

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7041666号

(P7041666)

(45)発行日 令和4年3月24日(2022.3.24)

(24)登録日 令和4年3月15日(2022.3.15)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 J 37/28 (2006.01)

H 0 1 J

37/28

B

H 0 1 J 37/20 (2006.01)

H 0 1 J

37/20

H

H 0 1 J 37/04 (2006.01)

H 0 1 J

37/04

A

H 0 1 J 37/22 (2006.01)

H 0 1 J

37/22

5 0 2 H

請求項の数 52 (全19頁)

(21)出願番号 特願2019-502537(P2019-502537)

(86)(22)出願日 平成29年3月31日(2017.3.31)

(65)公表番号 特表2019-511107(P2019-511107
A)

(43)公表日 平成31年4月18日(2019.4.18)

(86)国際出願番号 PCT/US2017/025595

(87)国際公開番号 WO2017/176595

(87)国際公開日 平成29年10月12日(2017.10.12)

審査請求日 令和2年3月31日(2020.3.31)

(31)優先権主張番号 62/318,078

(32)優先日 平成28年4月4日(2016.4.4)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 15/387,388

(32)優先日 平成28年12月21日(2016.12.21)

最終頁に続く

(73)特許権者 500049141

ケーエルエー コーポレーション

アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピ

タス ワン テクノロジー ドライブ

(74)代理人 110001210

特許業務法人Y K I 国際特許事務所

(72)発明者 ヘッジ アルジャン

アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピ

タス ディクソン ランディング ロード

4 4 0 ナンバー G 3 0 3

(72)発明者 グレッタ ルカ

アメリカ合衆国 カリフォルニア ギルロ

イ オリンピック コート 1 1 7 0

(72)発明者 シアーズ クリストファー

アメリカ合衆国 カリフォルニア サン

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 走査電子顕微鏡検査装置および方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

試料を固定すべく構成された試料台と、

一次電子ビームを生成すべく構成された電子源と、前記一次電子ビームの少なくとも一部を前記試料の絶縁材料の上方に配置された1つまたは複数の電氣的浮体金属構造へ誘導すべく構成された電子光学素子の組であって、前記一次電子ビームを前記試料の上に集光する対物レンズを含む電子光学素子の組と、を含む電子光学鏡筒と、

前記試料の表面から放出される電子を検出すべく構成された検出器アセンブリと、

前記検出器アセンブリに通信可能に接続されたコントローラであって、メモリに保持されたプログラム命令を実行すべく構成された1個以上のプロセッサを含むコントローラと、を含み、前記プログラム命令が、前記1個以上のプロセッサに、

前記電子光学鏡筒に対して、前記一次電子ビームを用いて、前記試料の前記絶縁材料の上方に配置された1つまたは複数の電氣的浮体金属構造の一連の結像走査と塗りつぶし走査を交互に実行するよう指示させ、

前記結像走査が第1の衝突エネルギーで行われ、前記塗りつぶし走査が前記結像走査の衝突エネルギーの前記第1の衝突エネルギーより低い追加的な衝突エネルギーで行われ、前記塗りつぶし走査が前記1つまたは複数の電氣的浮体金属構造の表面を、前記1つまたは複数の電氣的浮体金属構造の前記表面を介した前記塗りつぶし走査の電子の吸収により、負に帯電させ、前記結像走査が前記1つまたは複数の電氣的浮体金属構造の前記表面を、前記結像走査の電子の放出により正に帯電させ、前記塗りつぶし走査が、前記1つまたは

複数の電氣的浮体金属構造における表面帯電に動的平衡を確立し、塗りつぶし状態における帯電効果が結像状態における帯電効果と均衡し、前記塗りつぶし走査の際に前記対物レンズが前記試料より負の電圧に設定されるよう指示させ、
前記塗りつぶし走査の一次電子ビームのスポットサイズは、結像走査の一次電子ビームのスポットサイズより増大される、
走査電子顕微鏡検査装置。

【請求項 2】

前記交互に実行される一連の結像走査が、最終画像の形成に用いられる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記交互に実行される一連の塗りつぶし走査において収集されたデータが廃棄される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記電子光学素子の組がコンデンサレンズを含んでいる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記電子光学素子の組が走査素子の組を含んでいる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記電子源が 1 個以上の電子銃を含んでいる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記検出器アセンブリが第 2 の電子検出器または後方散乱電子検出器の少なくとも一方を含んでいる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

前記試料台の偏りを制御すべく構成された偏り制御回路を更に含んでいる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 9】

前記コントローラが、結像走査および塗りつぶし走査の少なくとも一方を実行すべく、前記電子光学鏡筒または前記偏り制御回路の 1 個以上の要素のうち少なくとも 1 個を調整すべく構成されている、請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

真空システムを更に含んでいる、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 11】

試料を固定すべく構成された試料台と、
一次電子ビームを生成すべく構成された電子源と、前記一次電子ビームの少なくとも一部を前記試料の絶縁材料の上方に配置された 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造へ誘導すべく構成された電子光学素子の組であって、前記一次電子ビームを前記試料の上に集光する対物レンズを含む電子光学素子の組と、を含む電子光学鏡筒と、

前記試料の表面から放出される電子を検出すべく構成された検出器アセンブリと、
前記検出器アセンブリに通信可能に接続されたコントローラであって、メモリに保持されたプログラム命令を実行すべく構成された 1 個以上のプロセッサを含むコントローラと、
を含み、前記プログラム命令が、前記 1 個以上のプロセッサに、

前記電子光学鏡筒に対して、前記一次電子ビームを用いて、前記試料の前記絶縁材料の上方に配置された前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造の一連の露光を交互に実行するよう指示させ、

前記一連の交互の露光が、第 1 の衝突エネルギーで実行される第 1 の露光の組と、前記第 1 の衝突エネルギーよりも小さく、追加的な衝突エネルギーで実行され、電子収量が 1 より小さい追加的な露光の組とを含み、前記追加的な露光の組の各々の露光が、前記第 1 の露光の組の 1 回以上の露光に続いて実行され、前記追加的な露光の際に前記対物レンズが前記試料より負の電圧に設定されるよう指示させ、

前記追加的な露光の際の一次電子ビームのスポットサイズは、前記第 1 の露光の際の前記一次電子ビームのスポットサイズより増大される、

10

20

30

40

50

走査電子顕微鏡検査装置。

【請求項 1 2】

前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造の一連の交互の露光が、前記第 1 の衝突エネルギーと前記追加的な衝突エネルギーの間で交替する一連の N 回の露光を含んでいる、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記試料の前記一連の交互の露光が、前記試料の表面において表面帯電中性化を生じさせる、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 4】

前記第 1 の衝突エネルギーが 5 0 e V 以上である、請求項 1 1 に記載の装置。

10

【請求項 1 5】

前記追加的な衝突エネルギーが 1 e V 未満である、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 6】

前記コントローラが、前記電子光学鏡筒に対し、前記試料を前記電子源の陰極の電圧よりも少なくとも 5 k V 高い電圧に維持することにより、前記一次電子ビームの前記第 1 の衝突エネルギーを実現するよう指示する、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 7】

前記コントローラが、前記電子光学鏡筒に対し、前記試料を前記電子源の陰極の電圧よりも 1 0 V 未満高い電圧に維持することにより、前記一次電子ビームの前記追加的な衝突エネルギーを実現するよう指示する、請求項 1 1 に記載の装置。

20

【請求項 1 8】

1 個以上の結像フレームが前記第 1 の衝突エネルギーで取得される、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 9】

1 個以上の塗りつぶしフレームが前記追加的な衝突エネルギーで取得される、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 2 0】

前記電子源の単一陰極が、前記第 1 の衝突エネルギーを有する一次電子ビーム、および前記追加的な衝突エネルギーを有する一次電子ビームを生成する、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 2 1】

30

前記電子光学素子の組がコンデンサレンズを含んでいる、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 2 2】

前記電子光学素子の組が走査素子の組を含んでいる、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 2 3】

前記電子源が 1 個以上の電子銃を含んでいる、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 2 4】

前記検出器アセンブリが第 2 の電子検出器または後方散乱電子検出器の少なくとも一方を含んでいる、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 2 5】

前記試料台の偏りを制御すべく構成された偏り制御回路を更に含んでいる、請求項 1 1 に記載の装置。

40

【請求項 2 6】

前記コントローラが、前記第 1 の衝突エネルギーまたは前記追加的な衝突エネルギーの少なくとも一方を確定すべく、前記電子光学鏡筒または前記偏り制御回路の 1 個以上の要素のうち少なくとも 1 個を調整すべく構成されている、請求項 2 5 に記載の装置。

【請求項 2 7】

真空システムを更に含んでいる、請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 2 8】

試料を固定すべく構成された試料台と、

一次電子ビームを生成すべく構成された電子源と、前記一次電子ビームの少なくとも一部

50

を前記試料の一部分へ誘導すべく構成された電子光学素子の組であって、前記一次電子ビームを前記試料 108 の上に集光する対物レンズを含む電子光学素子の組と、を含む電子光学鏡筒と、

前記試料の表面から放出される電子を検出すべく構成された検出器アセンブリと、
前記検出器アセンブリに通信可能に接続されたコントローラであって、メモリに保持されたプログラム命令を実行すべく構成された 1 個以上のプロセッサを含むコントローラと、
を含み、前記プログラム命令が、前記 1 個以上のプロセッサに、
前記電子光学鏡筒に対して、前記一次電子ビームを用いて前記試料の絶縁材料の上方に配置された 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造の一連の露光を交互に実行するよう指示させ、

10

前記一連の交互の露光が、前記一次電子ビームの衝突エネルギーが第 1 の衝突エネルギーで実行される第 1 の露光の組と、前記一次電子ビームの衝突エネルギーが前記第 1 の衝突エネルギーより低い衝突エネルギーで実行される追加的な露光の組とを含み、前記追加的な露光の組の各々の露光が、前記第 1 の露光の組の 1 回以上の露光に続いて実行されるよう指示させ、

前記第 1 の露光の組で実行される露光の際に前記電子光学鏡筒の対物レンズを前記試料の電圧よりも実質的に高い電圧に維持することにより第 1 の電子抽出場が形成され、前記追加的な露光の露光の組で実行される露光の際に前記電子光学鏡筒の対物レンズを前記試料の電圧よりも負側に高い電圧に維持することにより追加的な電子抽出場が形成されるように指示させ、

20

前記追加的な露光の際の前記一次電子ビームのスポットサイズは、前記第 1 の露光の際の一次電子ビームのスポットサイズより増大されるよう指示させる、
走査電子顕微鏡検査装置。

【請求項 29】

前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造の一連の交互の露光が、前記第 1 の電子抽出場と前記追加的な電子抽出場の間で交替する一連の N 回の露光を含んでいる、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 30】

画像を取得する間、衝突エネルギーが一定の状態に保たれる、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 31】

30

前記一連の交互の露光が、前記試料の表面において表面帯電中性化を生じさせる、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 32】

前記第 1 の電子抽出場が前記追加的な電子抽出場よりも大きい、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 33】

前記第 1 の電子抽出場が 100 ~ 3000 ボルト / mm の範囲にある、請求項 32 に記載の装置。

【請求項 34】

前記追加的な電子抽出場が 0 ボルト / mm 未満である、請求項 32 に記載の装置。

【請求項 35】

40

前記追加的な露光の際に前記試料の電圧よりも負側に高い電圧に維持された前記対物レンズが、電子をはね返し、前記試料の表面電荷中性化を生じさせる、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 36】

前記第 1 の電子抽出場で 1 個以上の結像フレームが取得される、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 37】

前記追加的な電子抽出場で 1 個以上の塗りつぶしフレームが取得される、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 38】

前記電子光学素子の組がコンデンサレンズを含んでいる、請求項 28 に記載の装置。

50

【請求項 39】

前記電子光学素子の組が走査素子の組を含んでいる、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 40】

前記電子源が 1 個以上の電子銃を含んでいる、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 41】

前記検出器アセンブリが第 2 の電子検出器または後方散乱電子検出器の少なくとも一方を含んでいる、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 42】

前記試料台の偏りを制御すべく構成された偏り制御回路を更に含んでいる、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 43】

真空システムを更に含んでいる、請求項 28 に記載の装置。

【請求項 44】

電子光学鏡筒の電子源を用いて電子ビームを生成するステップと、
前記電子光学鏡筒の電子光学素子の組であって、前記電子ビームを試料の上に集光する対物レンズを含む電子光学素子の組を用いて前記電子ビームの少なくとも一部を前記試料の絶縁材料の上方に配置された 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造に誘導するステップと、
検出器アセンブリを用いて前記試料の表面から放出される電子を検出するステップと、
前記電子光学鏡筒に対して、前記検出器アセンブリに通信可能に接続されたコントローラを用いて、走査を実行するように指示するステップと、

を含む方法であって、

前記コントローラが、メモリに保持されたプログラム命令を実行すべく構成された 1 個以上のプロセッサを含み、

前記走査が、前記試料の絶縁材料の上方に配置された前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造に対する一連の交互に実行される結像走査と塗りつぶし走査を含み、

前記塗りつぶし走査の各々を 1 回以上の前記結像走査に続いて実行され、

前記結像走査が第 1 の衝突エネルギーで行われ、前記塗りつぶし走査が前記結像走査の前記第 1 の衝突エネルギーより低い、追加的な衝突エネルギーで行われ、電子収量が 1 より小さく、前記塗りつぶし走査の際に前記対物レンズが前記試料より負の電圧に設定され、前記塗りつぶし走査の際の前記電子ビームのスポットサイズを、前記結像走査の際の電子ビームのスポットサイズより増大させる、

方法。

【請求項 45】

電子光学鏡筒の電子源を用いて電子ビームを生成するステップと、

前記電子光学鏡筒の電子光学素子の組であって、前記電子ビームを試料の上に集光する対物レンズを含む電子光学素子の組を用いて前記電子ビームの少なくとも一部を前記試料の絶縁材料の上方に配置された 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造に誘導するステップと、
検出器アセンブリを用いて前記試料の表面から放出される電子を検出するステップと、
前記電子光学鏡筒に対して、前記検出器アセンブリに通信可能に接続されたコントローラを用いて、露光を実行するように指示するステップと、

を含む方法であって、

前記コントローラが、メモリに保持されたプログラム命令を実行すべく構成された 1 個以上のプロセッサを含み、

前記露光が、前記試料の絶縁材料の上方に配置された前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造に対し一連の露光を交互に実行され、

前記一連の交互の露光が、第 1 の衝突エネルギーで実行される第 1 の露光の組と、前記第 1 の衝突エネルギーよりも小さい追加的な衝突エネルギーで実行され、電子収量が 1 より小さい追加的な露光の組とを含み、前記追加的な露光の組の各々の露光が、前記第 1 の露光の組の 1 回以上の露光に続いて実行され、

前記追加的な露光の際に前記対物レンズが前記試料より負の電圧に設定され、

10

20

30

40

50

前記追加的な露光の際の前記電子ビームのスポットサイズは、前記第 1 の露光の際の電子ビームのスポットサイズより増大される、方法。

【請求項 4 6】

電子光学鏡筒の電子源を用いて電子ビームを生成するステップと、
前記電子光学鏡筒の電子光学素子の組であって、前記電子ビームを試料の上に集光する対物レンズを含む電子光学素子の組を用いて前記電子ビームの少なくとも一部を前記試料の絶縁材料の上方に配置された 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造に誘導するステップと、
検出器アセンブリを用いて前記試料の表面から放出される電子を検出するステップと、
前記電子光学鏡筒に対して、前記検出器アセンブリに通信可能に接続されたコントローラを用いて、露光を実行するように指示するステップと、
を含む方法であって、

前記コントローラが、メモリに保持されたプログラム命令を実行すべく構成された 1 個以上のプロセッサを含み、

前記露光が、前記試料の絶縁材料の上方に配置された前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造に対し一連の露光を交互に実行され、

前記一連の交互の露光が、前記電子ビームの衝突エネルギーが第 1 の衝突エネルギーで実行される第 1 の露光の組と、前記電子ビームの衝突エネルギーが前記第 1 の衝突エネルギーより低く、電子収量が 1 より小さくして実行される追加的な露光の組とを含み、前記追加的な露光の組の各々の露光が、前記第 1 の露光の組の 1 回以上の露光に続いて実行され、前記第 1 の露光の組で実行される露光の際に前記電子光学鏡筒の対物レンズを前記試料の電圧よりも実質的に高い電圧に維持することにより第 1 の電子抽出場が形成され、前記追加的な露光の組で実行される露光の際に前記電子光学鏡筒の対物レンズを前記試料の電圧よりも負側に高い電圧に維持することにより追加的な電子抽出場が形成され、

前記追加的な露光の際の前記電子ビームのスポットサイズは、前記第 1 の露光の際の電子ビームのスポットサイズより増大される、方法。

【請求項 4 7】

前記塗りつぶし走査が、前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造の前記表面の電位を前記追加的な衝突エネルギーの電位にほぼ等しい電位に維持することにより、前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造における表面帯電に動的平衡を確立するように構成された、請求項 1 に記載の走査電子顕微鏡検査装置。

【請求項 4 8】

前記一連の交互の露光が、前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造の前記表面の電位を前記追加的な衝突エネルギーの電位にほぼ等しい電位に維持するように構成された、請求項 1 1 に記載の走査電子顕微鏡検査装置。

【請求項 4 9】

前記一連の交互の露光が、前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造の前記表面の電位を前記追加的な電子抽出場の電位にほぼ等しい電位に維持するように構成された、請求項 2 8 に記載の走査電子顕微鏡検査装置。

【請求項 5 0】

前記結像走査と塗りつぶし走査の一連の交互の露光が、前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造の表面の電位を前記塗りつぶし走査に関連付けられた電位にほぼ等しい電位に維持するように構成された、請求項 4 4 に記載の方法。

【請求項 5 1】

前記一連の交互の露光が、前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造の表面の電位を前記追加的な衝突エネルギーの電位にほぼ等しい電位に維持するように構成された、請求項 4 5 に記載の方法。

【請求項 5 2】

前記一連の交互の露光が、前記 1 つまたは複数の電氣的浮体金属構造の表面の電位を前記

10

20

30

40

50

追加的な電子抽出場の電位にほぼ等しい電位に維持するように構成された、請求項 4_6 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に電子ビームを主体とする検査および確認に関し、特に走査電子顕微鏡システムにおける帯電制御に関する。

【背景技術】

【0002】

関連出願との相互参照

10

本出願は、米国特許法第 119 条(e)に基づき優先権主張するものであり、Arjun Hegde, Luca Grellia, Christopher Sears を発明者とする 2016 年 4 月 4 日出願の米国仮特許出願第 62/318,078 号「CHARGE CONTROL METHODS FOR IMAGING FLOATING METAL STRUCTURES ON NON-CONDUCTING SUBSTRATES USING SCANNING ELECTRON MICROSCOPE」の正規(通常)特許出願を構成しており、その全文を本明細書に引用している。

【0003】

自動検査/確認システムは、半導体および関連マイクロエレクトロニクス産業におけるプロセス制御および歩留まり管理に重要である。このような検査/確認システムは、光および電子ビームを主体とするシステムを含んでいてよい。

20

【0004】

半導体チップ製造は、最終製品素子の完成までに数百もの処理工程を要する点で極めて複雑である。チップの製造に要する処理工程の数は、関連する設計寸法が微細化するに従い、飛躍的に増大している。半導体素子を製造する間、製造プロセスの初期段階での物理的欠陥および電気的不具合の検出は、製品開発サイクルを短縮し、製品歩留まりおよび生産性の向上がますます重要になっている。自動検査/確認システムは、歩留まりを低下させる欠陥を把握して歩留まり低下の原因を発見するために用いられる。電子ビーム検査/確認システムでは、電子ビームシステムが光ビームシステムと比較して極めて高い分解能を有しているため、細かい欠陥に対する比類なき感度が得られる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】米国特許第 6066849 号明細書

米国特許出願公開第 2005/0205800 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来型の走査型電子顕微鏡では、電子のビームで試料(例:半導体ウエハ)の上を走査する。典型的に複数回のラスト走査が試料の領域上で実行される。電子のビームは、試料と相互作用して二次電子を放出させるか、または後方散乱電子として試料から反射させる。二次電子および/または後方散乱電子は次いで、コンピュータシステムに接続された検出器により検出される。コンピュータシステムは、コンピュータシステムに保存および/または表示される画像を生成する。

40

【0007】

典型的に、満足すべき画像を得るには一定量の電荷が必要とされる。この電荷の量は、試料のコントラスト特徴を抽出するのに役立つ。従来型の電子顕微鏡検査システムおよび技術は典型的に、何らかの条件下で十分な品質レベルを有する画像を生成するが、ある種のアプリケーションでは試料の低品質な画像を生成する。例えば、ほぼ絶縁性の材料(例:二酸化ケイ素)からなる試料の場合、小さい領域上で 1 回以上の走査を実行することによ

50

り、試料の他の部分と比べて小さい領域に過剰な正または負の電荷を試料に蓄積させる。接地点への導電路が無い絶縁基板に配置された金属構造（浮体金属）を有する試料は、大電圧に帯電する傾向があり、試料の走査に用いる一次電子ビームに影響を及ぼす場合がある。局所電荷に起因する漂遊電場は、電荷が浮体金属の外面の近傍に蓄積する傾向があり、これらの構造は往々にして鋭い縁を有しているため、浮体金属構造上で極めて強くなり得る。この結果往々にして、焦点ずれおよび／または非点収差に起因して画像がぼやけて試料上で無用な光線位置誤差が生じるため、マルチフレーム画像を得ることが極めて困難になる。走査処理中に蓄積される電荷は長時間持続し得るため、以降の走査で歪曲が生じる恐れがある。

【 0 0 0 8 】

表面帯電により誘導される焦点ずれ、非点収差、および光線位置誤差に対処する既存の自動化方法は、信頼性が極めて低く、帯電の動態に起因して遅い傾向がある。従って、上述の従来方式の短所を克服する方法およびシステムを提供することが望ましいであろう。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本開示の 1 個以上の実施形態による走査電子顕微鏡検査装置を開示する。一実施形態において、本装置は、絶縁材料の上に配置された 1 個以上の導電構造を含む試料を固定すべく構成された試料台を含んでいる。別の実施形態において、本装置は電子光学鏡筒を含んでいる。別の実施形態において、電子光学鏡筒は、一次電子ビームを生成すべく構成された電子源と、一次電子ビームの少なくとも一部を試料の一部分へ誘導すべく構成された電子光学素子の組とを含んでいる。別の実施形態において、本装置は、試料の表面から放出される電子を検出すべく構成された検出器アセンブリを含んでいる。別の実施形態において、本装置は、検出器アセンブリに通信可能に接続されたコントローラを含み、コントローラは、メモリに保持されたプログラム命令を実行すべく構成された 1 個以上のプロセッサを含み、プログラム命令は、1 個以上のプロセッサに、電子光学鏡筒に対して、一次電子ビームを用いて試料の当該部分の一連の結像走査と塗りつぶし走査を交互に実行し、塗りつぶし走査の各々を 1 回以上の結像走査に続いて実行するよう指示させるべく構成されている。

【 0 0 1 0 】

本開示の 1 個以上の追加的な実施形態による走査電子顕微鏡検査装置を開示する。一実施形態において、本装置は、絶縁材料の上に配置された 1 個以上の導電構造を含む試料を固定すべく構成された試料台を含んでいる。別の実施形態において、本装置は、電子光学鏡筒を含んでいる。別の実施形態において、電子光学鏡筒は、一次電子ビームを生成すべく構成された電子源と、一次電子ビームの少なくとも一部を試料の一部分へ誘導すべく構成された電子光学素子の組とを含んでいる。別の実施形態において、本装置は、試料の表面から放出される電子を検出すべく構成された検出器アセンブリを含んでいる。別の実施形態において、本装置は、検出器アセンブリに通信可能に接続されたコントローラを含み、コントローラは、メモリに保持されたプログラム命令を実行すべく構成された 1 個以上のプロセッサを含み、プログラム命令は、1 個以上のプロセッサに、電子光学鏡筒に対して、一次電子ビームを用いて試料の当該部分の一連の露光を交互に実行するよう指示させるべく構成されており、一連の交互の露光が、第 1 の電子衝突エネルギーで実行される第 1 の露光の組と、第 1 の衝突エネルギーよりも小さい追加的な衝突エネルギーで実行される追加的な露光の組とを含み、追加的な露光の組の各々の露光が、第 1 の露光の組の 1 回以上の露光に続いて実行される。

【 0 0 1 1 】

本開示の 1 個以上の追加的な実施形態による走査電子顕微鏡検査装置を開示する。一実施形態において、本装置は、絶縁材料の上に配置された 1 個以上の導電構造を含む試料を固定すべく構成された試料台を含んでいる。別の実施形態において、本装置は、電子光学鏡筒を含んでいる。別の実施形態において、電子光学鏡筒は、一次電子ビームを生成すべく構成された電子源と、一次電子ビームの少なくとも一部を試料の一部分へ誘導すべく構成

10

20

30

40

50

された電子光学素子の組とを含んでいる。別の実施形態において、本装置は、試料の表面から放出される電子を検出するべく構成された検出器アセンブリを含んでいる。別の実施形態において、本装置は、通信可能に検出器アセンブリに接続されたコントローラを含み、コントローラはメモリに保持されたプログラム命令を実行するべく構成された１個以上のプロセッサを含み、プログラム命令は、１個以上のプロセッサに、電子光学鏡筒に対して、一次電子ビームを用いて試料の当該部分の一連の露光を交互に実行するよう指示させるべく構成されており、一連の交互の露光が、第１の電子抽出場で実行される第１の露光の組と、追加的な電子抽出場で実行される追加的な露光の組とを含み、追加的な露光の組の各々の露光が、第１の露光の組の１回以上の露光に続いて実行される。

【００１２】

10

本開示の１個以上の実施形態による一方法を開示する。一実施形態において、本方法は、電子ビームを用いて試料の一部分に対し一連の結像走査と塗りつぶし走査を交互に実行するステップにおいて、塗りつぶし走査の各々を１回以上の結像走査に続いて実行するステップを含んでいる。

【００１３】

本開示の１個以上の追加的な実施形態による一方法を開示する。一実施形態において、本方法は、電子ビームを用いて試料の一部分に対し一連の露光を交互に実行するステップを含み、一連の交互の露光が、第１の電子衝突エネルギーで実行される第１の露光の組と、第１の衝突エネルギーよりも小さい追加的な衝突エネルギーで実行される追加的な露光の組とを含み、追加的な露光の組の各々の露光が、第１の露光の組の１回以上の露光に続いて実行される。

20

【００１４】

本開示の１個以上の追加的な実施形態による一方法を開示する。一実施形態において、本方法は、電子ビームを用いて試料の一部分に対し一連の露光を交互に実行するステップを含み、一連の交互の露光が、第１の電子抽出場で実行される第１の露光の組と、追加的な電子抽出場で実行される追加的な露光の組とを含み、追加的な露光の組の各々の露光が、第１の露光の組の１回以上の露光に続いて実行される。

【００１５】

上の一般的記述および以下の詳細記述は例示的且つ説明的なものに過ぎず、必ずしも請求項に記載の本発明を限定する訳ではないことを理解されたい。本明細書に組み込まれてその一部を構成する添付の図面は、一般的記述と合わせて本発明の実施形態を示しており、本発明の原理の説明に役立つ。

30

【図面の簡単な説明】

【００１６】

添付の図面を参照することにより、本開示の多くの利点が当業者により良く理解されよう。

【００１７】

【図１】本開示の１個以上の実施形態による、試料の走査電子顕微鏡観察、検査および／または確認を実行するべく構成された電子光学システムの簡略模式図である。

【図２】本開示の１個以上の実施形態による、試料の結像中に電荷を制御する方法を示す処理フロー図である。

40

【図３】本開示の１個以上の実施形態による、取得された一連の画像フレームおよび一連の塗りつぶしフレームの概念図である。

【図４】本開示の１個以上の実施形態による、衝突エネルギーの関数としての電子収量のグラフである

【図５】本開示の１個以上の実施形態による、試料の表面から散乱または反射された電子に対する負抽出場の効果の概念図である。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

以下、添付の図面に示す開示内容を詳細に参照する。図１～５を全般的に参照するに、走査電子顕微鏡検査（ＳＥＭ）結像中の帯電制御を行うシステムおよび方法について本開示

50

に従い記述する。

【 0 0 1 9 】

本開示の実施形態は、非導電基板上に形成される金属構造のSEM結像中の帯電制御を目的とする。本開示の実施形態は、電子ビーム検査または確認の実行中に、画像取得の速度および取得された画像の品質を向上させるべく試料の表面上の電荷の効率的且つ効果的な制御を提供する。本開示の実施形態は、一連のN個の走査結果が取得されるように、SEMシステムの一次電子ビームを用いて結像および塗りつぶし（フラッド：flood）走査結果の連続的な取得を目的としており、従って、取得処理は結像走査結果の取得と塗りつぶし走査結果の取得を交互に行うステップを含んでいる。

【 0 0 2 0 】

本開示のいくつかの実施形態は、一連のN回の露光が実行されるように、一連の露光を異なる衝突エネルギーで連続的に実行することを目的としており、従って露光プロセスは、一連の露光中に、SEMシステムの一次電子ビームの衝突エネルギーを第1の衝突エネルギーと、追加的な、すなわち第2の衝突エネルギーとの間で変化させるステップを含んでいる。この点に関して、本開示のいくつかの実施形態は、高エネルギーを有する、次いで極めて低いエネルギーを有する電子ビームを用いて試料の所望の領域を連続的に露光させるステップを含んでいてよい。より高いエネルギーの一次電子ビームに応答して試料から散乱および/または反射された電子を用いて対応する画像を形成する一方、低エネルギービームは試料上のより高いエネルギービームにより生成された正電荷を消去することにより、電荷バランスを維持する。

【 0 0 2 1 】

本開示の実施形態は、一連のN回の露光が実行されるように、異なる抽出場で一連の露光を連続的に実行することを目的としており、従って露光プロセスは、一連の露光中に、SEMシステムの抽出場を第1の抽出場と、追加的な、すなわち第2の抽出場との間で交替させるステップを含んでいる。この点に関して、本開示のいくつかの実施形態は、高エネルギー電子ビームを用いて試料を走査して画像を形成するステップと、抽出場を正值と負値の間で交替させることにより電荷を中和させるステップを含んでいてよい。

【 0 0 2 2 】

図1に、本開示の一実施形態による、試料の走査電子顕微鏡観察、検査および/または確認を実行すべく構成された電子光学システム100の簡略模式図を示す。電子光学システムは、2016年5月6日出願の米国特許公開第2016/0329189号に記述されており、その全文を明細書に引用している。

【 0 0 2 3 】

一実施形態において、電子光学システム100は、入射電子ビーム101を生成して試料108上の注目領域の方へ向けて当該領域の画像を生成する。

【 0 0 2 4 】

一実施形態において、システム100は、1個以上の一次電子ビーム101を生成する電子ビーム源102を含んでいる。電子ビーム源102は、当分野で公知の任意の電子源を含んでいてよい。例えば、電子ビーム源102は、1個以上の、但しこれらに限定されない電子銃を含んでいてよい。例えば、電子ビーム源102は、陰極（例えば、エミッタ/放出先端）の励起に伴い電子を放出するのに適した1個以上の陰極を含んでいてよい。更に、電子ビーム源102は、単一の電子ビーム101を生成する単一の電子銃を含んでいてよい。別の例において、電子ビーム源102は、複数の電子ビーム101を生成する複数の電子銃を含んでいてよい。別の例において、電子ビーム源102は、単一の電子銃および単一の電子ビームを複数の電子ビーム101に分割する複数の開口を含む開口プレートを含んでいてよい。多ビーム電子光学システムが2016年9月16日出願の米国特許出願第15/267,223号に記述されており、その全文を本明細書に引用している。

【 0 0 2 5 】

別の実施形態において、システム100は試料台109を含んでいる。試料台109は試料108を固定する。例えば、試料108は、基板等の、但しこれらに限定されない、電

10

20

30

40

50

子ビーム顕微鏡検査による検査および確認に適した任意の試料を含んでいてよい。例えば、試料は、絶縁基板上に配置された１個以上の金属または金属構造を含んでいてよい。基板は、シリコンウェハを含んでいてよいが、これらに限定されない。

【００２６】

別の実施形態において、試料台１０９は駆動可能な台である。例えば、試料台１０９は、試料１０８を１個以上の直線方向（例：ｘ方向、ｙ方向および／またはｚ方向）に沿って選択的に並進させるのに適した１個以上の並進台を含んでいてよいが、これらに限定されない。別の例として、試料台１０９は、試料１０８を回転方向に沿って選択的に回転させるのに適した１個以上の回転台を含んでいてよいが、これらに限定されない。別の例として、試料台１０９は、試料を直線方向に沿って選択的に並進させる、および／または試料１０８を回転方向に沿って回転させるのに適した回転台および並進台を含んでいてよいが、これらに限定されない。ここでシステム１００は当分野で公知の任意の走査モードで動作できる点に注意されたい。例えば、システム１００は、試料１０８の表面を横断的に一次電子ビーム１０１で走査する場合、スワッシングモードで動作することができる。この点に関して、システム１００は、試料が移動している間、試料１０８を横断的に一次電子ビーム１０１で走査することができ、走査方向は試料の移動方向に対して見かけ上垂直である。別の例として、試料１０８の表面を横断的に一次電子ビーム１０１で走査する場合、システム１００は、段階的走査モードで動作することができる。この点に関して、システム１００は、ビーム１０１の走査時に見かけ上静止している試料１０８を一次電子ビーム１０１で横断的に走査することができる。

【００２７】

別の実施形態において、システム１００は検出器アセンブリ１０７を含んでいる。例えば、検出器アセンブリ１０７は、第２の電子検出器および／または後方散乱電子検出器であってよい。検出器アセンブリ１０７は当分野で公知の任意の種類の電子検出器を含んでいてよい点に注意されたい。一実施形態において、検出器アセンブリ１０７は、試料１０８から電子を収集すべくエバーハート・ゾーンリー検出器等の、但しこれらに限定されない、シンチレータ方式の検出器を含んでいてよい。別の実施形態において、検出器アセンブリ１０７は、試料１０８から電子を収集すべくマイクロチャネルプレート（ＭＣＰ）を含んでいてよい。別の実施形態において、検出器アセンブリ１０７は、試料１０８から電子を収集すべくダイオードまたはダイオードアレイ等のＰＩＮまたはｐ－ｎ接合検出器を含んでいてよい。別の実施形態において、検出器アセンブリ１０７は、試料１０８から電子を収集すべく１個以上のアバランシェフォトダイオード（ＡＰＤ）を含んでいてよい。

【００２８】

別の実施形態において、システム１００は１個以上の電子光学鏡筒１１１を含んでいる。簡潔のため、単一の電子光学鏡筒を図１に示す。当該構成が本開示の範囲を限定するものと解釈してはならない点に注意されたい。例えば、システム１００は複数の電子光学鏡筒を含んでいてよい。

【００２９】

電子光学鏡筒１１１は、一次電子ビーム１０１を試料１０８の表面上に誘導すべく用いられる任意の個数の要素を含んでいてよい。一実施形態において、電子光学鏡筒１１１は、電子光学素子の組を含んでいる。電子光学鏡筒１１１の電子光学素子の組は、一次電子ビーム１０１の少なくとも一部を試料１０８の選択された部分の上に誘導することができる。電子光学素子の組は、一次電子ビーム１０１を試料１０８の選択された部分の上に集光および／または誘導するのに適した当分野で公知の任意の電子光学素子を含んでいてよい。

【００３０】

例えば、電子光学鏡筒１１１の電子光学素子の組は１個以上の電子光学レンズを含んでいてよい。一実施形態において、図示しないが、電子光学素子の組は、電子光学鏡筒１１１の光軸に沿って配置された電子源レンズまたは電子銃レンズを含んでいる。別の実施形態において、電子光学鏡筒１１１の電子光学素子の組は、電子光学鏡筒１１１の光軸に沿って配置されたコンデンサレンズ１０３を含んでいる。コンデンサレンズ１０３は、電子源

１０２により放出された電子ビームを、初期ビームよりも引き締まった横断面、従ってより高い密度を有するビームに凝縮すべく構成されている。

【００３１】

別の実施形態において、電子光学鏡筒１１１の電子光学素子の組は、走査素子１０４の組を含んでいる。例えば、走査素子の組は、偏向器または走査プレート１０４の組を含んでいてよい。例えば、電子ビーム１０１は、試料１０８の所望の領域を横断的にビーム１０１で走査すべく走査プレート１０４を用いて制御可能に偏向させることができる。例えば、１個以上の電子ビーム走査素子１０４は、試料１０８の表面に対する一次電子ビーム１０１の位置を制御するのに適した１個以上の電磁走査コイルまたは静電偏向器を含むが、これらに限定されない。この点に関して、１個以上の走査素子１０４を用いて、選択されたパターンで試料１０８を横断的に電子ビーム１０１で走査することができる。

10

【００３２】

別の実施形態において、電子光学鏡筒１１１の電子光学素子の組は、電子光学鏡筒１１１の光軸に沿って配置された対物レンズ１０５を含んでいる。対物レンズ１０５は、電子ビーム１０１を試料１０８の上に集光することができる。

【００３３】

別の実施形態において、システム１００は偏り制御回路１１２を含んでいる。偏り制御回路１１２は、試料台１０９上の偏りを制御する１個以上の偏り制御デバイスを含んでいる。例えば、偏り制御回路１１２は、電圧源を含んでいてよいが、これらに限定されない。一実施形態において、偏り制御回路１１２は、試料台１０９と試料１０８との間で１個以上の電気接続を確立すべく試料台１０９と一体化されている。

20

【００３４】

別の実施形態において、システム１００は真空システム１１０を含んでいる。真空システム１１０を用いて、試料１０８、試料台１０９、および電子光学鏡筒１１１を含むチャンバを空にする。

【００３５】

別の実施形態において、システム１００はコントローラ１０６を含んでいる。一実施形態において、コントローラ１０６は１個以上のプロセッサおよびメモリを含んでいる。一実施形態において、１個以上のプロセッサは、１個以上のプロセッサに本開示に記述する１個以上のステップを実行させるのに適したプログラム命令を実行すべく構成されている。一実施形態において、１個以上のプロセッサは、コントローラ１０６の１個以上のプロセッサに本開示に記述する各種ステップを実行させるべく構成されたプログラム命令を含むメモリ媒体（例：非一時的メモリ）と通信状態にあってよい。本開示を通じて記述する各種処理ステップが単一のコンピュータシステム、または代替的に複数のコンピュータシステムにより実行されてよいことを認識されたい。コントローラ１０６は、パーソナルコンピュータシステム、メインフレームコンピュータシステム、ワークステーション、画像コンピュータ、並列プロセッサ、または当分野で公知の他の任意の装置を含むが、これらに限定されない。一般に、用語「コンピュータシステム」は広義には、１個以上のプロセッサ、およびメモリからの命令を実行する処理素子または論理素子を有する任意の装置を含んでいてよい。更に、システム１００の異なるサブシステムが、上述のステップの少なくとも一部を実行するのに適したコンピュータシステムまたは論理素子を含んでいてよい。

30

40

【００３６】

一実施形態において、コントローラ１０６は、画像その他のデータが検出器アセンブリ１０７からコントローラ１０６に送信されるように、検出器アセンブリ１０７の出力端に通信可能に接続されている。この点に関して、コントローラ１０６は処理、解析および／または後で使用すべく検出器アセンブリ１０７を介して取得された画像データを保存することができる。

【００３７】

別の実施形態において、コントローラ１０６は、検出器アセンブリ１０７から受信したデータに応答して、電子光学鏡筒１１１および／または試料台１０９の１個以上の要素の１

50

個以上の状態または構成を制御または調整することができる。例えば、コントローラ 106 は、電子源 102、コンデンサレンズ 103、走査素子 104、対物レンズ 105 または試料台 109 のうち 1 個以上の、1 個以上の状態または構成を制御または調整することができる。

【0038】

一実施形態において、コントローラ 106 は、電子光学鏡筒に、試料の当該部分の一連の結像走査および塗りつぶし走査を交互に実行するよう指示すべく構成されており、各々の塗りつぶし走査が 1 回以上の結像走査に続いて実行される。

【0039】

別の実施形態において、コントローラ 106 は、電子光学鏡筒に、一次電子ビームを用いて試料の当該部分の一連の露光を交互に実行するよう指示すべく構成されており、一連の交互の露光が、第 1 の電子衝突エネルギーで実行される第 1 の露光の組と、第 1 の衝突エネルギーよりも小さい追加的な衝突エネルギーで実行される追加的な露光の組とを含み、追加的な露光の組の各々の露光が、第 1 の露光の組の 1 回以上の露光に続いて実行される。

10

【0040】

別の実施形態において、コントローラ 106 は、電子光学鏡筒に、一次電子ビームを用いて試料の当該部分の一連の露光を交互に実行するよう指示すべく構成されており、一連の交互の露光が、第 1 電子の抽出場で実行される第 1 の露光の組と、追加的な電子抽出場で実行される追加的な露光の組とを含み、追加的な露光の組の各々の露光が、第 1 の露光の組の 1 回以上の露光に続いて実行される。

20

【0041】

図 2 に、本開示の 1 個以上の実施形態による、試料の結像中に電荷を制御する方法 200 を示す処理フロー図を示す。方法 200 のステップの全てまたは一部が電子光学システム 100 により実行されてよい点に注意されたい。しかし、方法 200 が、追加的または代替的なシステムレベルの実施形態が方法 200 のステップの全部または一部を実行できる点で、電子光学システム 100 に限定されないことを更に認識されたい。

【0042】

ステップ 201 において、1 回以上の結像走査を行うべく鏡筒 111 を設定する。例えば、コントローラ 106 は、システム 100 が 1 回以上の結像走査を実行するのに適しているように電子光学鏡筒 111 の 1 個以上の要素を調整する。例えば、コントローラ 106 は、ビーム衝突エネルギー、ビーム流および/または抽出エネルギーを確定できるが、これらに限定されない。

30

【0043】

ステップ 202 において、1 回以上の結像走査を実行する。例えば、コントローラ 106 は、電子光学鏡筒 111 および試料台 109 に 1 回以上の結像走査を実行するよう指示することができる。この点に関して、(ステップ 201 において)鏡筒 111 が設定されたならば、試料 108 を走査して画像フレームを収集する。ステップ 203 において、結像走査から収集されたデータは次いで、後の処理および/または解析のためコントローラ 106 のメモリ(または別のメモリ)に保存される。

【0044】

ステップ 204 において、特定の結像走査が n 回目の走査であるか否かを判定する。n 回目の走査である場合、方法 200 はステップ 208 へ進む。ステップ 208 において、方法 200 で取得された全ての結像走査結果を結合して処理する。次いで、本方法を終了する。特定の結像走査が N 回目の走査でない場合、方法 200 はステップ 205 へ進む。

40

【0045】

ステップ 205 において、鏡筒は 1 個以上の塗りつぶし走査を行うべく設定(または再設定)されている。例えば、コントローラ 106 は、システム 100 が 1 個以上の塗りつぶし走査を実行するのに適しているように電子光学鏡筒 111 の 1 個以上の要素を調整することができる。例えば、コントローラ 106 は、ビーム流を増大させる、ビーム 101 のスポットサイズを(結像ビームと比較して)増大させることができるが、これらに限定さ

50

れない。一実施形態において、鏡筒設定ステップは、電子ビーム 101 の衝突エネルギーを結像ビーム（すなわち結像ステップ 202 における電子ビーム）に対して調整するステップを含んでいる。試料台 109 に適用される偏りを調整することにより電子ビーム 101 の衝突エネルギーを調整できる点に注意されたい。例えば、コントローラ 106 は、偏り制御回路 112 に、試料 108 を保持している試料台 109 上の偏りを調整するよう指示することができる。

【0046】

別の実施形態において、鏡筒設定ステップは、結像ステップ 202 で用いた抽出場に相対的に抽出場を調整するステップを含んでいる。試料台 109 および/または対物レンズ 105 に印加される電圧を変化させることにより抽出場を調整できる点に注意されたい。

10

【0047】

ステップ 206 において、1 回以上の塗りつぶし走査を実行する。例えば、コントローラ 106 は、電子光学鏡筒 111 および試料台 109 に、1 回以上の塗りつぶし走査を実行するよう指示することができる。更に、ステップ 206 において実行される塗りつぶし走査は、1 回以上の高速な塗りつぶし走査を含んでいてよい。この点に関して、鏡筒 111 が（ステップ 205 のように）塗りつぶし走査構成として構成されていれば、試料 108 を走査して塗りつぶし走査データを収集することができる。ステップ 207 において、塗りつぶし走査から収集されたデータは廃棄してよい。

【0048】

次いで、方法 200 はステップ 201 へ戻り、結像走査処理を繰り返す。例えば、システム 100 のコントローラ 106 は、ステップ 201、202、203、205、206 および/または 207 を合計 N 回繰り返す（例：ステップは連続的に N 回実行される）ようにプログラムされていてよく、N は、コントローラ 106 に入力（例：コントローラ 106 のユーザーインターフェースを介して入力）可能なプログラム可能な数である。上述のように、結像走査ステップ 202 に続いて、ステップ 204 において、結像走査ステップが合計 N 回繰り返されたか否かの判定が行われる。再び、画像走査 202 が合計 N 回繰り返されていれば、N 回全ての結像走査 202（または N 回の走査の少なくとも一部）から収集されたデータが処理されてフローは終了する。

20

【0049】

方法 200 の構成/再構成ステップ 201、205 が迅速に実行されるため結像走査と塗りつぶし走査との時間間隔が短くなり得る点に注意されたい。更に、電子光学鏡筒 111 がコントローラ 106 の電子制御の下で構成されるため、このような再構成 201、205 が極めて迅速に（例：数十ミリ秒以内）実現できる点に注意されたい。

30

【0050】

図 3 に、本開示の 1 個以上の実施形態による、取得された一連の画像フレーム 301 a ~ 301 d および一連の塗りつぶしフレーム 302 a ~ 302 d の概念図 300 を示す。画像取得は、試料 108 の選択された領域を、所望の信号対雑音比（SNR）が得られるまで複数回走査するステップを含んでいる。単一の鏡筒設定により、且つ塗りつぶしフレームの介在無しに画像フレームを取得すれば、本開示を通じて記述するように、表面帯電に起因して不要な画像歪曲が生じる恐れがある。一実施形態において、図 3 に示すように、塗りつぶしフレーム 302 a ~ 302 d は塗りつぶし走査（例：図 2 のステップ 206）により収集され、画像フレーム 301 a ~ 301 d は結像走査（例：図 2 のステップ 202）により収集される。更に、塗りつぶし走査は、極めて小さい電子衝突エネルギー（例：1 eV 未満）を用いて実行することができる。対照的に、画像フレームは、50 eV を超える（例：100 ~ 300 eV）、但しこれに限定されない、高い衝突エネルギーで取得することができる。

40

【0051】

2 個の異なる衝突エネルギーで試料 108 を走査することで、表面帯電の動的平衡が得られる等、二状態における帯電効果を均衡させるべく作用する点に注意されたい。

【0052】

50

図 4 に、本開示の 1 個以上の実施形態による、衝突エネルギーの関数としての電子収量のグラフ 400 を示す。電子収量曲線 401 は、衝突エネルギーが 1 eV 未満（塗りつぶし領域）から、衝突エネルギーが実質的に 1 eV を超える（結像領域）までの非導電基板に配置された浮体金属を有する試料における電子収量の変化を示す。塗りつぶし領域 403 での低エネルギー走査は、表面に衝突する一部の電子（他の一部は表面から反射されている）が当該表面により吸収されるため、当該表面を負に帯電させる。結像領域 402 における高エネルギー走査は、収量が 1 を超える散乱電子（例：二次および/または後方散乱電子）の放出により表面を正に帯電させる。収量が 1 を超える場合、基板から吸収されるよりも多くの電子が基板により除去されることを示すのに対し、収量が 1 未満である場合、基板から除去されるよりも多くの電子が基板により吸収されることを示す点に注意されたい。2 個の衝突エネルギー（または 2 個よりも多い衝突エネルギー）で試料を走査した場合、試料の表面における電位が、低エネルギービーム（すなわち 0 ボルトに近い）の電位にほぼ固定されてしまう点を認識されたい。

【0053】

一実施形態において、一次電子ビーム 101 の衝突エネルギーは、システム 100 による画像取得中に変調される。別の実施形態において、抽出場（すなわち試料 108 と対物レンズ 105 との間の電場）は、システム 100 による画像取得中に変調される。図 5 に、本開示の 1 個以上の実施形態による、試料 108 の表面から散乱または反射された電子に対する負抽出場の影響の概念図 500 を示す。正抽出場は試料 108 をビーム 101 で走査中に生成された電子を試料 108 の表面から引き離すのに対し、負の抽出場（遅延場としても知られる）は図 5 に示すように電子をはね返して、より低いエネルギーの電子 502 を試料へ戻す点に注意されたい。

【0054】

別の実施形態において、画像取得は、正抽出場における結像フレームの収集および負抽出場における塗りつぶしフレームの収集を含んでいる。抽出場が負である場合、対物レンズ 105 は試料 108 よりも負側に高い電圧である。この場合、対物レンズ 105 は、エネルギーが低い散乱電子をはね返して、試料 108 の表面へ戻す。これらの電子は表面により吸収されて電荷中和が生じる。本例では、試料の表面電圧は、対物レンズ 105 から戻された電子の電位に固定されていてよい。

【0055】

システム 100 および方法 200 の各種実施形態を自動検査または確認システム内に実装して水、光学マスク、X 線マスク、電子ビーム近接マスク、ステンシルマスクおよび製造環境において同様の基板の検査または確認を実行できる点に注意されたい。

【0056】

更に、試料 108 の検査または確認の結果をコントローラ 106（または別のコントローラ、ユーザー、またはリモートサーバ）が用いて、半導体素子製造ラインの 1 個以上の処理ツールにフィードバックまたはフィードフォワード情報を提供することができる。この点に関して、システム 100 により観察または測定された 1 個以上の結果を用いて半導体素子製造ラインの先行段階（フィードバック）または後続段階（フィードフォワード）で処理条件を調整することができる。

【0057】

本明細書に記述する全ての方法が、本方法の実施形態の 1 個以上のステップの結果を記憶媒体に保存するステップを含んでいてよい。当該結果は、本明細書に記述する結果のいずれを含んでいてよく、当分野で公知の任意の仕方でも保存されてよい。記憶媒体は、本明細書に記述する任意の記憶媒体または当分野で公知の他の任意の適当な記憶媒体を含んでいてよい。結果が保存された後で、当該結果は、記憶媒体内でアクセス可能であり、本明細書に記述する任意の方法またはシステム実施形態により利用可能であり、ユーザーへの提示用にフォーマット化可能であって、別のソフトウェアモジュール、方法またはシステム等により利用可能である。更に、当該結果は、「永久的に」、「半永久的に」、一時的に、またはある期間にわたり保存可能である。例えば、記憶媒体は、ランダムアクセスメモ

10

20

30

40

50

リ（RAM）であってよく、当該結果は記憶媒体内に必ずしも無期限に保存されるとは限らない。

【0058】

当業者には、システムの態様のハードウェアとソフトウェアによる実装の間に差異が殆ど無いところまで技術レベルが進歩したことが認識されよう。ハードウェアまたはソフトウェアの利用は一般に（但し、特定の状況ではハードウェアかソフトウェアかの選択が重要になり得る点で必ずしも常にではない）、コストと効率のトレードオフを示す設計上の選択である。当業者には、本明細書に記述するプロセスおよび／またはシステムおよび／または他の技術を実施可能な各種の手段（例：ハードウェア、ソフトウェア、および／またはファームウェア）があること、および好適な手段がプロセスおよび／またはシステムおよび／または他の技術が展開される状況に応じて異なることが理解されよう。例えば、実装者が速度と正確さが最重要であると判断した場合、実装者は主としてハードウェアおよび／またはファームウェア手段を選択するであろう。あるいは、柔軟性が最重要な場合、実装者は主としてソフトウェア実装を選択するであろう。更にまた、実装者はハードウェア、ソフトウェア、および／またはファームウェアの何らかの組み合わせを選択する場合がある。従って、本明細書に記述するプロセスおよび／または装置および／または他の技術を実行可能ないくつかの手段があり、いずれの手段を利用するにせよ、当該手段が配備される状況および実装者の特定の注目点（例：速度、柔軟性、または予測可能性）に依存する選択であって、このような状況および注目点は変化し得る点で、いずれも他のものより本質的に優れている訳ではない。当業者には、実装の光学的態様が典型的には光学用途のハードウェア、ソフトウェア、および／またはファームウェアを用いる点が認識されよう。

10

20

【0059】

当業者には、装置および／またはプロセスを本明細書に開示する仕方で記述し、その後工学的実践を利用して上述の装置および／またはプロセスをデータ処理システムに組み込むことは、当分野で一般的であることが認識されよう。すなわち、本明細書に記述する装置および／またはプロセスの少なくとも一部を、適当な量の実験を介してデータ処理システム内に一体化することができる。当業者には、典型的データ処理システムが一般に、システムユニット筐体、ビデオ表示装置、揮発性および不揮発性メモリ等のメモリ、マイクロプロセッサおよびデジタル信号プロセッサ等のプロセッサ、オペレーティングシステム、ドライバ、グラフィカルユーザーインターフェース、およびアプリケーションプログラム等の計算実体、タッチパッドまたは画面等の１個以上の対話装置、および／またはフィードバックループおよび制御モーター（例：位置および／または速度検知用のフィードバック、要素および／または量を移動および／または調整する制御モーター）を含む制御システム、のうち１個以上を含むことが認識されよう。典型的なデータ処理システムは、データコンピューティング／通信および／またはネットワークコンピューティング／通信システムに典型的に見られるような任意の適当な市販の要素を利用して実装することができる。

30

【0060】

本開示および付随する利点の多くが上述の説明により理解されるものと思われ、開示する主題から逸脱することなく、且つ重要な利点を一切犠牲にすることなく、各要素の形式、構造、および配置に各種の変更を加えることが可能であることは明らかであろう。記述する形式は単に説明的に過ぎず、以下の請求項において、そのような変更を包含することを意図している。

40

【図面】

【図 1】

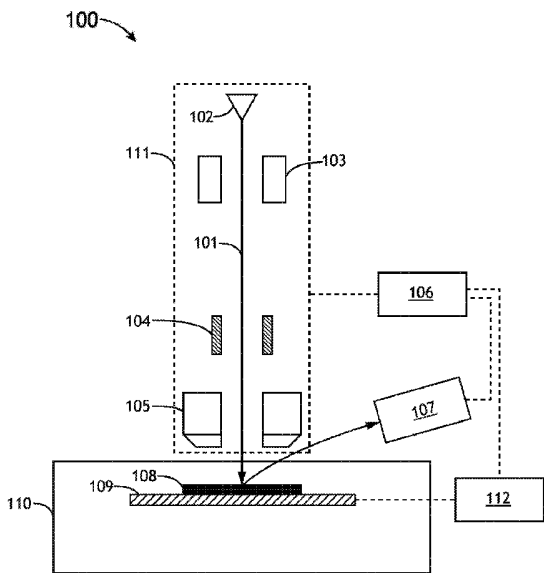
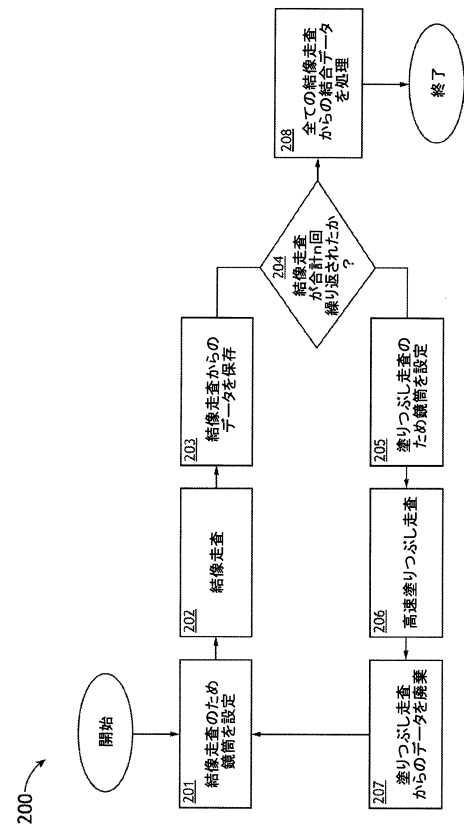
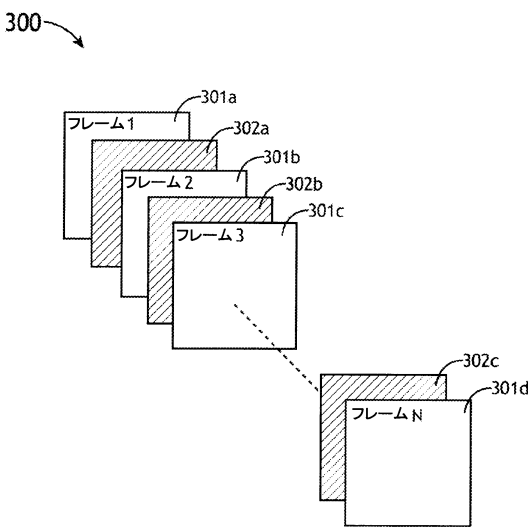


FIG.1

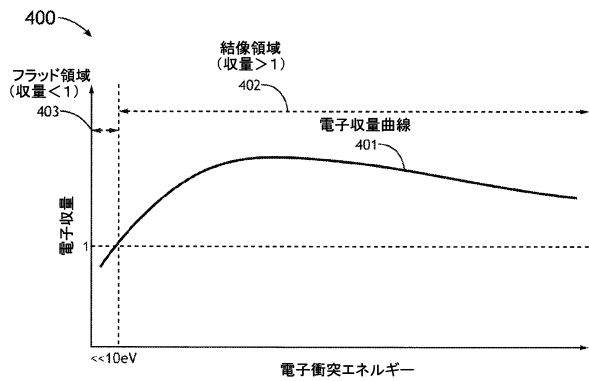
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

20

30

40

50

【 図 5 】

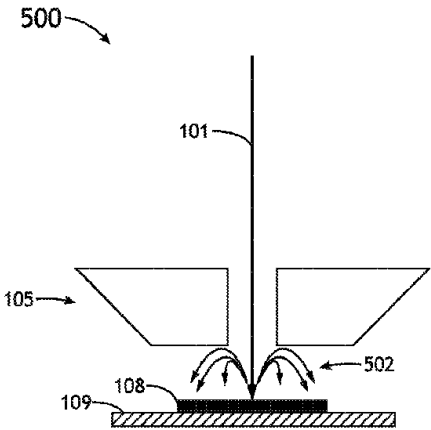


FIG.5

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

早期審査対象出願

前置審査

ノゼ ウェイブ プレイス 1958

審査官 鳥居 祐樹

(56)参考文献

特開2013-214467(JP,A)

特表2002-524827(JP,A)

米国特許第07488938(US,B1)

特開2000-340160(JP,A)

米国特許第06066849(US,A)

国際公開第2012/101704(WO,A1)

国際公開第2010/082451(WO,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01J 37/28

H01J 37/20

H01J 37/04

H01J 37/244

H01J 37/22

G01N 23/2251