

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5103422号  
(P5103422)

(45) 発行日 平成24年12月19日 (2012.12.19)

(24) 登録日 平成24年10月5日 (2012.10.5)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 J 37/244 (2006.01)	HO 1 J 37/244
HO 1 J 37/20 (2006.01)	HO 1 J 37/20 D
	HO 1 J 37/20 C

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2009-45048 (P2009-45048)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成21年2月27日 (2009.2.27)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2010-199002 (P2010-199002A)		東京都港区西新橋一丁目24番14号
(43) 公開日	平成22年9月9日 (2010.9.9)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成23年5月27日 (2011.5.27)		弁理士 井上 学
		(74) 代理人	100098660
			弁理士 戸田 裕二
		(72) 発明者	浅井 枢容
			茨城県ひたちなか市大字市毛882番地
			株式会社 日立ハイ
			テクノロジーズ 那珂事業所内
		(72) 発明者	大西 毅
			茨城県ひたちなか市大字市毛882番地
			株式会社 日立ハイ
			テクノロジーズ 那珂事業所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子ビーム装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子ビームを照射する電子ビーム光学系と、イオンビームを照射するイオンビーム光学系と、回転可能な試料ステージと、試料からの信号を検出する検出器と、を備えた荷電粒子ビーム装置において、

前記試料ステージは、電子ビーム光学系とイオンビーム光学系とのクロスポイントに前記試料を配置し、

前記検出器が、前記電子ビーム照射により試料を透過した透過電子を検出する位置及び前記電子ビーム又は前記イオンビーム照射により試料から発生する二次信号を検出する位置に移動可能であることを特徴とする荷電粒子ビーム装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の荷電粒子ビーム装置において、

前記電子ビーム光学系と前記イオンビーム光学系で作られる平面の法線を回転軸として前記検出器が回転可能であることを特徴とする荷電粒子ビーム装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の荷電粒子ビーム装置において、

前記試料ステージを前記電子ビーム光学系又はイオンビーム光学系に対して回転し、前記検出器が、前記試料ステージの回転に応じて移動することを特徴とする荷電粒子ビーム装置。

【請求項 4】

10

20

請求項2記載の荷電粒子ビーム装置において、  
前記検出器は、回転半径方向に移動可能であることを特徴とする荷電粒子ビーム装置。

【請求項5】

請求項1記載の荷電粒子ビーム装置において、  
前記検出器の検出面が分割されていることを特徴とする荷電粒子ビーム装置。

【請求項6】

請求項1記載の荷電粒子ビーム装置において、  
前記検出器が退避位置に退避可能であることを特徴とする荷電粒子ビーム装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、イオンビームや電子ビーム等を照射できる荷電粒子ビーム装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体等の欠陥解析や材料物性の解析のためには、高精度観察が可能な走査形電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：以下SEM）、走査形透過電子顕微鏡（Scanning Transmission Electron Microscope：以下STEM）、透過形電子顕微鏡（Transmission Electron Microscope：以下TEM）が用いられる傾向にある。

【0003】

特に、所定部位の観察には、集束イオンビーム（Focused Ion Beam：以下FIB）装置を用いて、試料から所定部位を切り出し、STEMやTEM観察用の薄膜試料を作成し、この薄膜試料をSTEMやTEMで観察することが多くなっている。

20

【0004】

そして、近年の更なる半導体デバイスの高集積化等により、より高精度な観察やFIBの加工終点検知が求められ、FIBにSEMを付加した装置であるFIB-SEM（デュアルビーム）装置が用いられるようになってきた。

【0005】

特開2002-150990号公報（特許文献1）には、集束イオンビーム光学系と、電子ビーム光学系と、試料を載置する試料台と、集束イオンビーム加工により試料から抽出された微小試料を保持する第2試料台と、を備えた微小試料加工観察装置において、電子ビームに対して微小試料が適切な角度となるように第2試料台の角度を調整することが開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2002-150990号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本願発明者が、FIB-SEM装置における高精度な試料観察、特に、荷電粒子ビームの試料面への入射角度との関係について鋭意検討した結果、次のような知見を得るに至った。

40

【0008】

一本以上の荷電粒子ビーム光学系を有する装置では、試料ステージ等により試料面を傾斜させた場合に、ビームに対する検出信号の最適位置が変わる。試料の開口部（穴や溝）の深い位置の観察や加工を行う場合には、検出器位置が固定されていると、必要な信号強度を確保できない場合もありうる。

【0009】

特に、イオンビーム電子光学系と電子ビーム電子光学系の両ビームが交差する点（クロスポイント）を持つFIB-SEM装置は、クロスポイントで試料の主な加工や観察を行

50

うが、両光学系は、試料位置を中心にお互いに物理干渉しないようある角度にて配置されている（例えば $60^\circ$ ）。このため、一つの観察試料面に対して、イオンビームと電子ビームのそれぞれの検出器の最適位置が異なり、高収率な信号取得が更に困難となる。

【0010】

本発明の目的は、荷電粒子ビームに対して試料面を傾斜させた場合において、最適な位置にて検出信号を検出することに関する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、荷電粒子ビームを試料に照射する荷電粒子線装置において、試料の周囲における複数の所望位置に検出器を移動させ、検出器位置を最適化することに関する。

10

【発明の効果】

【0012】

本発明により、試料の姿勢や形状に応じた最適な検出信号を得ることができるため、高精度な試料観察、例えば、SEM観察、STEM観察、及びFIB観察が可能となる。また、FIB-SEM装置においては、FIB加工の終点検知を高精度に実施することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施例1におけるFIB-SEM装置のシステム構成図。

【図2】実施例1におけるFIB-SEM装置のシステム構成図。

20

【図3】実施例1におけるFIB-SEM装置のシステム構成図。

【図4】実施例1におけるFIB-SEM装置のシステム構成図。

【図5】実施例2におけるFIB-SEM装置のシステム構成図。

【図6】実施例2における透過電子検出の原理図。

【図7】実施例3におけるFIB-SEM装置のシステム構成図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

実施例では、回転可能な試料ステージと、試料からの信号を検出する検出器と、を備え、当該検出器が、試料ステージを中心に回転可能である荷電粒子ビーム装置を開示する。

【0015】

30

また、実施例では、電子ビームを照射する電子ビーム光学系と、イオンビームを照射するイオンビーム光学系とを備え、電子ビーム光学系とイオンビーム光学系のクロスポイントを中心に、検出器が回転可能である荷電粒子ビーム装置を開示する。

【0016】

また、実施例では、検出器が、電子ビーム光学系の光軸上であって、試料を透過した電子ビームが通過する位置に移動できる荷電粒子ビーム装置を開示する。好ましくは、試料ステージに保持されている試料の試料面が電子ビーム光学系を向くように試料ステージが回転できる。

【0017】

また、実施例では、検出器が、イオンビーム光学系の光軸に対して、電子ビームの光軸と該検出器の主軸が線対称となる位置に移動できる荷電粒子ビーム装置を開示する。好ましくは、試料ステージに保持されている試料の試料面がイオンビーム光学系を向くように試料ステージが回転できる。

40

【0018】

また、実施例では、検出器が、試料面の法線に対して、電子ビーム光学系の主軸と該検出器の主軸が線対称となる位置に移動できる荷電粒子ビーム装置を開示する。好ましくは、試料ステージに保持されている試料の試料面がイオン光学系の光軸と平行となるように試料ステージが回転できる。

【0019】

また、実施例では、検出器が、試料面の法線に対して、イオンビーム光学系の主軸と該

50

検出器の主軸が線対称となる位置に移動できる荷電粒子ビーム装置を開示する。好ましくは、試料ステージに保持されている試料の試料面が電子ビーム光学系を向くように試料ステージが回転できる。

【0020】

また、実施例では、検出器が、透過電子像及び2次粒子像を取得できる荷電粒子ビーム装置を開示する。

【0021】

また、実施例では、検出器が、回転半径方向に伸縮できる荷電粒子ビーム装置を開示する。

【0022】

また、実施例では、検出器が、試料ステージから離れる方向に退避できる荷電粒子ビーム装置を開示する。

【0023】

また、実施例では、イオンビーム光学系と、電子ビーム光学系と、保持する試料の傾斜方向を変更可能な試料ステージと、当該試料からの信号を検出する検出器と、を備え、電子ビーム光学系の光軸上であって、試料を透過した電子ビームが通過する位置と、イオンビーム光学系の光軸に対して、電子ビームの光軸と該検出器の主軸が線対称となる位置と、試料面の法線に対して、電子ビーム光学系の主軸と該検出器の主軸が線対称となる位置と、試料面の法線に対して、電子ビーム光学系の主軸と該検出器の主軸が線対称となる位置と、に前記検出器が移動できる荷電粒子ビーム装置を開示する。

【0024】

以下、上記及びその他の本発明の新規な特徴と効果について、図面を参酌して説明する。尚、各実施例は適宜組み合わせることが可能であり、本明細書は当該組み合わせ形態も開示している。

【実施例1】

【0025】

図1は、本実施例における荷電粒子線装置の概略図であり、装置の一部内部を透視して描画したものである。

【0026】

荷電粒子線装置は、試料1やプローブを観察し加工するイオンビームを発生するFIB鏡筒3，試料1やプローブの表面形状を観察するための電子ビームを発生するSEM鏡筒4，試料室2，試料を載置する試料ステージ5，プローブを試料室2内で微動させるプローブ駆動部，検出器7を保持する検出器ステージ6，デボガス源，ディスプレイ、及び計算処理部を備える。

【0027】

FIB鏡筒3は、イオン源で発生したイオンをビーム状にして試料1やプローブに照射することにより、試料1やプローブの表面を観察したり、加工したりすることができる。また、SEM鏡筒4は、電子源で発生した電子をビーム状にして試料1やプローブに照射することにより、試料1やプローブの表面を観察することができる。SEM鏡筒4からの電子ビームの照射位置を、FIB鏡筒3からのイオンビームの照射位置とほぼ同じとなるように両カラムを配置することにより、イオンビームによる加工部を電子ビームにより観察することができる。

【0028】

試料ステージ5は、試料1を載置することが可能であり、平面移動や回転移動が可能である。また、イオンビームの加工や観察に必要な箇所をイオンビーム照射位置に移動させたり、電子ビームによる観察位置に移動させたりもできる。尚、試料1としては、半導体試料の他、鉄鋼，軽金属、及びポリマー系高分子等も想定される。

【0029】

プローブは、プローブ駆動部によって試料室2内を移動でき、試料に形成された微小な試料片を摘出したり、試料表面に接触させて試料へ電位を供給したりすることに利用する

10

20

30

40

50

。

## 【 0 0 3 0 】

デポガス源は、荷電粒子ビームの照射により堆積膜を形成するデポガスを貯蔵し、必要に応じてノズル先端から供給することができる。

## 【 0 0 3 1 】

検出器 7 は、イオンビームや電子ビームの照射によって試料やプローブ等の照射部から発生する二次電子や二次イオン、後方散乱電子や X 線、反射電子、透過電子等の検出器である。これらの検出信号を計算処理部によって演算処理して画像化し、ディスプレイに、二次電子像、二次イオン像、特性 X 線による元素マップ、及び透過電子像等を表示する。また、計算処理部は、F I B 鏡筒 3、S E M 鏡筒 4、検出器 7、検出器ステージ 6、試料ステージ 5、デポガス源、及びプローブ駆動部をそれぞれ制御することができる。

10

## 【 0 0 3 2 】

検出器ステージ 6 は回転機構を備え、検出器 7 を所定位置に配置することができる。検出器 7 は、S E M 鏡筒 4 と F I B 鏡筒 3 で作られる平面の法線を回転軸とし、試料 1 の周囲を回転できる。

## 【 0 0 3 3 】

試料 1 の姿勢は、試料ステージ 5 の平面移動や回転移動により制御可能であるが、本実施例では、試料 1 の試料面は S E M 鏡筒 4 を向いている。また、透過電子を検出できるように、試料 1 は薄膜化されている。そして、検出器ステージ 6 の回転機構が計算処理部により制御され、試料ステージ 5 を挟んで S E M 鏡筒 4 に対応した位置に検出器 7 が配置され、S E M 鏡筒 4 の光軸と、検出器の主軸とが一直線となるように配置されている。尚、検出器の配置場所は、試料 1 を透過した電子等が強く検出される箇所であれば良い。

20

## 【 0 0 3 4 】

S E M 鏡筒 4 で発生した電子ビーム 9 は試料 1 上に入射・走査される。試料 1 の透過電子は、電子ビーム軸上の位置に移動している検出器 7 により検出され、信号処理により試料の透過電子像が得られる。

## 【 0 0 3 5 】

図 2 では、検出器ステージ 6 によって検出器 7 が紙面左上に配置され、試料 1 の試料面が見える場所に位置している。また、試料 1 の試料面が、F I B 鏡筒 3 の方向を向くように、試料ステージ 5 が調整されている。つまり、試料面に対して、検出器 7、F I B 鏡筒 3、及び S E M 鏡筒 4 が同じ側に配置され、S E M 鏡筒 4 の光軸と、検出器の主軸が、F I B 鏡筒 3 の光軸に対して線対称となるように配置されている。尚、検出器の配置場所は、試料 1 から放出された二次電子等が強く検出される箇所であれば良い。

30

## 【 0 0 3 6 】

S E M 鏡筒 4 で発生した電子ビーム 9 は、試料 1 上に入射・走査され、主に 2 次電子である信号 1 2 が検出器 7 で検出される。F I B 加工・観察中に、試料 1 の試料面を S E M 鏡筒 4 の方向に向けずに S E M 観察できる。本装置では、検出器ステージ 6 の回転機構により検出器 7 の位置を微調整できるため、試料面向きや試料形状等に応じた最適配置での信号検出が可能となる。

## 【 0 0 3 7 】

図 3 では、試料 1 の試料面が、F I B 鏡筒 3 と平行となるように、試料ステージ 5 は調整されている。また、検出器ステージ 6 によって検出器 7 が紙面右下に配置され、試料 1 の試料面が見える場所に位置している。つまり、試料面に対して、検出器 7 と S E M 鏡筒 4 が同じ側に配置され、S E M 鏡筒 4 の光軸と、検出器の主軸が、試料ステージ 5 を通過する試料面の法線に対して線対称となるように配置されている。尚、検出器の配置場所は、試料 1 から放出された二次電子等が強く検出される箇所であれば良い。

40

## 【 0 0 3 8 】

S E M 鏡筒 4 で発生した電子ビーム 9 は、試料 1 上に入射・走査され、主に 2 次電子である信号 1 2 が検出器 7 で検出される。集束イオンビーム照射により試料 1 を薄膜化しながら、試料 1 の試料面を S E M 観察することが可能となる。

50

## 【 0 0 3 9 】

図 4 では、2 次イオンや 2 次電子等のイオンビーム照射により発生する信号を検出する例を示す。検出器ステージ 6 によって検出器 7 が紙面右に配置されている。また、試料 1 の試料面が S E M 鏡筒 4 の方向を向くように試料ステージ 5 が調整されている。また、F I B 鏡筒 3 と検出器 7 の双方に対して試料 1 の試料面が見えるように配置され、F I B 鏡筒 3 の光軸と、検出器の主軸とが、試料面の法線に対して線対称となるように配置されている。尚、検出器の配置場所は、試料 1 から放出された二次イオン等が強く検出される箇所であれば良い。

## 【 0 0 4 0 】

F I B 鏡筒 3 で発生したイオンビーム 1 0 は試料 1 上に入射・走査され、主に 2 次イオンである信号 1 2 が検出器 7 で検出される。

10

## 【 0 0 4 1 】

本実施例では、試料を中心として検出器を回転させることにより、試料の向きや形状によって決まる信号検出の最適位置を調整できる。また、反射電子や透過電子等の所望の検出信号のみ選択的に取得することが可能となる。

## 【 0 0 4 2 】

尚、本実施例では、F I B 鏡筒 3 を垂直配置し、S E M 鏡筒 4 を傾斜配置しているが、これに限られず、F I B 鏡筒 3 を傾斜配置し、S E M 鏡筒 4 を垂直配置してもよい。また、F I B 鏡筒 3 と S E M 鏡筒 4 の双方を傾斜配置してもよい。また、G a 集束イオンビームカラム、A r 集束イオンビームカラム、及び電子ビームカラムを備えた、トリプルカラム構成としてもよい。また、検出器 7 の回転移動は、一回転以上できる方式のみならず、例えば、所定の範囲内で振り子のように移動する方式としても良い。また、検出器 7 の配置は、試料ステージ 5 を中心とした回転移動のみならず、上下左右移動と傾斜角変更を組み合わせて実現してもよい。

20

## 【 実施例 2 】

## 【 0 0 4 3 】

本実施例は、実施例 1 で説明した検出器ステージ 6 の回転機構に、更に回転半径方向に検出器が移動可能な機構、いいかえると、回転半径が変更可能な機構を付加したものである。以下、実施例 1 との相違点を中心に説明する。

## 【 0 0 4 4 】

30

図 5 に、本実施例の荷電粒子線装置の概略を示す。本実施例では、実施例 1 と同じ方法で透過電子を検出するが、検出器ステージ 6 に付加された回転半径方向の移動機構により、試料 1 と検出器 7 の相対距離を変更することができる。

## 【 0 0 4 5 】

図 6 に、透過電子の検出原理を示す。S E M 鏡筒 4 で発生した電子ビーム 9 は試料 1 上に入射・走査され、透過電子 1 1 が検出器 7 で検出される。透過電子は、試料内部であまり散乱しないで透過する明視野透過電子 1 1 a と、試料内部で散乱されて透過する暗視野透過電子 1 1 b の 2 種類に分類され、検出器内部で分割されたセンサにて個々に検出される。このうち、後者の暗視野透過電子 1 1 b は、検出器ステージ 6 により試料からの距離を変えると、散乱電子の検出角度が変わるため、試料ステージ 7 を試料 1 から遠ざけて検出角度を大きくすることにより、Z コントラスト観察を行うことができる。

40

## 【 0 0 4 6 】

また、図 2、図 3、及び図 4 で示した反射電子検出の場合も、検出器 7 を試料 1 に近づけ、検出器 7 と試料 1 の距離を調整することにより、最適な信号強度を得ることができる。

## 【 実施例 3 】

## 【 0 0 4 7 】

本実施例は、実施例 1 や実施例 2 で説明した検出器ステージ 6 の回転および回転半径方向の移動機構に対して、回転軸方向の退避機構を付加したものである。以下、実施例 1 や実施例 2 との相違点を中心に説明する。

50

## 【 0 0 4 8 】

図 7 に、本実施例の荷電粒子線装置の概略を示す。本実施例で第三の実施例である。図 7 の側面図に示すように、本実施例の検出器は、観察位置と退避位置を移動可能である。観察位置においては、検出器 7 a は、F I B 鏡筒 3 や S E M 鏡筒の光軸、及び試料ステージ 5 を含む平面上に存在する。退避位置においては、試料ステージ 5 やデポガス銃 8 を取り付けている試料室 2 の壁の反対側の壁近くに検出器 7 b が存在する。

## 【 0 0 4 9 】

本装置においては、F I B 加工の際の保護膜形成や試料片とプローブの接続等のため、デポガス源から供給されたデポガスを試料室内の所定位置に放出するためのデポガス銃 8 が付加されているが、デポジションガス注入時の周囲環境は、ガスによるコンタミネーシ

10

## 【 0 0 5 0 】

このため、デポジションガス注入時に、退避機構により検出器 7 を一時的に試料から離れる方向へ退避させることにより、汚染による検出器 7 の性能劣化を防ぐことができる。また、検出器ステージ 6 の移動動作の際、退避機構により検出器 7 を試料室側へ退避させることより、試料ステージ、S E M 鏡筒、及び F I B 鏡筒等の他のユニットとの干渉を防ぐことができる。

## 【 符号の説明 】

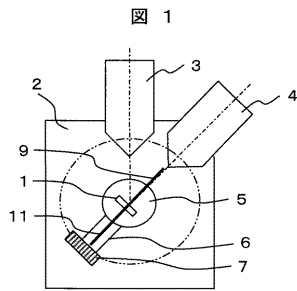
## 【 0 0 5 1 】

- 1 試料
- 2 試料室
- 3 F I B 鏡筒
- 4 S E M 鏡筒
- 5 試料ステージ
- 6 検出器ステージ
- 7 検出器
- 8 デポガス銃
- 9 電子ビーム
- 1 0 イオンビーム
- 1 1 透過電子
- 1 2 信号

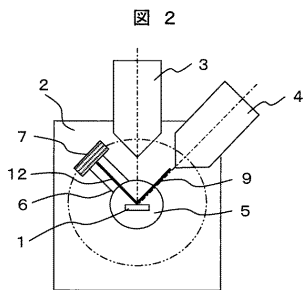
20

30

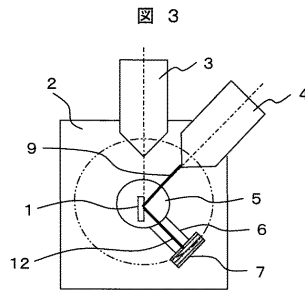
【図 1】



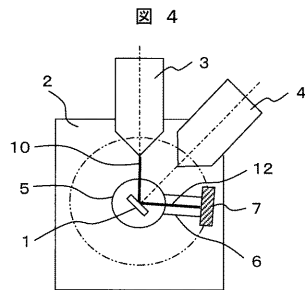
【図 2】



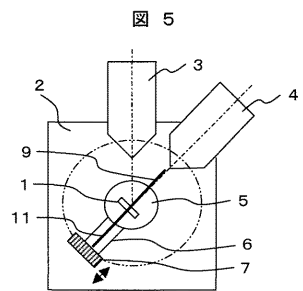
【図 3】



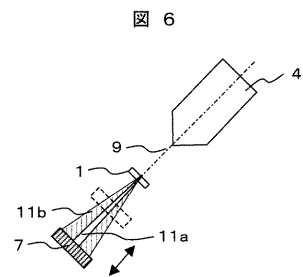
【図 4】



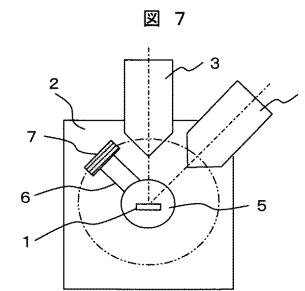
【図 5】



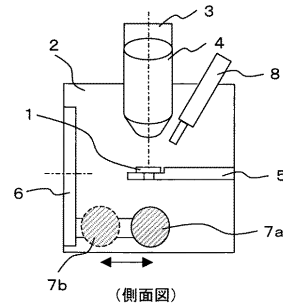
【図 6】



【図 7】



(正面図)



(側面図)



---

フロントページの続き

(72)発明者 揚村 寿英

茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地  
ズ 那珂事業所内

株式会社 日立ハイテクノロジー

審査官 長井 真一

(56)参考文献 特開 2 0 0 8 - 2 1 0 7 0 2 ( J P , A )

特開昭 5 9 - 2 0 1 3 5 6 ( J P , A )

特開昭 5 6 - 1 3 2 7 5 6 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 J 3 7 / 2 0 - 3 7 / 2 4 4