

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5753080号
(P5753080)

(45) 発行日 平成27年7月22日 (2015. 7. 22)

(24) 登録日 平成27年5月29日 (2015. 5. 29)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N	23/225	(2006. 01)	GO 1 N	23/225	3 2 0
HO 1 J	37/05	(2006. 01)	HO 1 J	37/05	
HO 1 J	37/08	(2006. 01)	HO 1 J	37/08	
HO 1 J	37/244	(2006. 01)	HO 1 J	37/244	
HO 1 J	37/28	(2006. 01)	HO 1 J	37/28	Z

請求項の数 16 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2011-512528 (P2011-512528)
(86) (22) 出願日	平成21年5月26日 (2009. 5. 26)
(65) 公表番号	特表2011-525237 (P2011-525237A)
(43) 公表日	平成23年9月15日 (2011. 9. 15)
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/045145
(87) 国際公開番号	W02009/148881
(87) 国際公開日	平成21年12月10日 (2009. 12. 10)
審査請求日	平成24年5月25日 (2012. 5. 25)
(31) 優先権主張番号	PCT/US2008/065470
(32) 優先日	平成20年6月2日 (2008. 6. 2)
(33) 優先権主張国	米国 (US)
(31) 優先権主張番号	61/074, 256
(32) 優先日	平成20年6月20日 (2008. 6. 20)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

(73) 特許権者	513064276
	カール ツァイス マイクロスコピー エルエルシー アメリカ合衆国 ニューヨーク州 105 94 ソーンウッド ワン ツァイス ド ライブ
(74) 代理人	100147485
	弁理士 杉村 憲司
(74) 代理人	100134005
	弁理士 澤田 達也
(74) 代理人	100147692
	弁理士 下地 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子検出システム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の第 1 粒子をサンプルに作用させて、複数の第 2 粒子を前記サンプルから放出させるステップと、

磁場の大きさおよび / 又は磁場の方向を、前記複数の第 1 粒子の粒子源と前記サンプルとの間の距離、前記第 2 粒子の検出に用いる検出器と前記サンプルから前記第 2 粒子が放出される前記サンプル上の位置との間の距離、及び、前記検出器に印加される電圧を含むグループから選択された少なくとも一つのパラメータに基づいて選択するステップと、

前記複数の第 2 粒子の軌道を修正するために、前記複数の第 2 粒子を前記磁場にさらすステップと、

前記複数の第 2 粒子を前記磁場にさらすステップの後に、前記複数の第 2 粒子を検出するステップと、
を含む方法。

【請求項 2】

複数の第 1 粒子をサンプルに作用させて、複数の第 2 粒子を前記サンプルから放出させるステップと、

磁場の大きさおよび磁場の方向を、前記複数の第 1 粒子の粒子源と前記サンプルとの間の距離、前記サンプルと前記第 2 粒子の検出に用いる検出器との間の距離、前記第 2 粒子の検出に用いる前記検出器と前記サンプルから前記第 2 粒子が放出される前記サンプル上の位置との間の距離、前記第 2 粒子のエネルギー、前記サンプルから前記第 2 粒子が放出

される前記サンプル上の位置の形状、及び、前記検出器に印加される電圧を含むグループから選択された少なくとも一つのパラメータに基づいて選択するステップと、
前記複数の第2粒子の軌道を修正するために、前記複数の第2粒子を前記磁場にさらすステップと、を含み、

前記第1粒子の軌道は、前記磁場によって実質的に変更されないことを特徴とする、方法。

【請求項3】

複数の第1粒子をサンプルに作用させて、複数の第2粒子を前記サンプルから放出させるステップと、

少なくとも磁場の方向を、少なくとも前記サンプルと前記第2粒子の検出に用いる検出器との間の距離に基づいて選択するステップと、

前記複数の第2粒子の軌道を修正するために、前記複数の第2粒子を前記磁場にさらすステップと、を含み、

前記第1粒子が前記第2粒子を前記サンプルから放出させる効率は、前記磁場によって実質的に変更されないことを特徴とする、方法。

【請求項4】

前記第1粒子はイオンであることを特徴とする、請求項1～3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項5】

前記複数の第1粒子は、ビームを形成することを特徴とする、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記複数の第1粒子の前記ビームは、ガスフィールドイオン源によって生成されることを特徴とする、請求項5に記載の方法。

【請求項7】

前記ガスフィールドイオン源は、イオンカラムを含み、前記複数の第2粒子の少なくとも一部が、検出される前に前記イオンカラムの少なくとも一部を通過するように構成されることを特徴とする、請求項6に記載の方法。

【請求項8】

前記複数の第2粒子を前記磁場にさらすステップは、前記磁場を使用しない場合の前記複数の第2粒子の検出効率よりも、前記複数の第2粒子の検出効率を改善することを特徴とする、請求項1～7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】

前記複数の第2粒子の少なくとも一部は、前記サンプルの形状が穴状である前記サンプルの位置から放出されることを特徴とする、請求項1～8のいずれか一項に記載の方法。

【請求項10】

前記第2粒子は電子であることを特徴とする、請求項1～9のいずれか一項に記載の方法。

【請求項11】

前記第2粒子は二次電子であることを特徴とする、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

サンプルから放出される複数の第2粒子に磁場を作用させるステップと、

前記磁場の大きさおよび/又は磁場の方向を、前記第2粒子を前記サンプルから放出させる第1粒子の粒子源と前記サンプルとの間の距離、前記第2粒子の検出に用いる検出器と前記サンプルから前記第2粒子が放出される前記サンプル上の位置との間の距離、前記第2粒子のエネルギー、前記サンプルから前記第2粒子が放出される前記サンプル上の位置の形状、及び、前記検出器に印加される電圧を含むグループから選択された少なくとも一つのパラメータに基づいて選択するステップと、を含み

前記第1粒子の軌道は、前記磁場によって実質的に変更されないことを特徴とする、方法。

【請求項13】

サンプルから放出される複数の第2粒子に磁場を作用させるステップと、

前記磁場の大きさおよび磁場の方向を、複数の第1粒子の粒子源と前記サンプルとの間の距離、前記サンプルと前記第2粒子の検出に用いる検出器との間の距離、前記第2粒子の検出に用いる前記検出器と前記サンプルから前記第2粒子が放出される前記サンプル上の位置との間の距離、前記第2粒子のエネルギー、前記サンプルから前記第2粒子が放出される前記サンプル上の位置の形状、及び、前記検出器に印加される電圧を含むグループから選択された少なくとも一つのパラメータに基づいて選択するステップと、を含み、

前記第1粒子が前記サンプルから前記第2粒子を放出させる効率¹は、前記磁場によっては実質的に変更されないことを特徴とする、方法。

【請求項14】

10

前記複数の第2粒子の修正された軌道は、少なくとも部分的にはガスフィールドイオンシステムのイオンカラムを通過することを特徴とする、請求項12又は13に記載の方法。

【請求項15】

前記第2粒子を第2磁場にさらして、前記第2粒子をイオンカラムに導くことを特徴とする、請求項11～14のいずれか一項に記載の方法。

【請求項16】

前記磁場の大きさは少なくとも0.005テスラであることを特徴とする、請求項1～15のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、1つ又は複数のサンプルからの電子を検出するシステム及び方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

一般に、半導体製造は、順次蒸着されて集積電子回路、集積回路素子、及び/又は異なるマイクロエレクトロニックデバイスを形成するように加工される複数の材料層を含む製品(半導体製品)を準備する工程を含む。一般に、そのような製品は、様々な構造(例:導電性材料で形成された回路線、非導電性材料で充填されたウェル)を有し、(例えば、数ナノメートル以内の規模で)相互に正確に配置されている。所定の構造の位置、大きさ(長さ、幅、深さ)、組成(化学組成)、及び関連する特性(導電性、結晶方向、磁気特性)は、製品性能に重大な影響を及ぼすおそれがある。例えば、ある状況では、これらのパラメータのうちの1つ又は複数の適切な範囲外となると、製品は、所望に機能しないために不良とされてしまう。結果的に、一般的に、半導体製造時の各ステップにわたって非常に良好に制御されることが望ましく、製造工程の様々なステップにおいて半導体製品の製造をモニタリングできるような手段を有することは有効である。この手段で、半導体製造工程の様々なステージで1つ又は複数の特徴の位置、大きさ、組成、及び関連する性質を調査することができる。本明細書では、半導体製品とは、集積電子回路、集積回路素子、マイクロエレクトロニック素子又は集積電子回路の製造プロセス中に得られる製品、集積回路素子、マイクロエレクトロニック素子を指す。いくつかの実施形態では、半導体製品は、フラットパネルディスプレイ又は光電池の一部を構成する。

30

40

【0003】

半導体製品を可視化(イメージング)するシステム及び方法は既知である。そのようなシステム及び方法の多くにおいて、イオンビーム又は電子ビームが製品に当たり、二次電子のような粒子が製品から放出される。これらの二次電子が検出され、製品についての情報を提供し、サンプルの像を取得するために用いられる。

【発明の開示】

【0004】

概して、本開示は、電子を検出するための改良された方法及びシステムに関するもので

50

ある。典型的には、本システム及び方法は、荷電粒子ビームをサンプルに作用させて、電子（例えば、二次電子）がサンプルから放出されるようにすることを含む。本システム及び方法は、電子検出の効率を改善することができる。改善された電子効率は、様々な利点を生ずる。

【0005】

例えば、電子効率が向上することで、所望の解像度を有するサンプル画像を取得するための所要時間を短縮することができる。複数のサンプルが（順番又は並行して）取得される場合、所望の解像度を有する画像を取得するための時間が短縮されていれば、結果的に、全工程に必要な所要時間が短縮される。

【0006】

また、電子検出効率が改善されると、比較的高解像度のサンプル画像を取得することができるようになる。いくつかの場合、特に高解像度の画像が重要な場合には、本明細書に記載のシステム及び方法を有利に用いることができるが、他方、低解像度の画像しか生成することができないシステム及び方法を用いても、所望の画像を得ることはできない。

【0007】

いくつかの場合、サンプルと、例えば、イオンビームとしての荷電粒子を生成するために用いられるガスフィールドイオン源のイオンカラムの末端との間の距離が比較的小さい。このような場合、必要な電子を検出することは非常に難しい。磁場によって電子の軌道を操作することで、必要な電子を検出する機能を高めることが可能である。

【0008】

一つの観点によれば、本願は、概して、複数の第1粒子をサンプルに作用させて、複数の二次電子をサンプルから放出させることと、これらの複数の二次電子を磁場に曝して、これらの二次電子の軌道を修正することを含む方法を開示するものである。また、本方法は、複数の二次電子を磁場にさらした後、これら複数の二次電子を検出するステップを含む。

【0009】

他の観点によれば、本願は、ハウジングと、ハウジング内の第1粒子源と、ハウジング内の磁場源と、ハウジング内の検出器とを含むシステムを開示するものである。第1粒子源は、複数の第1粒子をサンプルに向かって放射させ、使用中複数の第1粒子がサンプルに作用する間に複数の第2粒子をサンプルから放出させる。磁場源は、使用中前記複数の第2粒子がサンプルから放出され、且つ磁場源がオンになっている場合、複数の第2粒子の軌道を修正する磁場を生成させる。検出器は、複数の第2粒子が磁場にさらされた後に使用される間に、前記複数の第2粒子の少なくとも一部を検出する。

【0010】

さらなる観点によれば、本願は、複数の第1粒子をサンプルに作用させ、複数の第2粒子をサンプルから放出させるステップと、複数の第2粒子を磁場にさらして複数の粒子の軌道を修正するステップとを含む方法を開示するものである。第1粒子の軌道は、実質的に磁場によっては変更されない。

【0011】

さらなる観点によれば、本願は、サンプルから放出される複数の二次電子に磁場を作用させるステップを含む方法を開示するものである。二次電子をサンプルから放出させる粒子の軌道は、磁場によっては実質的に変更されない。

【0012】

ある観点では、本願は、複数の第1粒子をサンプルに作用させて、複数の第2粒子をサンプルから放出させるステップと、複数の第2粒子を磁場にさらして、複数の第2粒子の軌道を修正するステップとを含む方法を開示するものである。第1粒子が第2粒子をサンプルから放出させる効率は、磁場によっては実質的に変更されない。

【0013】

他の観点では、本願は、サンプルから放出される複数の二次電子に磁場を作用させるステップを含む方法を開示するものである。サンプルから二次電子を放出させる粒子の効率

10

20

30

40

50

は、磁場によっては実質的に変更されない。

【 0 0 1 4 】

この他の特徴及び効果は、以下の説明、図面、及び請求項から明らかである。

【 0 0 1 5 】

図中、同様の構成要素については同様の参照符号を付して示す。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 6 】

【図 1】He イオン顕微鏡の概略図である。

【図 2】He イオン顕微鏡の概略図である。

【図 3 A】He イオン顕微鏡内の電子の軌道を示す図である。

10

【図 3 B】He イオン顕微鏡内の電子の軌道を示す図である。

【図 4】半導体製品の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

図 1 は、He イオン顕微鏡 1 0 0 の概略図である。He イオン顕微鏡 1 0 0 は、ハウジング 1 0 2、He イオン源 1 1 0、半導体製品 1 2 0、及び検出器 1 3 0（例えば、エバーハート・ソソリー検出器）を備える。使用中、イオン源 1 1 0 は、イオンビームを生成し、当該イオンビームは、製品 1 2 0 の表面 1 2 2（及び、表面領域）に作用して、二次電子（エネルギーが 5 0 e V 未満の、サンプルから放出された電子）のような電子を含む粒子を、製品 1 2 0 から放出させる。電子は、検出器 1 3 0 で検出されて、製品 1 2 0 についての情報をもたらし、製品 1 2 0 についての画像の生成に用いられる。典型的には検出器 1 3 0 は、正静電抽出電界（electrostatic positive extraction field）を生成して、電子が検出器に到達することを促進する。いくつかの実施形態では、電場は最大 0 . 5 V / mm 程度（例えば、0 . 1 V / mm ~ 0 . 5 V V / mm）である。

20

【 0 0 1 8 】

いくつかの場合では、検出される電子の効率は、例えば、システム 1 0 0 の構成要素の配置を含む実施上配慮により制約を受ける。例えば、イオン源 1 1 0 は典型的にはイオンカラムを含み、その最先端の構成要素は、製品 1 2 0 に接近して設けられ、製品 1 2 0 に当たる He イオンフラックスを促進させて、画像解像度及び／又はスループットを向上させることが望ましい。よって、検出器 1 3 0 は、イオン源 1 1 0 により精製された He イオン及び製品 1 2 0 の間の軸 1 4 0 に対して、軸外に設けられる。このことは、He イオンが製品 1 2 0 に当たることに対して負の影響を与えることなく、検出器 1 3 0 が製品 1 2 0 からの電子を効率的に検出することを促進する静電抽出電界を生成することを困難にする恐れがある。換言すれば、ある場合では、電子検出を促進するために十分な静電ポテンシャルを検出器 1 3 0 によって生成するまでに、イオンフラックス及び／又は He イオンが製品 1 2 0 にあたる位置に影響するほど電場が高くなり、これにより、システム 1 0 0 を製品 1 2 0 を可視化するために用いることが困難となるおそれがある。

30

【 0 0 1 9 】

図 2 は、He イオン顕微鏡 2 0 0 の概略図を示す図である。He イオン顕微鏡 2 0 0 は、ハウジング 2 0 2、イオン源 1 1 0、製品 1 2 0、検出器 1 3 0、及び、磁場源 2 1 0 を備える。概して、磁場源 2 1 0 は、あらゆる磁場源でありうる。いくつかの実施形態では、磁場源 2 1 0 は、永久磁石である。ある実施形態では、磁場源 2 1 0 は、電流を導通して磁場を生成するワイヤ（例えば、コイル状ワイヤ）である。任意には、磁場源 2 1 0 は、図 2 に示す顕微鏡 2 0 0 の平面上で、上下に配置されたテスラコイルでありうる。いくつかの実施形態では、磁場源 2 1 0 は製品 1 2 0 の下に配置された比較的小さいコイルである。

40

【 0 0 2 0 】

システム 2 0 0 によって生じる効果は、磁場が電子の軌道に与える影響に比べて、磁場が正荷電イオンの軌道に与える影響が無視できるということである。例えば、特定の状況下では、所与の磁場において、He イオンが同じエネルギーの電子よりも約 8 5 回少な

50

い回数偏向される。イオン源 110 によって生成された He イオンは、典型的には検出されるべき電子よりもエネルギーが大きいとすると、上述したような磁場の有利な効果は更に大きくなる。いくつかの実施形態では、He イオンの軌道を、検出される電子の軌道を磁場が変更する回数よりも、少なくとも 25 回（例えば、少なくとも 50 回、少なくとも 75 回、少なくとも 100 回）少ない回数で、磁場が He イオンの軌道を変更する。

【0021】

従って、磁場源 210 によって生成される磁場の方向及びサイズを適切に選択することで、製品 120 から放出される電子の軌道を、より多くの電子が検出器 130 に到達するように操作することができると共に、He イオンと製品 120 との相互作用に磁場が与える影響を除去又は低減することができる。特定の理論に拘束されることなく、いくつかの実施形態では、磁場の大きさ及び/又は方向は、イオン源 110 のイオンカラムの末端と製品 120 との間の距離、製品 120 と検出器 130 との間の距離、検出器 130 と（サンプルから電子が放出される）製品 120 の位置との間の角度、検出される電子のエネルギー、（電子が製品 120 から放出される）製品 120 の位置の形状、及び/又は、検出器 120 に印加される電圧に基づいて定められうる。当業者の技術水準の範囲内で、適切に設計パラメータを調節して所望の特性を有するシステムを設計することが可能である。

【0022】

いくつかの実施形態では、磁場は製品 120 の表面 122 に対して垂直である。ある実施形態では、磁場は製品 120 の表面 122 に対して平行である。任意には、製品 120 の表面 122 に対して垂直～平行となる範囲内のあらゆる方向ベクトルを有するように、磁場を方向付けることも可能である。

【0023】

ある実施形態では、磁場源 210 によって生成された磁場は、少なくとも 0.005 テスラ（例えば、少なくとも 0.01 テスラ、少なくとも 0.025 テスラ）、及び/又は最大 0.05 テスラ（例えば、最大 0.04 テスラ、最大 0.03 テスラ）である。いくつかの実施形態では、磁場源 210 によって生成される磁場は、0.005 テスラ～0.05 テスラである。

【0024】

図 3A 及び 3B は、磁場を用いた電子検出の向上を説明するための概略図である。図 3A は、磁場源を用いなければ、電子の軌道 310 が、イオン源 110 のイオンカラム 114 の端部 112 によって遮られ、検出器 130 に電子が到達しないように遮られる様子を示す。しかし、図 3B では、磁場源 210 によって生成される磁場に方向性（表面 122 に平行であり、図示の平面に対して奥行き方向）があり、大きさは、電子が軌道 310'（特に、電子 320 が検出器 130 に近づくと、検出器 130 によって生成された正静電場が作用する）を通り、検出器 130 によって検出される。

【0025】

図 3A 及び 3B に示すように、イオンカラム 114 の端部 112 は、イオンが当たる製品 120 の表面 122 から距離 X だけ離れている。いくつかの実施形態では、距離 X は最大 10 ミリメートル程度（例えば、最大 9 ミリメートル、最大 8 ミリメートル、最大 7 ミリメートル、最大 6 ミリメートル、最大 5 ミリメートル、最大 4 ミリメートル）である。ある実施形態では、X は 4～10 ミリメートルである。

【0026】

図 3A 及び 3B に示すように、検出器 130 は、製品 120 から電子が放出される表面 122 上の位置から距離 Y だけ離れている。一般的に、距離 Y は所望に選択することができる。例えば、ある場合、距離 Y は比較的小さい（例えば、10 mm 未満）。例えば、エネルギー及び/又は軌道フィルタリングを利用する場合など、他の例では、距離 Y は、比較的大きい。いくつかの実施形態では、距離 Y は少なくとも 5 ミリメートル（例えば、少なくとも 10 ミリメートル、少なくとも 20 ミリメートル、少なくとも 30 ミリメートル、少なくとも 50 ミリメートル）及び/又は最大 200 ミリメートル（例えば、最大 150 ミリメートル、最大 100 ミリメートル）である。ある実施形態では、Y は 5 ミリメートル～200 ミリメ

10

20

30

40

50

ータ（例えば、５ミリメートル～１００ミリメートル、５ミリメートル～５０ミリメートル）である。

【００２７】

いくつかの実施形態では、距離Ｙの距離Ｘに対する比率は、少なくとも２：１（例えば、少なくとも３：１、少なくとも４：１、少なくとも５：１）である。ある実施形態では、距離Ｙの距離Ｘに対する比率は、２：１から１０：１（例えば、２：１から５：１）である。

【００２８】

図４は、凹部（cross section）４１０を有する半導体製品４００の断面図である。凹部４１０は、側壁４１２及び４１４と、底部４１６を有する。一般的に、サンプルにこの
10
ような凹部を形成するにあたって、凹部を形成する前に、製品４００の内側に位置する１つ又は複数の構造を可視化することが望ましい。凹部を切り出した後、対象領域は、製品４００の一部（例えば、側壁４１２、側壁４１４、底部４１６）であって、凹部に現れる部分に、又はその付近に位置しうる。

【００２９】

磁場源を使用しないシステムを用いた場合、凹部４１０内で生成された電子を検出することは非常に難しい。これは、上述したようなシステム１００の限界に加えて、凹部４１０から出て（例えば、側壁４１２及び４１４に平行な軸に略沿って移動して）、そして、
20
検出器１３０に到達できるように軸外に移動することが可能な軌道に沿って電子を移動させるためには更なる課題があるからである。しかし、磁場源を有するシステムを使用し、磁場の方向及び大きさを適切に選択することで、電子の軌道を操作して、凹部４１０から放出されて検出器１３０により検出されるようにすることが可能となる。従って、磁場源の使用により、側壁４１２並びに４１４及び／、又は底部４１４の画像を比較的短時間で取得できるようになる。いくつかの場合に、磁場源を使用しなければ、側壁４１２並びに
4 1 4 及び／又は底部 4 1 6 の画像を、十分な解像度で取得することは不可能である。

【００３０】

（他の実施形態）

いくつかの実施形態について説明してきたが、他の実施形態も可能である。例えば、上述の実施形態では、イオン源をＨｅイオン源として示したが、他の種類のガスフィールドイオン源を用いることもできる。例えば、Ｎｅイオン源、Ａｒイオン源、Ｋｒイオン源、
30
及びＸｅイオン源がありうる。

【００３１】

また、上述の実施形態では、ガスフィールドイオン源を使用するものとして説明してきたが、他の種類のイオン源も使用可能である。いくつかの実施形態では、液体金属イオン源を使用することができる。液体金属イオン源の例としては、Ｇａイオン源（例えば、Ｇ
a 集束イオンビームカラム）がある。

【００３２】

さらには、上述の実施形態では、イオン源は、サンプルに衝突して電子をサンプルから放出させるイオンを生成するものとして説明してきたが、さらに一般的には、あらゆる荷電粒子源を使用することが可能である。例えば、操作電子顕微鏡のような電子源が用いら
40
れうる。そのような実施形態では、サンプルに衝突する電子の大部分に対するチャージは、検出される電子の大部分に対するチャージと同様であり、電子源にて生成される電子は、概して検出される電子よりも実質的に高いエネルギーを有する。従って、電子源にて生成される電子については、検出される電子よりも少ない電子が磁場によって偏向される。

【００３３】

さらには、上述の実施形態ではサンプルは半導体製品であるとして説明してきたが、いくつかの実施形態では、他の種類のサンプルを用いることもできる。例えば、生物学的なサンプル（例えば、組織、核酸、タンパク質、炭水化物、脂質、及び細胞膜）、薬学的なサンプル（例えば、低分子薬）、凍った水（例えば、氷）、磁気記憶装置の読み込み／書き込みヘッド、及び、金属並びに合金サンプルである。サンプルの例は、例えば、米国特
50

許出願公開第2007/0158558号明細書に開示されている。

【0034】

さらには、上述の実施形態では二次電子を検出するものとして記載してきたが、さらに一般的には、この明細書に開示した内容はサンプルから放出されるあらゆる種類の電子の検出に関連する。いくつかの実施形態では、検出された電子はオージェ電子を含みうる。ある実施形態では、検出された電子は、50 eVを超えるエネルギーを有する電子である。

【0035】

さらには、上述の実施形態では、エバーハート・ソーンリー検出器を用いるものとして説明してきたが、さらに一般的には、あらゆる種類の適切な電子検出器を用いることができる。電子検出器は、例えば、マイクロチャネルプレート検出器、チャネルトロン検出器、半導体検出器(solid state detector)である。

10

【0036】

さらには、上述の実施形態では単一の電子検出器を用いるものとして説明してきたが、任意には、複数の電子検出器(例えば、2つ、3つ、4つ、5つ、6つ)を使用することができる。

【0037】

さらには、上述の実施形態では、サンプルに対して、検出器を荷電粒子源と同じ側に配置するものとして説明してきたが、ある実施形態では、サンプルに対して、荷電粒子源とは反対側に配置することもできる。このような実施形態では、サンプルを透過したHeイオンによって生成される電子を検出することが対象となる。このような電子は、典型的にはサンプルの後ろ側表面で生成される。任意には、システムは、サンプルに対して荷電粒子源と同じ側に配置された1つ又は複数の検出器を含み、荷電粒子源に対してサンプルの反対側に配置された1つ又は複数の検出器を含む。

20

【0038】

さらには、いくつかの実施形態では、検出される電子は、荷電粒子ビームをサンプル上に集束させるために用いられるカラムの少なくとも一部分を通過する(例えば、最後のレンズを通過する)。ガスフィールドイオン顕微鏡の場合、これは、一般的に、イオンカラムと称される。このようなカラムは、典型的には一つ又は複数のレンズを含むので、このような検出構成は、スルーレンズ(through lens)検出器と称される。このような実施形態では、カラム内で用いられる電場と、磁場源によって生成される磁場との組み合わせが用いられて、対象となる電子の軌道を制御して検出精度を向上させる。任意には、複数の磁場が用いられうる。例えば、第1磁場は、電子の軌道を制御するために用いられ、これらの電子は、イオンカラムへと導かれる。そして、電子がカラム内にある場合、第2磁場は、電子を検出器の方へ向けるために用いられる。いくつかの実施形態では、(例えば、イオンカラム内のレンズのような素子によって生成された)静電場を、単独又は第2磁場源と組み合わせて用いて、カラム内の電子を検出器へと向かわせる。

30

【0039】

いくつかの実施形態では(スルーレンズ構成であるか否かに関わらず)、サンプル120から放出されるように促される電子のごく一部(小集団)だけを収集することが望ましい。例えば、特定のエネルギー又は特定の範囲のエネルギーを有する電子のみが検出対象となる。他の例では、サンプル120から放出される際に、特定の軌道又は特定の範囲の軌道を有する電子のみが検出対象となる。このような実施形態では、電場と磁場とが組み合わせて用いられ目的を達成する。例えば、内部で電場及び/又は磁場を用いて入射電子を当該電子のエネルギーに応じて偏向させる一つ又は複数のプリズム検出器が、異なるエネルギーを有する電子を空間的に分離するために用いられる。これにより、適当なエネルギーを有する電子のみが検出器130により検出される。更には、一つ又は複数の開口(例えば、表面122に隣接して配置される)が、軌道に基づいて検出された電子を選択するために用いられうる。

40

【0040】

50

さらには、上述の実施形態では磁場源がサンプルに対して荷電粒子源と同じ側に配置されるものとして説明してきたが、いくつかの実施形態では、磁場源は荷電粒子源に対してサンプルの反対側に配置されても良い。

【 0 0 4 1 】

さらには、上述の実施形態では、一つの磁場源が用いられるものとして説明してきたが、いくつかの実施形態では、複数の磁場源（例えば、2つ、3つ、4つ、5つ、6つ等）が使用されても良い。任意には、システムは、サンプルに対して荷電粒子源と同じ側に配置された一つ又は複数の磁場源や、荷電粒子源に対してサンプルの反対側に配置された一つ又は複数の磁場源を有しても良い。

【 0 0 4 2 】

さらには、上述の実施形態では、一つ又は複数の磁場を用いて電子を特定の軌道に沿って方向付けたが、いくつかの実施形態では、一つ又は複数の静電場源を一つ又は複数の磁場源と組み合わせて使用しても良い。

【 0 0 4 3 】

本命最初に開示した特徴を、様々に組に合わせて使用することができることは理解されたい。

【 0 0 4 4 】

他の実施形態も、特許請求の範囲の記載の範囲に含まれうる。

10

【 図 1 】

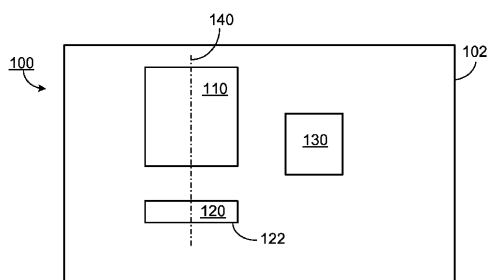


FIG. 1

【 図 3 A 】

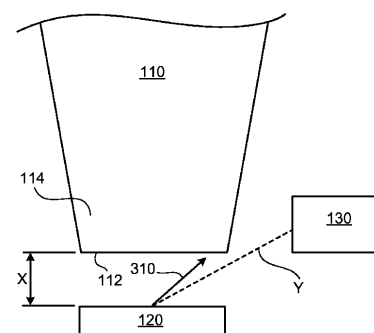


FIG. 3A

【 図 2 】

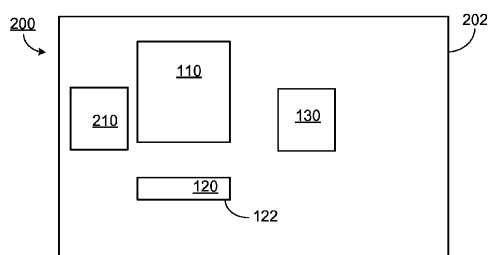


FIG. 2

【図 3 B】

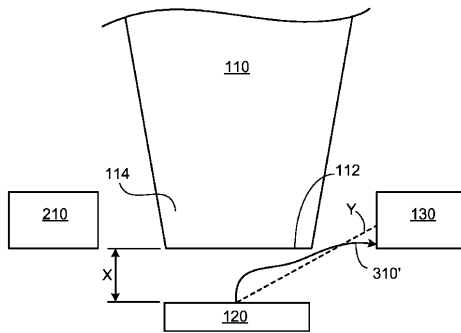


FIG. 3B

【図 4】

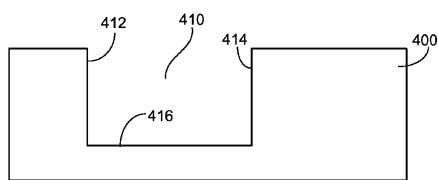


FIG. 4

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
H 0 1 J 37/317 (2006.01)		H 0 1 J 37/317	D
H 0 1 J 49/20 (2006.01)		H 0 1 J 49/20	
G 0 1 T 1/28 (2006.01)		G 0 1 T 1/28	

(72)発明者 レイモンド ヒル
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 6 9 ロウリー ウィルソン ポンド レイン 2
 1

(72)発明者 ジョン エイ ノッテ フォース
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0 1 9 3 0 グロースター ローンデール サークル 1 8

審査官 藤田 都志行

(56)参考文献 特開昭 6 3 - 1 3 8 6 4 0 (J P , A)
 米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 1 1 1 0 6 9 (U S , A 1)
 特開平 0 6 - 0 9 6 7 1 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
 G 0 1 N 2 3 / 2 2 5
 H 0 1 J 3 7 / 0 5
 H 0 1 J 3 7 / 0 8
 H 0 1 J 3 7 / 2 4 4
 H 0 1 J 3 7 / 2 8
 H 0 1 J 3 7 / 3 1 7
 H 0 1 J 4 9 / 2 0
 G 0 1 T 1 / 2 8
 C i N i i
 J S T P l u s (J D r e a m I I I)