

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6701228号
(P6701228)

(45) 発行日 令和2年5月27日 (2020.5.27)

(24) 登録日 令和2年5月8日 (2020.5.8)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 J 37/244 (2006.01)
 HO 1 J 37/28 (2006.01)
 HO 1 J 37/29 (2006.01)
 HO 1 J 37/05 (2006.01)

HO 1 J 37/244
 HO 1 J 37/28
 HO 1 J 37/29
 HO 1 J 37/05

B

請求項の数 28 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2017-549622 (P2017-549622)
 (86) (22) 出願日 平成28年3月24日 (2016.3.24)
 (65) 公表番号 特表2018-509741 (P2018-509741A)
 (43) 公表日 平成30年4月5日 (2018.4.5)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2016/024098
 (87) 国際公開番号 W02016/154484
 (87) 国際公開日 平成28年9月29日 (2016.9.29)
 審査請求日 平成31年3月20日 (2019.3.20)
 (31) 優先権主張番号 62/137, 229
 (32) 優先日 平成27年3月24日 (2015.3.24)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 62/166, 682
 (32) 優先日 平成27年5月27日 (2015.5.27)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(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 マスナゲッティ ダグラス
 アメリカ合衆国 カリフォルニア サン
 ノゼ コルテ デ ローザ 1451
 (72) 発明者 トス ガボル
 アメリカ合衆国 カリフォルニア サン
 ノゼ チューボロ ドライブ 1634
 (72) 発明者 トリース デイビット
 アメリカ合衆国 カリフォルニア アラメ
 ダ オーク ストリート 1714
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 像ビームの安定化及び識別性が改善された荷電粒子顕微システム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

走査型電子顕微鏡装置であって、
 電子ビームを生成するよう構成されている電子ビーム源と、
 その電子ビームの少なくとも一部分をサンプルの一部分上へと差し向ける一組の電子光学要素と、
 エミッタンスアナライザアセンブリと、
 サンプルの表面によって放出された二次電子及び後方散乱電子のうち少なくとも一方の少なくとも一部をエミッタンスアナライザアセンブリへと差し向けるよう構成されているスプリッタ要素と、
 を備え、二次電子及び後方散乱電子のうち少なくとも一方を結像させるようエミッタンスアナライザアセンブリが構成されており、そのエミッタンスアナライザアセンブリが、
 一組の偏向光学系と、
 第1電子光学レンズと、
 中央開口を有し、一部分の二次電子及び一部分の後方散乱電子のうち少なくとも一方を収集するよう構成されている第1電子検出器と、
 第1電子検出器よりも下流に配置された第1メッシュ要素と、
 第1メッシュ要素よりも下流に配置された第2メッシュ要素であり、第1電子検出器及び第1メッシュ要素により減速領域が形成され第1メッシュ要素及び第2メッシュ要素によりドリフト領域が形成される第2メッシュ要素と、

10

20

上記第 2 メッシュ要素よりも下流に配置されたエネルギーフィルタと、
第 2 電子光学レンズと、
他部分の二次電子及び他部分の後方散乱電子のうち少なくとも一方を収集するよう構成されている第 2 電子検出器と、
を有する走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 2】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、エミッタンスアナライザアセンブリに備わる 1 個又は複数個の部材に対し像ビームを整列させるよう上記一組の偏向光学系が構成されている走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 3】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、上記一組の偏向光学系が一組の静電偏向器及び磁気偏向器のうち少なくとも一方を有する走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 4】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、上記一組の偏向光学系が加速ライナ内に配置されている走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 5】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、第 1 電子光学レンズが上記一組の偏向光学系よりも下流に配置されている走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 6】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、第 1 電子光学レンズが、
静電レンズ及び磁気レンズのうち少なくとも一方を備える走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 7】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、第 1 電子検出器が接地に保持される走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 8】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、第 1 メッシュ要素が、第 1 電子検出器よりも下流に配置され且つサンプルの表面電位に等しい電位に保持される走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 9】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、第 2 メッシュ要素が、第 1 メッシュ要素よりも下流に配置され且つサンプルの表面電位に等しい電位に保持される走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 10】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、第 1 メッシュ要素が平坦ワイアメッシュを備える走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 11】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、第 2 メッシュ要素が半球状ワイアメッシュを備える走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 12】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、上記エネルギーフィルタが半球状ワイアメッシュを備える走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 13】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、第 1 電子検出器及び第 2 電子検出器のうち少なくとも一方が、
マルチチャネルプレート検出器、ソリッドステート検出器及びシンチレータ型検出器のうち少なくとも一つを備える走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 14】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、第 1 電子検出器及び第 2 電子検出器のうち少なくとも一方が 1 個又は複数個のセグメントへとセグメント化されている走査型電子顕微鏡装置。

10

20

30

40

50

【請求項 15】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、二次電子及び後方散乱電子イメージングモードで動作するようエミッタンスアナライザアセンブリが構成されている走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 16】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、後方散乱電子及び高アスペクト比電子イメージングモードで動作するようエミッタンスアナライザアセンブリが構成されている走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 17】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、後方散乱電子単独イメージングモードで動作するようエミッタンスアナライザアセンブリが構成されている走査型電子顕微鏡装置。

10

【請求項 18】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、サンプルにインサイチューフラッドプレドーズを適用するよう上記電子ビーム源が構成されている走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 19】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、更に、
サンプルにインサイチューフラッドプレドーズを適用するよう構成されたフラッドガンを備える走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 20】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、更に、
ゲート式積分器を備える走査型電子顕微鏡装置。

20

【請求項 21】

請求項 1 の走査型電子顕微鏡装置であって、エミッタンスアナライザアセンブリに備わる 1 個又は複数の部材をサンプルの表面電位にロックするよう上記ゲート式積分器が構成されている走査型電子顕微鏡装置。

【請求項 22】

一組の偏向光学系と、
第 1 電子光学レンズと、
中央開口を有し、一部分の二次電子及び一部分の後方散乱電子のうち少なくとも一方を収集するよう構成されている第 1 電子検出器と、
第 1 電子検出器よりも下流に配置された第 1 メッシュ要素と、
第 1 メッシュ要素よりも下流に配置された第 2 メッシュ要素であり、第 1 電子検出器及び第 1 メッシュ要素により減速領域が形成され第 1 メッシュ要素及び第 2 メッシュ要素によりドリフト領域が形成される第 2 メッシュ要素と、
上記第 2 メッシュ要素よりも下流に配置されたエネルギーフィルタと、
第 2 電子光学レンズと、
他部分の二次電子及び他部分の後方散乱電子のうち少なくとも一方を収集するよう構成されている第 2 電子検出器と、
を備えるエミッタンスアナライザアセンブリ。

30

【請求項 23】

請求項 22 のエミッタンスアナライザアセンブリであって、二次電子及び後方散乱電子イメージングモードで動作するようエミッタンスアナライザアセンブリが構成されているエミッタンスアナライザアセンブリ。

40

【請求項 24】

請求項 22 のエミッタンスアナライザアセンブリであって、後方散乱電子及び高アスペクト比電子イメージングモードで動作するようエミッタンスアナライザアセンブリが構成されているエミッタンスアナライザアセンブリ。

【請求項 25】

請求項 22 のエミッタンスアナライザアセンブリであって、後方散乱電子単独イメージングモードで動作するようエミッタンスアナライザアセンブリが構成されているエミッタ

50

ンスアナライザアセンブリ。

【請求項 2 6】

請求項 2 2 のエミッタンスアナライザアセンブリであって、二次電子及び後方散乱電子イメージングモード、後方散乱電子及び高アスペクト比電子イメージングモード、並びに後方散乱電子単独イメージングモードの間で切り替わるようエミッタンスアナライザアセンブリが構成されているエミッタンスアナライザアセンブリ。

【請求項 2 7】

第 1 エミッタンスアナライザアセンブリと、
第 2 エミッタンスアナライザアセンブリと、
を備え、第 1 エミッタンスアナライザアセンブリ及び第 2 エミッタンスアナライザのうち少なくとも一方が、
一組の偏向光学系と、
第 1 電子光学レンズと、
中央開口を有し、一部分の二次電子及び一部分の後方散乱電子のうち少なくとも一方を収集するよう構成されている第 1 電子検出器と、
第 1 電子検出器よりも下流に配置されている第 1 メッシュ要素と、
第 1 メッシュ要素よりも下流に配置されている第 2 メッシュ要素であり、第 1 電子検出器及び第 1 メッシュ要素により減速領域が形成され第 1 メッシュ要素及び第 2 メッシュ要素によりドリフト領域が形成される第 2 メッシュ要素と、
上記第 2 メッシュ要素よりも下流に配置されているエネルギーフィルタと、
第 2 電子光学レンズと、
他部分の二次電子及び他部分の後方散乱電子のうち少なくとも一方を収集するよう構成されている第 2 電子検出器と、
を備えるシステム。

【請求項 2 8】

第 1 エミッタンスアナライザアセンブリと、
第 2 エミッタンスアナライザアセンブリと、
第 3 エミッタンスアナライザアセンブリと、
を備え、
第 1 エミッタンスアナライザアセンブリ、第 2 エミッタンスアナライザアセンブリ及び第 3 エミッタンスアナライザアセンブリのうち少なくとも一つが、
一組の偏向光学系と、
第 1 電子光学レンズと、
中央開口を有し、一部分の二次電子及び一部分の後方散乱電子のうち少なくとも一方を収集するよう構成されている第 1 電子検出器と、
第 1 電子検出器よりも下流に配置されている第 1 メッシュ要素と、
第 1 メッシュ要素よりも下流に配置されている第 2 メッシュ要素であり、第 1 電子検出器及び第 1 メッシュ要素により減速領域が形成され第 1 メッシュ要素及び第 2 メッシュ要素によりドリフト領域が形成される第 2 メッシュ要素と、
上記第 2 メッシュ要素よりも下流に配置されているエネルギーフィルタと、
第 2 電子光学レンズと、
他部分の二次電子及び他部分の後方散乱電子のうち少なくとも一方を収集するよう構成されている第 2 電子検出器と、
を備えるシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は総じて荷電粒子顕微鏡に関し、具体的には、像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムに関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

(関連出願への相互参照)

本願は、2015年3月24日付米国暫定特許出願第62/137229号、2015年5月27日付米国暫定特許出願第62/166682号、2015年9月4日付米国暫定特許出願第62/214737号及び2016年1月12日付米国暫定特許出願第62/277670号に基づき米国特許法第119条(e)の規定による利益を主張し且つそれらからなる通常の(非暫定的な)特許出願を構成する出願であるので、この参照を以てそれら暫定特許出願それぞれの全容を本願に繰り入れることにする。

【 0 0 0 3 】

半導体デバイス例えば論理及びメモリデバイスの製造には、通常、多数の半導体製造プロセスを用い基板例えば半導体ウェハを処理し半導体デバイスの様々なフィーチャ及び複数のレベルを形成することがつきものである。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 米国特許出願公開第2014/0124666号

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

半導体デバイスのサイズがますます小さくなるにつれ、優れたウェハ検査及びレビューデバイス及び手順を開発することが肝要となってきた。そのためには、サンプル例えば半導体ウェハの優れた電子イメージングをなすシステム及び方法を提供することが有益であろう。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

本件開示の1個又は複数個の実施形態に係る走査型電子顕微鏡(SEM)装置を開示する。ある例証的实施形態に係るSEM装置は、電子ビームを生成するよう構成された電子ビーム源を有する。別の例証的实施形態に係るSEM装置は、その電子ビームの少なくとも一部分をサンプルの一部分上へと差し向ける一組の電子光学要素を有する。別の例証的实施形態に係るSEM装置はエミッタンスアナライザアセンブリを有する。別の例証的实施形態に係るSEM装置は、サンプルの表面によって放出された二次電子及び後方散乱電子のうち少なくとも一方の少なくとも一部をエミッタンスアナライザアセンブリへと差し向けるよう構成された、スプリッタ要素を有する。別の例証的实施形態では、二次電子及び後方散乱電子のうち少なくとも一方を結像させるようそのエミッタンスアナライザアセンブリが構成される。別の例証的实施形態では、そのエミッタンスアナライザアセンブリが、一組の偏向光学系と、第1電子光学レンズと、中央開口を有する第1電子検出器であり一部分の二次電子及び一部分の後方散乱電子のうち少なくとも一方を収集するよう構成された第1電子検出器と、第1電子検出器よりも下流に配置された第1メッシュ要素と、第1メッシュ要素よりも下流に配置された第2メッシュ要素であり、第1電子検出器及び第1メッシュ要素により減速領域が形成され第1メッシュ要素及び第2メッシュ要素によりドリフト領域が形成される第2メッシュ要素と、上記第2接地メッシュ要素よりも下流に配置されたエネルギーフィルタと、第2電子光学レンズと、他部分の二次電子及び他部分の後方散乱電子のうち少なくとも一方を収集するよう構成された第2電子検出器と、を有する。

【 0 0 0 7 】

別の例証的实施形態では、二次電子及び後方散乱電子イメージングモードで動作するようエミッタンスアナライザアセンブリが構成される。別の例証的实施形態では、後方散乱電子及び高アスペクト比電子イメージングモードで動作するようエミッタンスアナライザアセンブリが構成される。別の例証的实施形態では、後方散乱電子単独イメージングモードで動作するようエミッタンスアナライザアセンブリが構成される。別の例証的实施形態

10

20

30

40

50

では、二次電子及び後方散乱電子イメージングモード、後方散乱電子及び高アスペクト比電子イメージングモード、並びに後方散乱電子単独イメージングモードの間で切り替わるようエミッタンスアナライザアセンブリが構成される。

【0008】

別の例証の実施形態では、サンプルにインサイチューフラッドブレードを適用するよう上記電子源及び／又はフラッドガンが構成される。

【0009】

別の例証の実施形態に係る装置は、エミッタンスアナライザアセンブリに備わる1個又は複数個の部材をサンプルの表面電位にロックするよう構成されたゲート式積分器を備える。

【0010】

ご理解頂けるように、上掲の概略記述及び後掲の詳細記述は共に例示的且つ説明的でなく、特許請求の範囲に記載の発明を必ずしも限定しない。添付図面は明細書に組み込まれてその一部を構成し、本発明の諸実施形態を描出するものであり、概略記述との協働で本発明の諸原理を説明する働きを有している。

【0011】

以下の如き添付図面を参照することにより、本件技術分野に習熟した者（いわゆる当業者）には、本件開示の多様な長所をよりよくご理解頂けよう。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1A】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図1B】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図1C】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図1D】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図1E】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図1F】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図1G】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図1H】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図2】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図3】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図4A】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図4B】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図4C】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図4D】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図4E】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

10

20

30

40

50

【図 4 F】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 4 G】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 4 H】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 4 I】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 5 A】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

10

【図 5 B】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 5 C】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 5 D】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 5 E】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 5 F】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

20

【図 5 G】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 5 H】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 5 I】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 6 A】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【図 6 B】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

30

【図 6 C】本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微システムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面に描出されている被開示主題を詳細に参照する。

【0014】

図 1 A ~ 図 6 C を通じ、本件開示に係り像ビームの安定化及び識別性が改善された走査型電子顕微実行システム及び方法を示す。

【0015】

本件開示の諸実施形態は、サンプル表面からの電子像ビームから情報を引き出すエミッタンスアナライザ（分析器）アセンブリを指向している。更に、そのエミッタンスアナライザアセンブリは様々な構成に従い構成することができる。本件開示の随所で論ずる通り、本件開示のエミッタンスアナライザアセンブリは、二次電子／後方散乱電子（SE - BSE）モード、後方散乱電子／高アスペクト比（BSE - HAR）モード及び／又は BSE 単独モードで動作させることができ、システムによるそれら諸アナライザモード間の切替が可能である。本件開示のエミッタンスアナライザでは、どのイメージングモード中でもウェハ表面電位のリアルタイム捕捉が可能である。加えて、本件開示のエミッタンスアナライザでは、表面電圧を呈しているウェハをイメージングする際に、制御信号を生成して極角弁別ドリフト及び像ビーム位置ドリフトを安定化することが可能である。

40

【0016】

50

本件開示の更なる諸実施形態は、画質向上目的で像経路上の光学要素を所与サンプルの表面電位にロックするよう構成された、ゲート式積分器を指向している。本件開示の更なる諸実施形態は、エミッタンス分析アセンブリ及び／又はゲート式積分器と併せたインサイチュー（その場）フラッド（電子洪水）の実施により像ビームを安定化することを指向している。

【0017】

本件開示には、この参照を以てその全容がそれぞれ本願に繰り入れられるところの米国特許第5210487号、米国特許第6483120号、米国特許第6570154号、米国特許第6784425号、米国特許第6844550号、米国特許第6897458号、米国特許第7041976号、米国特許第7075078号、米国特許第7683317号、米国特許第7705301号、米国特許第7141791号、米国特許第7656171号、米国特許第7714287号、米国特許第8203119号、米国特許第8263934号、米国特許第8274048号、米国特許第8288724号、米国特許第8421027号、米国特許第8884224号、米国特許第8890068号、米国特許第8946649号、米国特許第8963083号、米国特許第9000395号、米国特許第9048062号、米国特許第9048063号、米国特許第9165742号にて少なくとも部分的に論じられている実施形態が含まれる。本件開示には、この参照を以てその全容がそれぞれ本願に繰り入れられるところの米国特許出願公開第2007/0090288号、米国特許出願公開第2012/0273690号、米国特許出願公開第2013/0032729号、米国特許出願公開第2014/0299767号、米国特許出願公開第2014/029967号にて少なくとも部分的に論じられている実施形態が含まれる。本件開示には、この参照を以てその全容が本願に繰り入れられるところの米国特許出願第2014/696122号にて少なくとも部分的に論じられている実施形態が含まれる。

【0018】

図1Aに、本件開示の一実施形態に係り、二次電子及び／又は後方散乱電子の収集を通じサンプルをイメージングするよう工夫された荷電粒子イメージングシステム100を示す。

【0019】

実施形態に係るシステム100は、電子ビーム源102、電子光学カラム105、スプリッタ要素112、エミッタンスアナライザアセンブリ120及びコントローラ121を有している。

【0020】

エミッタンスアナライザアセンブリ120は、本顕微システム100のエミッタンスに係る情報を像ビームから引き出す働きを有している。この像ビームは、入射した一次ビーム104に応じサンプル110の表面から放出された後方散乱電子114及び／又は二次電子116が含まれている。

【0021】

実施形態に係る電子ビーム源102は、1本又は複数本の一次電子ビーム104を生成するよう構成されている。電子ビーム源102には本件技術分野で既知なあらゆる電子源を具備させることができる。例えば、電子ビーム源102に1個又は複数個の電子銃等を具備させることができる。ある例では、電子ビーム源102に備わる1個の電子銃により1本の一次電子ビーム104が生成されよう。別の例では、電子ビーム源102に備わる複数個の電子銃により複数本の一次電子ビーム104が生成されよう。

【0022】

また、実施形態に係る電子光学カラム105には一組の電子光学要素を具備させることができる。当該一組の電子光学要素により、サンプル110（例、半導体ウェハ）の指定部分上へと電子ビーム104の少なくとも一部分を差し向けることができる。電子光学カラム105の一組の電子光学要素には、電子ビーム104をサンプル110の指定部分上へと合焦及び／又は指向させるのに適し本件技術分野で既知な、あらゆる電子光学要素を

含めることができる。一例に係る一組の電子光学要素には１個又は複数個の電子光学レンズが含まれる。その電子光学レンズの一例は、電子ビーム源１０２からの電子を集める１個又は複数個のコンデンサレンズ１０６等である。その電子光学レンズの別例は、サンプル１１０の指定領域上に電子ビーム１０４を合焦させる１個又は複数個の対物レンズ１０８等である。

【００２３】

また、実施形態に係る電子光学カラム１０６の一組の電子光学要素には、１個又は複数個の電子ビーム走査要素（図示せず）を含めることができる。当該１個又は複数個の電子ビーム走査要素の一例は、サンプル１１０の表面に対するビーム１０４の位置を制御するのに適した１個又は複数個の電磁走査コイル又は静電偏向器等である。この場合、当該１

10

【００２４】

単純化を図るため、図１Ａには電子光学カラム１０６が１個しか描かれていない。とはいえ、この構成を本件開示の限定事項として解釈すべきではない。例えば、本システム１００が複数個の電子光学カラム１０６を有していてもよい。

【００２５】

また、実施形態に係るスプリッタ要素１１２は、サンプル１１０の表面から放出された二次電子及び／又は後方散乱電子を偏向させ、エミッタンスアナライザアセンブリ１２０の入口に向けるよう配置されている。例えば、このスプリッタ要素１１２には電子速度選別器、例えばウィーンフィルタ等を具備させることができる。また例えば、本システム１００にウェーネルトシリンドラを具備させてもよい。

20

【００２６】

図１Ｂに、従来のビハインドザレンズ型暗視野イメージングでの二次電子分布１１１と、本件開示に係るエミッタンスアナライザを用いたイメージングでの二次電子分布１１３と、を示す。グラフ１１１及び１１３は、検出器の平面内での二次電子分布を１eV、２eV、５eV及び１０eVでシミュレートしたものを表している。グラフ１１１では、二次電子エネルギー域内では極角アライメント（整列）が貧弱である。これに対し、グラフ１１３に示すように、本件開示のエミッタンスアナライザ法の場合、二次電子エネルギー域における極角アライメントが改善される。

30

【００２７】

図１Ｃは、本件開示の一実施形態に係りSE-BSEイメージングモード向けに構成されているエミッタンスアナライザアセンブリ１２０のブロック図である。

【００２８】

本システム１００は、サンプル１１０からの二次電子１１６をエミッタンスアナライザ１２０の入口へと速やかに移動させることによって動作させる。例えば、これは次のことにより実行することができる；サンプル１１０から放出される二次電子を強い電場で加速すること、次いでレンズを用いアセンブリ１２０の分析部の入口に共役点を形成すること、それらの初期運動エネルギーまで二次電子１１６を減速し直すこと（ドリフト領域の入口）、そしてドリフト領域の入口にある共役点から二次電子１１６が放出されて見えるよう

40

【００２９】

実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ１２０は一組の偏向光学系１２４を有している。実施形態に係るこの一組の偏向光学系は、エミッタンスアナライザアセンブリ１２０に備わる他の１個又は複数個の部材より前段即ち上流に位置している。当該一組の偏向光学系は、後方散乱電子１１４及び／又は二次電子１１６を含む像ビームを、エミッタンスアナライザアセンブリ１２０に備わる１個又は複数個の部材と整列させるよう構成されている。例えば、偏向光学系１２４の働きによりその像ビームをデスキャン（走査

50

解除)し、エミッタンスアナライザアセンブリ120に備わる他部材のうち1個又は複数個に対し同軸になるよう像ビーム114, 116を整列させることができる。しかも、一次ビーム走査要素の働きで後方散乱電子114及び/又は二次電子116に付与された横方向速度成分を、当該一組の偏向光学系124で以て相殺させることができる。

【0030】

上掲の一組の偏向光学系には一組又は複数個の偏向要素を具備させることができる。例えば、当該一組の偏向光学系124に、1個又は複数個の四重極要素、1個又は複数個の八重極要素、或いは1個又は複数個の高次電子光学偏向要素を具備させることができる。一例に係る一組の偏向光学系124は1個又は複数個の静電偏向器を有するものである。別例に係る一組の偏向光学系124は1個又は複数個の磁気偏向器を有するものである。例えば、当該1個又は複数個の静電又は磁気偏向器を高電位加速ライナ内に配置しそのライナ電位で浮動させることができる。

10

【0031】

また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ120は第1電子光学レンズ(群)126を有している。実施形態に係る第1電子光学レンズ126は一組の偏向光学系124よりも下流に配置されている。第1電子光学レンズ126は、例えば一組の偏向光学系124のそばに配置することができる。一例に係る第1電子光学レンズ126を利用し、一組の偏向光学系124が入っている高電位ライナの出力を終端させることができる。

【0032】

20

実施形態に係る第1電子光学レンズ126は静電レンズを有している。例えば、第1電子光学レンズ126に備わる静電レンズ等を、像ビーム中の後方散乱電子114及び/又は二次電子116を加速させるよう構成することができる。また例えば、第1電子光学レンズ126に備わる静電レンズ等を、像ビーム中の後方散乱電子114及び/又は二次電子116を減速させるよう構成することができる。別の実施形態としては、第1電子光学レンズ126が磁気レンズを有するものがある。

【0033】

実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ120は、中央開口130付の第1電子検出器128を有している。なお、本件開示の各所で、この中央開口130のことをエミッタンスアナライザアセンブリ120の分析部の入口とも称している。SE-BSEイメージングの場合、この第1電子検出器128は、後方散乱電子114を測定しうるように構成される。

30

【0034】

例えば、第1電子光学レンズ126を用い、第1検出器128の平面内に1超の縮小率で以て二次電子共役点130を形成することができる。その検出器128(例、セグメント化検出器)により後方散乱電子114の多数が収集されるので、明視野、暗視野双方の後方散乱電子イメージングが可能である。二次電子116及び概ね軸方向の後方散乱電子114が第1検出器128の開口を通過するので、SEビームのBSE汚染が抑えられる。

【0035】

40

第1電子検出器128には、本件技術分野で既知な、あらゆる電子検出器を具備させることができる。例えば、第1電子検出器128がソリッドステート検出器等を有していてもよい。また例えば、第1電子検出器128がマルチチャネルプレート等を有していてもよい。また例えば、第1電子検出器128がシンチレータ型電子検出器等を有していてもよい。実施形態に係る第1電子検出器128は1個又は複数個のセグメントへとセグメント化されている(例、図1Dに示すセグメント化検出器)。実施形態に係る検出器128のセグメントは、その検出器128の平面内での後方散乱電子ビーム114中心・二次電子ビーム116中心間の距離分だけ、同検出器の中央開口からオフセットさせてある。別の実施形態としては、第1電子検出器128が磁気遮蔽要素(例、磁性素材の層)を有して、その磁気遮蔽要素が第1電子検出器128の検出部の後方に配置されるものがある。

50

る。

【0036】

実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ120では減速領域134及びドリフト領域136が形成される。実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ120は、第1検出器128よりも下流に配置された1個又は複数個の第1メッシュ要素133を有している。実施形態に係る第1メッシュ要素133は平坦メッシュを有している。第1電子検出器128は接地電位に保持することができ、第1接地メッシュ要素133はサンプル110の表面(例、仮想接地)と(ほぼ)同電位に保持することができる。電子減速領域133はこうして検出器128・第1メッシュ要素133間に形成される。検出器開口を通過した後、二次電子116及び軸方向の後方散乱電子114はサンプル電位まで速やかに減速される。ここに、検出器128とドリフト領域136の入口(第1メッシュ要素133の位置により定まる)との間の距離を然るべく選定することにより、二次電子116の減速期間を制御(例、短縮)してその期間中に入り込む誤差を減らすのに役立つと共に、エミッタンスアナライザアセンブリ120のドリフト領域136に大半の後方散乱電子114が入ることを防ぐことができる。

10

【0037】

また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ120にて、表面電気抵抗を有する分離管132を減速領域133の入口・出口間に具備させることにより、直線的減速電圧勾配を発生させることができる。こうした構成は、減速領域133の入口・出口間の等電位面を確と平坦且つ均一にするのに役立つ。

20

【0038】

また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ120は1個又は複数個の第2メッシュ要素135を有している。実施形態に係る第2メッシュ要素135は半球状ワイアメッシュを有している。第2メッシュ要素135も、サンプル110の表面と(ほぼ)同電位に保持することができる。こうして第1メッシュ要素133と第2メッシュ要素135を同電位に保持することによって電子ドリフト領域136が形成される。このとき、二次電子116及び後方散乱電子114はドリフト領域136に入り、サンプル110から放出されたときに有していた元々の運動量ベクトルに従い進んでいく。二次電子116及び後方散乱電子114の極角がこのドリフト期間中に整列する。なお、二次電子116及び後方散乱電子114向けのドリフト期間が長いほど残留極角アライメント誤差が小さくなりやすい。

30

【0039】

また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ120はエネルギーフィルタ138を有している。実施形態に係るエネルギーフィルタ138は半球状メッシュを有しており、極角の如何によらずそのエネルギーフィルタに発する抑制場の等電位面が二次電子116の軌跡に対し垂直に並ぶよう、その半球状メッシュの中心が二次電子116のビーム経路上の共役点に配されている。ここに、エネルギーフィルタ138のしきい値は、電子114, 116の極角にほとんど又は全く影響を及ぼさずに変化させることができる。二次電子116及び軸方向の後方散乱電子114は、ドリフト領域136の第2メッシュ要素135(例、凹状メッシュ)からメッシュ表面に対し垂直方向に出て行くこととなる。二次電子116及び軸方向の後方散乱電子114は、ドリフト領域136の終点である第2メッシュ要素135を出た後、エネルギーフィルタ138(例、エネルギーフィルタメッシュ)に向かい走行するにつれ減速し始める。二次電子116及び軸方向の後方散乱電子114をそのエネルギーフィルタ138により直交中途捕獲することは、それら電子114, 116の合計エネルギーの成分に留まらず電子114, 116の合計エネルギーに対してアセンブリ120に弁別を行わせるのに役立つ。

40

【0040】

また、実施形態に係る第1メッシュ要素133、第2メッシュ要素135及び/又はエネルギーフィルタ138のメッシュは磁性素材で形成することができる。ここに、第1メッシュ要素133、第2メッシュ要素135及び/又はエネルギーフィルタ138向けに磁性

50

メッシュを用いることは、減速領域 1 3 4 及び / 又はドリフト領域 1 3 6 を漏れ磁場から遮蔽するのに役立つ。また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 に軸対称性の磁気シールドを具備させ、その磁気シールドで減速領域 1 3 4 及び / 又はドリフト領域 1 3 6 を覆うことでも、やはり減速領域 1 3 4 及び / 又はドリフト領域 1 3 6 を漏れ磁場から遮蔽することができる。

【 0 0 4 1 】

また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 は減速管 1 3 2 を有しており、1 個又は複数個の第 1 メッシュ要素 1 3 3 及び / 又は 1 個又は複数個の第 2 メッシュ要素 1 3 5 がそれに収容又は連結されている。

【 0 0 4 2 】

また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 は第 2 電子光学レンズ (群) 1 4 0 を有している。実施形態に係る第 2 電子光学レンズ 1 4 0 はエネルギーフィルタ 1 3 8 よりも下流に配置されている。実施形態に係る第 2 電子光学レンズ 1 4 0 により、ドリフト領域 1 3 6 やエネルギーフィルタ 1 3 8 を終端させることができる。実施形態に係る第 2 電子光学レンズ 1 4 0 の一部分を、エネルギーフィルタ 1 3 8 の一部分、ドリフト領域 1 3 6 の終端部 (例、第 2 メッシュ要素 1 3 5)、或いは第 2 電子検出器 1 4 2 (後述) により形成してもよい。

【 0 0 4 3 】

実施形態に係る第 2 電子光学レンズ 1 4 0 は静電レンズを有している。例えば、像ビームを構成する後方散乱電子 1 1 4 及び / 又は二次電子 1 1 6 を加速させるよう構成された静電レンズ等を、第 2 電子光学レンズ 1 4 0 に具備させることができる。また例えば、像ビームを構成する後方散乱電子 1 1 4 及び / 又は二次電子 1 1 6 を減速させるよう構成された静電レンズ等を、第 2 電子光学レンズ 1 4 0 に具備させることができる。別の実施形態としては、第 2 電子光学レンズ 1 4 0 が磁気レンズを有するものがある。

【 0 0 4 4 】

また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 は第 2 電子検出器を有している。この実施形態に係る第 2 電子検出器 1 4 2 は、二次電子 1 1 6 及び / 又は軸方向の後方散乱電子 1 1 4 を収集するよう構成されている。例えば、後方散乱電子 1 1 4 及び / 又は二次電子 1 1 6 がエネルギーフィルタ 1 3 8 から出ると、それら電子は第 2 電子光学レンズ 1 4 0 内で減速され、そのレンズの働きにより第 2 電子検出器 1 4 2 の平面における像ビームが小さくなる。

【 0 0 4 5 】

第 2 電子検出器 1 4 2 には、本件技術分野で既知な、あらゆる電子検出器を具備させることができる。例えば、第 2 電子検出器 1 4 2 がソリッドステート検出器等を有していてもよい。また例えば、第 2 電子検出器 1 4 2 がマルチチャネルプレートを有していてもよい。また例えば、第 2 電子検出器 1 4 2 がシンチレータ型電子検出器を有していてもよい。実施形態に係る第 2 電子検出器 1 4 2 は 1 個又は複数個のセグメントへとセグメント化されている (例、図 1 D に示すセグメント化検出器)。別の実施形態としては、第 2 電子検出器 1 4 2 が、第 2 電子検出器 1 4 2 の検出部の後方に位置する磁気遮蔽要素 (例、磁性素材の層) を有するものがある。

【 0 0 4 6 】

図 1 D は、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係り、第 1 電子検出器 1 2 8 として用いるのに適するセグメント化電子検出器の模式図である。図 1 D に示すセグメント化電子検出器 1 2 8 (例、セグメント化ソリッドステート検出器) は 4 個の象限検出部 Q 1、Q 2、Q 3 及び Q 4 を有している。加えて、このセグメント化電子検出器 1 2 8 は中央検出部 C を有している。更に、その中央検出部 C の中央を開口 1 4 6 が貫いている。開口 1 4 6 があるため二次電子 1 1 6 の検出器 1 2 8 貫通伝搬が可能である一方、大角度の後方散乱電子 1 1 4 が象限検出部 Q 1、Q 2、Q 3 及び Q 4 によって収集されることとなる。

【 0 0 4 7 】

図 1 E は、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係り、第 1 電子検出器 1 2 8 として

10

20

30

40

50

用いるのに適する高密度アレイ型電子検出器の模式図である。図 1 E に示す高密度アレイ型電子検出器は、電子を収集しそれらの位置を分解検出する高密度アレイ 1 4 4 を有している。高密度アレイ型検出器 1 2 8 は開口 1 4 6 を有しているため、ここでも、二次電子 1 1 6 の検出器 1 2 8 貫通伝搬が可能である一方、大角度の後方散乱電子 1 1 4 がアレイ 1 4 4 によって収集されることとなる。

【 0 0 4 8 】

なお、図 1 D 及び図 1 E に示した検出器構成は検出器 1 4 2 の場合にも採用できるが、検出器 1 4 2 では開口 1 4 6 が不要になろう。検出器 1 4 2 がセグメント化検出器（例、セグメント化ソリッドステート検出器）又は高密度アレイ型検出器である場合、明視野像及び / 又は暗視野像をアセンブリ 1 2 0 により形成することができる。

10

【 0 0 4 9 】

図 1 F に、本件開示の別の実施形態に係るエミッタンスアナライザ 1 5 0 を示す。この実施形態に係るエミッタンスアナライザ 1 5 0 では、第 1 検出器が省かれているため後方散乱電子の同時検出は無理である。また、実施形態に係るエミッタンスアナライザ 1 5 0 は開口プレート 1 5 8 を有している。この開口プレート 1 5 8 の働きにより、後方散乱電子を阻止し検出器 1 4 2 に到達しないようにすることができる。この場合、検出器 1 4 2 では二次電子又はほぼ近軸方向の後方散乱電子のみが検出されよう。

【 0 0 5 0 】

図 1 G に、本件開示の一実施形態に係り B S E - H A R イメージングモードに従い構成されているエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 を示す。前述の通り、本システム 1 0 0 は図 1 C の S E - B S E 型構成から図 1 G の B S E - H A R 型構成へと切り替えることができる。また、実施形態に係るシステム 1 0 0 の諸部材を、1 個又は複数個のコントローラ 1 2 1 を用い調整することで、いずれかの構成から別の構成へと移行させるようにしてもよい。

20

【 0 0 5 1 】

ここに、スプリッタ 1 1 2（例、ウィーンフィルタ）の働きで別々の角度に偏向されるため、入射してくる二次電子ビーム 1 1 6 及び後方散乱電子ビーム 1 1 4 は同心とならない。実施形態に係る一組の偏向要素 1 2 4 により、その後方散乱電子円錐 1 1 4 を第 1 検出器 1 2 8 の開口上に集中させることができる。この場合、概ね軸方向の後方散乱電子のみが図 1 G に示す開口 1 4 6 中を通ることになる。

30

【 0 0 5 2 】

実施形態に係るエネルギーフィルタ 1 2 8 を二次電子を拒絶するよう設定することで、第 2 検出器 1 4 2 により、（開口 1 4 6 内を通った）ほぼ近軸方向の後方散乱電子のみを用い明視野像及び暗視野像を同時獲得して高アスペクト比の構造をイメージングすることができる。即ち、コントローラ 1 2 1（或いはその他のコントローラ）によりエネルギーフィルタ 1 2 8 を調整し二次電子が拒絶されるようにすることにより、エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 を S E - B S E モードから B S E - H A R モードへと転換させることができる。

【 0 0 5 3 】

また、実施形態に係るエネルギーフィルタ 1 2 8 を、後方散乱電子のうち最高エネルギーのもののみを第 2 電子検出器 1 4 2 へと通すよう設定することにより、システム 1 0 0 で以て収集される（1 個又は複数個の）像の分解能を高めることができる。別の実施形態としては、第 2 電子光学レンズ 1 4 0 を用い電子の極角弁別比を選定するものがある。

40

【 0 0 5 4 】

また、実施形態に係る第 1 電子検出器 1 2 8 で以て、大きめの極角を有する後方散乱電子（即ち開口 1 4 6 内を伝搬していない電子）による明視野像及び / 又は暗視野像を得るようにしてもよい。その場合、大きめの極角を有する後方散乱電子による像を取得すると同時に、ほぼ近軸方向の後方散乱電子で以て形成された像を、第 2 電子検出器 1 4 2 を用い取得することができる。

【 0 0 5 5 】

50

図1Hに、本件開示の一実施形態に係りBSE単独モードに従い構成されているエミッタンスアナライザアセンブリ120を示す。前述の通り、本システム100は図1GのBSE-HAR型構成から図1HのBSE単独構成へと切り替えることができる。

【0056】

実施形態に係る一組の偏向要素124により、後方散乱電子円錐114を第1電子検出器128の開口146上へと集中させることができる。また、実施形態に係る第1電子光学レンズ128を用い後方散乱電子114を合焦させることで、第1検出器128の平面内で後方散乱電子ビームの経路沿いに、共役点を発生させることができる。この場合、後方散乱電子114の全て又は大部分が第1検出器128内を通ることになる。

【0057】

実施形態によっては、エネルギーフィルタ128が、二次電子116を拒絶するように設定（例、コントローラ121により設定）される。その場合、第2電子検出器142を用い明視野及び暗視野の後方散乱電子像を同時に獲得することができる。或いは、実施形態に係るエネルギーフィルタ128を、画像分解能を高めるべく高エネルギー後方散乱電子（即ち指定されたしきい値を上回る後方散乱電子）を第2電子検出器142へと通すよう設定（例、コントローラ121により設定）してもよい。また、実施形態に係る第2電子光学レンズ140を用い電子の極角弁別比を選定してもよい。エミッタンスアナライザアセンブリ120のドリフト領域136では、後方散乱電子の極角を、二次電子の極角の整列以上に効率的に整列させることができる。ただ、そうはいても、サンプル110からアセンブリ120までの輸送の結果として、後方散乱電子が二次電子のそれより大きな初期極角誤差を呈することとなる。

【0058】

実施形態に係る第1電子検出器128を用い、部分明視野二次電子像を獲得してもよい。

【0059】

再度の注記となるが、エミッタンスアナライザアセンブリ120は、図1C、図1G及び図1Hに示したSE-BSEモード、BSE-HARモード及びBSE単独モード間で速やかに切り替えることができる。実施形態に係るシステム100の諸部材を1個又は複数個のコントローラ121を用い調整することで、SE-BSEモード、BSE-HARモード及びBSE単独モード間で遷移させてもよい。この場合、各モード向けの設定ポイントを事前校正してメモリ（例、コントローラ121のメモリ）内に格納しておくもよい。更に、それら設定ポイントをコントローラ121によって呼び出し、それら設定ポイントを用いコントローラ121が望ましいモードを確立すればよい。

【0060】

図2は、本件開示の1個又は複数個の実施形態に係り、2個のエミッタンスアナライザアセンブリ120a、120bを装備しており、それによりハイパス像及びバンドパス像の同時捕捉が可能なバンドパスエネルギーフィルタを形成している、システム200のブロック図である。実施形態に係るシステム200は第1エミッタンスアナライザ120a及び第2エミッタンスアナライザ120bを有している。また、実施形態に係るシステム200はスプリッタ要素202（例、ウィーンフィルタ）を有している。

【0061】

ここに、本システム200は二次電子及び/又は後方散乱電子を分析する目的で実施することができる。後掲の記述は二次電子の文脈でのシステム200の実施に焦点を置いているが、これは本件開示に対する限定事項ではない。即ち、システム200並びに後述の諸実施形態及び諸部材は後方散乱電子の文脈へと敷衍することができる。

【0062】

実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ120aでは、偏向を用い、照明走査光学系により像ビームに付与された横方向運動量ベクトルが除去される。実施形態によっては、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aでの偏向光学系124aを用い、光像経路に対し近軸となるよう二次電子円錐を集中させることができる。実施形態に係

10

20

30

40

50

る第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aの第1電子光学レンズ126aにより、サンプル(図示せず)上にある二次電子放出点に対し共役な点を二次電子ビームの経路に沿い減速領域の入口にある検出器128aの平面内に形成することによって、後方散乱電子を阻止すること及び二次電子を通せる大きさのプレート上開口に合致させることができる。

【0063】

実施形態に係る加速管204では、照明/像ビームスプリッタ202から第1エミッタンスアナライザアセンブリ120a内減速領域の入口までの像経路が正の高電圧に浸される。実施形態によっては、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aの第1電子光学レンズ126aで、二次電子ビーム114を縮小させる。

10

【0064】

実施形態によっては、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aの第2電子光学レンズ140aでは、暗視野二次電子イメージング向けの二次電子極角弁別しきい値が選択される。

【0065】

実施形態によっては、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aのエネルギーフィルタ138aで、高エネルギー二次電子のみを通過させ低エネルギー二次電子を拒絶する。

【0066】

実施形態によっては、スプリッタ要素202にて、入来する二次電子像ビームを、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aにより拒絶された二次電子から分離させる。

20

【0067】

また、実施形態に係るビームスプリッタ要素202は一組又は複数組の磁気偏向コイルを有している。別例に係るビームスプリッタはウィーンフィルタである。また、実施形態に係る加速ライナ管204は、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120a・第2エミッタンスアナライザアセンブリ120b間像経路に沿い延設しうる。

【0068】

また、実施形態に係る第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bを、その第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bの減速領域の入口に、開口プレートを有するものとしてもよい。例えば、その開口プレートを磁性プレートとすることができる。

【0069】

30

実施形態によっては、第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bの偏向光学系124bで、二次電子ビーム円錐を、第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bに備わり減速領域の入口にある開口プレート上に集中させる。

【0070】

実施形態によっては、第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bの第2電子光学レンズ126bで、減速領域の入口にある開口プレートの平面内に、検出器128bの平面上に中心がある共役点を発生させる。

【0071】

実施形態によっては、第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bのエネルギーフィルタ138bを、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aにて拒絶された二次電子のうち最高エネルギーのもののみを通すよう動作させる。

40

【0072】

実施形態によっては、第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bの第2電子光学レンズ126bにより、二次電子極角弁別しきい値が設定される。

【0073】

また、実施形態に係るシステム200は、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aのエネルギーフィルタセッティングより高エネルギーの二次電子を用いた明視野及び暗視野のハイパス二次電子像と、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aのエネルギーフィルタセッティングと第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bのエネルギーフィルタセッティングとの間のエネルギーを用いる明視野及び暗視野のバンドパス二次電子像と

50

、明視野及び暗視野の後方散乱電子像と、を同時に生成する。

【 0 0 7 4 】

図 3 は、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係り、3 個のエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 a , 1 2 0 b 及び 1 2 0 c を装備しており、それによりローパス、バンドパス及びハイパス帯で全電子エネルギースペクトラムを捉えることが可能なシステム 3 0 0 のブロック図である。

【 0 0 7 5 】

ここに、本システム 3 0 0 は二次電子及び / 又は後方散乱電子を分析する目的で実施することができる。後掲の記述は二次電子の文脈でのシステム 3 0 0 の実施に焦点を置いているが、これは本件開示に対する限定事項ではない。即ち、システム 3 0 0 並びに後述の諸実施形態及び諸部材を後方散乱電子の文脈へと敷衍することができる。

10

【 0 0 7 6 】

実施形態に係るシステム 3 0 0 は第 1 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 a 、第 2 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 b 及び第 3 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 c を有している。また、実施形態に係るシステム 3 0 0 は第 1 スプリッタ要素 3 0 2 a 及び第 2 スプリッタ要素 3 0 2 b を有している。また、実施形態に係るシステム 3 0 0 は 3 本のアーム 3 0 4 , 3 0 6 , 3 0 8 を有する加速ライナを有している。

【 0 0 7 7 】

実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 a では、偏向を用い、照明走査光学系により像ビームに付与された横方向運動量ベクトルが除去される。また、実施形態に係る第 1 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 a の偏向を用い、光像経路に対し近軸となるよう二次電子円錐を集中させることができる。また、実施形態に係る第 1 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 a の第 1 電子光学レンズ 1 2 6 a により、サンプル（図示せず）上にある二次電子放出点に対し共役な点を二次電子ビーム経路に沿い減速領域の入口にある検出器 1 2 8 の平面内に形成することによって、後方散乱電子を阻止すること及び二次電子を通せる大きさのプレート上開口に合致させることができる。

20

【 0 0 7 8 】

実施形態に係る加速管 2 0 4 では、照明 / 像ビームスプリッタ 2 0 2 から第 1 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 a 内減速領域の入口までの像経路が正の高電圧に浸される。実施形態によっては、第 1 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 a の第 1 電子光学レンズ 1 2 6 a で二次電子ビーム 1 1 4 を縮小させる。

30

【 0 0 7 9 】

実施形態によっては、第 1 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 a の第 2 電子光学レンズ 1 4 0 a で、暗視野二次電子イメージング向けの二次電子極角弁別しきい値が選択される。

【 0 0 8 0 】

実施形態によっては、第 1 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 a のエネルギーフィルタ 1 3 8 a で、高エネルギー二次電子のみを通過させ低エネルギー二次電子を拒絶する。

【 0 0 8 1 】

実施形態によっては、スプリッタ要素 2 0 2 で、入来する二次電子像ビームを、第 1 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 a により拒絶された二次電子から分離させる。

40

【 0 0 8 2 】

また、実施形態に係るビームスプリッタ要素 2 0 2 は一組又は複数組の磁気偏向コイルを有している。別例に係るビームスプリッタはウィーンフィルタである。また、実施形態に係る加速ライナ管 2 0 4 は、第 1 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 a ・第 2 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 b 間像経路に沿い延設しうる。

【 0 0 8 3 】

また、実施形態に係る第 2 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 b は、その第 2 エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 b の減速領域の入口に、開口プレートを有するものとすることができる。例えば、その開口プレートを磁性プレートとすることができる。

50

【0084】

実施形態によっては、第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bの偏向光学系124bで、第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bに備わり減速領域の入口にある開口プレート上に、二次電子ビーム円錐を集中させる。

【0085】

実施形態によっては、第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bの第2電子光学レンズ126bで、減速領域の入口にある開口プレートの平面内に、その平面上に中心がある共役点を発生させる。

【0086】

実施形態によっては、第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bのエネルギーフィルタで、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aにて拒絶された二次電子のうち最高エネルギーのもののみを通し、そのエネルギーが第1エミッタンスアナライザ120aのエネルギーフィルタセッティングと第2エミッタンスアナライザ120bのエネルギーフィルタセッティングとの間にある二次電子で以て、明視野像及び暗視野像を同時にレンダリングする。

10

【0087】

実施形態によっては、第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bの第2電子光学レンズにより二次電子極角弁別しきい値が設定される。また、実施形態に係る加速ライナ管304、308は、第1エミッタンスアナライザ120a・第2エミッタンスアナライザ120b間像経路沿いで用いられている。

20

【0088】

実施形態によっては、スプリッタ要素302bで、第2エミッタンスアナライザ120bに入る二次電子を、第2エミッタンスアナライザ120bによって拒絶された二次電子から分離させる。

【0089】

また、実施形態に係る加速ライナ管306、308は第2エミッタンスアナライザ120b・第3エミッタンスアナライザ120c間像経路沿いにある。

【0090】

また、実施形態に係るシステム300は、第3エミッタンスアナライザ120cの減速領域の入口に位置する開口プレート（例、磁性プレート）を有している。

30

【0091】

実施形態によっては、第3エミッタンスアナライザ120cの偏向光学系により、第3エミッタンスアナライザ120cに備わり減速領域の入口にある開口プレート上に、二次電子ビーム円錐を集中させる。

【0092】

実施形態によっては、第3エミッタンスアナライザ120cの第1電子光学レンズで、減速領域の入口にある開口プレートの平面内に、その平面上に中心がある共役点を発生させる。

【0093】

実施形態によっては、第3エミッタンスアナライザ120cのエネルギーフィルタで、第2エミッタンスアナライザ120bにより拒絶された全ての二次電子を通し、そのエネルギーが第1エミッタンスアナライザ120aのエネルギーフィルタセッティングと第2エミッタンスアナライザ120bのエネルギーフィルタセッティングとの間にある二次電子で以て、明視野像及び暗視野像を同時にレンダリングする。

40

【0094】

実施形態によっては、第3エミッタンスアナライザ120cの第2電子光学レンズにより二次電子極角弁別しきい値が設定される。

【0095】

また、実施形態に係るシステム300は、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aのエネルギーフィルタセッティングより高エネルギーの二次電子を用い同時に生成される

50

明視野及び暗視野のハイパス二次電子像と、第1エミッタンスアナライザアセンブリ120aのエネルギーフィルタセッティングと第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bのフィルタセッティングとの間のエネルギーを用いる明視野及び暗視野のバンドパス二次電子像と、第2エミッタンスアナライザアセンブリ120bのエネルギーフィルタセッティングより低エネルギーの二次電子を用いる明視野像及び暗視野像と、明視野及び暗視野の後方散乱電子像と、を同時に生成する。

【0096】

図4A～図4Hに、本件開示の1個又は複数個の実施形態に係る像捕捉中のビームドリフトとウェハ表面帯電の効果を示す。

【0097】

ここに、本件開示のエミッタンスアナライザアセンブリ120を全性能発揮で動作させるには、像ビーム位置及び像ビーム円錐半角を局所帯電場その他の外的影響源の影響外に置かねばならない。帯電サンプル110存在時には第1電子光学レンズ124に発する像ビームの焦平面を安定に保たねばならず、そのクロスオーバーの平面内での像ビーム位置を安定に且つエミッタンスアナライザアセンブリ120に対し同軸にしなければならない。注目すべきは、強引出場、インサイチューフラッド及び検出器出力フィードバックの組合せを用い、サンプル帯電により引き起こされる像ビーム位置及び円錐角のドリフトを安定化可能なことである。

【0098】

図4Aは、本件開示の1個又は複数個の実施形態に係り、弱引出場環境での像捕捉中に一次ビームにより引き起こされるサンプル表面帯電の概念図400である。サンプル110(例、ウェハ)にて電荷がビルドアップすると、視野(FOV)の縁にて何MV/mかに達する強い横方向場に二次電子がさらされる結果、二次電子円錐118が光軸に対し0°(402)から非0°(404)アライメントへと偏向される。この偏向は二次電子エネルギースペクトラム横断的に非対称であり、低速な二次電子ほどその相互作用期間が長くなるため大きな偏向を受ける。この例では場が対称的であり、FOVの中葉にある二次電子が偏向されない。結果として、二次電子像ビームの偏向角がFOV内位置により変化する。この二次電子ビーム不安定性に加え、局所帯電により二次電子に電位障壁(例、図4Aの例では5V)が課される。そのため、この例では、5eV未満のエネルギーしか有していない二次電子が皆、エミッタンスアナライザアセンブリ120(図4Aには示さず)に到達しそこねる。

【0099】

図4Bは、本件開示の1個又は複数個の実施形態に係り、局所帯電場の等電位線及び強引出場の等電位線を示す概念図410である。図4Cは、本件開示の1個又は複数個の実施形態に係り、局所帯電場及び強引出場の合成場を示す概念図420である。注目すべきは、引出場の働きで、帯電場により二次電子に課された電位障壁が弱まり、FOVの縁における横方向場強度が大きく弱まることである。そのため、FOVの縁では像ビーム116がきつく偏向されないことから、エミッタンスアナライザアセンブリ120の検出器(群)に多くの像信号が到達する。図4Dに、像捕捉中に二次電子ビームドリフトが生じたサンプル110から得られた像430を示す。図示の通り、この像430には、イメージング中の像ビームドリフトが原因で、像を対角方向に過ぎる顕著な量のコントラストばらつきが現れている。

【0100】

ここに、インサイチューフラッドプレドーズ(予照射)の利用により、表面帯電により引き起こされる横方向場及び帯電電位障壁を弱めることができる。

【0101】

図4Eは、本件開示の1個又は複数個の実施形態に係りフラッド帯電の効果を示す概念図440である。一例として図示例では10μmエリアインサイチューフラッド帯電が適用されている。1μm像エリアを囲むインサイチュープレドーズによる電荷等電位線及び強引出場(1.5kV/μm)による等電位線が示されている。使用するフラッド場によ

10

20

30

40

50

リイメージング対象絶縁部材を飽和させる必要がある。そのようにすれば、イメージング中に一次ビーム 104 によって付加される電荷によりサンプル 110 の表面電位が大きく変化することはなからう。

【0102】

図 4 F は、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係るインサイチューフラッド帯電場及び引出場の合成場を示す概念図 450 である。上掲の例では二次電子に課される電位障壁が 0.5 V 未満まで弱まっており、横方向場が像 FOV の縁にてほぼ解消されている。そのため、検出器に最大限の像ビームが到達し、像 FOV 横断方向の像ビーム位置がより安定になる。局所帯電に係る局所場強度が弱まることで、局所帯電による像ビームのレンズ効果が大きく軽減される。

10

【0103】

図 4 G は、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係りインサイチューフラッド能力を装備しているシステム 100 のブロック図である。インサイチューフラッドアプローチを本件開示のエミッタンスアナライザアセンブリ 120 と併用することで、表面帯電により引き起こされる極誤差弁別誤差の解消を助けることができる。更に、インサイチューフラッドプロセスを用い達成される像ビームの安定化により、エミッタンスアナライザアセンブリ 120 の性能が改善される。

【0104】

図 4 G に示す実施形態に係るシステム 100 には、指定量の電荷をサンプル 110 の表面にプレドーズするよう構成された専用のフラッドガン 455 を具備させることができる。図 4 G に示されていない別の実施形態に係るシステムでは、電子源 102 からの一次ビーム 104 を用いサンプル 110 の表面がプレドーズされることもあろう。

20

【0105】

実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 120 では、帯電によってサンプルの表面電位が所定値に達したことを検出することにより、インサイチューフラッド期間を求める。また、実施形態に係るシステム 100 では、帯電によりサンプル 110 の表面電位が所定値に達したとの判別を踏まえ、一次ビーム 104 又は専用フラッドガン 455 で以てサンプルの表面をプレドーズすることができる。例えば、サンプル 110 の表面電位の計測結果をエミッタンスアナライザアセンブリ 120 からコントローラ 121 が受け取るようにすればよい。次いで、帯電によりサンプル 110 の表面電位が所定値即ちしきい値に達したか否かをコントローラ 121 で判別すればよい。その上で、サンプル 110 の表面が当該所定値を上回る帯電を呈している場合にコントローラ 121 が電子源 102 又は専用フラッドガン 455 に指令し、それによりサンプル 110 の表面にプレドーズを適用すればよい。

30

【0106】

また、実施形態に係るシステム 100 では、像捕捉の直前にインサイチューフラッドガン 455 によりサンプル 110 を所定電圧までプレドーズすることができ、その後は、制御ループの投入に先立つ所定期間での像捕捉の初期の間、エミッタンスアナライザアセンブリ 120 をその電圧に保持することができる。

【0107】

実施形態によっては、像ビーム経路 114, 116 に沿い加速ライナ管を同軸配置することにより、二次電子 116 のエミッタンスアナライザアセンブリ 120 までの走行時間を短縮すること及び極角誤差に横滑りする軸方向変位を抑えることができる。

40

【0108】

図 4 H に、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係るセグメント化電子検出器 142 上への二次電子の着地パターン 462 を示す。

【0109】

残留像ビーム位置ドリフトがあっても、そうしたドリフトを、エミッタンスアナライザアセンブリ 120 からのフィードバックを用い低減（又は全解消）することができる。例えば、像ビームが適正に整列しており且つ第 2 電子検出器 142 により中途捕獲されるビ

50

ーム流（例．図 1 A 参照）が安定なときには、5 セグメント検出器（図 4 G 参照）の外寄り象限のうち逆側に位置する任意の 2 個の間の差分が 0 になるはずである。像ビームがシフトすると逆側に位置する外寄り象限間の差分が非 0 になるであろうから、その差分を誤差信号として用い、エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 の偏向光学系 1 2 4（例．偏向プレート）の働きで相応な補正を発動することができる。その際、次の関係

$$(Q1 - Q3) / (C + Q1 + G2 + G3 + G4) \quad \text{式 1}$$

$$(Q2 - Q4) / (C + Q1 + G2 + G3 + G4) \quad \text{式 2}$$

を偏向補正に用いることができる；但し、Q 1、Q 2、Q 3、Q 4 及び C は 5 セグメント型マルチセグメント検出器の Q 1、Q 2、Q 3、Q 4 及び C 検出部により計測された信号を表している。なお、差分を合計信号で除すことは、一次ビーム 1 0 4 のばらつき及び二次放出のサンプル間ばらつきにより像ビーム流に生じるであろう小変に対し、それら誤差信号を耐性にするのに役立つ。

【 0 1 1 0 】

図 4 I は、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係るエミッタンスアナライザ 1 2 0（又はそれに類する構成）にてビームのミスアライメントを補正する方法を示すフロー図 4 7 0 である。ステップ 4 7 2 では、マルチセグメント検出器 1 4 2 の Q 1、Q 2、Q 3、Q 4 及び C 部分から信号が捕捉される。例えば、マルチセグメント検出器 1 4 2 の Q 1、Q 2、Q 3、Q 4 及び C 部分で計測された信号をコントローラ 1 2 1 が受け取るようにすればよい。ステップ 4 7 4 では、その像ビームについて一通り又は複数通りの偏向補正を決定することができる。例えば、コントローラ 1 2 1 にて、上述の式 1 及び / 又は 2 を適用することで、検出器 1 4 2 上に入射する像ビームを整列させるのに必要な偏向補正を決定することができる。ステップ 4 7 6 では、決定された偏向補正に基づき像ビームアライメントが調整される。例えば、コントローラ 1 2 1 から一組の偏向光学系 1 2 4 に指令することで、式 1 及び / 又は 2 を用い算出された偏向補正に基づき像ビームの位置を補正することができる。

【 0 1 1 1 】

なお、エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 の文脈で図 4 H（又は図 1 A）のセグメント化検出器 1 4 2 について記述したが、これは図 4 H に示した検出器の使用についての限定事項ではない。おわかりの通り、図 4 H のセグメント化検出器はあらゆる電子分析デバイス、例えばエミッタンスアナライザ、ドリフト管 / エネルギーフィルタシステム等の文脈で実施することができる。

【 0 1 1 2 】

更には、エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 に備わる検出器のうち 1 個又は複数個として、1 個又は複数個の大型検出器アレイを用いることで、アジマス及び極角の弁別性を改善することができる。大型検出器アレイを用いる実施形態では、1 回の像グラフで画素毎の極角及びアジマス角分布を得ることができる。更に、その実施形態では、極角及びアジマス角の分布マップを捉えた上で、サンプルの表面トポロジの 3 D 像をレンダリングすることができる。また、その実施形態では、極角及びアジマス角分布を用いそのサンプル 1 1 0 についての 3 D 計量情報を提供することもできる。

【 0 1 1 3 】

また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 によりエネルギーフィルタ 1 2 8 を掃引しつつ同時に極角及びアジマス角情報を捕捉することで、極角及びアジマス角分布が二次電子エネルギーの関数としてどのように変化するかについて、情報を引き出すことができる。

【 0 1 1 4 】

また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 により、極角及びアジマス角情報を用い、プログラミング可能なエネルギーフィルタしきい値を上回るエネルギーを有する二次電子のみで表面トポロジの像をレンダリングすることができる。

【 0 1 1 5 】

また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 により、2 個の像を別

10

20

30

40

50

々のエネルギーフィルタしきい値で以てそれぞれ捉え、それら 2 個の像の差を求めることで、それら二通りのエネルギーフィルタ設定ポイント間のエネルギーを有する二次電子のみを用い、暗視野像をレンダリングすることができる。

【0116】

また、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 120 により、エネルギーフィルタ 128 によって設定されたしきい値を上回る二次電子の極角及びアジマス角情報を捉えるのと同時に、サンプル 110 の被走査エリアの平均表面電位をも捉えることができる。

【0117】

図 5 A は、一次ビームによるサンプルの表面帯電が原因でエネルギー弁別中に入り込む誤差の概念図 500 である。

10

【0118】

実施形態によっては、エミッタンスアナライザ 120 の制御電圧の基準がサンプル 110 の表面電位とされる。絶縁性帯電ウェハの場合、像ビーム放出点の表面電位の追跡を実行することができる。

【0119】

曲線 502 は、中性面（即ち表面電位が 0 V）から得られた二次電子エネルギースペクトラムを示している。曲線 504 は、帯電面から得られた二次電子エネルギースペクトラムを示している。このように、表面電圧により二次電子に付与されたポテンシャルエネルギーによって、二次電子エネルギー分布がシフトする。更に、絶縁面イメージング中の帯電により二次電子エネルギースペクトラムの経時変化が生じうる。この現象により、望ましいエネルギー弁別しきい値に誤差が入り込む。例えば図 5 A に示すように、5 eV 以下の二次電子が拒絶されるようエネルギー弁別しきい値が設定されているとする。二次電子放出面を正の 2.5 V に帯電させると、このエネルギーフィルタの弁別分布しきい値がその分だけシフトし、望まれている 5 eV なるしきい値に 2.5 eV なる誤差が入り込む。

20

【0120】

サンプル表面電位を制御電圧の基準とすることについては、参照を以て先にその全容が繰り入れられた特許文献 11 及び 30 にあらましが記述されている。

【0121】

図 5 B は、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係りゲート式積分器 512 を装備しているシステム 500 のブロック図である。実施形態に係るゲート式積分器 512 は、サンプル表面電位・像経路光学系間制御ループを閉じ電荷誘導性偽像を解消するのに用いられている。その際に、エネルギーフィルタしきい値のオフセットをサンプル表面電位にロックすることができる。

30

【0122】

なお、語「ゲート」は、不要な表面電圧情報を省くべくある入力が入力積分器の入力から「ゲート」オフされうることを注記するのに用いられている。例えば、一通り又は複数通りの動作設定のさなか、走査フレームの縁をイメージングしているとき、帰線のさなか、ビームをブランキングするとき等に、入力をゲートオフすることが望まれよう。

【0123】

40

そのイメージング光学系には、一組の偏向光学系 503、第 1 電子光学レンズ 505、エネルギーフィルタ 507、第 2 電子光学レンズ 509 及び検出器 511（例、セグメント化検出器）等を具備させることができる。実施形態に係る像経路光学系はゲート式積分器 512 と共に制御ループを形成しておりエネルギーフィルタ 507 を有している。そのエネルギーフィルタ 507 は、平坦メッシュ、半球状/凹状メッシュ、複数個のメッシュ等を有するものとしてすることができる。

【0124】

実施形態に係るゲート式積分器 512 はフロントエンド兼ミキシングモジュール 528 及び D/A モジュール 530 を有している。実施形態に係るフロントエンド兼ミキシングモジュール 528 は検出器出力を受け取る。例えば、各マルチチャネルセグメント化検出

50

器例えば検出器 1 4 2 の出力が、フロントエンド兼ミキシングモジュール 5 2 8 へと送られる。次いで、そのモジュールフロントエンド兼ミキシングモジュール 5 2 8 から差分モジュール 5 3 2 へと検出器電流の合計値が送られる。更に、そのフロントエンド兼ミキシングモジュール 5 2 8 によりビデオ出力を生成することができる。その差分モジュール 5 3 2 には D / A モジュール 5 3 0 から検出器電流の期待平均値が送られる。その差分モジュール 5 3 2 により、更に、検出器電流（例．セグメント化検出器 1 4 2 の全チャンネルについての総和）が、個別のエネルギーしきい値を踏まえ検出器電流の期待平均値と比較される。なお、検出器電流の期待値と検出器電流の実合計値との間の差分は、エネルギーフィルタを通過中の電子の期待個数に対する多寡を示している。その後は、差分モジュール 5 3 2 の出力がゲーティング / 積分モジュール 5 3 4 へと送られる。そして、差分モジュール 5 3 2 からくる差分が所定の時定数で以てゲーティング / 積分モジュール 5 3 4 により積分される。そのため、その出力がサンプルの表面電位に追従することとなる。

10

【 0 1 2 5 】

次いで、そのゲーティング / 積分モジュール 5 3 4 の出力が 1 個又は複数個の信号処理要素 5 3 6（例．処理回路、コンバータ、ドライバ等）へと送られる。そして、その処理要素 5 3 6 により、ゲーティング / 積分モジュール 5 3 4 からきたオフセットがエネルギーフィルタ 5 0 7 にオフセットとして供給され、それによりエネルギーフィルタの弁別しきい値が保存される。加えて、処理要素 5 3 6 によりサンプル表面電位出力が生成される。

【 0 1 2 6 】

実施形態に係る積分時定数は、望ましい平均化の度合いに応じた値域に設定することができる。また、実施形態に係る積分器はゲート式であり、その出力をゲーティング時の値に保持することができるので、帰線中に検出器を無視すること又は制御ループを像エリアの諸部分のみに対しロックすることができる。実施形態に係るゲート式積分器 5 1 2 では、視野外のプレスキャン（事前走査）エリアからの信号がロックされ、そのプレスキャンロック値で以て閉ループ像捕捉が開始される。実施形態によっては、ゲート式積分器 5 1 2 にて像エリア外のプレスキャンエリアからの信号がロックされ、像捕捉中にそのロック値が保持される。実施形態によっては、ゲート式積分器 5 1 2 で、像エリアの一部分のみからの信号を用い、その像の他エリアからの信号がゲーティング又は阻止される。実施形態によっては、ゲート式積分器 5 1 2 により、ビーム帰線中に生成されたゲーティング済の信号が用いられる。

20

30

【 0 1 2 7 】

また、実施形態に係るゲート式積分器 5 1 2 により、制御回路 5 1 4、5 1 6、5 1 8、5 2 0、5 2 2、5 2 4 及び 5 2 6 に一通り又は複数通りの制御信号を送ることで、ゲート式積分器 5 1 2 の出力に応じ電子光学システム 5 0 0 の諸部材を制御することができる。

【 0 1 2 8 】

なお、図 5 B に示すアプローチには短所、即ち二次電子放出のウェハ毎小変並びに一次ビーム流又は検出器利得の経時変化により所定の検出器電流に誤差が入り込み、その結果エネルギーフィルタしきい値の設定ポイントが不正確になる、という短所がある。これは、レシピの冒頭で又は像サイト間ステージ移動中に、自動校正手順により部分的に緩和することができる。その校正手順の第 1 ステップではエネルギーフィルタが 0 V に設定されよう。その校正手順の第 2 ステップでは検出器電流が計測されよう。その校正手順の第 3 ステップでは、二次電子分布についての予備知識に基づき、選択されたエネルギーフィルタ弁別しきい値を踏まえ検出器電流期待値が算出されよう。

40

【 0 1 2 9 】

図 5 C は、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係り、マルチビームエネルギーフィルタアレイ向け制御ループを確立するのに用いられるゲート式積分器 5 1 2 を装備している、システム 5 4 0 のブロック図である。

【 0 1 3 0 】

実施形態に係るシステム 5 4 0 はマルチビーム電子光学システム 5 4 1 を有している。

50

実施形態に係るシステム 539 は、カソード 542 と、N 本の一次ビーム 544 を形成するマルチビーム開口 543 と、を有している。それら N 本の一次ビーム 544 に応じサンプル 110 は N 本の二次電子ビーム 545 を放出する。この電子光学システム 539 は更にアナライザ光学系 541 を有している。実施形態に係るアナライザ光学系 539 は、1 個又は複数個の偏向光学系 546、第 1 電子光学レンズ 547、エネルギーフィルタアレイ 549、検出器アレイ 550 及び N 個一組の検出器前置増幅器 551 を有している。

【0131】

実施形態に係るビームレットエネルギーフィルタ 549 は共通であり一群として制御される。このとき、それらビームレットエネルギーフィルタ 549 が大域的に制御されるセッティングでは、全ての一次ビームレット流の総和を用い制御ループをロックすることでロック期間を大きく短縮することができる。実施形態によっては、複数個のエネルギーフィルタ 549 を構成している個々のビームレットエネルギーフィルタが個別に制御される。その場合、各ビームレットエネルギーフィルタ 549 が独立に制御される。

【0132】

なお、図 5B のゲート式積分器 512 の文脈に従い記述されている制御ステップは、総じて、図 5C のマルチビームレット文脈へと敷衍することができる。加えて、処理回路 536 により、直流高電圧電源 538 を媒介にしてエネルギーフィルタ開口 549 の電位を調整することができる。

【0133】

実施形態に係るシステム 540 では、第 2 のエネルギーフィルタセッティングを用い且つ第 1 及び第 2 像アンサンプル間の差分を捉えてマルチビーム像アンサンプルを取得することで、バンドパスマルチビーム像アンサンプルを得ることができる。また、実施形態に係るシステム 540 にて制御ループを制御 - 保持 - 制御 - 保持シーケンスに従い利用することで、稼働している制御ループで以て像フレームの一部分のみを捉えることができる。

【0134】

また、実施形態に係るシステム 540 にて、レシピセットアップ中にエネルギーフィルタを利用し表面電荷プロファイルを記録することができ、その一方で、像を捕捉しながらそのプロファイルを用いることで、レシピ実行時の像捕捉中にエネルギーフィルタ電位を制御することができる。或いは、本システム 540 により、レシピ実行時の像捕捉中に制御ループをバイアスしてもよい。

【0135】

なお、ドリフト管 / エネルギーフィルタ並びにエミッタンスアナライザアセンブリでは、それらの制御電圧の基準をウェハ表面電位とする利益を得ている。とはいえ、それらのいずれでもドリフト領域が採用されているため、制御参照電圧の誤差により、検出器の平面内における二次電子の径方向分布に大きな変化が生じる。

【0136】

図 5D に、帯電面がループ制御を受けていない場合について、検出器の平面における二次電子分布 560 を示す。図 5E に、帯電面にウェハ表面電位・エミッタンスアナライザアセンブリ 120 間閉ループが付されている場合について、検出器の平面における二次電子分布 561 を示す。第 2 検出器 142 によりもたらされる（中央チャネル） / （外寄りチャネル）の比を用いゲート式積分器向けの誤差信号を生成することにより、帯電に起因する極角弁別ドリフトを安定化することができる（グラフ 561 参照）。

【0137】

図 5E に、ドリフト領域内電位誤差と、中央チャネルを 4 個の外寄り象限の総和により除した比の変化と、の間の関係を表すグラフ 550 を示す。検出器チャネルの比から導出される誤差信号は、一次ビーム流の変化、二次放出の変化、並びにビデオチェインにおける利得の変化に発する誤差に対し不感となる。

【0138】

例えば、二次電子ビームにて 1 nA の電流が想定されている場合、（中央チャネル） / （外寄りチャネル）からなる信号の信号対雑音比は、図 5F のグラフ 560 に示すテイラ

10

20

30

40

50

一級数近似を呈するものとなる。グラフ 560 には全チャネル Q1 ~ Q4 及び C の総和も示されている。

【0139】

図 5G に、エミッタンスアナライザ 120 をサンプル 110 の表面電位にピニングするサーボシステム 580 を示す。なお、ゲート式積分器 512 との関係で本願にて先に言及した諸実施形態及び諸部材については、図 5G に示す実施形態に敷衍されるものと解釈されたい。実施形態に係る像経路光学系は、ゲート式積分器 512 と共に制御ループを形成しており、エミッタンスアナライザアセンブリ 120 を有している。例えば、減速領域の入口から検出器までの諸々を像経路光学系として働かせること、ひいてはそれらの部材の参照電位をゲート式積分器 512 により決定することができる。また、実施形態に係るゲート式積分器により、制御回路構成部材 581 ~ 589 を用い諸部材の電位を制御することができる。

10

【0140】

また、実施形態に係るシステム 580 は、スプリッタ要素 112 からエミッタンスアナライザの減速領域の入口に至る像経路の付近にあり像ビームの走行時間を縮める、加速ライナ 590 を有している。注目すべきは、極角弁別における走行時間誘起誤差をこの加速ライナにより減少させうることである。

【0141】

なお、エミッタンスアナライザ 120 の文脈で実施されたゲート式積分器方式では、サンプル 110 の表面電位がリアルタイムに（制御ループの帯域幅内で）もたらされる。実施形態に係るシステム 580 のエミッタンスアナライザ 120 を用いることで、サンプル表面の電位マップを構築することができる。

20

【0142】

図 5H に、ゲート式積分器 512 により制御又は「サーボ」されるエミッタンスアナライザ 120 の諸要素を示す。この方式により、像ビームに静電位環境を与えることができる。実施形態に係る要素のうち第 1 検出器 128 及び第 2 検出器 142 間にあるものは、第 1 検出器 128 及び第 2 検出器 142 を含め全て、サンプル 110 の表面電位で浮動している。なお、サンプル 110 からの二次電子 116 はサンプル 110 から離れるにつれ加速していくのであり、表面帯電によるそれら二次電子のエネルギーの変化は僅かである。実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 120 に備わる 1 個又は複数個の部材は、表面電圧変動が生じているときでもそれら二次電子に与えられる電場環境が一定になるよう、サンプル表面帯電電圧で以てサーボされる。

30

【0143】

図 5I は、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係りゲート式積分器 512 を装備しているシステム 591 のブロック図である。実施形態に係るゲート式積分器 512 は、ドリフト管 579 を含む制御ループを閉じるのに用いられる。なお、ゲート式積分器 512 との関係で本願にて先に言及した諸実施形態及び諸部材については、図 5I に示す実施形態に敷衍されるものと解釈されたい。図 5I の実施形態にて用いるドリフト管については、参照を以て先にその全容が繰り入れられた特許文献 11 にあらましが記述されている。

40

【0144】

また、実施形態に係るゲート式積分器により、制御回路構成部材 592 ~ 599 を用い諸部材の電位を制御することができる。

【0145】

図 6A に、本件開示の 1 個又は複数個の実施形態に係り、本願にて先に言及したインサイチューフラッド、ゲート式積分器及びエミッタンスアナライザを装備しているシステム 600 を示す。実施形態に係るシステム 600 はエミッタンスアナライザアセンブリ 120 及びゲート式積分器 512 を有している。また、実施形態に係るシステム 600 はインサイチューフラッドガン 602 及びフラッドガンコントローラ 601 を有している。実施形態によっては、本願中で先に既述した通り、電子源 102 を用いインサイチューフラッ

50

ドがもたらされよう。

【 0 1 4 6 】

インサイチューフラッドガン 6 0 2 及びコントローラ 6 0 1 (又は電子源 1 0 2) は、エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 と併せ、フラッド実行中のエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 からのフィードバックを用い信頼性よく且つ可再現的に所定電圧へとサンプル 1 1 0 にプレドーズしうよう、構成することができる。

【 0 1 4 7 】

ステージの粗走行中には、実施形態に係るエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 の高電圧が、レシピセットアップ中に決定された値に設定される。また、ステージの粗セトリング中には、実施形態に係るフラッドガン 6 0 2 及びフラッドビーム偏向器 6 0 4 が励振され、エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 内の第 1 電子検出器 1 2 8 がターンオフされる。更に、フラッドビームによりもたらされた二次電子がスプリッタ要素 1 1 2 により偏向器へとルーティングされる。図 6 B に示すように、第 1 電子検出器 1 2 8 によりインサイチュー二次電子の大半が排除され、それにより第 2 電子検出器 1 4 2 が飽和から保護される。サンプル 1 1 0 の表面が帯電されるにつれ、二次電子エネルギーがエネルギーフィルタ 1 3 8 のカットオフエネルギーに接近していく。このモードでは、エネルギーフィルタ 1 2 8 が正確である必要はないが、精密且つ可再現的でなければならない。二次電子がエネルギーフィルタ 1 2 8 により拒絶され始めると、検出器電流の低下がゲート式積分器 5 1 2 により感知され、ひいてはその積分器からフラッドガンコントローラ 6 0 1 に信号が送られてフラッドガンがターンオフする。

【 0 1 4 8 】

ステージの微セトリング中には、エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 が既にサンプル 1 1 0 の表面電位付近に設定されているため、ゲート式積分器 5 1 2 をロックするのに僅かな F O V 外プレスキャンしか必要とされない。ロック後にはゲート式積分器 5 1 2 による像捕捉が始まる。

【 0 1 4 9 】

なお、エミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 を安定な形態で動作させようよう半導体を帯電させる場合、大面積インサイチュープレドーズが必要になるよう。

【 0 1 5 0 】

図 6 C は、電荷ビルドアップとサンプル 1 1 0 の層厚との間の関係を示す概念図 6 1 0 である。このサンプル 1 1 0 は半導体デバイスサンプルで以て構成されており、シリコン層と、 SiO_2 層内に被覆形成されたポリ層及び金属層とを有している。更に、 I_p は一次ビームに係る初期電流を表している。 I_c はその表面にて保持されている電荷に係る電流寄与分を表している。 I_L は着地スポットから漏れた電荷に係る漏れ電流を表している。 I_{SE}, I_{BSE} はサンプル表面によって放出された二次電子及び後方散乱電子に係る電流である。なお、既知エリアに一次ビーム 1 0 4 を放射しエミッタンスアナライザアセンブリ 1 2 0 をウェハ表面電位に追従させることにより、帯電の速度を求めることができる。更に、プロセスについての予備知識及びレシピセットアップ中の特徴付けにより、その層の最小線幅 (C D) を導出することができる。

【 0 1 5 1 】

実施形態に係る 1 個又は複数個のコントローラ (例、コントローラ 1 2 1) 又はそれに類する他の制御システムには、出力デバイス (例、検出器 1 4 2) 及びメモリに可通信結合された 1 個又は複数個のプロセッサを具備させよう。実施形態に係る 1 個又は複数個のプロセッサは、メモリ内に保持されている一組のプログラム命令を実行するよう構成しうる。

【 0 1 5 2 】

コントローラに備わる 1 個又は複数個のプロセッサには、本件技術分野で既知なあらゆる処理要素を 1 個又は複数個を具備させよう。その意味で、当該 1 個又は複数個のプロセッサには、アルゴリズム及び / 又は命令を実行するよう構成されたあらゆるマイクロプロセッサデバイスを具備させよう。実施形態に係る 1 個又は複数個のプロセッサは、然るべ

く構成されたプログラムを実行することで諸システム及びサブシステム実施形態の1個又は複数個の部分を本件開示の随所に記述の如く動作させるよう構成された、デスクトップコンピュータ、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、イメージコンピュータ、パラレルプロセッサその他のコンピュータシステム（例：ネットワークに接続されているコンピュータ）により構成しうる。ご認識頂くべきことに、本件開示の随所に記述されている諸ステップは、単一のコンピュータシステムでも複数個のコンピュータシステムでも実行しうる。総じて、語「プロセッサ」は、非一時的記憶媒体から得られるプログラム命令を実行する処理要素を1個又は複数個有するデバイスが全て包含されるよう、広義に定義しうる。更に、そのシステム（群）に備わる様々なサブシステムに、本件開示の随所に記載されている諸ステップのうち少なくとも一部分を実行するのに適したプロセッサや論理素子を具備させうる。そのため、上掲の記述は、本件開示に対する限定事項として解釈すべきではなく、単なる例証として解釈すべきである。

10

【0153】

メモリには、連携先の1個又は複数個のプロセッサにて実行可能なプログラム命令を格納するのに適していて本件技術分野で既知なあらゆる格納媒体を含めうる。例えば、メモリには非一時的記憶媒体が含まれうる。例えば、メモリにはリードオンリメモリ、ランダムアクセスメモリ、磁気又は光メモリデバイス（例：ディスク）、磁気テープ、固体ドライブ等が含まれうる。実施形態によっては、ここで注記すべきことに、本願記載の諸システム/サブシステム及び/又は諸ステップの出力に由来する一通り又は複数通りの結果を格納しうるようメモリが構成される。更に注記すべきことに、メモリは1個又は複数個のプロセッサと共に共通コントローラハウジング内に収容させうる。実施形態によっては、プロセッサ及びコントローラの物理的所在個所から見てリモートなところにメモリが所在することとなろう。例えば、コントローラに備わる1個又は複数個のプロセッサが、ネットワーク（例：インターネット、イントラネット等）を介しアクセス可能なりモートメモリ（例：サーバ）にアクセスするようにするとよい。実施形態によっては、本件開示の随所に記述されている諸ステップを1個又は複数個のプロセッサに実行させるプログラム命令がメモリに格納される。

20

【0154】

いわゆる当業者にはご理解頂けるように、昨今の技術は、システムの諸態様のハードウェアの実現形態とソフトウェアの実現形態の間に僅かの違いしか残らない点まで進歩しており、ハードウェアを用いるかそれともソフトウェアを用いるかは、（ハードウェア・ソフトウェア間選択が重大になる文脈もあるので常にはではないが）一般に、費用対効率のトレードオフを呈する設計的選択事項となっている。いわゆる当業者にはご理解頂けるように、本願記載のプロセス及び/又はシステム及び/又はその他の技術を実施に移せる手段は多々あるし（例：ハードウェア、ソフトウェア及び/又はファームウェア）、また好適な手段はそのプロセス及び/又はシステム及び/又はその他の技術が展開される文脈により変わりうる。例えば、実施者が速度及び正確性が最重要であると判断したなら、その実施者は主としてハードウェア及び/又はファームウェア的な手段を選ぶであろう；そうではなく柔軟性が最重要なら、実施者は主としてソフトウェア的な実現形態を選ぶであろう；さもないれば、実施者はハードウェア、ソフトウェア及び/又はファームウェアの何らかの組合せを選ぶであろう。このように、本願記載のプロセス及び/又はデバイス及び/又はその他の技術を実施に移せる潜在的手段は幾つかあり、それらのいずれも、どの手段を利用すべきかが選択の事項であり、その手段が展開される文脈並びに実施者の具体的な関心事項（例：速度、柔軟性又は予測可能性）により左右されることや、そのいずれもが変化しうることからすれば、他のものに比べ本質的に秀逸なものではない。いわゆる当業者にはご理解頂けるように、諸実現形態の光学的諸態様では、通常、光学を指向したハードウェア、ソフトウェア及び/又はファームウェアが採用されよう。

30

40

【0155】

いわゆる当業者にはご理解頂けるように、本件技術分野での通例によれば、本願中で説明した形式にてデバイス及び/又はプロセスを記述した上で、諸技術手法を用い、そうし

50

た記述に係るデバイス及び／又はプロセスを、データ処理システム内に組みこむことができる。即ち、本願記載のデバイス及び／又はプロセスの少なくとも一部分を、相応量の実験を通じデータ処理システム内に組み込むことができる。いわゆる当業者にはご理解頂けるように、通常のデータ処理システムは、総じて、１個又は複数個のシステムユニットハウジング、ビデオ表示デバイス、メモリ例えば揮発性メモリ及び不揮発性メモリ、プロセッサ例えばマイクロプロセッサ及びデジタル信号プロセッサ、情報処理エンティティ例えば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インタフェース及びアプリケーションプログラム、１個又は複数個のインタラクティブデバイス例えばタッチパッド及びタッチスクリーン、及び／又はフィードバックループ及び制御モータ（例．位置及び／又は速度を感知するためのフィードバック；諸部材及び／又は諸量を運動させ及び／又は調整するための制御モータ）を有する制御システムを有する。通常のデータ処理システムは、任意の好適な市販部材、例えばデータ情報処理／通信及び／又はネットワーク情報処理／通信システムでよくあるそれらを利用し、実施することができる。

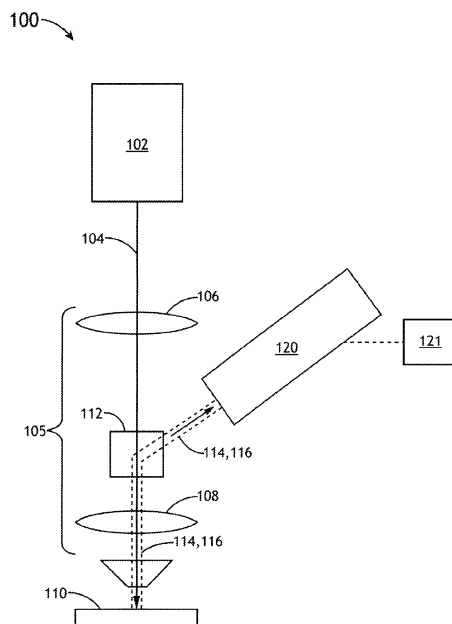
【 0 1 5 6 】

信すべきことに、本件開示及びそれに付随する数多くの長所については上掲の記述によりご理解頂けるであろうし、また被開示主題から離隔することなく又はその主要な長所全てを犠牲にすることなく諸部材の形態、構成及び配置に様々な変形を施せることも自明であろう。上述した形態は単なる説明用のものであり、後掲の特許請求の範囲の意図は、そうした変形を包括及び包含することにある。

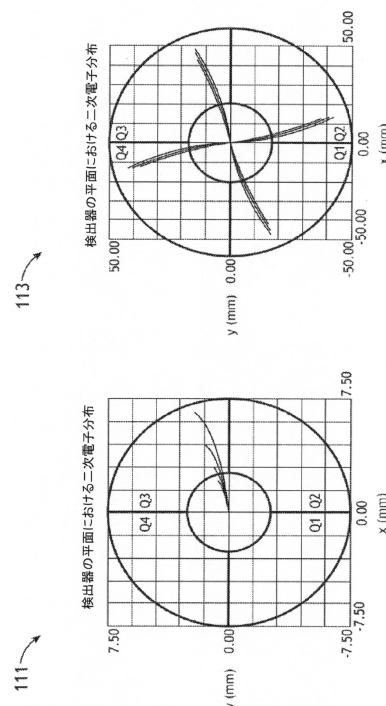
10

20

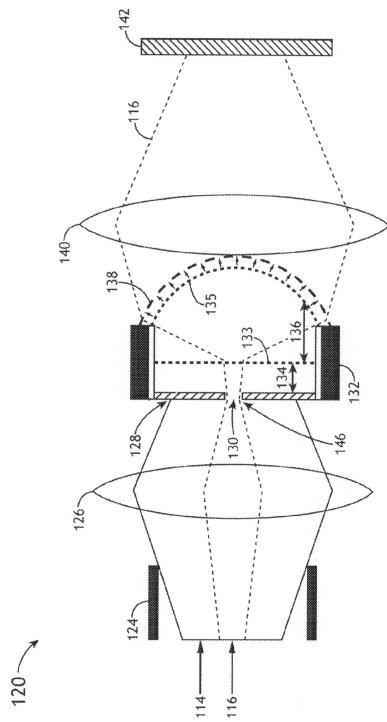
【 図 1 A 】



【 図 1 B 】



【図 1 C】



【図 1 D】

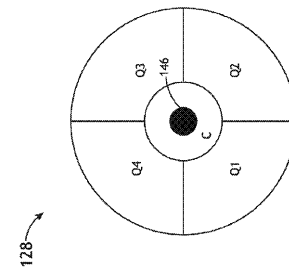


FIG.1D

【図 1 E】

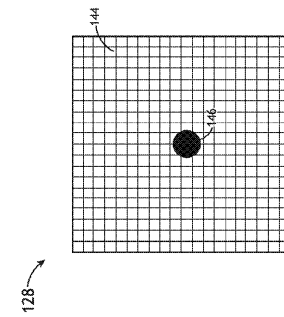
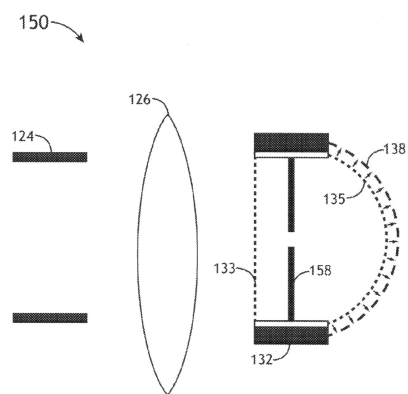
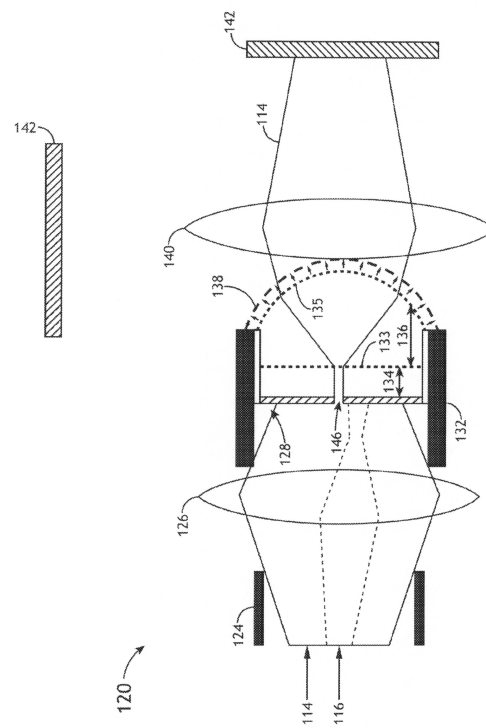


FIG.1E

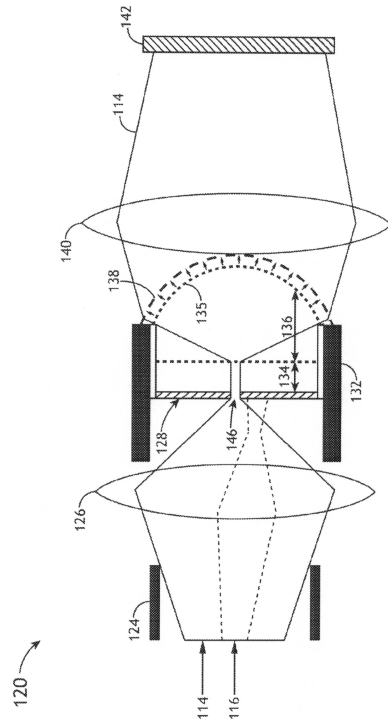
【図 1 F】



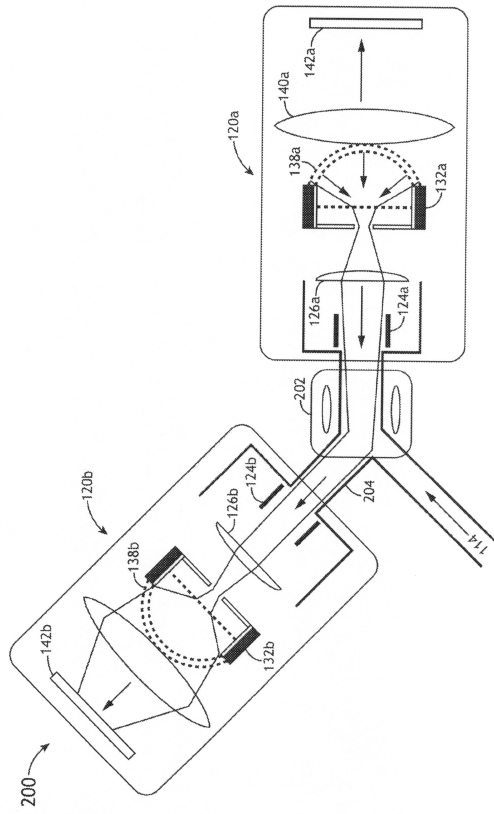
【図 1 G】



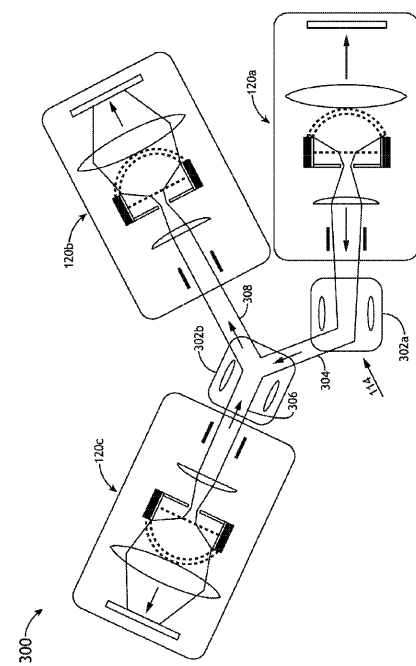
【図 1 H】



【図 2】



【図 3】



【図 4 A】

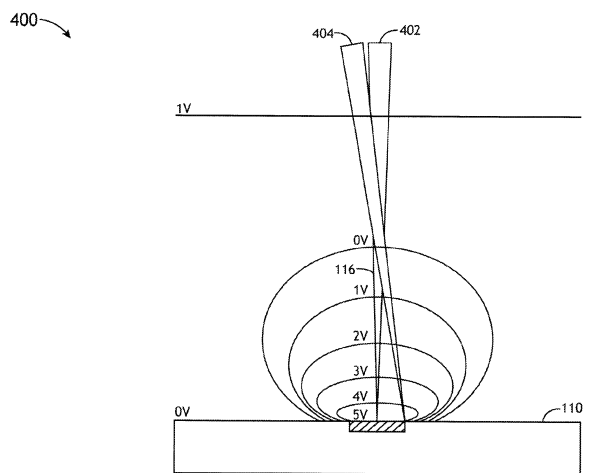
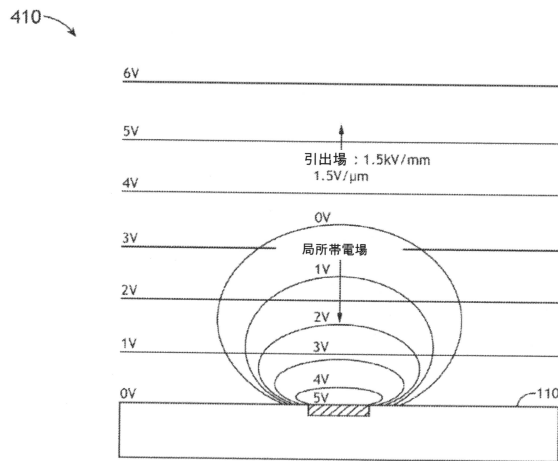
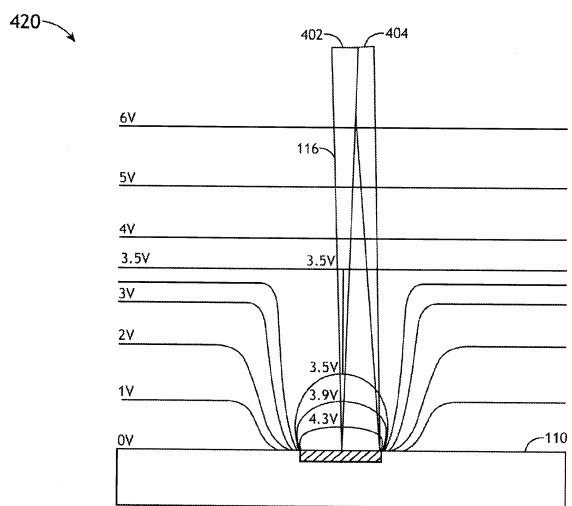


FIG.3

【図 4 B】



【図 4 C】



【図 4 D】

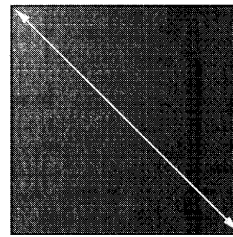
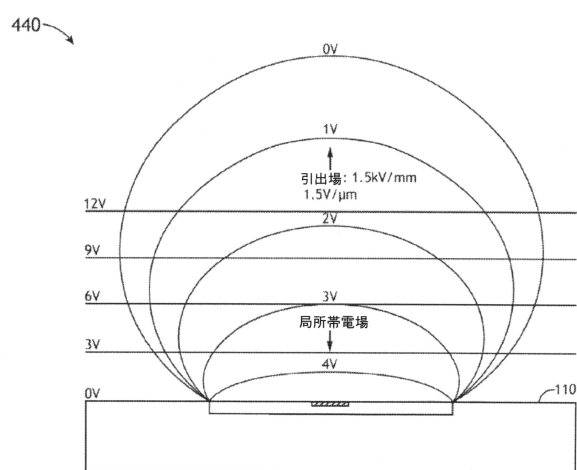


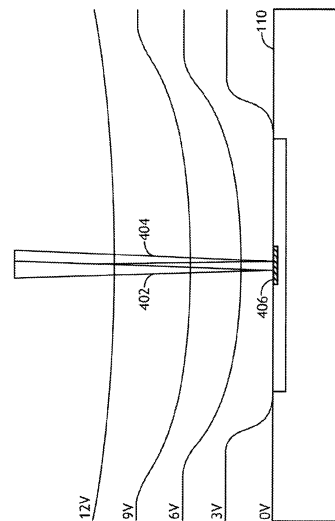
FIG. 4D

430

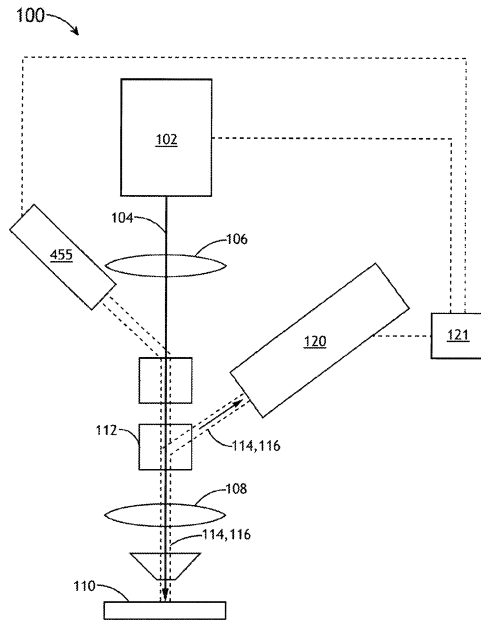
【図 4 E】



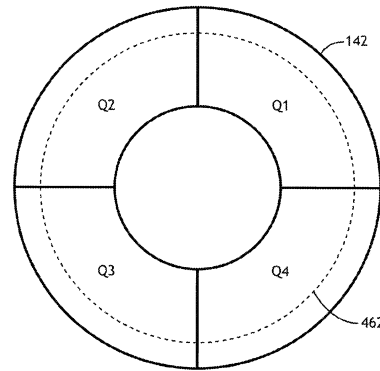
【図 4 F】



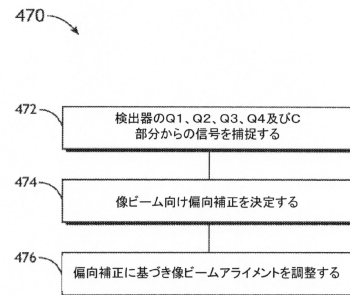
【図 4 G】



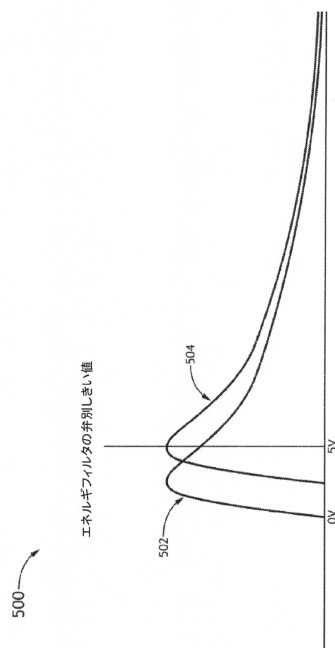
【図 4 H】



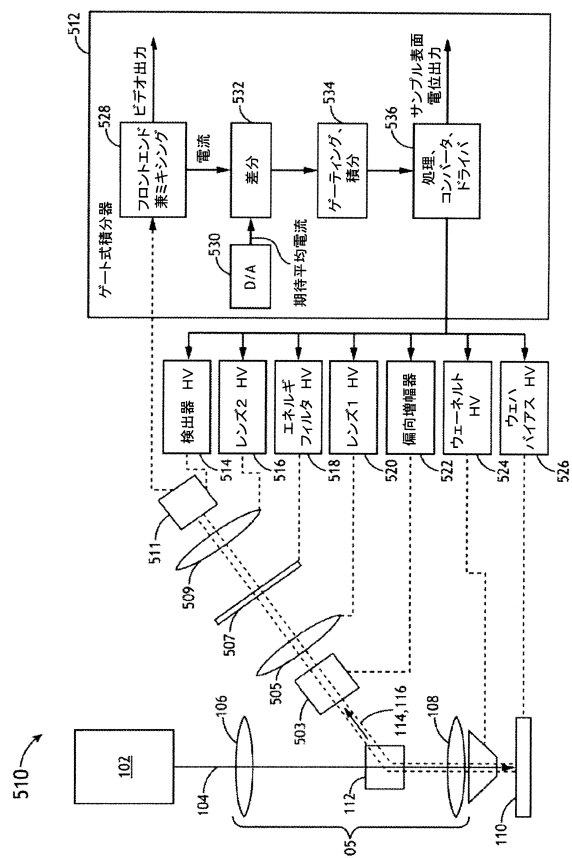
【図 4 I】



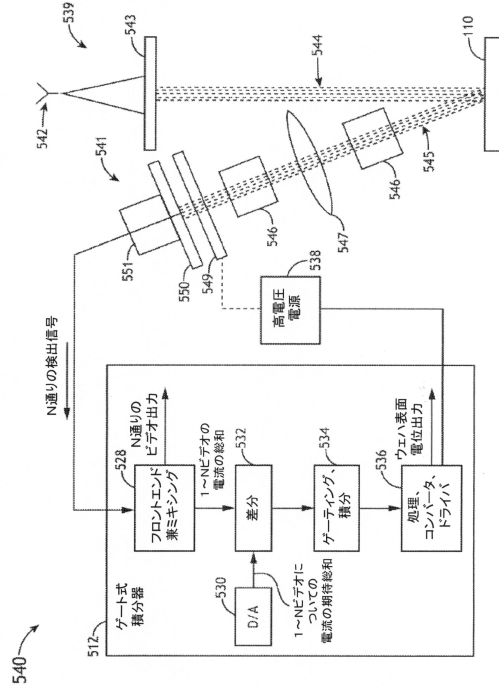
【図 5 A】



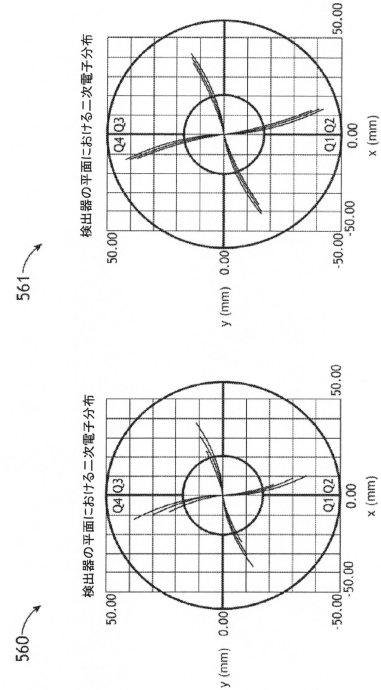
【図 5 B】



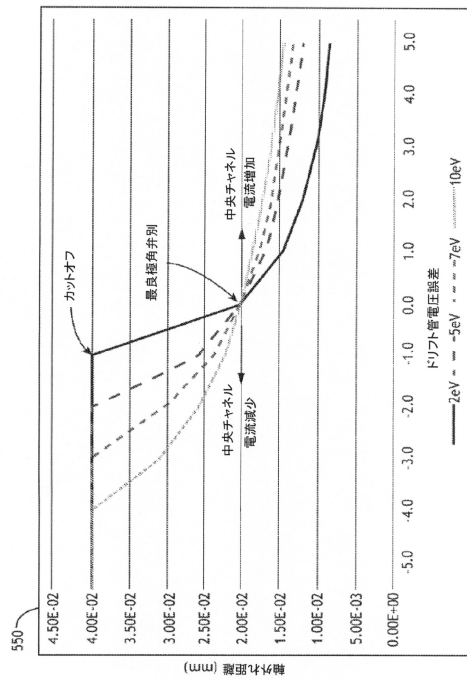
【図 5 C】



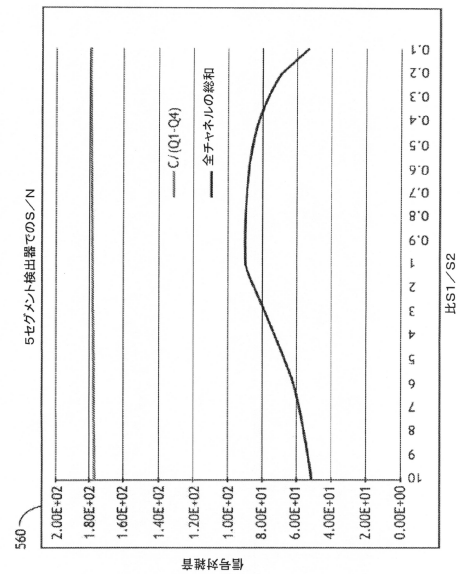
【図 5 D】



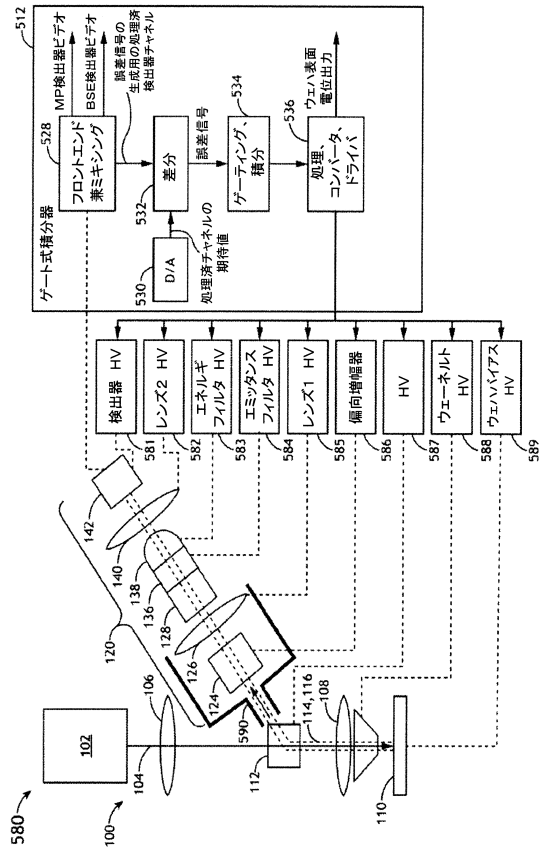
【図 5 E】



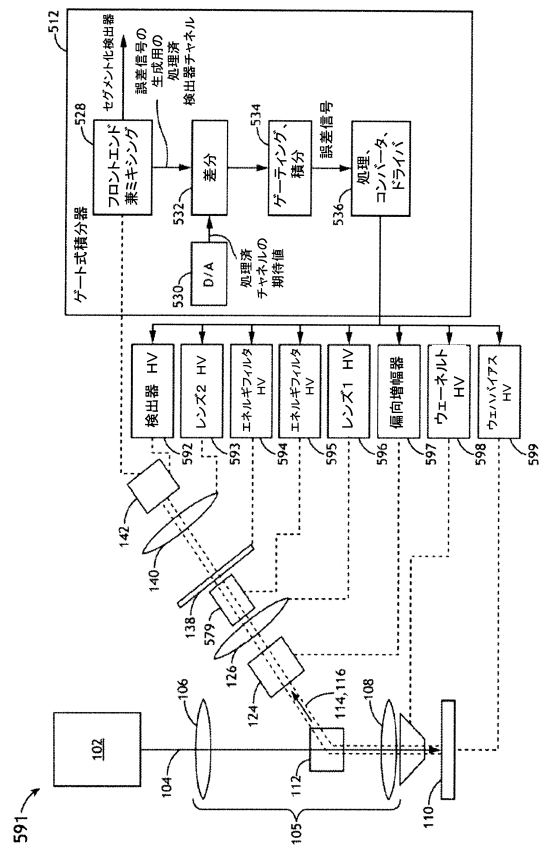
【図 5 F】



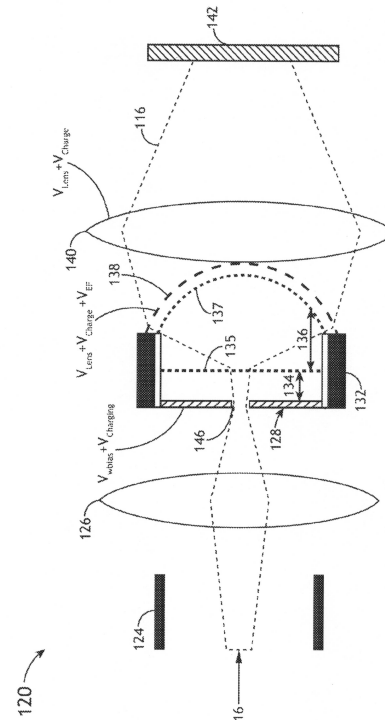
【図 5 G】



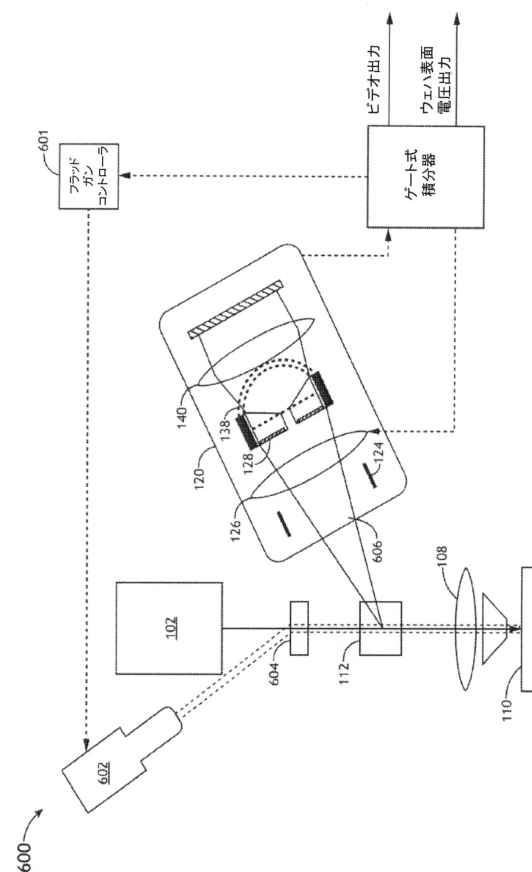
【図 5 I】



【図 5 H】



【図 6 A】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 62/214,737

(32)優先日 平成27年9月4日(2015.9.4)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 62/277,670

(32)優先日 平成28年1月12日(2016.1.12)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 15/079,046

(32)優先日 平成28年3月24日(2016.3.24)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(72)発明者 ボスラ ロヒット

アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピタス ファーンリーフ ドライブ 680

(72)発明者 チェン グレース エイチ

アメリカ合衆国 カリフォルニア ロス ガトス セロ チコ 220

(72)発明者 ケニッペルマイヤー ライナー

アメリカ合衆国 マサチューセッツ グロットン ヘイデン ロード 131

審査官 右 高 孝幸

(56)参考文献 特開2006-261111(JP,A)

特開2002-260569(JP,A)

特開2014-052379(JP,A)

特開2015-038892(JP,A)

米国特許出願公開第2013/0270439(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01J 37/00