

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-194585

(P2019-194585A)

(43) 公開日 令和1年11月7日(2019.11.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 N 23/04 (2018.01)	GO 1 N 23/04 3 3 0	2 G 0 0 1
HO 1 J 37/26 (2006.01)	HO 1 J 37/26	5 C 0 3 3
HO 1 J 37/28 (2006.01)	HO 1 J 37/28 C	
HO 1 J 37/147 (2006.01)	HO 1 J 37/147 A	
HO 1 J 37/22 (2006.01)	HO 1 J 37/22 5 0 1 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 18 頁)		

(21) 出願番号 特願2019-84825 (P2019-84825)
 (22) 出願日 平成31年4月26日 (2019.4.26)
 (31) 優先権主張番号 18170373.7
 (32) 優先日 平成30年5月2日 (2018.5.2)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 501233536
 エフ イー アイ カンパニ
 F E I COMPANY
 アメリカ合衆国 オレゴン 97124-
 5793 ヒルズボロ ドーソン・クリー
 ク・ドライブ 5350 エヌイー
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74) 代理人 100091214
 弁理士 大貫 進介

最終頁に続く

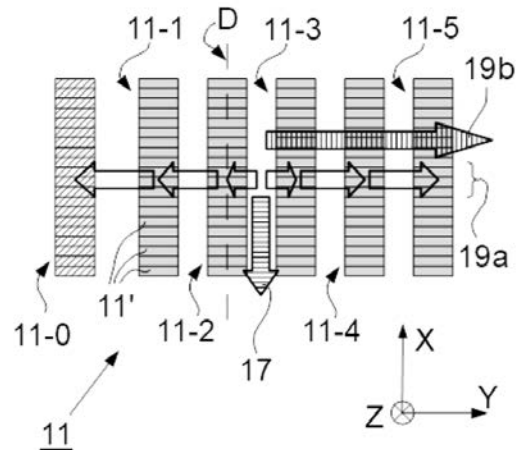
(54) 【発明の名称】 電子顕微鏡におけるEELS検出技術

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 電子顕微鏡におけるEELS検出技術を提供する。

【解決手段】 電子顕微鏡において電子エネルギー損失分光EELSを実行する方法であって、試料を試料ホルダに提供することと、ソースから電子ビームを生成することと、試料を照射するようにビームを方向付けるために照明器を使用することと、試料を透過した電子フラックスを受容し、かつそれを分光装置上に方向付ける撮像システムを使用することと、を含み、分光装置が、EELSスペクトルを形成するように電子フラックスを分散方向に分散させるための分散デバイスと、複数の検出ゾーンに細分された検出面を含む方法。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

電子顕微鏡において電子エネルギー損失分光（EELS）を実行する方法であって、

- －試料を試料ホルダに提供することと、
- －ソースから電子ビームを生成することと、
- －前記試料を照射するように前記電子ビームを方向付けるために照明器を使用することと、
- －前記試料を透過した電子フラックスを受容し、かつそれを分光装置上に方向付ける撮像システムを使用することと、を含み、前記分光装置が、

EELS スペクトルを形成するように前記電子フラックスを分散方向に分散させるための分散デバイスと、

- 複数の検出ゾーンに細分された検出面を含む、検出器と、を備え、
- －複数の EELS スペクトル要素を連続的に登録するために、少なくとも第 1 の検出ゾーン、第 2 の検出ゾーン、および第 3 の検出ゾーンを使用することと、
- －前記第 3 の検出ゾーンが前記複数の EELS スペクトル要素のうちの 1 つを登録している間に、前記第 1 および前記第 2 の検出ゾーンを読み出すことと、を特徴とする、方法。

10

【請求項 2】

前記複数の EELS スペクトル要素が、前記試料上の単一位置で撮影された、単一 EELS スペクトルの異なる領域を含む、第 1 および第 2 のスペクトル要素を含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 3】

異なる試料位置での一連の測定において繰り返して、前記第 1 の検出ゾーンが、比較的明るいスペクトル部分のみを登録するために使用され、前記第 2 の検出ゾーンおよび第 3 の検出ゾーンが、比較的暗いスペクトル部分のみを登録するために使用される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記複数の EELS スペクトル要素が、前記試料上の 2 つの異なる位置でそれぞれ撮影された、2 つの EELS スペクトルからの対応する領域を含む、第 1 および第 2 のスペクトル要素を含む、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 5】

前記複数の EELS スペクトル要素が、前記試料上の同一位置で撮影された、EELS スペクトルの同一領域を含む、第 1 および第 2 のスペクトル要素を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 の検出ゾーンからの第 1 の検出結果および前記第 2 の検出ゾーンからの第 2 の検出結果が、差分スペクトルを得るために相互に減算される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

第 1 の偏向デバイスが、前記分散方向に対して平行に前記 EELS スペクトルの位置を微調整するために使用される、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の方法。

40

【請求項 8】

第 2 の偏向デバイスが、前記分散方向に対して実質的に垂直な方向に前記 EELS スペクトルを偏向させるために使用される、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

2 つの隣接する検出ゾーン上の登録セッションの間に、前記第 2 の偏向デバイスの少なくとも一部が、

- －前記検出面の周囲の外側の場所に EELS スペクトルを偏向させる作用、
- －EELS スペクトルを、前記隣接する検出ゾーン間の場所に置く作用、のうちの少なくとも 1 つを実行するために使用される、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

50

前記周囲の外側の場所への偏向が、前記第 1 の検出ゾーンから前記第 2 の検出ゾーンに向かって延在する方向に生じる場合、次いで、前記第 1 の検出ゾーンが、比較的暗いスペクトル部分を登録するために使用され、前記第 2 の検出ゾーンが、比較的明るいスペクトル部分を登録するために使用される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 1 1】

前記検出ゾーンのうちの少なくとも 1 つが、同時に読み出されるように構成されている 2 つの部分にさらに分割される、請求項 1 から 1 0 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記 2 つの部分間の差分信号が、前記 2 つの部分間の E E L S スペクトルの調整誤差を特定するための測定基準として使用される、請求項 1 1 に記載の方法。

10

【請求項 1 3】

前記検出面が、4 つ以上の前記検出ゾーンを含む、請求項 1 から 1 2 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記検出面が、合計 5 つの前記検出ゾーンを含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

電子顕微鏡であって、

- －試料を保持するための試料ホルダと、
- －電子ビームを生成するためのソースと、
- －前記試料を照射するように前記電子ビームを方向付けるための照明器と、
- －前記試料を透過した電子フラックスを受容し、かつそれを電子エネルギー損失分光（E E L S）装置上に方向付けるための撮像システムと、を備え、前記 E E L S 装置が、E E L S スペクトルを形成するように前記電子フラックスを分散方向に分散させるための分散デバイスと、

20

複数の検出ゾーンに細分された検出面を含む、検出器と、を備え、

- －当該電子顕微鏡の少なくともいくつかの動作態様を制御するためのコントローラと、を備え、

前記コントローラが、

- －複数の E E L S スペクトル要素を連続的に登録するために、少なくとも第 1 の検出ゾーン、第 2 の検出ゾーン、および第 3 の検出ゾーンを使用することと、
- －前記第 3 の検出ゾーンが前記複数の E E L S スペクトル要素のうちの 1 つを登録している間に、前記第 1 および前記第 2 の検出ゾーンを読み出すことと、を行うように構成されていることを特徴とする、電子顕微鏡。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、電子顕微鏡において電子エネルギー損失分光（E E L S）を実行する方法であって、電子顕微鏡が、

- －試料を保持するための試料ホルダと、
- －電子ビームを生成するためのソースと、
- －試料を照射するようにビームを方向付けるための照明器と、
- －試料を透過した電子フラックスを受容し、かつそれを分光装置上に方向付けるための撮像システムと、を備え、分光装置が、

40

・ E E L S スペクトルを形成するように電子フラックスを分散方向に分散させるための分散デバイスと、

・ 複数の検出ゾーンに細分された検出面を含む、検出器と、を備える、方法に関する。

【0 0 0 2】

本発明はまた、かかる方法が実行され得る電子顕微鏡に関する。

50

【背景技術】

【0003】

電子顕微鏡は、周知であり、微視的対象物を撮像するために、ますます重要になっている技術である。これまで、基本的な種類の電子顕微鏡（EM）は、透過電子顕微鏡（TEM）、走査電子顕微鏡（SEM）、および走査透過電子顕微鏡（STEM）等の、いくつかの周知の装置の種類に発展してきており、さらには、例えば、イオンビームミリングまたはイオンビーム誘起付着（IBID）等の援助を可能にする、「機械加工」集束イオンビーム（FIB）を追加的に採用する、いわゆる「デュアルビーム」装置（例えば、FIB-SEM）等の、様々な亜種に発展してきている。より具体的には、

－SEMにおいては、走査電子ビームを試料に照射すると、試料から、例えば二次電子、後方散乱電子、X線、ならびにカソード発光（赤外線光子、可視光子、および／または紫外線光子）の形態の「補助」放射線の放出が開始され、次に、この放出される放射線の1種類以上の放射線成分が、検出され、画像を蓄積するために使用される。

－TEMにおいては、試料に照射するために使用される電子ビームは、（この目的のために、一般的に、SEM試料の場合よりも薄くなる）試料に貫通するために十分高いエネルギーとなるように選択され、次に、試料から放出される透過電子を使用して画像を生成することができる。このようなTEMを走査モードで動作させる（したがってSTEMになる）と、照射される電子ビームの走査動作中に当該画像が蓄積される。

－SEMは、比較的薄いサンプルと比較的高い入射ビームエネルギーを使用する場合など、「透過モード」で使用することもできる。かかるツールは、しばしば「TSEM」（透過SEM）と呼ばれ、それは、通常、試料と試料後検出器との間に配設された比較的初歩的な撮像システム（例えば、単一レンズおよび偏向器）を有することになる。

【0004】

撮像、（局所化）表面改質（例えば、ミリング、エッチング、付着等）の実行、および分光の実施に加えて、電子顕微鏡はまた、ディフラクトグラムの試験、イオンチャネリング／イオン後方散乱（ラザフォード後方散乱分光）の調査等のような、他の機能を有し得る。

【0005】

全ての場合において、透過型EM（S（TEM）またはTSEM）は、少なくとも以下の構成要素を含むことになる：

－電子源であり、冷電界放出銃（CFEG）、ショットキー電子源（「ホットFEG」）、熱電子源等。

－照明器（電子ビームカラムを照明する）であり、ソースからの「そのままの」放射線ビームを操作し、かつその際、集束、収差の軽減、クロッピング（ダイアフラムを用いて）、フィルタリング等のような一定の動作を実行するように機能する。照明器は、一般的に、1つ以上の（荷電粒子）レンズを備えることになり、他のタイプの（粒子）光学構成要素も備え得る。所望される場合、照明器には、偏向システムを設けることができ、偏向システムは、調査中の試料にわたってその出射ビームに走査運動を実行させることができる。所望される場合、照明器は、試料に向けて送られる電子のエネルギーの広がり狭めるように機能するモノクロメータを含み得、かかるモノクロメータは、通常、選択されたエネルギー範囲内の電子の排他的選択を可能にするために利用される分散デバイス（例えば、ウィーンフィルタ等）を備え、例えば、その結果、EELS測定における達成可能な分解能を改善する、および／または画像品質に対する色収差の悪影響を低減する。

－試料ホルダであり、一般的に、位置決めシステムに接続されており、その上に調査中の試料を保持し、位置決め（例えば、変位、傾斜、回転）することができる。所望される場合、このホルダを移動させて、試料がビームに対して走査運動を行うようにすることができる。低温試料を保持することが意図されるとき、試料ホルダには、適切な冷却デバイスを設けることができる。

－撮像システム（電子ビームカラムを撮像する）であり、本質的に、試料（平面）を透過される電子を撮影し、それらを検知デバイス上に向ける（集束させる）。上述の照明器

10

20

30

40

50

と同様に、撮像システムはまた、収差の軽減、クロッピング、フィルタリング等のような他の機能も実行し得、それは、一般的に、1つ以上の荷電粒子レンズおよび／または他のタイプの粒子光学構成要素を備えることになる。

－検知デバイス（検出器）であり、本質的に一体型または複合型／分散型であってもよく、それが検知しようとするものに依じて、多くの異なる形態をとり得る。それは、例えば、1つ以上のフォトダイオード、CMOS検出器、CCD検出器、光電池等を含み得る。検知デバイスは、EELSモジュール等の下位構成要素内に含まれ得る。

【0006】

かかるEELSモジュールが存在するとき、それは、一般的に、以下を備えることになる：

－分散デバイス（例えば、1つ以上の「電子プリズム」を含む）であり、分散方向に沿って、（イメージングシステムから）入ってくる電子フラックスをスペクトルサブビームのエネルギー分解された（連続的な）アレイ内に分散させ、電子フラックスが、最終的にスペクトルを形成するように検出面上に方向付けられ得る。基本的に、入ってくる電子フラックスは、様々なエネルギーの電子を含有することになり、分散デバイスは、分散方向に沿ってスペクトル内に「これらを扇状に広げる」（質量分析計を幾分連想させる様式で）。

【0007】

EELSは、所与の試料に属する元素／化学情報を取得するためにEMで使用する技術である。（EMの照明器から）照射ビーム内を移動する電子は、試料内の原子のコアシェル内の束縛電子にエネルギーを移送し、このコア電子を外部シェルに促し得る（非弾性散乱）。移動する電子からのこのエネルギー移送は、EELSスペクトルに、いわゆる「コア損失ピーク」（CLP）を生じさせる。CLPの（エネルギー単位での）（粗い）位置は、元素固有であり、その正確な位置および形状は、元素の化学的環境および結合に固有である。上述されたCLPに加えて、EELSスペクトルは、一般的に、以下も含むことになる：

－いわゆるゼロ損失ピーク（ZLP）であり、本質的に、（実質的な）エネルギー損失なしで試料を通過した照射ビームからの電子に対応する。

－いわゆる「プラズモン共鳴ピーク」（PRP）等の、ZLPとCLPとの間の中間的特徴（IF）であり、試料中のプラズモン上の電子の単一または多重散乱と関連付けられた比較的幅広い一連のピーク／ショルダである。これらのPRPは、通常、0～50 eVのエネルギー範囲内にある。中間的特徴の他の例としては、例えば、フォノン共鳴およびバンドギャップ特徴（強度の不連続性）が挙げられる。

【0008】

通常、EELSモジュールはまた、エネルギー選択撮像デバイス（EFTEM：エネルギーフィルタTEM）としても使用され得る。これを達成するために、それらは、それらの（一次）スペクトル平面に／その近くにスリット（「レターボックス」）を採用する。モジュールが純粋な分光計として使用されるとき、このスリットは、撤回され、スペクトル平面は、拡大され、分散後の光学系を使用して採用される検出器（カメラ）上で撮像させ得る。一方で、モジュールがエネルギー選択撮像デバイスとして使用されるとき、スリットは、特定のエネルギー窓（通常、約10～50 eV幅）のみを通過／許容するように呼び出され得、その場合において、分散後（スリット後）光学系は、次いで、スペクトル平面のフーリエ変換平面を検出器上で撮像させる。

【0009】

EELS検出は、様々な大きな課題を提示する。照明器、撮像システム、ソースおよび／またはEELSモジュールに供給される（高圧）電力の不安定性／変動の可能性のため、CLPまたはIFの位置の正確な測定は、通常、ZLPの同時またはほぼ同時の記録を必要とする。これは、慣習的に「ZLPの追跡」と呼ばれ、とりわけノイズレベルの測定基準およびCLP／IFの絶対エネルギースケール基準として作用する。とりわけ、ZLPとCLP／IFとの間の一般的なおおきい強度の差（容易に約1000であり得る）、

10

20

30

40

50

およびZLPとCLP/IFとの間の一般的に大きい（エネルギー）分離（0.2 eV（電子ボルト）の分解能が要求／所望される場合、2000 eVを軽く超え得る）のため、ZLPおよびCLP/IFの同時記録は、通常、簡単ではない。現在、ほぼ同時の記録は、例えば、米国特許第US7,642,513号に明らかにされる、いわゆる「デュアルEELS」技術を使用して達成され得る。デュアルEELSでは、2回の露光が、採用された検出器（例えば、画素化CCDカメラ）上での単一取得で行われ、一方の比較的短い露光（ $\sim 1 \mu\text{s}$ 、したがって超高速ビームブランカ／露光シャッタを必要とする）がZLPを記録し、より長い露光（ $\sim 10\text{ms}$ ）がCLP/IFを記録する。しかしながら、デュアルEELS技術（「トリプルEELS」／「マルチEELS」等の、その拡張と同様に）は、異なるEELSスペクトル成分の真に同時の記録ではなく、ほぼ同時の記録のみを可能にし、原理的に、変動が構成要素の露光間で依然として起こり得、それによって、結果において固有の不確実性／誤差マージンを生じさせる。

【0010】

EELS検出に関する別の問題は、CCDおよびCMOSデバイス等の従来の撮像デバイスが、検出器が情報の読み出しのためにブランキングされる、いわゆる「デッドタイム」を呈することである。かかるデッドタイムの間、試料は、依然として衝突する電子ビームによって照明されることになり、その結果として、

- －（敏感な）試料は、不要な放射線損傷を受け、
- －潜在的な信号が無駄になり、信号対ノイズ比（SNR）の低下を引き起こす。

【0011】

検出器をブランキングせずに読み出しを実行することを潜在的に試みることもできるが、それは、試料上の隣接する位置からのスペクトル応答の「ぶれ」（混合）を結果としてもたらすことになる。

【発明の概要】

【0012】

本発明の目的は、代替的なEELS検出方策を提供することである。特に、本発明の目的は、この代替的な検出方策が、利用可能な測定電子フラックスおよび時間の効率的使用を行うべきであることである。

【0013】

これらのおよび他の目的は、上記冒頭の段落に記載された方法を実現することであり、本方法は、

- －少なくとも第1の検出ゾーン、第2の検出ゾーン、および第3の検出ゾーンを使用して、複数のEELSスペクトル要素を連続的に登録することと、
- －第3の検出ゾーンが複数のEELSスペクトル要素のうちの1つを登録している間に第1および第2の検出ゾーンを読み出すことと、を特徴とする。

【0014】

複数のEELSスペクトル要素を連続的に登録するために少なくとも3つの検出ゾーンを使用することによって、複数のEELSスペクトル要素のうちの1つを連続的に登録しながら、他の2つの検出ゾーンの時間が読み出されることを可能にすることが可能である。特に、少なくとも3つの検出ゾーンの間で複数のEELSスペクトル要素のうちの1つ（またはそれ以上）の登録を循環させることが可能である。少なくとも3つの検出ゾーンのうちの1つによる登録中、少なくとも3つの検出ゾーンのうちの少なくとも2つの他の検出ゾーンが読み出され得る。2つの他の検出ゾーンの読み出しは、同時、すなわち、第1の検出ゾーンおよび第2の検出ゾーンを同時に読み出すことができるか、または引き続いて、すなわち、最初に第1の検出ゾーンを読み出し、その後初めて第2の検出ゾーンを読み出すことができる。

【0015】

したがって、第1の検出ゾーンを使用して第1のEELSスペクトル要素を登録し、同時に第2の検出ゾーンを読み出し、かつ（同時にまたは引き続いて）第3の検出ゾーンを読み出すことが可能である。第1の検出ゾーンの露光後、第2の検出ゾーンを露光して第

2のEELSスペクトル要素を登録し、第1の検出ゾーンを読み出す（かつ第3の検出ゾーンを読み出し続ける）ことが可能である。第2の検出ゾーンの露光後、第3の検出ゾーンを使用して第1のEELSスペクトル要素を再び登録し、第1の検出ゾーンを読み出し続け、かつ第2の検出ゾーンを読み出すことが可能である。このようにして、3つの検出器が、第1および第2のEELSスペクトル要素を登録するために使用され得る。

【0016】

したがって、少なくとも3つの検出ゾーンの露光は、複数のEELSスペクトル要素を連続的に登録するために循環され、3つの検出ゾーンのうちの1つの露光は、デッドタイムおよび／または他の2つの検出ゾーンの読み出しと同時に起こる。

【0017】

本発明は、EELSスペクトルを記録するときに、より効率的な登録／読み出しデューティサイクルを提供する。本発明は、検出器の一部が、（読み出し中に）入ってくる電子フラックスに対して「無効」であるときに、検出器の別の部分が依然として「有効」であることを確実にし、電子を登録することによって、より効率的な登録／読み出しデューティサイクルを達成する。これは、以下のような、いくつかの理由について有利であり得る：

－本発明は、従来の検出手法に存在する「デッドタイム」を短縮し、所与の試料に対するより短い（累積）測定時間への道を開き、同時に試料の累積放射線曝露／線量の低減、および（敏感な）試料への放射線損傷の付随する低減を伴う。

－本発明は、各露光された検出ゾーンに対してより長い読み出し時間を提供し、より多くの量の電荷が各露光された画素から引き出されることを可能にし、したがって読み出しノイズを低減する。これは、検出器内の他のゾーンが露光を受けている間に、露光されたゾーンを読み出し続けることができる高度な性能を有するためである。

－上記の点に幾分類似するが、シンチレータが検出器の上流で使用されている、よくある状況において、ここで、シンチレータの励起されたエリアが「輝く」（かなり）多くの時間が、そのエリアの下を検出ゾーンがその後の測定のために呼び出される前に、存在する。言い換えると、問題となっているシンチレータエリアからの「残光」は、長期間にわたって無害に消滅することができ、したがって、下にある検出ゾーンが登録サイクルのために再度呼び出されたときに（残光からの）「ゴースト」露光を防止することを助ける。

【0018】

本発明は、上述の複数のEELSスペクトル要素に割り当てられる役割に関して、万能である。複数のEELSスペクトル要素は、第1および第2のEELSスペクトル要素を含み得る。例：

（a）1つのシナリオでは、第1および第2のスペクトル要素は、試料上の単一位置で撮影された、単一EELSスペクトルの異なる領域を含む。

（b）代替的なシナリオでは、第1および第2のスペクトル要素は、試料上の2つの異なる位置でそれぞれ撮影された、2つのEELSスペクトルからの対応する領域を含む。

（c）所与の試料位置において、同一EELSスペクトル（またはその所与の領域）が、検出器の複数（または全て）の検出ゾーン上で記録され得る。

【0019】

幾分より詳細において：

－状況（a）では、例えば、第1および第2のスペクトル要素の一方がIFを含み得、他方がCLPを含み得る。代替的に、それらは両方とも、例えば、異なるCLPまたはCLPグループを含んでもよい。原則として、（少なくとも）それらのうちの一方は、ZLPを含んでもよく、かかるシナリオでは、（比較的明るい）ZLPを登録するために必要な時間は、（比較的淡い）CLP／IFを登録するために必要な時間よりもかなり短い。ZLPを記録するために使用される検出ゾーンに割り当てられる登録時間を短縮することができる。この点に関して検出器を使用することは、上述のように「マルチEELS」の形態に有効に対応する。

－状況（b）では、例えば、第1および第2のスペクトル要素は各々、所与のCLP（

10

20

30

40

50

グループ)を含み得る。代替的に、それらは各々、例えば、顕微鏡の高圧電源(とりわけその加速器電極に使用される)の出力における根本的な時間的変動を明らかにするためにZLPが「追跡」されているシナリオでは、ZLPを備え得る。さらに、それらは各々、所望される場合、(本質的に)全EELSスペクトルを含み得る。

一状況(c)では、例えば、SNRを改善するために、様々な検出ゾーンからの出力を結合/合計し得る。代替的に、例えば、時間の関数としてEELSスペクトルに対する変化を追跡するために、「示差分光」を実行するために、2つの異なる検出ゾーンからの登録された検出結果が、相互に減算され得る。

【0020】

代替的/複合的なシナリオもまた、当然に可能であり、例えば、所与の検出ゾーンは、第1の試料位置に第1のスペクトル要素を記録し、第2の異なる試料位置に第2の異なるスペクトル要素を記録するために使用されてもよい。既に上述されたように、所与の検出ゾーンの登録時間を場合毎に基づいて調節することが可能であり、これは、異なる検出ゾーンに割り当てられた役割に関して大きな柔軟性を可能にする。かかる調節は、所望される場合、例えば、所定の「レシピ」に従って試料上のスペクトルのバッチを取得するために使用されるソフトウェアの場合のように、自動化され得、それによって様々な検出ゾーンに割り当てられることになる役割を予め知ることができる。

【0021】

状況(a)/「マルチEELS」の上記の段落で論じられた可能性に関して、(複数の試料位置での測定を包含する)所与の測定セッションの過程で所与の検出ゾーンを所定のスペクトル領域に一貫して割り当てることが有用であり得、例えば、選択された検出ゾーン Z_i を使用して比較的明るいスペクトル部分(例えば、ZLP)を一貫して登録し、異なる検出ゾーン Z_j を使用して比較的暗いスペクトル部分(例えば、CLP)を登録することが有利であり得る。一実施形態において、第1の検出器ゾーンは、明るいスペクトル部分を測定するために使用され、第2および第3の検出器ゾーンは、比較的暗いスペクトル部分を測定するために使用される。これは、例えば、シンチレータの残光、検出器電子品のヒステリシス等と関連付けられた、スペクトル間の「相互干渉」を軽減することによって、スペクトルの「汚染」を防止することを助け得る。

【0022】

本発明の一実施形態では、採用された検出器上のEELSスペクトルの倍率は、調節可能である。この態様は、所与の検出ゾーンが全EELSスペクトルまたはその(注目された)領域のみを記録するために使用されたか否かを決定するために使用され得るスケーリング機を提案するため、とりわけ、上記の状況(a)に関連する。かかる選択可能な倍率は、例えば、分散デバイスと検出器との間に調節可能なレンズ要素を使用することによって達成され得る。

【0023】

本発明の別の実施形態では、第1の偏向デバイスが、分散方向に対して平行にEELSスペクトルの位置を微調整するために使用され得る。とりわけ、上記の段落で説明されたスケーリング機能性と組み合わせて、かかる偏向は、EELSスペクトル(の特定の領域)が所与の検出ゾーン上に正確に位置付けられることを可能にする。かかる偏向デバイスを実現する1つの方式は、例えば、可変電位ドリフトチューブを分散デバイス内に配備することであり、これは、分散デバイスを出る電子フラックスの(総)エネルギーを変化させ、同時に、分散方向に沿った分散後スペクトルサブビームの位置のシフトを引き起こすために使用され得る。当業者は、一定量の微調整/ドリフト補正もまた、分散デバイスに対する励起を調節することによってもたらされるが、かかる調節が、上述の専用偏向デバイスの使用を介するよりも遅い傾向があることを理解するであろう。

【0024】

本発明のさらなる実施形態では、第2の偏向デバイスが、分散方向に対して垂直な方向に分散後ビーム/EELSスペクトルの偏向を引き起こすために使用され得る。かかる偏向は、EELSスペクトル/スペクトル領域を1つの検出ゾーンから別の検出ゾーンへ、

例えば、登録がちょうど終了して現在読み出されている所与の検出ゾーンから、登録を開始する次の検出ゾーンへ移すために使用され得る。分散方向に対して垂直な方向のかかる偏向を実行することは、所与の検出ゾーン（のスペクトル軸）に沿って、そのゾーン内で「ゴーストピーク」を引き起こすリスクを有する、明るいZLPを引きずることを回避する。第2の偏向デバイスは、不要なオーバーヘッドを減少させ、かつスループットを向上させるために、比較的速いことが好ましく、この点に関して、静電偏向機構が、磁気偏向機構よりも一般に好ましく、これは、前者が後者よりも速い傾向があるためである。第2の偏向デバイスはまた、ビームに少ない／最小限の収差を加えることが好ましく、したがって、それは、有利には、その下流に別途位置する場合があるレンズの軸外収差を引き起こすことを回避するために、分光装置の最終レンズ／多重極の後に配設される。

10

【0025】

所望される場合、本明細書に説明される第2の偏向デバイスは、上記の段落の偏向デバイスの励起の調節中に、ビームを十分に離れて急速に偏向させ、次いで、再び戻す、追加の（静電）「ブランキング偏向器」を備える、複合／2ステージ構造を有してもよい。かかるブランキング偏向器は、例えば、分散デバイスのすぐ上流または下流に位置し得る。上述の状況（a）／「マルチEELS」の可能性に関して、具体的には先に識別されたスペクトル汚染／相互干渉の問題に関して、以下の方式を守ることが有利であり得る：

－ブランキング偏向が「右」（例えば、図4の＋Y方向）に生じる場合、次いで、比較的明るいスペクトル部分（ZLP等）を登録するために使用されるゾーンは、比較的暗いスペクトル部分（CLP／IF等）を登録するために使用されるゾーンの右に位置するべきである。これは、後者のゾーン内の人工的なピークを防止することを助ける。

20

－反対に、ブランキング偏向が「左」（例えば、図4の－Y方向）に生じる場合、次いで、比較的明るいスペクトル部分（ZLP等）を登録するために使用されるゾーンは、比較的暗いスペクトル部分（CLP／IF等）を登録するために使用されるゾーンの左に位置するべきである。

【0026】

かかる専用ブランキング偏向器を使用しない代替的な実施形態では、ビームは、調節中に2つの検出ゾーンの間「置かれ」得る。

【0027】

本発明の別の実施形態では、検出ゾーンのうちの少なくとも1つが、同時に読み出されるように構成されている2つの部分にさらに分割される。好ましくは、検出ゾーンのいくつか、または全てが、このようにして分割／読み出されることになる。かかる構成は、検出ゾーン当たりの読み出し時間を有効に二分し、したがって達成可能なスループットのさらなる実質的な向上を可能にする。さらに、この点において検出ゾーンを（分散方向に対して平行に延在する除数で）分割することは、2つの部分間の差分信号が、その部分に重なるEELSスペクトルの調整誤差を決定するために測定基準として使用されることを可能にし、かかるシナリオでは、差分信号がゼロ信号として使用され得、それによって、調整は、理想的には、差分信号がゼロになるまで低下するように調節される。

30

【0028】

上記の論述は、3つの異なる検出ゾーンに関して一貫して述べられたが、3という数字は、文脈において最小数と見なされるべきである。検出ゾーン当たりの読み出し時間が事実上一定（例えば、約100 μ s）であるため、より多数の検出ゾーンを有することは、本質的に、より多くの「稼働時間」の登録活動が、所与のゾーンの「休止時間」の間に起こることを可能にする。さらに、ゾーンの数が多いほど、（電子を登録する）所与の検出ゾーンの連続的な呼び出しの間の相対的な「休止」時間が長くなることになり、したがって、上述の利点（より完全な電荷排出を可能にする等）を増強する。一方で、ゾーンの数を増やすことは、より大きな振幅の偏向が、付随する増大した収差のリスクをもたらすため、上述された偏向デバイスに関する課題をもたらす場合がある。本発明者らは、3～9の範囲のゾーン数で試験を行い、上記で示唆した2つの競合する効果間の良好な妥協点を表す、合計5つの検出ゾーンを有する検出器を見出した。各々が約800 μ m $\times$ 14 μ m

40

50

の大きさの2048画素を含む、5つの矩形検出ゾーンを用いて、本発明者らは、約10,000 EELSスペクトル/秒を満足に得ることができ、これは、従来のデュアルEELS手法で現在達成可能であるものの10倍である。

【0029】

5つの検出ゾーンについて、5つの検出ゾーンの合計が、複数のEELSスペクトル要素を連続的に登録するために使用され、複数のEELSスペクトル要素のうちの1つを5つの検出ゾーンのうちの1つと登録する間、少なくとも2つの他の検出ゾーン（例えば、2つ、3つまたは4つ等）が、読み取られている（同時に、または連続的に）。

【0030】

上記で既に示唆したように、試料に面する検出器の側部にシンチレーション層を配設することができる。かかるシンチレーション層は、検出器と物理的に接触する必要はなく、例えば、導波路の束によって検出器から分離され得る。このような介在する導波路の使用は、例えば、（一次ビームの衝突によって発生した）X線が検出器に到達することを回避することを助け得る。それはまた、検出器に到達する光子の数を制限することを助け、したがって、検出器内の過剰な二次電荷の発声を防止し得る。

【0031】

本発明に採用される実際の検出器は、例えば、

- －画素化CCD検出器、
- －アバランシェフォトダイオードの画素化アレイ、
- －画素化CMOS検出器、

およびその組み合わせ、のうちの1つ以上からなり得る。現在利用可能なCCDセンサの場合、その異なる部分を異なる時間に読み出すことが不可能であるため、各検出ゾーンは、別個のCCDアレイを備えるべきである。アバランシェフォトダイオードアレイは、固体光電子増倍管（SSPM）と呼ばれることもある。

【図面の簡単な説明】

【0032】

本発明は、ここで、例示的な実施形態および添付の概略図に基づいてより詳細に説明される。

【0033】

【図1】本発明が実装される電子顕微鏡の一実施形態の縦断面立面図を描写する。

【図2】図1の一部の拡大されたさらなる詳細図を示す。

【図3】EELSスペクトルの一例を示す。

【図4】図2の一部の拡大されたさらなる詳細図、より具体的には、本発明による検出器構成を示す。

【0034】

図面において、適切な場合、対応する部分に対応する参照記号を使用して示される。

【発明を実施するための形態】

【0035】

実施形態1

図1（原寸に比例しない）は、本発明が実装される、（S）TEM Mの一実施形態の非常に概略的な図である（ただし、本発明の文脈では、Mは、代替的にTSEMでもよい）。図において、真空筐体2内では、例えば、ショットキー電子源等の電子源4は、電子－光軸B'に沿って伝搬し、かつ電子－光学照明器6を横断する電子ビームBを生成し、電子を試料Sの選択された部分（例えば、（局所的に）薄くされる／平坦化され得る）上に向ける／集束させるように機能する。また図示されるものは、偏向器10であり、これは（とりわけ）、ビームBの走査する動きをもたらしするために使用され得る。

【0036】

試料Sは、ホルダHが（取り外し可能に）固定されているクレードルA'を移動させる、位置決めデバイス／ステージAによって複数の自由度で位置決めすることができる試料ホルダHに保持されており、例えば、試料ホルダHは、（とりわけ）X－Y平面内で移動

することができるフィングを備えることができる（示されたデカルト座標系を参照されたい。通常は、Zに平行およびX/Yを中心に傾く移動も可能である）。かかる移動は、試料Sの異なる部分が、軸線B'に沿って（Z方向に）進む電子ビームBによって照明／撮像／検査されることを可能にし、および／または走査する動きがビーム走査の代替として実行されることを可能にする。所望される場合、任意の冷却デバイス（図示せず）が、例えば、試料ホルダH（およびその上の試料S）を低温に維持するために、試料ホルダHと密接に接触されてもよい。

【0037】

照明器6内にモノクロメータ8が任意に存在する。光源4は、様々な方向に光線（電子経路）を放射し、これらの光線は、分散、すなわち、様々な光線のスペクトル拡散を引き起こす、所与の公称経路／光線に沿って通過する粒子の正確なエネルギーに依存する差分偏向が起こる、モノクロメータ8内の分散器／粒子プリズム（図示せず）に入る。モノクロメータスリット（図示せず）は、このスペクトル拡散の比較的狭い小区分を選択するために使用され、したがって選択されたエネルギー範囲のみを通過させる。このモノクロメータスリットは、例えば、スリットの構築を容易にする接地電位に設定され得、代替的に、モノクロメータスリットは、例えば、モノクロメータの分散要素の中またはその近くに位置決めされ得る。

【0038】

電子ビームBは、試料Sと相互作用して、（例えば）二次電子、後方散乱電子、X線、および光放射線（カソード発光）を含む様々な種類の「励起（stimulated）」放射線が試料Sから放出されるようになる。所望される場合、例えば、シンチレータ／光電子増倍管またはEDX（エネルギー分散型X線分光）モジュールを組み合わせた分析デバイス22の助けを借りて、これらの放射線の種類のうちの1つ以上を検出することができる。このような場合には、SEMと基本的に同じ原理を使用して画像を構築することができる。しかしながら、試料Sを横断（通過）し、試料から放射／放出され軸線B'に沿って（実質的には、一般的に、ある程度偏向／散乱しながら）伝搬し続ける電子を代替的に、または補足的に調査することができる。かかる透過電子フラックスは、一般的に、様々な静電／磁気レンズ、偏向器、補正器（スティグメータ等）等を備えることになる撮像システム（投影レンズ）24に入る。通常の（非走査）TEMモードでは、この撮像システム24は、透過電子フラックスを蛍光スクリーン（検知デバイス）26上に集束させ得、蛍光スクリーン26は、所望される場合、軸B'から十分に離れるように撤回／回収（矢印26'によって概略的に示されるように）され得る。試料S（の一部）の画像または、回折図は、撮像システム24によってスクリーン26上に形成され、この画像は、筐体2の壁の好適な部分に位置する視認ポート28を通して視認することができる。スクリーン26の撤回機構は、例えば本質的に機械的および／また電氣的な機構であり、ここには図示されていない。

【0039】

スクリーン26上の画像／回折図を視認することの代替として、代わりに、撮像システム24から出ていく電子フラックスの焦点深度が一般的に極めて深い（例えば、約1メートル）という事実を利用することができる。その結果、様々な他のタイプの検知デバイスが、スクリーン26の下流で使用され得、例えば：

－TEMカメラ30. カメラ30において、電子フラックスB''は、コントローラ／プロセッサ20によって処理され、かつ、例えば、フラットパネルディスプレイ等のディスプレイデバイス（図示せず）上に表示され得る、静止画像また回折図を形成し得る。必要ではない場合、カメラ30は、（矢印30'で概略的に示すように）撤回／回収させて、カメラを軸線B'から外れるようにすることができる。

－STEMカメラ32. カメラ32からの出力は、試料S上のビームBの（X、Y）走査位置の関数として記録することができ、カメラ32からの出力の「マップ（map）」である画像は、X、Yの関数として構築することができる。カメラ32は、カメラ30に特徴的に存在する画素行列とは異なり、例えば直径が20mmの1個の画素を含むことが

10

20

30

40

50

できる。さらに、カメラ32は一般的に、カメラ30（例えば、 10^2 画像／秒）よりもはるかに高い取得レート（例えば、 10^6 ポイント／秒）を有する。この場合も同じく、必要でない場合、カメラ32は、（矢印32'で概略に示すように）撤回／回収させて、カメラを軸線B'から外れるようにすることができる（このような撤回は、例えばドーナツ形の環状暗視野カメラ32の場合には必要とされないが、このようなカメラでは、中心孔により、カメラが使用されていなかった場合にフラックスを通過させることができる）。

ーカメラ30または32を使用して撮像することの代替として、本例においてEELSモジュールである、分光装置34を呼び出すこともできる。

【0040】

部品30、32、および34の順序／位置は厳密ではなく、多くの可能な変形が考えられることに留意されたい。例えば、分光装置34は、撮像システム24と一体化することもできる。

【0041】

コントローラ（コンピュータプロセッサ）20は、図示される様々な構成要素に、制御線（バス）20'を介して接続されることに留意されたい。このコントローラ20は、作用を同期させる、設定値を提供する、信号を処理する、計算を実行する、およびメッセージ／情報を表示デバイス（図示せず）に表示するといった様々な機能を提供することができる。言うまでもなく、（模式的に描かれる）コントローラ20は、筐体2の内側または外側に（部分的に）位置させることができ、所望に応じて、単体構造または複合構造を有することができる。

【0042】

当業者であれば、筐体2の内部が気密な真空状態に保持される必要はないことを理解できるであろう。例えば、いわゆる「環境制御型TEM／STEM」では、所与のガスの背景雰囲気、筐体2内に意図的に導入される／維持される。当業者はまた、実際には、筐体2の容積を閉じ込めて、可能であれば、筐体2が、軸線B'を本質的に包み込むようになって、採用する電子ビームが小径管内を通過し、しかも広がってソース4、試料ホルダH、スクリーン26、カメラ30、カメラ32、分光装置34などのような構造を収容する小径管（例えば、直径約1 cm）の形態を採ると有利となり得ることを理解できるであろう。

【0043】

ここで図2を参照すると、これは、図1の分光装置（EELSモジュール）34の拡大されたさらなる詳細図を示す。図では、（試料Sおよび撮像システム24を通過した）電子フラックスB"が、電子－光軸B'に沿って伝搬するように示されている。フラックスB"は、分散デバイス3（「電子プリズム」）に入り、分散方向Xに沿って分布されるスペクトルサブビームのエネルギー分解／エネルギーそこで分光サブビームのエネルギー分解／エネルギー微分（連続）アレイ5に分散（ファンアウト）され（破線を使用して図2に概略的に示される）、例示の目的のために、これらのサブビームのうちの3つが図に5a、5bおよび5cで符号付けされている。これに関して、従来、伝搬がZ方向に沿って起こると考えられており、したがって、図示されたデカルト座標系は、分散デバイス3内

でフラックスB"と「共偏向」することに留意されたい。図2の「肘形」構成の代替として、いわゆる「オメガフィルタ」／「インラインフィルタ」を使用することもでき、これは、入力フラックスB"に対して本質的に平行である出力サブビームを生成し、例えば、以下のリンクに要約されている：

【0044】

部品3の下流で、サブビームのアレイ／スペクトル5は、調節可能／撤回可能スリット（レターボックス）7に遭遇し、これは、例えば、アレイ5の所与の領域を選択／許可するために、かつそれらの他の領域を廃棄／閉塞するためにEFTEMモードで使用され得

10

20

30

40

50

、このため、スリット 7 は、所望されるようにスリット 7（の開口部）を解放／閉鎖／移動させるために呼び出され得る作動デバイス 7 a に接続されている。E E L S モードでは、このスリット 7 は、通常（完全に）、開放／撤回している。スリット 7 を横断した後、アレイ 5（の選択された領域）は、分散後電子光学系 9 を通過し、例えば、そこで拡大／集束され、最終的に検出器 1 1（例えば、C M O S または C C D 回路アーキテクチャを含む）上に向けられ／投影され、サブビーム 5 a、5 b および 5 c は、それぞれ検出器部分 1 1 a、1 1 b および 1 1 c 上に衝突している。当業者は、スリット 7 が、有利には、分光装置 3 4 の分散平面またはその近くの場所に配設され、同様に、検出器 1 1 もまた、有利には、かかる平面またはその近くに位置することを理解するであろう。

【0045】

図 2 に例示されているものは、2 つの偏向デバイス 1 3、1 5 であり、これらを用いて、スリット 7／検出器 1 1 に対してアレイ／スペクトル 5 を移動させることが可能である。例：

－X（分散）方向において：例えば、調節可能なオフセット電圧を有するドリフトチューブとして具体化され得る、第 1 の偏向デバイス 1 3 への駆動信号／電位を調節し得る。同様の効果は、分散デバイス 3 に印加された電流（磁気プリズムの場合）または電位（静電 90 度偏向器の場合）を調節することによっても得られ得る。

－Y（非分散）方向において：例えば、静電偏向器として具体化され得る、第 2 の偏向デバイス 1 5 への駆動信号／電位を調節し得る。

【0046】

これらの偏向デバイス 1 3、1 5 は、以下でさらに詳細に説明されることになる。

【0047】

既に上記に詳述されたように、偏向デバイス 1 5 は、所望される場合、専用の「ブランキングステージ」を有する、2 ステージ構造を有し得る。これは、ここでは説明されない。

【0048】

図 3 は、E E L S スペクトルの一例を示す。図は、炭素およびチタンを含有する試料を横断した電子のエネルギー損失 E （e V）の関数として強度 I （任意の単位、a. u.）を描写する。左から右に、スペクトルの主な特徴は、以下のとおりである：

－ゼロ損失ピーク [Z L P] であり、その中で非弾性散乱を受けずに試料を横断する電子を表す。

－中間的特徴 [I F] 領域であり、例えば、1 つ以上のプラズモン共鳴ピーク（P R P、時には原子価損失成分とも呼ばれる）、フォノンピーク、バンドギャップ特徴等を含む。この領域は、通常、約 0 ～ 50 e V に及ぶが、その上限の厳密な定義は、存在しない。それは、ピーク 3 1 等の、試料中の外部シェル散乱事象から結果として生じるピーク／ショルダによって特徴付けられる。I F 特徴が、通常、Z L P よりも大幅に低い強度を有することに留意されたい。

－コア損失ピーク [C L P] 領域。これは、通常、約 50 e V（I F 領域の後）で開始するが、その下限の厳密な定義は、存在しない。それは、通常、Z L P／I F 領域に対してかかる低い強度であり、図 3 に示されるように、その詳細の視認性を改善するためにある倍率（例えば、100）によって拡大されている。見ることができるよう、それは、実質的なバックグラウンド寄与 3 3 の最上部にある、一定の化学元素（本例では、C および T i 等）と関連付けられ得るピーク／ショルダ（のクラスタ）を含有する。

【0049】

ここで図 4 を参照すると、これは、本発明によって、検出器 1 1 がどのように複数の検出ゾーン（本構成では画素化 C C D ストリップ）に細分されるかを例示する。この特定の場合では、5 つのかかるゾーン 1 1－1、1 1－2、1 1－3、1 1－4、1 1－5 が存在し、一般的な「校正／調整」ゾーン 1 1－0 も存在している。概して、様々なゾーンが、「1 1－n」で符号付けられ得、 $n \in \{0, 1, 2, \dots\}$ である。分散方向は、X に対して平行である。ここに図示されるように、様々なゾーン 1 1－n は、Y 軸に沿って

10

20

30

40

50

直線配置に配設されているが、これは、必ずしもそうである必要はない。また、ここで具体化されるように、ゾーン 11-n は、全て同一のサイズおよび形状であるが、これもまた必ずしもそうである必要はない。さらに、本構成では、ゾーン 11-1 ~ 11-5 は、本質的に等間隔であるが、これは、必須ではない。様々なゾーン 11-n の組み合わせられた検出エリアは、検出器 11 の検出面を含むとみなされ得る。本例示では、以下の非限定的な例示的な寸法が想定され得る：

- X に対して平行な各ゾーン 11-n の高さ：2.9 mm。
- Y に対して平行な各ゾーン 11-n の幅：0.8 mm。
- Y に対して平行な連続的なゾーン 11-1 ··· 11-5 の相互間隔：2.4 mm。
- ゾーン 11-0 および 11-1 の間隔：約 3 mm。

10

【0050】

所望される場合、ストリップ 11-1 ··· 11-5 のうちの 1 つ以上は、管理的に 2 つの部分に分割され得、それらは、同時に読み出されるように構成され、これに関して、ストリップ 11-2 の例示された二等分線 D に留意されたい。本設定では、各ピクセル 11' は、（それぞれ、Y および X に沿って）約 800 μm × 14 μm の大きさである。

【0051】

本発明では、複数のストリップ 11-1 ··· 11-5 の存在は、多重化検出方策を可能にし、これによって：

- 第 1 のゾーン 11-i は、複数の EELS スペクトル要素のうちの 1 つを登録するために使用される。
- 第 2 のゾーン 11-j は、複数の EELS スペクトル要素のうちの 1 つを登録するために使用される。
- 第 3 のゾーン 11-k は、複数の EELS スペクトル要素のうちの 1 つを登録するために使用される。
- 第 1 のゾーン 11-i および第 2 のゾーン 11-j が読み出されている間、第 3 のゾーン 11-k が依然として登録されている（またはその逆も同様）。

20

【0052】

例えば、ビーム B が試料 S の表面にわたって走査され、それによって、結果として生じる走査経路が、試料上の複数の連続するサンプリング位置を横断する場合、次いで、複数のスペクトル要素は、第 1 および第 2 のスペクトル要素を含み得、その各々は、試料上の 2 つの異なる（例えば、連続する）サンプリング位置でそれぞれ撮影される、本質的に完全な EELS スペクトル、または代替的に、2 つの EELS スペクトルからの対応する領域を含み得る。他の可能性は、上の文章で論じられている。本明細書に例示される 5 つのゾーン 11-n の特定の使用例では、分散されたビームは、ゾーン 11-2、11-3、11-4 および 11-5 上に連続的に移動し（およびその上に留まる）、一方で最初に露光されたゾーン 11-1 は、その読み出しサイクルを受け、より一般的には、ゾーン 11-(i+1)、11-(i+2)、···、11-(i-2)、11-(i-1) は、連続登録サイクルを受け、一方でゾーン 11-i は、その読み出しサイクルを受ける。同一の基本原則が、5 以外のゾーン数にも適用され得る。しかしながら、他の露光シーケンスもまた可能であり、例えば、実施形態 2 を参照されたい。

30

40

【0053】

上述された第 1 および第 2 の偏向デバイス 13、15 の効果に関して、これらは、図中の様々な水平方向および垂直方向の矢印を参照することによって、より良好に理解され得る。より具体的には、

- 第 1 の偏向デバイス 13 は、矢印 17 で例示されるように、X に対して平行な偏向を生成（微調整）するために使用され得る。
- 第 2 の偏向デバイス 15 は、矢印 19 a で例示されるように、スペクトルがゾーン 11 ~ n のうちの 1 つに自由に配設されることを可能にする、Y に対して平行な「ホッピング」偏向を生成するために使用され得る。
- 所望される場合、第 2 の偏向デバイス 15（の一部）はまた、矢印 19 b で例示され

50

るように、ストリップ 11-n の周囲の外側のエリアに分散されたビームの「ブランキング偏向」を生成するために使用されてもよい。

【0054】

本明細書に例示されるように、分散デバイス 3 は、分散されたビームの公称／ゼロ偏向位置が 2 つのゾーン 11-n、この場合においてゾーン 11-2 と 11-3 との間にあるように調節される。この特定の設定では：

- －矢印 17 の最大偏向は、偏向器 13 上の約 2.5 kV の電位に対応する。
- －矢印 19 a の最大偏向は、偏向器 15 上の約 2.5 kV の電位に対応する。

【0055】

実施形態 2

上記の段落で説明された露光順番付けの代替として、例えば、ゾーン 11-n を次の順番で露光することができる：

・・・、11-1、11-2、11-1、11-3、11-1、11-4、11-1、11-5、11-1、11-2、11-1、11-3、・・・

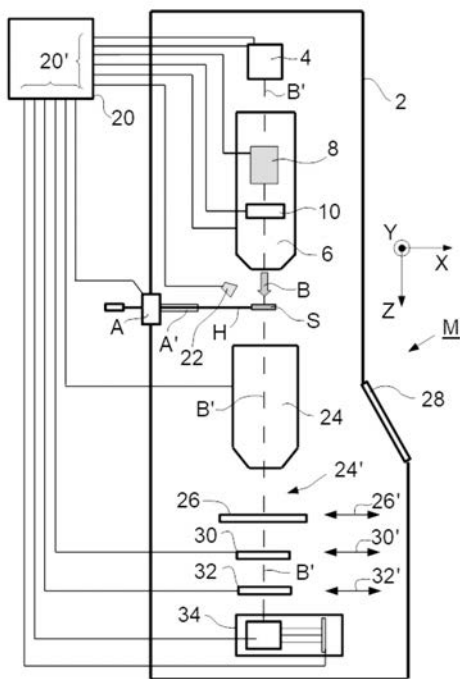
それによって、1 つが、連続する他のゾーン 11-2、・・・、11-5 に対する巡視の間に、ゾーン 11-1（パターン強調のために上記で下線付きである）に戻り続ける。かかる順番は、例えば、次の場合に有用であり得る：

- －ゾーン 11-1 は、常に、ZLP を登録するために使用され、他のゾーンは、CLP 等の他のスペクトル特徴を登録するために使用される場合。
- －CLP 強度の変動を介して、顕微鏡の高電圧電源の不安定性を追跡することを希望する場合。

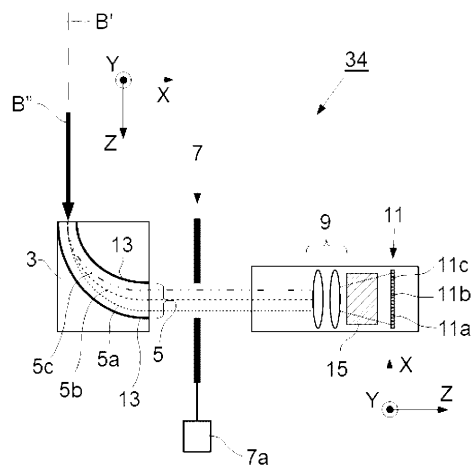
【0056】

上述のように、かかる手順は、「ZLP の追跡」と呼ばれ、本発明を使用して特定の効率で実行され得る。

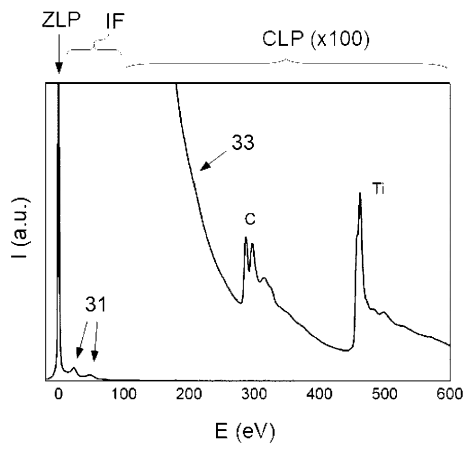
【図 1】



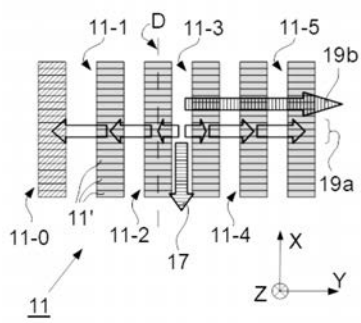
【図 2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ベルト ヘニング フレイタグ
オランダ国 5602 ベーエス エイントホーフエン ピー. オー. ボックス 1745 エフ
イーアイカンパニー, パテントデパートメント内
- (72)発明者 ソリン ラザール
オランダ国 5602 ベーエス エイントホーフエン ピー. オー. ボックス 1745 エフ
イーアイカンパニー, パテントデパートメント内
- (72)発明者 シュテファン クジャワ
オランダ国 5602 ベーエス エイントホーフエン ピー. オー. ボックス 1745 エフ
イーアイカンパニー, パテントデパートメント内
- (72)発明者 マールテン クイユペール
オランダ国 5602 ベーエス エイントホーフエン ピー. オー. ボックス 1745 エフ
イーアイカンパニー, パテントデパートメント内
- (72)発明者 ゲラルド ニコラス アンネ ファン フェーン
オランダ国 5602 ベーエス エイントホーフエン ピー. オー. ボックス 1745 エフ
イーアイカンパニー, パテントデパートメント内
- (72)発明者 ペーター クリスティアン ティーメイヤー
オランダ国 5602 ベーエス エイントホーフエン ピー. オー. ボックス 1745 エフ
イーアイカンパニー, パテントデパートメント内
- (72)発明者 ヤミー マコーマック
オランダ国 5602 ベーエス エイントホーフエン ピー. オー. ボックス 1745 エフ
イーアイカンパニー, パテントデパートメント内

Fターム(参考) 2G001 AA03 BA11 CA03 DA01 EA01
5C033 EE06 SS04 SS08 SS10

【外国語明細書】
2019194585000001.pdf