

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6265643号  
(P6265643)

(45) 発行日 平成30年1月24日(2018.1.24)

(24) 登録日 平成30年1月5日(2018.1.5)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 J	37/05 (2006.01)	HO 1 J	37/05
HO 1 J	37/145 (2006.01)	HO 1 J	37/145
HO 1 J	37/153 (2006.01)	HO 1 J	37/153 B
HO 1 J	37/04 (2006.01)	HO 1 J	37/04 B
HO 1 J	37/09 (2006.01)	HO 1 J	37/09 A

請求項の数 3 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2013-158902 (P2013-158902)	(73) 特許権者	501387839 株式会社日立ハイテクノロジーズ 東京都港区西新橋一丁目24番14号
(22) 出願日	平成25年7月31日(2013.7.31)	(74) 代理人	100091096 弁理士 平木 祐輔
(65) 公開番号	特開2015-32360 (P2015-32360A)	(74) 代理人	100105463 弁理士 関谷 三男
(43) 公開日	平成27年2月16日(2015.2.16)	(74) 代理人	100102576 弁理士 渡辺 敏章
審査請求日	平成28年2月25日(2016.2.25)	(72) 発明者	早田 康成 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内
		(72) 発明者	大橋 健良 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子ビーム装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

1次電子を放出する電子銃と、  
 所定のエネルギーを有する電子を通過させるエネルギーフィルターと、  
 試料を保持するステージと、  
 前記エネルギーフィルターを通過した1次電子を前記ステージに保持された試料に照射する対物レンズとを有し、  
 前記エネルギーフィルターは、重なり合った電磁偏向器と静電偏向器の組と、ビームスリットとを含み、  
 前記ビームスリットと、前記電磁偏向器と前記静電偏向器との組と、の間に電子レンズを有し、  
 前記電子銃、前記電磁偏向器と前記静電偏向器との組、前記電子レンズ及び前記ビームスリットのそれぞれは前記ビームスリット上への結像が拡大系になれるように配置されており、

前記電子レンズは電磁レンズであり、前記電磁偏向器と前記静電偏向器の偏向方向を前記ビームスリットのビーム制限方向と異なる方向に設定することを特徴とする電子ビーム装置。

【請求項2】

請求項1記載の電子ビーム装置において、  
 前記電磁偏向器と前記静電偏向器の偏向方向を前記電磁レンズの励磁に応じて前記ビー

10

20

ムスリットのビーム制限方向と異なる方向に設定することを特徴とする電子ビーム装置。

【請求項3】

1次電子を放出する電子銃と、  
 所定のエネルギーを有する電子を通過させるエネルギーフィルターと、  
 試料を保持するステージと、  
 前記エネルギーフィルターを通過した1次電子を前記ステージに保持された試料に照射する対物レンズとを有し、

前記エネルギーフィルターは、重なり合った電磁偏向器と静電偏向器の組と、ビームスリットとを含み、

前記ビームスリットと、前記電磁偏向器と前記静電偏向器との組と、の間に電子レンズを有し、

前記電子銃、前記電磁偏向器と前記静電偏向器との組、前記電子レンズ及び前記ビームスリットのそれぞれは前記ビームスリット上への結像が拡大系になれるように配置されている電子ビーム装置において、

前記ビームスリット上への結像が拡大系となる水準の負電圧を前記静電偏向器に印加するステップを有する試料の観測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子ビームを用いて検査・計測を行う電子ビーム装置に係わる。

【背景技術】

【0002】

電子ビームを用いた試料の観察・検査・計測に用いられる走査電子顕微鏡（SEM）などの電子ビーム装置は、電子源から放出された電子を加速し、静電レンズや電磁レンズによって試料表面上に収束させて照射する。これを1次電子と呼んでいる。1次電子の入射によって試料からは2次電子（低エネルギーの電子を2次電子、高エネルギーの電子を反射電子と分けて呼ぶ場合もある）が放出される。これら2次電子を、電子ビームを偏向して走査しながら検出することで、試料上の微細パターンや組成分布の走査画像を得ることができる。また、試料に吸収される電子を検出することで、吸収電流像を形成することも可能である。

【0003】

走査電子顕微鏡における基本的な性能の1つは、電子ビームの分解能である。電子ビームの分解能を向上させるために、さまざまな方法が試みられているが、その中の1つにエネルギーフィルターによる電子ビームのエネルギー分散低減技術がある。これはエネルギー分散低減により色収差を低減し、分解能を向上させるものである。エネルギーフィルターの中でもウイーンフィルターと呼ばれるフィルターは、電子ビームを直線的に使用する方式として知られている。ウイーンフィルターは電磁偏向器と静電偏向器を重ね合わせて（ $E \times B$ とも呼ばれている）偏向色収差を発生し、下段のスリットと組み合わせることで一部のエネルギーの電子ビームを選択的に透過させるものである。ウイーンフィルターはこれまで分析顕微鏡でのエネルギー分解能向上に主に用いられて来たが、電子レンズの色収差の低減に適用することで電子ビームのプロブ径の分解能を向上できる可能性がある。従来ウイーンフィルターは、電磁偏向器と静電偏向器の組み合わせ（ $E \times B$ ）の直下にスリットを配置して構成されていた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2012-243763号公報

【特許文献2】US Patent 7,505,952 B2

【特許文献3】WO 2012/050018 A1

【発明の概要】

10

20

30

40

50

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかし、従来の公知例ではウイーンフィルター自体で発生する軸上色収差（色収差係数）の増大に関しては考慮されていない。軸上色収差が増大すると、エネルギー分散を低減しても最終的に分解能を向上することができず、ウイーンフィルターを搭載する意味がなくなってしまう。

本発明は、軸上色収差の増大を抑えながら効率よくエネルギー分散を低減するウイーンフィルターを提供するものである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明における手段として、重なり合った電磁偏向器と静電偏向器の組と、ビームスリットと、からなる1次電子のエネルギーフィルターを搭載する電子ビーム装置において、ビームスリットと、電磁偏向器と静電偏向器との組との間に電子レンズを有することが効果的である。また、ビームスリットと、ビームスリットを挟んだ2組の重なり合った電磁偏向器と静電偏向器の組とからなる1次電子のエネルギーフィルターを搭載する電子ビーム装置において、ビームスリットと、少なくとも1組の電磁偏向器と静電偏向器との間に電子レンズを有する、あるいは2組の電磁偏向器と静電偏向器との間にそれぞれ電子レンズを有することも有効である。電子レンズとしては電磁レンズもしくは加速型静電レンズを用いるのが良い。また電子レンズとして電磁レンズを用いた場合には、電磁偏向器と静電偏向器の偏向方向を、ビームスリットのビーム制限方向と異なる方向に設定する、更に電磁レンズの励磁に応じて設定することが有効である。

## 【0007】

電子レンズを電磁偏向器と静電偏向器の組とビームスリットの間に配置する場合は電子レンズ中心に電子ビームを通過させるビームアライメントが重要となるために、組となる電磁偏向器と静電偏向器の少なくとも一方が2段で構成されていること、それを用いて電子レンズ内のビームアライメントを行うことが有効となる。ウイーンフィルターでは電子ビームとビームスリットのアライメントも行うために、ビームスリットをスリット幅より短い距離で微動出来るスリット送り機構を有し、電子レンズ内のビームアライメントを2段の偏向器により行い、ビームスリットと電子ビームのアライメントをスリット送り機構により行う使い分けが出来ることが好ましい。

## 【発明の効果】

## 【0008】

本発明によりエネルギー分散の低減を軸上色収差の増大を抑制しながら行うことができ、電子ビームの分解能向上を実現できる。

上記した以外の、課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0009】

【図1】実施例1の走査電子顕微鏡を示す全体概略図。

【図2】実施例1の電子ビーム軌道を示す図。

【図3】ビームスリット上の電子ビーム形状を示す模式図。

【図4】偏向器内での静電偏向器と電磁偏向器の偏向方向を示した図。

【図5】光学素子の他の配置例を示す図。

【図6】光学素子の他の配置例を示す図。

【図7】実施例2の走査電子顕微鏡を示す全体概略図。

【図8】実施例2の電子ビーム軌道図。

【図9】実施例2の電子ビーム軌道図。

【図10】実施例3の走査電子顕微鏡を示す全体概略図。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0010】

10

20

30

40

50

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。ここでは走査電子顕微鏡を例にとって説明するが、本発明は走査電子顕微鏡以外の電子ビーム装置にも適用可能である。

【0011】

[実施例1]

図1は、実施例1の走査電子顕微鏡を示す全体概略図である。電子銃101から放出された1次電子116は、第1静電偏向器150と第1電磁偏向器151の組、第1コンデンサレンズ103、第2コンデンサレンズ105、第2静電偏向器160と第2電磁偏向器161の組を通り、対物レンズ113によりステージ115に保持された試料114上に結像して照射される。第1静電偏向器150が発生する偏向電場と第1電磁偏向器151が発生する偏向磁場は空間的に互いに重なり合っており、1次電子をそれぞれ反対方向に偏向する。同様に、第2静電偏向器160が発生する偏向電場と第2電磁偏向器161が発生する偏向磁場は空間的に互いに重なり合っており、1次電子をそれぞれ反対方向に偏向する。第1コンデンサレンズ103と第2コンデンサレンズ105の間にはビームスリット170が配置されている。ビームスリット170の位置は、スリット制御部172によって制御されるスリット移動機構171により調整することができる。第1静電偏向器150及び第2静電偏向器160には、第1静電偏向器制御部154及び第2静電偏向器制御部164から偏向色収差の発生効率を向上させるために負の高電圧が印加されている。このために第1静電偏向器150及び第2静電偏向器160は、減速型の静電レンズとして作用する。第1電磁偏向器151及び第2電磁偏向器161は、それぞれ第1電磁偏向器制御部155及び第2電磁偏向器制御部165によって制御される。対物レンズ上磁路110にはブースター電圧制御部141から正電圧が、試料114には試料電圧制御部144から負電圧が印加されており、ここで静電レンズが形成されているため、対物レンズ113は磁場電場重畳レンズとなっている。また、対物レンズ113の開口は試料側に向いており、セミインレンズ型と呼ばれるレンズ構造となっている。対物レンズ制御部142は、対物レンズコイル112に流れる励磁電流を制御する。

【0012】

試料114から放出される2次電子117（低速電子を2次電子、高速電子を反射電子と分類する場合もあるが、ここでは2次電子に表記を統一した）は中間にある検出器121により検出される。検出器121は検出系制御部136によって制御される。試料上の1次電子は、第1走査偏向器106と第2走査偏向器108により2次元に走査され、結果として試料の2次元画像を得ることが出来る。この2次元画像の中心位置は、第1走査偏向器制御部137によって制御される第1走査偏向器106と第2走査偏向器制御部139によって制御される第2走査偏向器108により規定される。本実施例では第1走査偏向器106及び第2走査偏向器108は静電偏向器である。2次元画像は表示装置147に表示される。ここで、第1静電偏向器150と第1電磁偏向器151の組や第2静電偏向器160と第2電磁偏向器161の組を「E×B」と呼ぶ場合が多い。

【0013】

なお、電子銃101は電子銃制御部131により、第1コンデンサレンズ103は第1コンデンサレンズ制御部133により、第2コンデンサレンズ105は第2コンデンサレンズ制御部135により、それぞれ制御される。電子銃101の後段には一次電子116のビーム軸を制御するための第1アライナー102が配置され、第1アライナー制御部132によって制御される。また、装置全体を制御する制御演算装置146は、記憶装置145に記憶された制御データ等に基づいてそれぞれの制御部を統一的に制御する。検出器121によって検出された検出信号は、記憶装置145に記憶したり、表示装置147に表示したりして利用される。

【0014】

図2は、図1に示した走査電子顕微鏡の一部の電子ビーム軌道200を示す図である。物面201は電子銃101の仮想光源に位置し、中間像面202はビームスリット170の近傍に、像面203は対物レンズの物面に位置する。すなわち、第1静電偏向器150と、第1静電偏向器150とビームスリット170の間に位置する第1コンデンサレンズ

10

20

30

40

50

103で1つの結像系を構成している。同様に、第2静電偏向器160と、第2静電偏向器160とビームスリット170の間に位置する第2コンデンサレンズ105で1つの結像系を構成している。

#### 【0015】

図3は、ビームスリット上の電子ビーム形状を示す模式図である。第1静電偏向器150と第1電磁偏向器151によって1次電子をビームスリット170上で逆向きに偏向し、ビームスリット170上で偏向色収差のみを発生させている。そのために電子ビーム形状303は横長の形状となっている。図3に矢印304で示したビームスリット170上での偏向色収差発生方向を、ビームスリット170のビーム制限方向すなわちスリット開口302の短軸方向に設定し、この電子ビームの一部をスリット開口302により抽出して所定のエネルギーを有する電子だけを通過させることでエネルギー分散を低減できる。ウイーンフィルターで重要なことは、この偏向色収差の発生効率を向上させることである。発生効率を向上させるとは、それぞれの偏向器の偏向強度（偏向角度）を出来るだけ小さくして偏向色収差を発生させることである。このことは、偏向器が発生する寄生収差による分解能の劣化や偏向器電源の高電圧大電流化に伴う安定動作の劣化などを抑制するうえで重要となる。

10

#### 【0016】

静電偏向器にオフセットとして負の高電圧を印加することは偏向色収差の発生効率を向上させる効果を有している。しかしながら、発生効率を向上させるために電圧を高くすると、静電レンズ効果が強まり光学系に大きな影響を与えるようになる。例えば特開2012-243763号公報に記載の装置でE×B(200)に負電圧を加えていくと、E×Bレンズの焦点距離が短くなる。このことはスリット(300)上への結像を縮小系にする効果と、軸上の色収差係数を増大させる効果を持つことになる。色収差係数が増大するのは減速型の静電レンズが加速型の静電レンズと比較して大きな色収差係数を持つ傾向にあるからである。スリット上への結像を縮小系にする欠点は以下のように説明できる。スリット上への光学系を縮小系にするとスリット上での開口角が大きくなる。このために開口角に比例して増大する軸上色収差が増大する。さらに電子光学系全系の縮小率は電子銃の性能上限界があり、スリット上への光学系を縮小系にすると、スリットより下の光学系の縮小率は小さくなる。結果として、スリット上で発生した軸上色収差がより試料上の分解能に影響を与えるようになる。これらのことと、色収差係数が大きくなることから静電偏向器に印加する負電圧には限界が生じてしまう。

20

30

#### 【0017】

本発明では、これに対してビームスリットと、電磁偏向器と静電偏向器の組との間に電子レンズを有する構造として軸上色収差の増大を抑制している。本実施例では電子レンズには電磁レンズを用いているが、加速型の静電レンズを用いても構わない。この構成の効果は以下の通りである。

#### 【0018】

まず、静電偏向器を物面側に配置することで、静電偏向器に印加する負電圧を高くするとビームスリット上への結像は拡大系となる。従ってビームスリット上での開口角は小さくなり、軸上色収差は小さくなる。更に、試料面上必要な電流値で最高分解能を得るには全系での縮小率は決まっており、ビームスリット上への結像が拡大系になるとビームスリットより下流の光学系の縮小率は大きくなる(より縮小する方向)。従って、ビームスリット上で生じた軸上色収差は試料上で小さくすることが可能となる。この2つの効果により、静電偏向器に印加する負電圧を高くすることによる軸上分解能劣化を抑制することが出来る。また、挿入する電子レンズに収差係数の小さい電子レンズを用いることにより、軸上色収差係数を小さくする効果も期待できる。更に本発明によりビームスリットと2つの偏向器の距離を大きくした構成をとることが出来るので、同じ偏向強度でビームスリット上に発生させる偏向色収差を大きくできることにもつながる。以上のように本発明によれば、軸上色収差の増大を抑制しながら、偏向色収差の発生効率を向上させることができる。

40

50

## 【0019】

本発明の構成により新たに生じる課題として、2つの偏向器の偏向方向の調整があげられる。本実施例では2つの偏向器とビームスリットの間には電磁レンズを配置したために、偏向方向が回転することになる。したがって、電磁レンズによる電子ビームの回転を見越して、電磁偏向器と静電偏向器の偏向器内での偏向方向をビームスリットのビーム制限方向と異なる方向に設定すると良い。偏向方向は電磁レンズの励磁に応じて設定することが有効である。本実施例では電磁レンズにより電子ビームが45度回転するために、図4に示すように、偏向器内での静電偏向器の偏向方向310と電磁偏向器の偏向方向311もそれぞれ45度回転させている。その結果、ビームスリット170上での偏向色収差発生方向304は、ビームスリットのビーム制限方向(スリット開口302の短軸方向)と一致するようになる。偏向方向の回転角度は、偏向に伴うスリット透過電流の変化を最大にする方向に偏向することで調整できる。なお、静電偏向器と電磁偏向器は互いの偏向方向を180度回転して偏向している。

10

## 【0020】

次に、本実施例ではビームスリット170の下段にも同様の光学構成を配置している。これは静電偏向器と電磁偏向器の組を下段にも設けることで、ビームスリット170の上で発生させた偏向色収差を相殺して、試料上での電子ビーム形状に影響を残さないためである。配置の順は上部と逆になり、上流からビームスリット170、第2コンデンサレンズ105、第2静電偏向器160と第2電磁偏向器161の組の順に配置している。図ではビームスリット170を挟んで対称に近く配置しているが、本発明のもとでは偏向色収差の発生効率が高いために寄生収差も小さく、必ずしも対称形である必要はない。これは光学系の設計を柔軟にできるため、本発明の利点の1つと考えられる。但し、上段のE×Bにより発生する偏向色収差による電子ビームの分解能の劣化がシステム上重要な問題ではない場合、例えば分析を主とする場合や一方向の分解能のみ求められる場合には、必ずしも下段のE×Bは必須ではない。

20

## 【0021】

また、図5と図6は光学素子の他の配置例を示す模式図である。いずれも片側の電磁偏向器と静電偏向器の組と、ビームスリットとの間に電子レンズを配置している。図5の例では、ビームスリット170より上流側の光学系において、第1静電偏向器150と第1電磁偏向器151の組と、ビームスリット170との間に第1コンデンサレンズ103が配置されている。また、図6の例では、ビームスリット170の下流側の光学系において、第2静電偏向器160と第2電磁偏向器161の組と、ビームスリット170との間に第2コンデンサレンズ105が配置されている。これらの光学系によると片側のみではあるが、本発明の効果である軸上色収差の増大を抑制しながら偏向色収差の発生効率を向上させることが可能となる。

30

## 【0022】

以上の構成において、静電偏向器に1kVの負電圧を印加することで、ウイーンフィルターを使わない場合に比較して例えば電子ビームのエネルギー分散の50%低減と分解能の20%の向上を図ることが出来た。

## 【0023】

## [実施例2]

図7は、実施例2の走査電子顕微鏡を示す全体概略図である。図1に示した実施例と異なるのは、図1の第1電磁偏向器151と第2電磁偏向器161が本実施例ではそれぞれ2段型第1電磁偏向器152と2段型第2電磁偏向器162に変わったことである。2段型第1電磁偏向器152は2段型第1電磁偏向器制御部156によって制御され、2段型第2電磁偏向器162は2段型第2電磁偏向器制御部166によって制御される。

40

## 【0024】

電子レンズを新たに配置したことにより生じるもう1つの課題は静電偏向器と電磁偏向器の組と電子レンズとのアライメント誤差である。偏向器を出射した電子ビームが電子レンズの中心を通過しないと新たな収差を発生し、分解能の劣化要因となる。これを回避す

50

るための機構が本実施例での２段電磁偏向器である。２段電磁偏向器は２段に配置された電磁偏向器がそれぞれ独立に制御可能である。その結果制御可能となる偏向軌道の例を図８に示す。偏向色収差生成軌道６０１はエネルギーフィルターとして使用するための軌道で、静電偏向器の中心が偏向中心となるように制御されている。この２段電磁偏向器による偏向中心制御はWO 2012/050018 A1にも記載されている。本実施例では、この２段電磁偏向器を図１の配置と組み合わせることにより、公知例にない効果を見出している。それがレンズアライメント軌道６００である。２段電磁偏向器の偏向中心をビームスリット上に設定することで、電子ビームとスリット開口の位置関係に影響を与えることなく、第１コンデンサレンズ１０３の中心がずれた場合でも、レンズ中心に電子ビームをアライメントすることが可能となる。但しこの場合は、スリット上で電子ビームが傾斜することになるために、更に下段で角度調整を必要とする可能性はある。

10

## 【００２５】

もう一つのレンズアライメント軌道６０２の例を図９に示す。この例ではレンズに対して垂直に電子ビームを偏向している。この軌道でも第１コンデンサレンズ１０３がずれた場合のアライメントが可能である。更に、この軌道はビームスリット１７０上への垂直入射を維持していることが利点となっている。逆に、ビームスリット１７０上での電子ビーム位置にずれが生じるが、スリット開口の位置をスリット移動機構１７１により調整することで問題は解決する。スリット移動機構１７１は、電子ビームを移動させずにアライメントが可能のようにスリット幅より短い距離精度で微動出来るように作られている。このようにレンズ中心のアライメントとビームスリット上でのアライメントを分けて制御することでアライメントを容易に行うことが可能となる。

20

## 【００２６】

以上の構成において、一例として分解能の２５％の向上を図ることが出来た。なお電磁偏向器ではなく、静電偏向器を２段とすることでも同様の効果を得ることが可能である。

## 【００２７】

## 〔実施例３〕

図１０は、実施例３の走査電子顕微鏡を示す全体概略図である。図７に示した実施例との差は、本実施例では第２アライナー７００がビームスリットの下に設けられていることにある。第２アライナー７００は第２アライナー制御部７０１によって制御される。

## 【００２８】

図１０に示した構成では下段の第２コンデンサレンズ１０５が下段の静電偏向器と電磁偏向器の組より上にあるため、第２コンデンサレンズ１０５の中心に電子ビームをアライメントするために第２アライナー７００を使用した。本構成によって、一例として分解能の２７％の向上を図ることが出来た。

30

## 【００２９】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

40

## 【符号の説明】

## 【００３０】

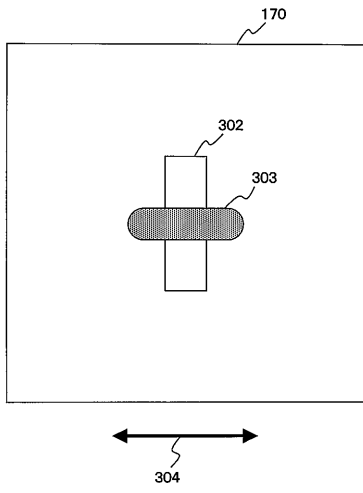
１０１...電子銃、１０２...第１アライナー、１０３...第１コンデンサレンズ、１０５...第２コンデンサレンズ、１０６...第１走査偏向器、１０８...第２走査偏向器、１１３...対物レンズ、１１４...試料、１１５...ステージ、１１６...１次電子、１１７...２次電子、１２１...検出器、１４５...記録装置、１４６...制御演算装置、１４７...表示装置、１５０...第１静電偏向器、１５１...第１電磁偏向器、１５２...２段型第１電磁偏向器、１５４...第１静電偏向器制御部、１６０...第２静電偏向器、１６１...第２電磁偏向器、１６２...２段型第２電磁偏向器、１６６...２段型第２電磁偏向器、１７０...ビームスリット、１７１...ス

50



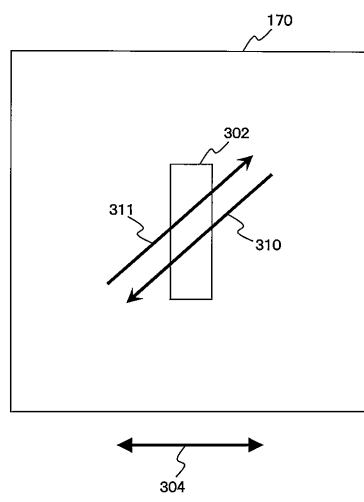
【 図 3 】

図3



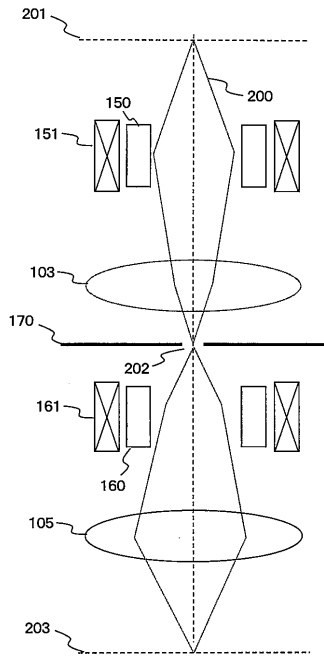
【 図 4 】

図4



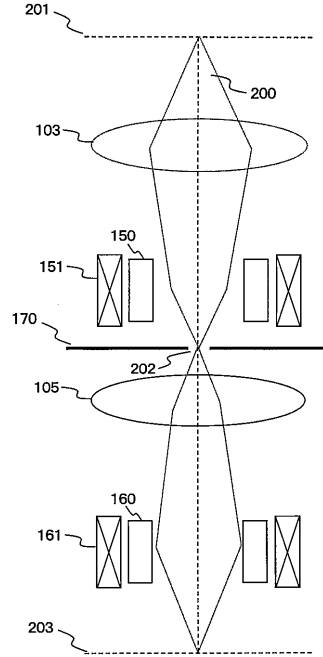
【 図 5 】

図5

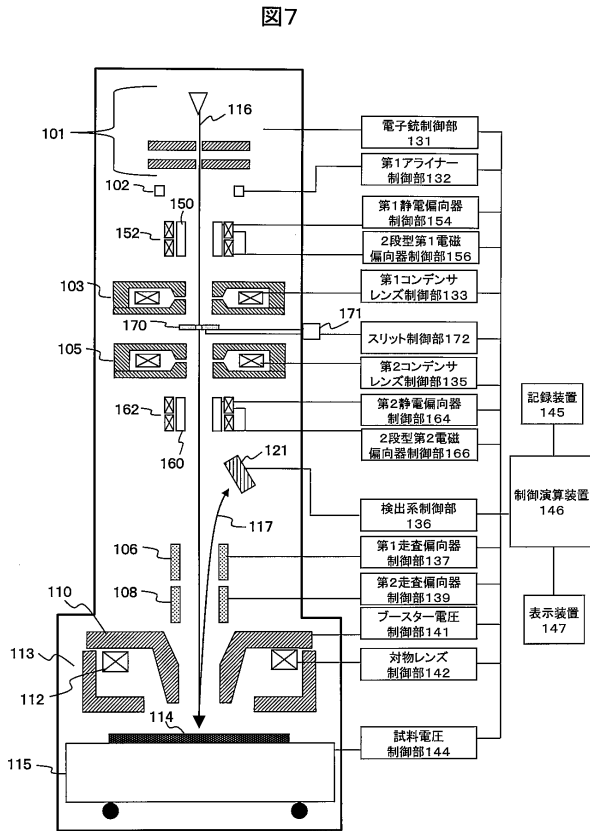


【 図 6 】

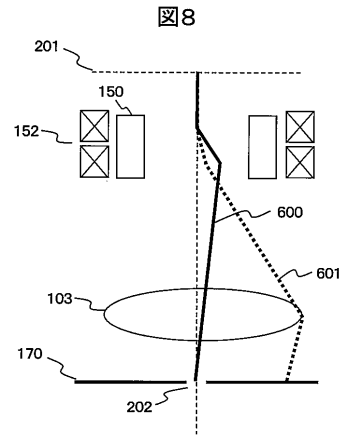
図6



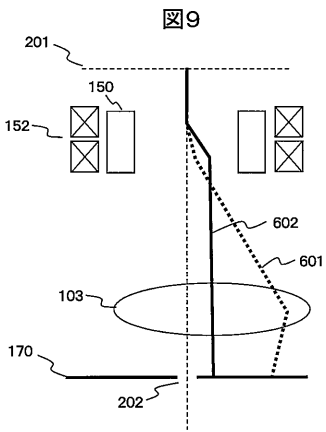
【図7】



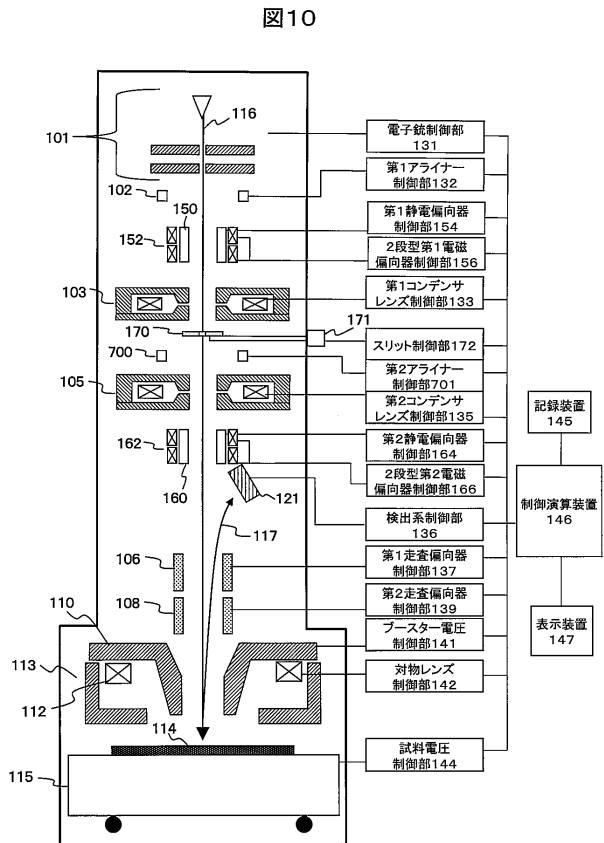
【図8】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 J 37/28 (2006.01) H 0 1 J 37/28 B

(72)発明者 三羽 貴文  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

(72)発明者 川野 源  
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

審査官 右 高 孝幸

(56)参考文献 特表2007-505453(JP,A)  
国際公開第2012/050018(WO,A1)  
特開2000-228162(JP,A)  
特開2012-243763(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 J 3 7 / 0 4  
H 0 1 J 3 7 / 0 5  
H 0 1 J 3 7 / 0 9  
H 0 1 J 3 7 / 1 0  
H 0 1 J 3 7 / 1 4 5  
H 0 1 J 3 7 / 1 5 3  
H 0 1 J 3 7 / 2 8