}$ の間の範囲にあり、関心領域の走査中のステージの移動の長さが $0.25\text{ }\mu\text{m} \sim 200\text{ }\mu\text{m}$ の間の範囲にある。基板は、ウエハまたはレチクル、フォトマスクなどとしてすることができる。

本発明の一実施形態によれば、このシステムが、関心領域の走査中に、荷電粒子ビームを、第1の方向および第1の方向に対して向きが定められた第2の方向に沿って、ある走査パターンで移動させるように配置された荷電粒子光学系を含み、荷電粒子ビームの反対運動の実行が、荷電粒子ビームを第1の方向に沿って移動させることを含む。

【0004】

本発明の一実施形態によれば、基板を一定の速度で移動させることによって相対運動を導入するようにステージが配置されており、鋸歯形の制御信号の制御下で荷電粒子ビームの反対運動を実行するように荷電粒子光学系が配置されている。

30

本発明の一実施形態によれば、このシステムが、荷電粒子ビームと関心領域の走査の組合せごとに、ステージ位置情報に応答して荷電粒子ビームの位置を調整する制御信号を生成するように配置された制御装置をさらに備える。

本発明の一実施形態によれば、荷電粒子光学系が、単一の荷電粒子ビームを発生させる単一の荷電粒子カラムと、それぞれの荷電粒子カラムが単一のビームを発生させている多重荷電粒子カラム構造体と、複数の荷電粒子ビームを発生させる単一の荷電粒子カラムとからなるグループのうちの1つである。

本発明の一実施形態によれば、荷電粒子ビームが電子ビームである。本発明の別の実施形態によれば、荷電粒子ビームがイオンビームである。

40

本発明の一実施形態によれば、このシステムが、前記1つまたは複数の荷電粒子ビームで基板の表面全体を走査するように配置されている。本発明の一実施形態によれば、全ての関心領域の全体の面積がウエハの面積の小部分 (fraction) である。本発明の別の実施形態によれば、少なくともいくつかの関心領域の面積が視野の1パーセントよりも小さい。

本発明の一実施形態によれば、基板の複数の関心領域を走査する方法であって、基板と荷電粒子光学系の間に相対運動を導入すること、および、相対運動の導入中に、1つまたは複数の荷電粒子ビームによって関心領域を走査することを含み、走査することが、関心領域の走査中に荷電粒子ビームの反対運動を実行し、それによって基板と荷電粒子光学系の間に導入された相対運動を無効にすることを含み、この方法がさらに、前記1つまたは

50

複数の荷電粒子ビームによる関心領域の走査にตอบสนองして基板から発散した電子を集めることを含む方法が提供される。

【0005】

この方法は、関心領域の走査中に、荷電粒子ビームを、第1の方向および第1の方向に対して向きが定められた第2の方向に沿って、ある走査パターンで移動させることを含むことができ、荷電粒子ビームの反対運動の実行は、荷電粒子ビームを第1の方向に沿って移動させることを含む。

この方法は、基板を一定の速度で移動させることによって相対運動を導入すること、および鋸歯形の制御信号の制御下で荷電粒子ビームの反対運動を実行することを含むことができる。

10

この方法は、荷電粒子ビームと関心領域の走査の組合せごとに、ステージ位置情報にตอบสนองして荷電粒子ビームの位置を調整する制御信号を生成することを含むことができる。

【0006】

関心領域の長さは $0.25\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ の間とすることができ、関心領域の走査中のステージの移動の長さは $0.25\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ の間とすることができ。

荷電粒子光学系は、単一の荷電粒子ビームを発生させる単一の荷電粒子カラムと、それぞれの荷電粒子カラムが単一のビームを発生させていてもよい多重荷電粒子カラム構造体と、複数の荷電粒子ビームを発生させる単一の荷電粒子カラムとからなるグループのうちの1つとすることができ。

20

基板はウエハとすることができる。

基板はレチクルとすることができる。

荷電粒子ビームは電子ビームとすることができる。

荷電粒子ビームはイオンビームとすることができる。

【0007】

走査することは、前記1つまたは複数の荷電粒子ビームで基板の表面全体を走査することを含むことができる。

全ての関心領域の全体の面積はウエハの面積の小部分であることができる。

少なくともいくつかの関心領域の面積は視野の1パーセントよりも小さくてもよい。

この方法は、前記1つまたは複数の荷電粒子ビームによる同じ関心領域の複数回の走査にตอบสนองして基板から発散した電子を集めることを含むことができ、この複数回の走査のうちの少なくとも2回の走査の少なくとも1つの画像取得条件が互いに異なる。

30

少なくとも2つの関心領域の形状とサイズのうちの少なくとも一方が互いに異なる。

本発明とみなされる主題は、本明細書の結びの部分に具体的に示され、明瞭に主張されている。しかしながら、構成および動作方法とその目的、特徴および利点の両方に関して、本発明は、添付図面と照らし合わせて読まれたときに以下の詳細な説明を参照することによって、最もよく理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施形態に基づくウエハおよびシステムを示す図である。

【図2】本発明の一実施形態に基づくウエハ、機械的移動パターン、ウエハの一エリアおよび複数の関心領域を示す図である。

40

【図3】本発明の一実施形態に基づく第1の走査パターン、第1の走査パターンの第1の反対運動成分およびこの走査パターンの別の成分を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態に基づくウエハの一エリアおよび複数の関心領域を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態に基づくシステムおよびウエハを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

図解を単純かつ明瞭にするために、図に示された要素は必ずしも一定の尺度では描かれていないことが理解されよう。例えば、明瞭にするために、図に示された要素のうちのい

50

くつかの要素の寸法が他の要素に比べて誇張されていることがある。また、適当と考えられる場合には、対応する要素または類似の要素を指し示すために、図の間で参照符号が繰り返されていることがある。

本発明の完全な理解を提供するため、以下の詳細な説明には多くの具体的な詳細が記載されている。しかしながら、それらの具体的な詳細がなくとも本発明を実施することができることを当業者は理解しよう。また、本発明を不明瞭にすることがないように、周知の方法、手順および構成要素については詳細には記載しなかった。

【 0 0 1 0 】

本発明とみなされる主題は、本明細書の結びの部分に具体的に示され、明瞭に主張されている。しかしながら、構成および動作方法とその目的、特徴および利点の両方に関して、本発明は、添付図面と照らし合わせて読まれたときに以下の詳細な説明を参照することによって、最もよく理解されうる。

10

図解を単純かつ明瞭にするために、図に示された要素は必ずしも一定の尺度では描かれていないことが理解されよう。例えば、明瞭にするために、図に示された要素のうちのいくつかの要素の寸法が他の要素に比べて誇張されていることがある。また、適当と考えられる場合には、対応する要素または類似の要素を指し示すために、図の間で参照符号が繰り返されていることがある。

【 0 0 1 1 】

本発明の図示された実施形態は、そのほとんどが、当業者に知られている電子構成要素および電子回路を使用して実現することができるため、上に示されているとおり、本発明の根底にある着想を理解および認識するためおよび本発明の教示を不明瞭にしたりまたは本発明の教示から逸れたりしないために必要と考えられる範囲を超えて詳細は説明されない。

20

本明細書における方法に対する一切の論及は、その方法を実行することができるシステムに、必要な変更を加えて適用されるべきであり、コンピュータによって実行されたときにその方法を実行する命令を記憶した非一時的コンピュータ可読媒体に、必要な変更を加えて適用されるべきである。

【 0 0 1 2 】

本明細書におけるシステムに対する一切の論及は、そのシステムが実行することができる方法に、必要な変更を加えて適用されるべきであり、そのシステムが実行することができる命令を記憶した非一時的コンピュータ可読媒体に、必要な変更を加えて適用されるべきである。

30

本明細書における非一時的コンピュータ可読媒体に対する一切の論及は、その非一時的コンピュータ可読媒体に記憶された命令を実行することができるシステムに、必要な変更を加えて適用されるべきであり、非一時的コンピュータ可読媒体に記憶された命令を読み取ったコンピュータが実行することができる方法に、必要な変更を加えて適用されるべきである。

本発明の一実施形態によれば、関心領域を電子ビームによって走査する方法およびシステムが提供される。全ての関心領域の合計サイズはウエハの全体サイズに比べて小さく、したがって、関心領域だけを高分解能走査すると検査プロセスの速度を速めることができる。さらに、ウエハを移動させている間に、反対運動成分を含む走査パターンを使用して関心領域を走査することができ、このようにすると、機械的移動の速度を減じることなく走査期間をより長くすることができる。

40

次に図 1 を参照する。図 1 は、本発明の一実施形態に基づく単一カラム単一ビームシステム 10 の略図である。システム 10 は、荷電粒子ビーム照射モジュール 22 を含む。荷電粒子ビーム照射モジュール 22 は、一例として、荷電粒子銃 12 の開孔 44 から単一の 1 次荷電粒子ビーム 41 を発生させると仮定される。しかしながら、本発明の範囲は、単一の荷電粒子ビームの発生だけに限定されず、そのため、複数のビームを発生させるようにモジュール 22 を構成することもできる。照射モジュール 22 と画像化モジュール 47 は電子光学系 (e l e c t r o n o p t i c s) 99 を形成する。

50

【 0 0 1 3 】

さらに、本発明の範囲は、特定のタイプの荷電粒子だけに限定されず、電子、およびカリウムまたは他の金属イオンなどイオンを含む実質的に全てのタイプの荷電粒子を含む。一例として、以下の説明では、1次荷電粒子ビームが電子を含むと仮定する。

モジュール22は、1つまたは複数の照明レンズ14、ビームスプリッタ16および対物レンズ18を備え、これらのレンズは集束要素として機能する。1つまたは複数のレンズ14およびビームスプリッタ16は通常、磁氣的に動作するが、このレンズおよび/またはビームスプリッタは、静電動作または静電動作と磁気動作の組合せなど、他のタイプの動作を含むこともできる。

ビーム41は、照射経路42に従ってモジュール22内を進み、軸48に沿ってウエハ39の表面38に達する。軸48は通常、この表面と直角に交わる。

【 0 0 1 4 】

図2は、ウエハ39、機械的走査パターン122および5つのエリア(スライス)111~115を示し、5つのエリア(スライス)111~115は、機械的走査パターン122を形成する5回の繰返し走査の間に画像化される。ウエハ39は、可動ステージ(図1に示されたステージ36)上に装着される。この可動ステージは、3本の直交軸X、YおよびZに対して平行にウエハを平行移動させることができると仮定され、XY平面は水平であると仮定される(軸X、YおよびZは図1に示されているとおりである)。この例では、走査パターン122が、軸Yに対して平行な垂直方向121と、軸Xに対して平行な直交変位とからなる。本発明は、ウエハと電子光学系との相対運動を提供する方式によって限定されないことに留意すべきである。1つまたは複数のレンズ14、ビームスプリッタ16および対物レンズ18は、ビーム41を整形して、表面38における開孔44の集束像(focused image)45にする。本明細書では以後、集束像45をスポット45とも呼ぶ。図2はさらに、細長い形状(スライス)を有するエリア113を示し、エリア113は複数の関心領域130を含む。

【 0 0 1 5 】

図1を再び参照する。図1はさらに、ウエハ39の機械的走査中のある時点における電子光学系の視野132を示す。

視野132は、ステージ39の機械的移動なしで電子光学系が見ることができる最大面積を有することができ、またはそれよりも小さな面積を有することができる。図1はさらに、関心領域130上でのスポット45のラスタ走査パターン160を示す。本発明の実施形態によれば、スポット45で一方向に連続的に走査し、次いでスポット45を直角方向に変位させる。

【 0 0 1 6 】

再び図1を参照する。スポット45は、反射、2次および/または後方散乱電子を、電子の2次荷電粒子ビーム35として発生させ、2次荷電粒子ビーム35は、対物レンズ18およびビームスプリッタ16を通過する。スポット45からの2次ビームは、画像化経路46に従って進み、画像化レンズ24を通過して電子検出器28に達する。通常はシンチレータ結晶または粒状化されたシンチレータ粉末からなる蛍光面である電子検出器28は、2次電子ビーム35を光学的放射に変換し、この光学的放射が、電荷結合検出器(charge coupled detector: CCD)アレイなどのイメージャ(imager)30によって画像化される。検出器28とイメージャ30は通常、1つのユニットとして結合され、2次ビームの画像化検出器31として機能して、ビーム電流を示す信号を生成する。あるいは、画像化検出器31は、2次ビーム35を光に変換することなく直接に検出するアバランシェフォトダイオードアレイを備えることができる。レンズ18および24、ビームスプリッタ16ならびに画像化検出器31は、システム10の画像化モジュール47を構成する。画像化モジュール47によって生成された信号は、記憶装置33に結合された処理装置32に転送される。

【 0 0 1 7 】

処理装置32は、銃12、レンズ14、ビームスプリッタ16、対物レンズ18、画像

10

20

30

40

50

化レンズ 24 および画像化検出器 31 に結合されて、これらの構成要素の動作およびスポット 45 の集束を制御し、さらに、システム 10 全体の制御装置として機能する。本発明は、図 1 に示されたシステムアーキテクチャだけに限定されないこと、および、さまざまな構成を有する粒子ビーム画像化システムによって本発明を実現することができることに留意すべきである。

ステージ 36 は通常、XY 平面内を、機械的走査パターン 122 に沿って、固定された速度で連続的に移動し、処理装置 32 はその間に、関心領域を走査する走査パターンに従って電子ビームで走査する（それによって走査スポット 45 で走査する）。この電子ビーム走査パターンは、関心領域ではない領域をスキップすることができる。

【0018】

関心領域は、システム 10 に供給することができ、またはシステム 10 によって検出することができる。これらの関心領域は、システムのオペレータによって、または他の人もしくは装置によって供給することができる。それらの関心領域は例えば、以前のウエハの走査に基づいて、または設計情報に基づいて、または光学的検査の結果もしくはより粗い分解能の他のプロセスの結果に基づいて選択することができる。本発明は、関心領域のタイプによって、または関心領域が提供される方式および方法もしくは処理装置 32 によって関心領域が生成される方式および方法によって限定されないことに留意すべきである。

【0019】

本明細書では以後、処理装置 32 が、システムのオペレータからユーザインターフェース 40 を介して動作パラメータを受け取ると仮定する。これによって、オペレータは、上述のシステム構成要素および後述するシステム 10 の他の構成要素の設定を調整することができる。処理装置 32 はさらに、位置制御装置 34 に結合され、位置制御装置 34 を操作する。処理装置の指令の下で、制御装置 34 は、ステージ 36 を垂直方向に調整することができる。

本発明の一実施形態によれば、電子ビーム（それによってスポット 45）によって関心領域を走査するように電子光学系が配置される。関心領域（130）を走査した後、システムは続いて、次の関心領域を走査する。走査する関心領域の順序は前もって設定することができ、または部分的に無作為とすることができる。この順序は、（ステージ 36 の移動によって可能になる）ウエハの機械的移動を考慮することができ、互いに近くにある関心領域間で電子ビームをジャンプさせることができる。

【0020】

本発明の一実施形態によれば、電子光学系は、関心領域ごとに、（i）ウエハの関心領域 130 に向かって電子ビームを導くこと、および、ウエハ 39 を第 1 の方向（例えば図 2 の垂直方向 121）に沿って移動させている間に、関心領域（130）を、電子ビーム（1 次荷電粒子ビーム 41 と呼ぶ）の第 1 の走査パターン（160）に従って走査して、関心領域が、第 1 の期間（first period）中に想像上の固定点（stationary point）の前を通るようにすることを繰り返すように配置される。関心領域 130 は、電子光学系の視野の小部分とすることができ、または視野全体もしくは視野の部分からなることもできる。したがって、第 1 の方向に沿った関心領域の長さに等しい距離をウエハ 39 が移動する時間が第 1 の期間である。

言い換えると、関心領域は通常、X-Y 平面内の結合された合成移動によって走査され、この移動は以下の移動成分からなる：一方向（例えば Y 方向）のステージ移動（ウエハ移動）、および電子ビーム走査移動、例えばラスタ走査パターン（例えば一方向の連続走査および直角方向の変位。図 1 に示された走査パターン 160）での電子ビーム走査移動。

位置決め誤差、例えばステージの機械的移動の誤差を補償するために、任意選択で、調整された出発位置に電子ビームを移動させることによって、位置補償移動を提供することができる。この位置補償移動は、処理装置 32 が、ステージの位置の測定に応じて規定することができる。このステージ位置の測定は、例えばステージ干渉計（interferometer）構成要素（図 1 には示されていない）によって連続的に実行される。

【 0 0 2 1 】

本発明によれば、走査中に、電子ビームのステージ移動方向の反対運動である追加の電子ビーム移動を追加して、電子ビーム走査移動中のこの方向のステージのシフトを補償する。この電子ビーム反対運動によって、電子ビーム走査移動中、ステージはより速く移動することができる。したがって、ステージ速度を増大させることができ、それによって、走査の質を損なうことなく全体のスループットが増大する。

【 0 0 2 2 】

図 1 に示されたシステムの動作は例えば、以下のパラメータによって特徴づけることができる：走査のために停止しない毎秒数ミリメートル、例えば毎秒 0 . 1 ~ 1 0 0 ミリメートルの間の一定のステージ速度を提供することができ、関心領域の長さまたは幅は 0 . 2 5 μm ~ 2 μm の間、例えば 1 μm とすることができ、関心領域の走査中のステージの移動の長さは 0 . 2 5 μm ~ 2 0 0 μm の間、例えば 3 0 μm とすることができ。

多くの場合に、第 1 の走査継続時間（第 1 の走査パターンを完了する時間）は、第 1 の期間よりも長くあるべきである。例えば、十分な信号対雑音レーションの画像を提供するのに十分な電子を集めるのに第 1 の期間が短すぎることがある。したがって、第 1 の走査継続時間を長くする必要がある、このことは、機械的移動にもかかわらず（第 1 の期間に比べて）より長い期間、電子ビームが関心領域に衝突することを可能にすることによって、機械的走査を減らすことなく実行することができる。これは、機械的移動を無効にする第 1 の反対運動成分を含む第 1 の走査パターンに従って第 1 の電子ビームで走査することによって実行することができる。このことは、関心領域の走査が、第 1 の期間よりも長い第 1 の走査継続時間を有することを可能にする。

【 0 0 2 3 】

図 3 は、Y 軸走査制御信号（グラフ 1 5 0）および X 軸走査制御信号（グラフ 1 7 0）を示す。これらの制御信号によって、電子ビーム 4 5 は、それぞれ X および Y 軸に沿って走査し、これらの制御信号は、電子ビーム走査運動と電子ビーム反対運動との結合を示す。

グラフ 1 7 0 は、（ a ）左から右へスポットで走査する正の向きの線（ 1 7 1、 1 7 5 および 1 7 9 ）、（ b ） 2 本の水平走査線間でスポットを垂直に移動させるときに x 軸変位を導入しない水平セクション（ 1 7 2 および 1 7 6 ）、および（ c ）右から左へスポットで走査する負の向きの線（ 1 7 3 および 1 7 7 ）の繰返しシーケンスを含む。

【 0 0 2 4 】

エリア 1 1 3 を走査するときウエハ 3 9 が（下から上へ）垂直に移動すると仮定すると、Y 軸走査制御信号 1 5 0 は、ステージおよびウエハの機械的移動を無効にする反対運動成分を含む。固定された速度で移動すると仮定すると、Y 軸制御信号 1 5 0 は、（ a ）ウエハの機械的移動を無効にする正の向きの線（ 1 5 1、 1 5 3、 1 5 5、 1 5 7 および 1 5 9 ）、および（ b ）第 1 の走査パターン 1 6 0 の垂直部分（ 1 6 2、 1 6 4、 1 6 8 および 1 6 8 ）を実行する負の向きの線（ 1 5 2、 1 5 4、 1 5 6、 1 5 8 ）のインターリーブ（ i n t e r l e a v i n g ）シーケンスを含む。

他の電子ビーム走査パターンを適用することもできることに留意されたい。例えば、走査パターンの向きをウエハの機械的移動に合わせることができ、回転成分を含むことができ、ラスタ走査とは異なる形状の多角形を含むことができる。さらに、この移動の速度を非固定とすることもできる。

本発明のさまざまな実施形態によれば、全ての関心領域の全体の面積が、ウエハの面積の小部分（例えば 1 / Q、Q は 3 よりも大きい）である。

第 1 の走査継続時間は、第 1 の期間の少なくとも R 倍とすることができ、R は 2 よりも大きくすることができる。

【 0 0 2 5 】

図 1 には、単一の電子ビームでウエハを走査することができるものとしてシステム 1 0 が示されているが、複数の電子ビームでウエハを走査するようにシステム 1 0 を適合させることもできる。電子光学系 9 9 の 2 重化もしくは電子光学系 9 9 のいくつかの構成要素

10

20

30

40

50

の2重化によって、ビームスプリッタなどの構成要素の追加によって、および/または図1に示された構成要素の除去によって、所望の結果を達成することができる。例えば、デュアルカラム電子光学系には、複数の電子ビームを生成することができるものがある。

【0026】

図4は、2つの電子ビームによって走査されるエリア113を示す。エリア113は、エリア113(1)および113(2)を提供するため、仮想的に、想像線18によってエリア113の中央で分割されている。一方のエリア113(1)は第1の電子ビームによって走査され、第2のエリア113(2)は、追加の第2の電子ビームによって走査される。説明を分かりやすくするため、第2のエリア131(2)内の関心領域を追加の関心領域と呼ぶ。

10

このようにすると、例えば2重単一ビームカラム構成において、第2の電子ビームによって追加の関心領域を走査するように、このシステムを配置することができる。電子光学系99は、追加の関心領域ごとに、ウエハの追加の関心領域に向かって第2の電子ビームを導くこと、およびウエハを第1の方向に沿って移動させている間に、追加の関心領域を、第2の電子ビームの第2の走査パターンに従って走査して、追加の関心領域が、第2の期間中に想像上の第2の固定点の前を通るようにすることを繰り返すように配置される。この第2の走査パターンは第2の反対運動部分を含み、この第2の反対運動部分は、機械的移動を無効にし、それによって追加の関心領域の走査が、第2の期間よりも長い第2の走査継続時間を有することを可能にする。

本発明の一実施形態によれば、例えば当技術分野で知られている多重カラム単一ビーム構成においてまたは単一の多重ビームカラムにより、1つまたは複数の電子ビームによって関心領域を走査するように、このシステムが配置される。

20

【0027】

図5は、本発明の一実施形態に基づく方法200を示す。

方法200は、基板の複数の関心領域を走査する方法である。

方法200は、段階210および220から始まる。

ステップ210は、基板と荷電粒子光学系の間に相対運動を導入することを含むことができる。

ステップ220は、相対運動を導入している(210)間に実行される。

【0028】

ステップ220は、1つまたは複数の荷電粒子ビームによって関心領域を走査することを含むことができる。この走査は、関心領域を走査している間に荷電粒子ビームの反対運動を実行し、それによって基板と荷電粒子光学系の間に導入された相対運動を無効にすることを含む。

30

ステップ220は、この1つまたは複数の荷電粒子ビームを、反対運動ではない運動で移動させることを含むこともでき、この運動を、ステージによって導入される相対運動の方向と同じ方向の運動とすることもできる。

ステップ220は、関心領域でない領域を走査することを含むこともできる。これは、1つの関心領域から次の関心領域へ移動するときに実施することができる。

ステップ220に続いて、この1つまたは複数の荷電粒子ビームによる関心領域の走査に応答して基板から発散した電子を集め、集められた電子を示す検出信号を生成するステップ230を実行する。

40

ステップ230に続いて、この検出信号を処理するステップ240を実行する。

本発明の一実施形態によれば、処理装置32は、関心領域の走査を制御することができ、(記憶装置33などの)非一時的コンピュータ可読媒体にアクセスすることができ、また、関心領域の走査を処理装置に制御させる命令を読み取ることができる。この非一時的コンピュータ可読媒体は、方法200をシステムに実行させる命令を記憶することができる。

【0029】

本発明の一実施形態によれば、段階220は、同じ関心領域を複数回走査することを含む

50

ことができ、それらの走査では、少なくとも2回の走査の、焦点面、焦点深度、ビーム電流、入射エネルギー、分解能などの画像取得条件が互いに異なる。それらの異なる走査を使用して、関心領域の3次元画像を再構成することができる。画像取得条件とは、画像取得プロセス中に適用されたときに、その画像取得プロセスによって得られる画像に影響を及ぼす可能性がある条件である。

異なる関心領域は、形状およびサイズを有することができることに留意されたい。あるいは、少なくとも2つの関心領域の形状および/またはサイズが互いに異なってもよい。異なる関心領域は部分的に重なってもよく、または全く重なっていてもよい。関心領域の形状および/またはサイズは例えば、前もって決定しておいてもよく、関心領域の走査プロセス中に決定してもよく、1つまたは複数の関心領域を走査した結果などに応じて決定してもよい。

10

【0030】

この画像取得は、基板と荷電粒子光学系の間に相対運動を導入している間に実施することができ、したがってこの方法のスループットを増大させることに留意されたい。このことは、最高100%に達する効率時間を可能にすることができる。

本発明は、コンピュータシステム上でラン(run)するコンピュータプログラムとして実現することもでき、このコンピュータプログラムは少なくとも、コンピュータシステムなどのプログラム可能な装置上でランするときに本発明に基づく方法のステップを実行するコード部分、または、プログラム可能な装置が、本発明に基づく装置もしくはシステムの機能を実行することを可能にするコード部分を含む。このコンピュータプログラムによって、記憶システムは、ディスクドライブをディスクドライブ群に割り当てることができる。

20

【0031】

特定のアプリケーションプログラムおよび/またはオペレーティングシステムなどのコンピュータプログラムは命令のリストである。コンピュータプログラムは例えば、サブルーチン、関数、手順、オブジェクトメソッド(object method)、オブジェクトインプリメンテーション(object implementation)、実行可能アプリケーション、アプレット、サーブレット(servlet)、ソースコード、オブジェクトコード、共有ライブラリ/ダイナミックロードライブラリ、および/またはコンピュータシステム上で実行されるように設計された他の命令シーケンスのうちの1つまたは複数であることがある。

30

【0032】

コンピュータプログラムは、非一時的コンピュータ可読媒体上に内部的に記憶することができる。情報処理システムに恒久的に、取外し可能にまたは遠隔的に結合されたコンピュータ可読媒体上に、コンピュータプログラムの全部または一部を提供することができる。限定はされないが、コンピュータ可読媒体には例えば、ディスクおよびテープ記憶媒体を含む磁気記憶媒体；コンパクトディスクメディア(例えばCD ROM、CD Rなど)およびデジタルビデオディスク記憶媒体などの光学記憶媒体；半導体ベースのメモリユニットを含む、フラッシュメモリ、EEPROM、EPROM、ROMなどの不揮発性メモリ記憶媒体；強磁性デジタルメモリ；MRAM；レジスタ、バッファまたはキャッシュ、メインメモリ、RAMを含む揮発性記憶媒体などが含まれる。

40

【0033】

コンピュータプロセスは通常、実行する(ランする)プログラムまたはプログラムの部分と、現在のプログラム値および状態情報と、プロセスの実行を管理するためにオペレーティングシステムが使用する資源とを含む。オペレーティングシステム(OS)は、コンピュータの資源の共用を管理し、それらの資源にアクセスするために使用するインターフェースをプログラマに提供するソフトウェアである。オペレーティングシステムは、システムデータおよびユーザ入力进行处理し、システムのユーザおよびプログラムに対するサービスとして、タスクおよび内部システム資源を割り当て管理することによって応答する。

コンピュータシステムは例えば、少なくとも1つの処理ユニット、関連記憶装置および

50

いくつかの入／出力（Ｉ／Ｏ）装置を含むことができる。コンピュータプログラムを実行すると、コンピュータシステムは、コンピュータプログラムに従って情報を処理し、その結果得られた出力情報をＩ／Ｏ装置を介して生成する。

以上の明細書においては、本発明の実施形態の特定の例を参照して本発明を説明した。しかしながら、添付された特許請求項に記載された本発明のより幅広い趣旨および範囲から逸脱することなく、さまざまな修正および変更を本発明に加えることができることは明白であろう。

【 0 0 3 4 】

さらに、この説明および特許請求の範囲において用語「前（front）」、「後ろ（back）」、「頂部（top）」、「底部（bottom）」、「～の上（over）」などが使用されている場合、それらの用語は、説明目的で使用されており、恒久的な相対位置を記述するために使用されているわけでは必ずしもない。このように使用された用語は、適当な状況下において、本明細書に記載された本発明の実施形態が例えば、本明細書に示されまたは他の方法で記載された向きとは別の向きで機能することができるような態様で、相互に交換可能であることが理解される。

【 0 0 3 5 】

本明細書で論じられている接続は、対応するそれぞれのノード、ユニットもしくは装置から、または対応するそれぞれのノード、ユニットもしくは装置に、例えば中間装置を介して信号を転送するのに適した任意のタイプの接続とすることができる。そうではないと暗示または明示されない限り、接続は例えば直接接続または間接接続とすることができる。接続は、単一の接続、複数の接続、一方向接続または双方向接続に関して図示されまたは記述されることがある。しかしながら、実施形態によって接続の実施態様は異なることがある。例えば、双方向接続の代わりに別個の複数の一方向接続を使用することができ、その逆もまた可能である。また、複数の接続の代わりに、複数の信号を逐次的にまたは時間多重方式で転送する単一の接続を使用することもできる。同様に、多数の信号を運ぶ単一の接続を、これらの信号のサブセットを運ぶさまざまな異なる接続に分離することもできる。したがって、信号を転送する多くの選択肢が存在する。

例においては、特定の導電型または電位の極性を記載したが、導電型および電位の極性は逆にすることができることを理解されたい。

【 0 0 3 6 】

本明細書に記載されたそれぞれの信号は、正または負論理として設計することができる。負論理信号の場合、その信号は、論理的に真の状態が論理レベル 0 に対応するアクティブロー（active low）である。正論理信号の場合、その信号は、論理的に真の状態が論理レベル 1 に対応するアクティブハイ（active high）である。本明細書に記載された信号はいずれも、負または正論理信号として設計することができることに留意されたい。したがって、代替実施形態では、正論理信号と記載された信号を負論理信号として実現することができ、負論理信号と記載された信号を正論理信号として実現することができる。

さらに、本明細書では、用語「表明する（assert）」または「セットする（set）」、および「否定する（negate）」（または「デアSSERTする（deassert）」）もしくは「クリアする（clear）」がそれぞれ、信号、状態ビットまたは同様のアパレイタス（apparatus）を、その論理的に真の状態または論理的に偽の状態にすることを言うときに使用される。論理的に真の状態が論理レベル 1 である場合、論理的に偽の状態は論理レベル 0 である。また、論理的に真の状態が論理レベル 0 である場合、論理的に偽の状態は論理レベル 1 である。

【 0 0 3 7 】

論理ブロック間のこれらの境界は単なる例であること、および、代替実施形態は、論理ブロックもしくは回路要素を併合し、またはさまざまな論理ブロックもしくは回路要素に機能の代替の分解を課すことがあることを当業者は理解するであろう。したがって、本明細書に示されたアーキテクチャは単なる例であること、および実際に、同じ機能を達成す

る他の多くのアーキテクチャを実装することができることを理解すべきである。

同じ機能を達成する構成要素の任意の配置は、所望の機能が達成されるように効果的に「関連づけられている」。したがって、特定の機能を達成するように組み合わせられた本明細書の任意の2つの構成要素は、アーキテクチャまたは介在する構成要素に関わりなく、所望の機能が達成されるように互いに「関連づけられている」と見ることができる。同様に、そのように関連づけられた任意の2つの構成要素は、所望の機能を達成するために互いに「動作可能に接続されている」または互いに「動作可能に結合されている」と見することもできる。

【0038】

さらに、上述の操作間の境界は単なる例であることを当業者は理解するであろう。複数の操作を組み合わせる単一の操作にすることができ、単一の操作を追加の複数の操作に分散することができ、時間的に少なくとも部分的に重ねて複数の操作を実行することができる。さらに、代替実施形態は、特定の操作の複数のインスタンスを含むことができ、他のさまざまな実施形態では操作の順序を変更することができる。

さらに、例えば、一実施形態では、図示された例が、単一の集積回路上または同じ装置内に位置する回路として実現される。あるいは、それらの例を、適当な方式で互いに相互接続された任意の数の別個の集積回路または別個の装置として実現することもできる。

さらに、例えば、それらの例またはそれらの例の部分、適当なタイプのハードウェア記述言語の場合などのように、物理回路のソフトもしくはコード表現として、または物理回路に変換できる論理的表現のソフトもしくはコード表現として実現することもできる。

【0039】

さらに、本発明は、プログラムできないハードウェア内で実現された物理的な装置またはユニットだけに限定されない。本発明は、適当なプログラムコードに従って操作することによって所望の装置機能を実行することができる、メインフレーム、ミニコンピュータ、サーバ、ワークステーション、パーソナルコンピュータ、ノートパッド、パーソナルデジタルアシスタント、電子ゲーム、自動車システムまたは他の組込みシステム、ならびに携帯電話およびさまざまな他の無線装置などのプログラム可能な装置またはユニットに適用することもできる。本出願ではこれらの装置を一般的に「コンピュータシステム」と呼ぶ。しかしながら、他の修正、変更および代替も可能である。したがって、本明細書および図面は、限定を目的とするものではなく例示を目的とするものであると考えるべきである。

【0040】

特許請求項において、括弧に入れられた参照符号は、その請求項を限定すると解釈されない。語「備える (comprising)」は、その請求項に記載されたもの以外の要素またはステップの存在を排除しない。さらに、本明細書で使用する用語「a」または「an」は、1つまたは2つ以上と定義される。

さらに、請求項における「少なくとも1つの (at least one)」、「1つまたは複数の (one or more)」などの前置きの句の使用が、不定冠詞「a」または「an」による別の請求項要素 (claim element) の導入が、導入されたそのような請求項要素を含む特定の請求項を、そのような要素を1つだけ含む発明に限定することを含意すると解釈すべきではない。このことは、同じ請求項が、前置きの句「少なくとも1つの」または「1つまたは複数の」と、「a」、「an」などの不定冠詞とを含むときであっても当てはまる。

【0041】

同じことが、定冠詞の使用についても言える。特段の記載がない限り、「第1の (first)」、「第2の (second)」などの用語は、そのような用語が記述する要素を任意に区別するために使用される。したがって、これらの用語が、このような要素の時間的優先または他の優先を示すことは必ずしも意図されていない。ある種の手段が相互に異なる請求項に記載されているという単なる事実は、それらの手段の組合せを有利に使用することができないことを示すものではない。

10

20

30

40

50

【図 3】

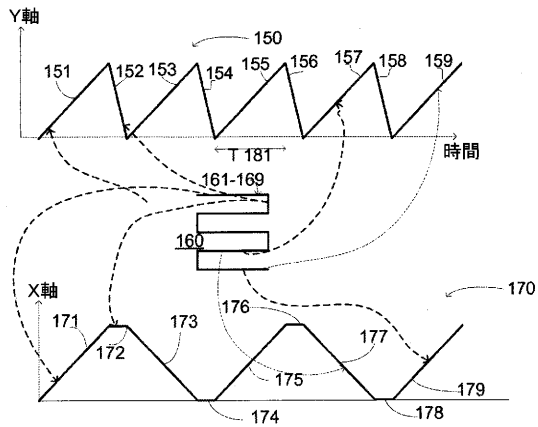


FIG. 3

【図 4】

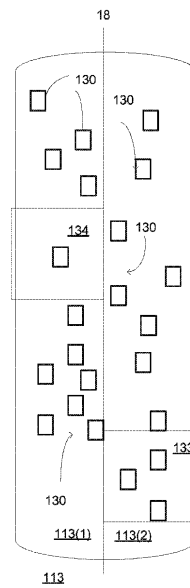


FIG. 4

【図 5】

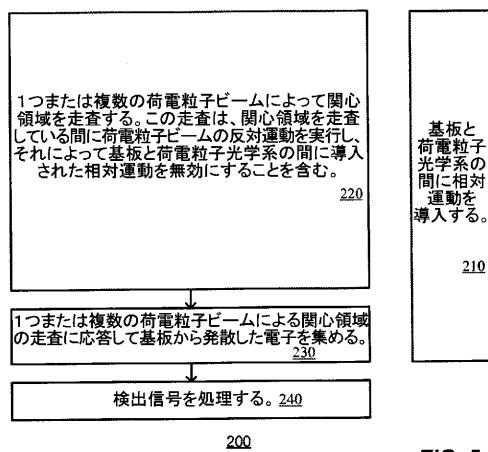


FIG. 5

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 21/66 J

(74)代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜

(74)代理人 100088694
弁理士 弟子丸 健

(74)代理人 100094569
弁理士 田中 伸一郎

(74)代理人 100067013
弁理士 大塚 文昭

(74)代理人 100109070
弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100109335
弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525
弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100141553
弁理士 鈴木 信彦

(72)発明者 センダー ベンジョン
イスラエル 7 6 7 0 5 レホヴォト オッペンハイマー ストリート 9

(72)発明者 リトマン アロン
イスラエル 7 6 7 0 5 レホヴォト オッペンハイマー ストリート 9

審査官 小林 直暉

(56)参考文献 特開2009-129660(JP,A)
特開2004-227886(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0242761(US,A1)
特開平05-258703(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 J 3 7 / 0 0 - 3 7 / 0 2
3 7 / 0 5
3 7 / 0 9 - 3 7 / 1 8
3 7 / 2 1
3 7 / 2 4 - 3 7 / 2 4 4
3 7 / 2 5 2 - 3 7 / 2 9 5