(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 5 月 8 日(08.05.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/068689 A1

(51) 国際特許分類:
G21K 1/06 (2006.01) *H01J 37/252* (2006.01)
G01N 23/225 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/078092

(22) 国際出願日: 2012 年 10 月 31 日(31.10.2012)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 阿南　義弘 (ANAN Yoshihiro); 〒1858601 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 Tokyo (JP). 高口　雅成 (KOGUCHI Masanari); 〒1858601 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 井上　学, 外 (INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目６番１号　株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

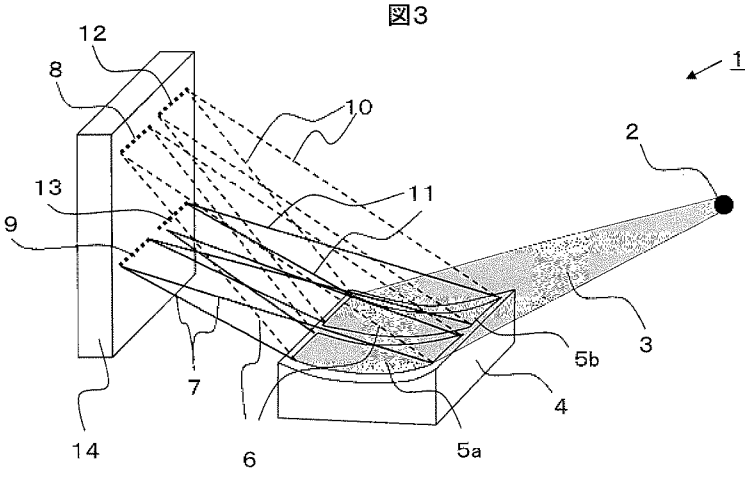
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: SPECTROSCOPIC ELEMENT AND CHARGED PARTICLE BEAM DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称 : 分光素子、およびそれを用いた荷電粒子線装置

図3



(57) **Abstract**: In order to analyze an element to be evaluated with high sensitivity and high accuracy in a short period in an electron beam analysis device provided with a wavelength dispersive X-ray analysis unit in an electron microscope, one diffraction grating in which a plurality of patterns having maximum X-ray reflectances with respect to respective X-rays are formed is provided in an electron beam analysis device, and an X-ray serving as an energy reference and an X-ray spectrum to be evaluated are simultaneously detected. The positional displacement of X-ray energy due to the installation and change of the diffraction grating is corrected by the X-ray spectrum serving as the energy reference, thereby enabling high-sensitivity and high-accuracy analysis in a short period.

(57) 要約: 電子顕微鏡に波長分散型Ｘ線分析装置を備えた電子線分析装置において、評価対象の元素に対して高感度且つ高精度な分析を短期間で行う。 各々のＸ線に対してＸ線反射率が最大となる複数パターンを形成した１つの回折格子を電子線分析装置に設け、エネルギー基準となるＸ線および評価対象のＸ線スペクトルを同時に検出する。回折格子の設置・交換によるＸ線エネルギーの位置ズレをエネルギー基準のＸ線スペクトルにより校正し、短期間で高感度且つ高精度な分析が可能となる。

WO 2014/068689 A1

明　細　書

発明の名称 ： 分光素子、およびそれを用いた荷電粒子線装置

技術分野

[0001] 本発明は、電子線を用いた微小領域におけるＸ線分光素子を用いた荷電粒子線装置および分析方法に関し、特に、走査電子顕微鏡（ＳＥＭ：Ｓｃａｎｎｉｎｇ　Ｅｌｅｃｔｒｏｎ　Ｍｉｃｒｏｓｃｏｐｅ）および走査透過電子顕微鏡（ＳＴＥＭ：Ｓｃａｎｎｉｎｇ　Ｔｒａｎｓｍｉｓｓｉｏｎ　Ｅｌｅｃｔｒｏｎ　Ｍｉｃｒｏｓｃｏｐｅ）に分析装置を搭載し、試料中に含まれる元素を高分解能且つ高感度・高精度に分析する電子線分析装置および分析方法に関する。

背景技術

[0002] ナノメートルオーダー領域でのＸ線分析技術として、極微小の電子プローブを試料上で走査し、電子線を照射した局所領域から発生するＸ線を分光するＳＥＭ－ＥＤＸ(ＳＴＥＭ－ＥＤＸ)やＳＥＭ－ＷＤＸ（ＳＴＥＭ－ＷＤＸ）が知られている。（ＥＤＸ；Ｅｎｅｒｇｙ　Ｄｉｓｐｅｒｓｉｖｅ　Ｘ－ｒａｙ　Ｓｐｅｃｔｒｏｓｃｏｐｙ，ＷＤＸ；Ｗａｖｅｌｅｎｇｈｔ　Ｄｉｓｐｅｒｓｉｖｅ　Ｘ－ｒａｙ　Ｓｐｅｃｔｒｏｓｃｏｐｙ）。ＳＥＭ－ＥＤＸ(ＳＴＥＭ－ＥＤＸ)またはＳＥＭ－ＷＤＸ（ＳＴＥＭ-ＷＤＸ）は、ＳＥＭ(ＳＴＥＭ)にエネルギー分散型Ｘ線検出器（ＥＤＸ）を搭載、または波長分散型Ｘ線検出器（ＷＤＸ）を搭載した装置である。

[0003] ここで、ＷＤＸ検出器は、分光結晶である回折格子を駆動させて、ブラッグ回折の計算式である（２ｄｓｉｎθ＝ｎλ）を利用した検出器である。ｄは回折格子の格子面の間隔、θは格子面にＸ線が入射する角度、ｎは回折次数、λはＸ線の波長を表している。ＷＤＸ検出器は、ＥＤＸ検出器のエネルギー分解能１２０ｅＶと比較して、エネルギー分解能が数ｅＶ～十数ｅＶと１ケタ以上高いために、Ｘ線スペクトルの重なりをなくせるため高感度且つ高精度な分析が可能である。

[0004] また、ＷＤＸ検出器は一般的に２タイプに分けられる。１つは、図１に示したように、多層膜の平面形状回折格子１６を回転およびＸ線検出器１８を駆動させながらＸ線を分光して検出するタイプで、平面形状回折格子１６に入射するＸ線を平行、且つ試料１５から発生するＸ線３の収率を上げるために、Ｘ線集光レンズ１９を試料１５と回折格子１６の間に設置している（例えば、特許文献１）。また、回折格子１６に入射するＸ線３を平行にするために、スリットを試料１５と回折格子１６の間に設置している場合もある。

[0005] もう一つのタイプは、図２に示す様に、ヨハンまたはヨハンソン型と呼ばれる湾曲型回折格子２０と検出器１８を設け、湾曲型回折格子２０と検出器１８をローランド円上で駆動させながらＸ線を分光して検出するタイプである。特許文献２では、コンパクトなＸ線検出系にするために、分光結晶に不等間隔の回折格子を用い、不等間隔回折格子にＸ線を斜入射させ、不等間隔回折格子により分光された複数の回折光をCCD検出器上で同時に検出する。また、低エネルギーから高エネルギーＸ線に対応するために、複数の回折格子を備え、分析対象のＸ線エネルギーに応じて回折格子を選択・設置できるよう、回折格子を切換えて交換・設置する機械的な機構を設けている。上述したように、不等間隔回折格子とＣＣＤのような位置検出器を用いたＷＤＸ装置では、エネルギー位置の基準となるＸ線のスペクトルと、評価対象のＸ線スペクトルとを取得する。そして、評価対象のＸ線スペクトルのエネルギー値を、基準となるＸ線スペクトルエネルギー位置の相対量から求める。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００４－２９４１６８公報

特許文献2：特開２００２－３２９４７３公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 図４は、本願の課題を説明するために本願発明者が発明に先立ち検討した

図面である。図のように、回折格子のＸ線反射率はＸ線のエネルギー依存性があるために、評価対象のＸ線エネルギーＥ２のＸ線強度を最大で取れる形状の回折格子２２を用いた場合には、基準となるＸ線エネルギーＥ１のＸ線強度は著しく低下することになる。

[0008] なので、エネルギーの位置基準としたＸ線スペクトルの強度が小さいことから、評価対象のＸ線スペクトルのエネルギー校正が不十分となり、測定精度が低下してしまう。また、Ｘ線エネルギーＥ２の評価対象Ｘ線とＸ線エネルギーＥ１のエネルギー位置基準としたＸ線それぞれの反射率が同等となるような形状の回折格子を用いることも考えられるが、基準となるＸ線スペクトルの強度は上がるものの、反対に評価対象のＸ線スペクトルの強度は低下するため、同様に測定感度は低下する。

[0009] また、特許文献２において基準・測定それぞれのスペクトル強度が大きく検出されるような不等間隔回折格子に機械的に交換・設置すると、交換・設置時に回折格子の位置ズレが生じる。したがって、回折格子により分光されるＸ線の焦点位置もズレてＣＣＤ検出器で検出される。上記回折格子の位置ズレは、回折格子を交換するごとに生じるため回折格子の位置・回転調整が必要となり、時間的ロスが大きい。

[0010] また、回折格子面に対して垂直方向のＣＣＤ検出位置はＸ線のエネルギーに対応しており、回折格子の位置ズレに伴うＣＣＤ上でのＸ線検出位置ズレはＸ線エネルギーの位置がズレる事になるため、Ｘ線エネルギー位置に対応する元素分析および電子状態の分析精度が低下してしまう。

課題を解決するための手段

[0011] 本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

[0012] 本願発明の分光素子は、照射したＸ線をスペクトルとして分光する第１のパターンと、前記照射したＸ線に対し、前記第１のパターンとは異なるスペクトルを生じさせる第２のパターンと、を有することを特徴とする。

[0013] また、本願発明の荷電粒子線装置は、試料に対し荷電粒子線を照射する照

射光学系と、前記試料から発生するＸ線を検出するＸ線検出系と、を有し、前記Ｘ線検出系は、前記Ｘ線をスペクトルとして分光する第１のパターンと、前記Ｘ線に対し、前記第１のパターンとは異なるスペクトルを生じさせる第２のパターンと、を有する分光素子を有することを特徴とする。

発明の効果

[0014] 本願発明の効果を簡単に説明すれば、高感度な分析が実現可能となる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]従来の多層膜平面形状回折格子を用いた波長分散型Ｘ線分析装置（ＷＤＸ）を示す側面図である。

[図2]従来の湾曲形状回折格子を用いた波長分散型Ｘ線分析装置（ＷＤＸ）を示す側面図である。

[図3]本発明の一実施例である電子線分析装置のＸ線検出系構成部を説明する視斜図である。

[図4]本発明の課題を示す回折格子のＸ線反射率のエネルギー依存性を示す図である。

[図5]本発明の一実施例である電子線分析装置を説明する側面図である。

[図6]本発明の一実施例である電子線分析装置の操作部を説明する図である。

[図7]本発明の一実施例である電子線分析装置の操作部を説明する図である。

[図8]本発明の一実施例である電子線分析装置の操作部を説明する図である。

[図9A]本発明の一実施例であるＸ線分析装置の分光素子パターンを説明する図である。

[図9B]本発明の一実施例であるＸ線分析装置の分光素子パターンを説明する図である。

[図10]本発明の一実施例であるＸ線反射率のエネルギー依存性を説明する図である。

[図11]本発明の一実施例であるＸ線分析装置の分光素子パターンを説明する図である。

[図12]本発明の一実施例である電子線分析装置の操作部を説明する図である

。

[図13]本発明の一実施例である電子線分析装置の構成図である。

発明を実施するための形態

[0016] 本発明による荷電粒子線装置は、被検査試料に電子線を照射する電子光学系と、電子線を照射した箇所から発生する二次電子を検出するまたは被検査試料を透過・散乱した電子を検出する手段と、電子線を照射した箇所から発生するＸ線を分光するＸ線分光素子（以降、回折格子という）と、回折格子により分光されたＸ線を検出する位置検出器とを含んだ構成となっている。そして、このような構成に対して、さらに、回折格子において、１つの回折格子に、回折格子に入射するＸ線に対して異なる分光を生じさせる第一および第二の複数パターンが形成されており、第一および第二のパターン形状は、エネルギー位置の基準となるＸ線反射率と測定対象のＸ線反射率のそれぞれの強度に基づいて形成されている事が特徴となっている。

[0017] そして、第一のパターンではエネルギー位置の基準とするＸ線が最大の反射率で回折、第二のパターンでは評価対象のＸ線が最大の反射率で回折され、それぞれのＸ線強度の高いＸ線強度分布を同時に位置検出器で検出する事が可能となる。これにより、Ｘ線強度の高いＸ線が得られ、また、回折格子を機械的に交換・設置する事で生じていたＸ線エネルギー位置ズレを校正できるようになる。

[0018] これにより、評価対象のＸ線に対する感度およびＸ線のエネルギー位置精度が上がるため、試料内における元素分析感度および電子状態解析などの高精度な評価が可能となる。

[0019] 従来、Ｘ線エネルギー位置精度を上げるために回折格子の位置調整に多くの時間を要していたが、今回の発明により、高精度な回折格子の位置調整を不要にすることで時間的ロスをなくし、短期間で高精度な元素分析が可能となる。

[0020] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符

号を付し、その繰り返しの説明は省略する。本発明の前記ならびにそのほかの目的と新規な特徴については、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

（実施の形態１）

図５は、本実施例１における電子線分析装置２５の構成例を示す概略図である。図５に示す電子線分析装置２５は、走査電子顕微鏡装置２６、Ｘ線分析装置１、制御系２７、操作部２８より構成される。走査電子顕微鏡２６は、電子銃２９、コンデンサレンズ３０、電子線偏向器３１、対物レンズ３２、試料ステージ３３、二次電子検出器３５により構成される。Ｘ線分析装置１は、回折格子４、Ｘ線位置検出器１４により構成される。

[0021] 制御系２７は、電子銃制御部３６、コンデンサレンズ制御部３７、電子線偏向器制御部３８、対物電レンズ制御部３９、二次電子検出系回路制御部４０、ステージ制御部４１、Ｘ線検出系回路制御部４２により構成される。操作部２８は、画像表示部４３、Ｘ線画像およびＸ線スペクトル表示部４４、ステージ位置、二次電子画像、Ｘ線画像、スペクトル等を記憶する記憶部４５、操作画面４６により構成される。なお、図に示すように、Ｘ線分析装置１と走査電子顕微鏡装置２６は１つの装置として一体化してもよいが、Ｘ線分析装置１の機能が果たされる範囲内で分離可能であることは言うまでもない。

[0022] 電子銃部２９から発生した一次電子線６１を、対物レンズ３２で絞り試料１５に照射し、かつ試料１５に照射する際には偏向器３１によって走査スピードおよび走査領域を制限する。走査のスピードに応じて、一次電子線６１の照射箇所から発生する二次電子３４を二次電子検出器３５で検出する。

[0023] 図６に示すように、二次電子検出器３５で検出される二次電子信号を一次電子線６１の走査信号と同期させて出力することで、画像表示部４３に試料１５の二次電子像４７を表示できる。Ｘ線分析装置１では、一次電子線６１を試料１５に照射した箇所から発生するＸ線３を回折格子４に入射させて分光させ、回折格子４により分光されたＸ線１７をＸ線位置検出器１４で検出

する。回折格子４の位置・角度調整は、回折格子位置・回転調整機構６２で調整する。検出されたＸ線は、図６に示すように、Ｘ線画像およびスペクトル表示部４４にＸ線画像４８を表示する。

[0024] 図７に示すＸ線画像４８中において、Ｘ線エネルギー軸に対して垂直に方向に、Ｘ線強度の積分または平均を取り、Ｘ線エネルギーを横軸、前記Ｘ線強度の積分値または平均値を縦軸にプロットしたＸ線スペクトル４９をＸ線画像またはＸ線スペクトル表示部４４に表示出来るようにしている。Ｘ線画像４８におけるＸ線強度分布５０a、５０b、５０cのＸ線は、それぞれＸ線スペクトル４９中の５１a、５１b、５１cに対応している。前記二次電子像４７を取得する場合と同様に、Ｘ線位置検出器１４で検出したＸ線強度分布５０中の一部のＸ線強度（例えば５０a）を選択し、Ｘ線信号（５０a）を一次電子線６１の走査信号と同期させて出力することで、画像表示部４３に元素マップ像５２を表示する事もできる。画像表示部４３ａの画像出力を切り替えることで二次電子像４７または元素マップ像５２を表示する事も可能である。

[0025] また、図８に示す様に、画像表示部４３に２つの画面を設けて、二次電子像４７と元素マップ像５２を同時に表示できるようにもなっている。

[0026] 図３に示す様に、本Ｘ線分析装置１では、Ｘ線分析装置１の回折格子４において、１つの回折格子に、回折格子に入射するＸ線３に対して異なる分光を生じさせる第一パターン５aおよび第二のパターン５ｂが形成している事を特徴としている。第一パターン５aにより分光されたＸ線６およびＸ線７は、Ｘ線位置検出器１４上で焦点を結び、ライン状のＸ線強度分布８とＸ線分布９となる。第二パターン５bにより分光されたＸ線１０およびＸ線１１も、第一パターン５aによる分光と同様に、ライン状のＸ線強度分布１２とＸ線分布１３となる。第一および第二のパターン形状は、エネルギー位置の基準となるＸ線反射率と測定対象のＸ線反射率のそれぞれの強度に基づいて形成されている事も特徴となっている。これら複数パターンは、デザインルールの作成プロセスで一体的に作成するとパターン同士の相対的位置ずれが低減され

、より高精度の検出が可能になる。

[0027] 図３中の回折格子４には、第一パターン５aと第二パターン５bと便宜上２つのパターンを形成していると記載しているが、２つのパターンとは限らず、２つ以上の複数のパターンを形成してもよい。また、各々のパターンの面積の比率は図３では等しいが、計測するＸ線反射率またはＸ線強度が最適に求められる割合に基づいて、それぞれの面積の比率決めるとより好適な検出感度を得ることができる。

[0028] 図３に示した回折格子４中の第一パターン５aおよび第二パターン５bの断面図の一例を図９Ａ及び図９Ｂに示す。図９Ａに示す回折格子の第一パターンおよび図９Ｂに示す第二パターンは鋸歯状溝タイプのブレーズ型と呼ばれる回折格子パターン形状である。図９Ａ及び図９Ｂは便宜上、平面型で等間隔のパターン形状を示しているが、本実施例では回折格子での収差を低減するために、凹面形状かつ不等間隔の回折格子パターンを第一および第二パターンに用いている。

[0029] 図１０にブレーズ型のＸ線反射率のＸ線エネルギー依存性を示す。図１０中において、ブレーズ角と呼ばれる鋸歯の傾き角度θBがθ１B(第一パターン５a)およびθ２B(第二パターン５b)の条件でのＸ線反射率のＸ線エネルギー依存性は、それぞれ曲線５３a、曲線５３bである。ブレーズ角θBを変え、第一パターン５aのブレーズ角θBは、Ｘ線エネルギーＥ２aの評価対象のＸ線反射率が最大となる、θ１Bとしている。また、第二パターン５bのブレーズ角θBは、Ｘ線エネルギー基準となるエネルギーＥ３aのＸ線反射率が最大となる、θ２Bとしている。前記ブレーズ角を変えることによりブレーズ型回折格子パターンのＸ線反射率を変えている。

[0030] また図１１に示すように、他の形状の回折格子パターンでも良い。矩形状回折格子パターンを用いた場合には、矩形部分の高さまたは溝深さ（図１１中のh）や、凸部および凹部の幅(図１１中のa,b)を変えることでもＸ線反射率を変える事が可能である。また、パターンに用いる材質またはパターンをコーティングする膜の材質を変えることで、Ｘ線反射を変える事が可能であ

る。このように、Ｘ線を分光するパターンを有する分光素子ならば、分光方法や回折格子の種類を問わず本願発明に適用できる。

[0031] 図１２中に示す様に、回折格子４に入射するＸ線３において、回折格子４に形成された第一パターン５aおよび第二パターン５bで分光され、Ｘ線位置検出器１４で検出される各々のＸ線画像は、それぞれＸ線画像４８aおよびＸ線画像４８bのような画像分布となる。Ｘ線画像４８aでは評価対象のＸ線エネルギーＥ２aの箇所でＸ線強度が強く、Ｘ線画像４８bではＸ線のエネルギー基準としたＥ３aの箇所でＸ線強度が強くなる。

[0032] Ｘ線画像４８aおよびＸ線画像４８bにおいて、Ｘ線エネルギーを横軸、Ｘ線画像強度の積分値または平均値を縦軸にプロットしたＸ線スペクトルは、それぞれＸ線スペクトル４９a、Ｘ線スペクトル４９bとして、スペクトル表示部４４に表示出来るようにしている。

[0033] Ｘ線画像４８bまたはＸ線スペクトル４９bにより、基準としたエネルギーＥ３aスペクトルから評価対象のスペクトルのエネルギーＥ２aを正確に評価する事が出来る。また、Ｘ線画像４８aまたはＸ線スペクトル４９aにおいて、エネルギーＥ２aの評価対象スペクトルの強度は十分高く、このため、高感度な元素濃度の評価に加え、スペクトルの形状に反映する電子構造評価等の高精度な評価が可能となった。

[0034] 本実施例により、複数のパターンを形成した回折格子を設けたＸ線装置を搭載した分析電子顕微鏡により、エネルギーの基準となるＸ線のスペクトルと評価対象のＸ線スペクトルを同時に検出することや、高いスペクトル強度で検出する事が可能となった。

[0035] また、従来、回折格子の設置・交換の位置ズレに伴うＸ線エネルギー位置ズレを校正出来ると同時に、エネルギー位置ズレをなくすために多くの時間を費やしていた回折格子の位置調整を簡略化でき、短期間での微量濃度の元素検出や高いエネルギー分解能での高精度評価が可能となった。

（実施の形態２）

本実施例では、Ｘ線分析装置を走査透過電子顕微鏡（ＳＴＥＭ）に搭載し

た例について説明する。

[0036] 図１３は、走査透過電子顕微鏡２６ａにＸ線分析装置１を搭載したものである。基本的な構成は、図５に示す走査電子顕微鏡２６にＸ線分析装置１を搭載したものと同等であるが、電子線分析装置２５aには、電子線６１を試料１５に照射して発生するＸ線３を高い収率で得るためのＸ線集光レンズ５６、Ｘ線レンズを保持するためのＸレンズ保持部５７、Ｘ線レンズ５６を駆動させるためのＸ線レンズ駆動部５８、Ｘ線レンズ駆動部５８を制御するためのＸ線レンズ駆動制御部５９が設けられている。実施例１には前記Ｘ線を高い収率で得るためのＸ線レンズ５６について記載していないが、走査電子顕微鏡２６にＸ線レンズ５６を搭載して実施する事も可能である。

[0037] また、走査透過電子顕微鏡２６ａの場合には、走査電子顕微鏡２６の二次電子検出器３５に加えて、電子線６１を試料１５に照射して、試料１５を透過および散乱した電子６０を検出する透過散乱電子検出器５４が、試料１５下方に設置してある。透過・散乱電子検出器５４で得られた信号を透過散乱電子検出系回路部５５にて信号処理する。

[0038] 透過・散乱電子検出器５４で検出される透過・散乱電子信号を一次電子線６１の走査信号と同期させて出力することで、画像表示部４３に試料１５の透過・散乱電子像を表示できる。一般的に散乱した電子の強度は、試料中に含まれる原子番号（Ｚ）に比例することから、Ｚコントラスト像と呼ばれる。

[0039] 図１３に示す様に、走査透過電子顕微鏡２６ａでは、対物レンズ３２は上磁極３２ａと下磁極３２ｂで構成され、Ｘ線を取り込むＸ線レンズ５６は対物レンズ上磁極３２ａと下磁極３２ｂの間に設置する。対物レンズ上磁極３２ａと下磁極３２ｂ間のスペースの制限により、Ｘ線集光レンズ５６の径の大きくする事にも制限が生じる場合があるが、その場合はＸ線レンズ駆動部５８によりＸ線集光レンズ５６を試料１５に近づけることでＸ線の収率を上げる事が可能となっている。

[0040] 走査透過電子顕微鏡２６aでは、走査電子顕微鏡２６と比較して、一次電子

線プローブ径を小さく絞る事が出来る。このため、走査透過電子顕微鏡２６ａにＸ線分析装置１ａを搭載した電子線分析装置２５ａではより微小な領域に電子線を照射できる事から、実施例１と同様の微量濃度の元素検出および高エネルギー分解能での分析を、より高い空間分解能で実施する事が可能となった。

[0041] 以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

符号の説明

[0042] １、１ａ：Ｘ線分析装置、２：Ｘ線光源、３：Ｘ線、４：回折格子、５ａ：第一パターン、５ｂ：第二パターン、６、７、１０、１１、１７：分光されたＸ線、８、９、１２、１３：ライン状のＸ線強度分布、１４：位置検出器、１５：試料、１６：多層膜の平面形状回折格子、１８：Ｘ線検出器、１９：平行光にするＸ線集光レンズ、２０：湾曲型回折格子、２１：ローランド円、２２、２３、２４、５３ａ、５３ｂ：Ｘ線反射率曲線、２５、２５ａ：電子線分析装置、２６：走査電子顕微鏡、２６ａ：走査透過電子顕微鏡、２７：制御系、２８：操作部、２９：電子銃、３０：コンデンサレンズ、３１：偏向器、３２：対物レンズ、３３：試料ステージ、３４：二次電子、３５：二次電子検出器、３６：電子銃制御部、３７：コンデンサレンズ制御部、３８：偏向器制御部、３９：対物レンズレンズ制御部、４０：二次電子検出系回路部、４１：ステージ制御部、４２：Ｘ線検出系回路制御部、４３：画像表示部、４４：Ｘ線画像およびＸ線スペクトル表示部、４５：記憶部、４６：操作画面、４７：二次電子像、４８：Ｘ線画像、４９：Ｘ線スペクトル、５０、５０ａ、５０ｂ、５０ｃ、Ｘ線強度分布、５１ａ、５１ｂ、５１ｃ、Ｘ線スペクトル、５２：元素マップ像、５４：透過散乱電子検出器、５５：透過散乱電子検出系回路部、５６：Ｘ線集光レンズ、５７：Ｘレンズ保持部、５８：Ｘ線レンズ駆動部、５９：Ｘ線レンズ駆動制御部、６０：透過・散乱電子、６１：一次電子線、６２：回折格子位置・回転調整機構

請求の範囲

[請求項1] 照射したＸ線をスペクトルに分光する第１のパターンと、

前記照射したＸ線に対し、前記第１のパターンとは異なるスペクトルを生じさせる第２のパターンと、を有する

ことを特徴とする分光素子。

[請求項2] 請求項１に記載の分光素子において、

前記第１のパターンが延在する方向に前記第２のパターンが設けられる

ことを特徴とする分光素子。

[請求項3] 請求項１に記載の分光素子において、

前記第１のパターンの形状は、エネルギー基準となるＸ線反射率に基づいて定められ、

前記第２のパターンの形状は、評価対象のＸ線反射率に基づいて定められる

ことを特徴とする分光素子。

[請求項4] 請求項１に記載の分光素子において、

前記第１のパターンの材質またはコーティング膜の材質は、エネルギー基準となるＸ線反射率に基づいて定められ、

前記第２のパターンの材質またはコーティング膜の材質は、評価対象のＸ線反射率に基づいて定められる

ことを特徴とする分光素子。

[請求項5] 請求項１に記載の分光素子において、

前記第１のパターンと前記第２のパターンとの面積比は、エネルギー基準となるＸ線反射率と評価対象のＸ線反射率とに基づいて定められる

ことを特徴とする分光素子。

[請求項6] 請求項１に記載の分光素子において、

前記第１のパターン及び前記第２のパターンはデザインルールプロ

セスにより設けられる

ことを特徴とする分光素子。

[請求項7] 請求項１に記載の分光素子において、

前記第１のパターン及び前記第２のパターンは同一平面または同一曲面上に設けられる

ことを特徴とする分光素子。

[請求項8] 請求項１に記載の分光素子において、

前記Ｘ線の照射領域内に前記第１のパターン及び前記第２のパターンが設けられる

ことを特徴とする分光素子。

[請求項9] 試料に対し荷電粒子線を照射する照射光学系と、

前記試料から発生するＸ線を検出するＸ線検出系と、を有し、

前記Ｘ線検出系は、

前記Ｘ線をスペクトルに分光する第１のパターンと、

前記Ｘ線に対し、前記第１のパターンとは異なるスペクトルを生じさせる第２のパターンと、を有する分光素子を有する

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項10] 請求項９に記載の荷電粒子線装置において、

前記第２のパターンは、前記第１のパターンが延在する方向に設けられる

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項11] 請求項９に記載の荷電粒子線装置において、

前記第１のパターンの形状は、エネルギー基準となるＸ線反射率に基づいて定められ、

前記第２のパターンの形状は、評価対象のＸ線反射率に基づいて定めらる

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項12] 請求項９に記載の荷電粒子線装置において、

前記第１のパターンと前記第２のパターンとの面積比は、エネルギー基準となるＸ線反射率と評価対象のＸ線反射率とに基づいて定められる

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

［請求項13］ 請求項９に記載の荷電粒子線装置において、

前記第１のパターン及び前記第２のパターンはデザインルールプロセスにより設けられる

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

［請求項14］ 請求項９に記載の荷電粒子線装置において、

前記試料と前記分光素子との光路上に設置されたＸ線レンズを有する

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

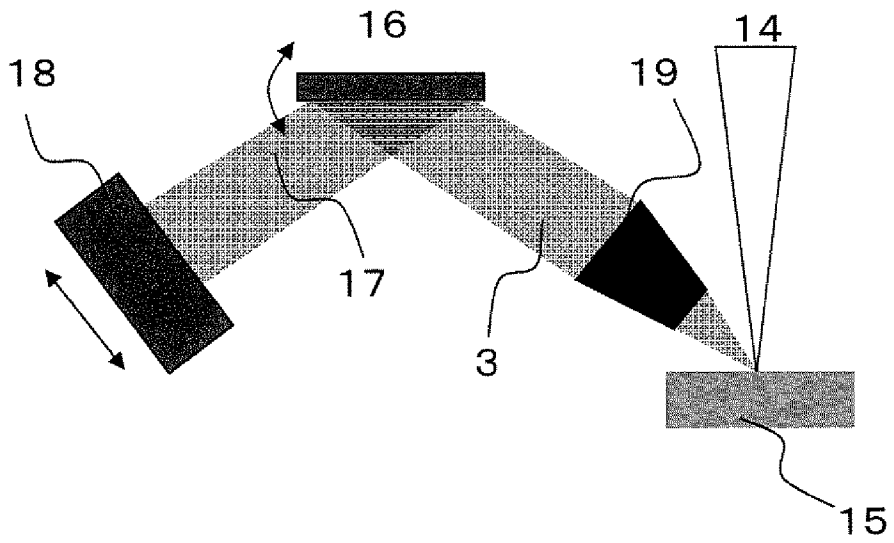
［請求項15］ 請求項１４に記載の荷電粒子線装置において、

前記Ｘ線レンズを前記試料と前記分光素子との光路の範囲内で移動させる制御部を有する

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

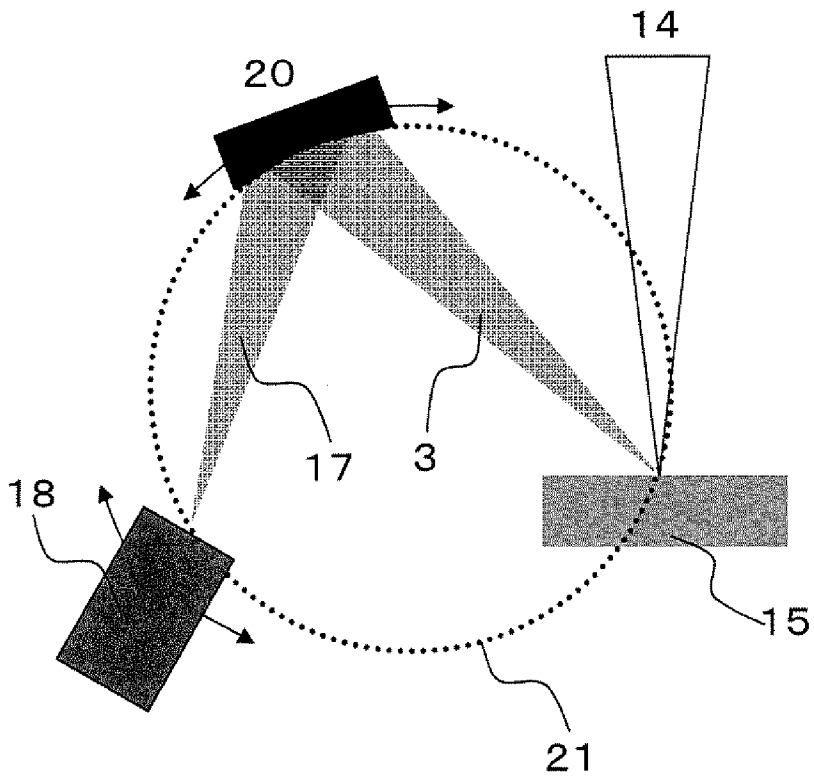
[図1]

図1



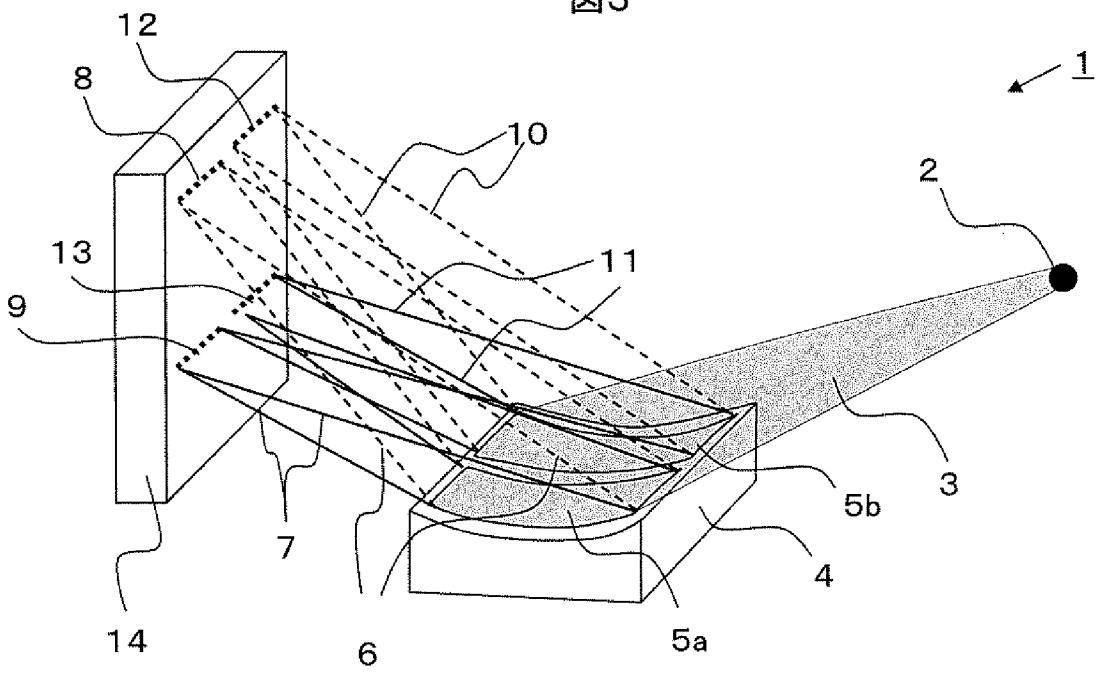
[図2]

図2



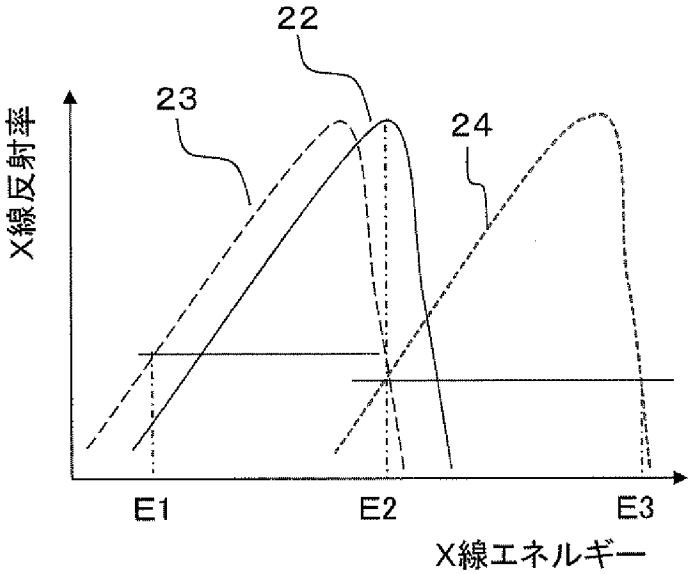
[図3]

図3



[図4]

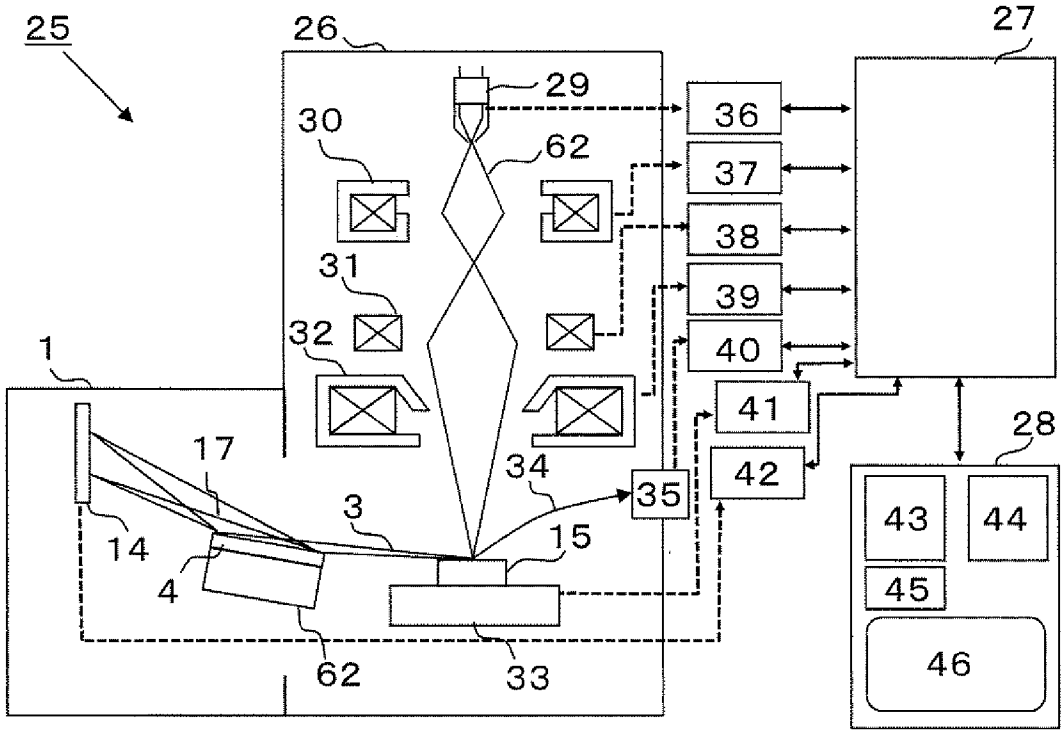
図4



回折格子のX線反射率のエネルギー依存性

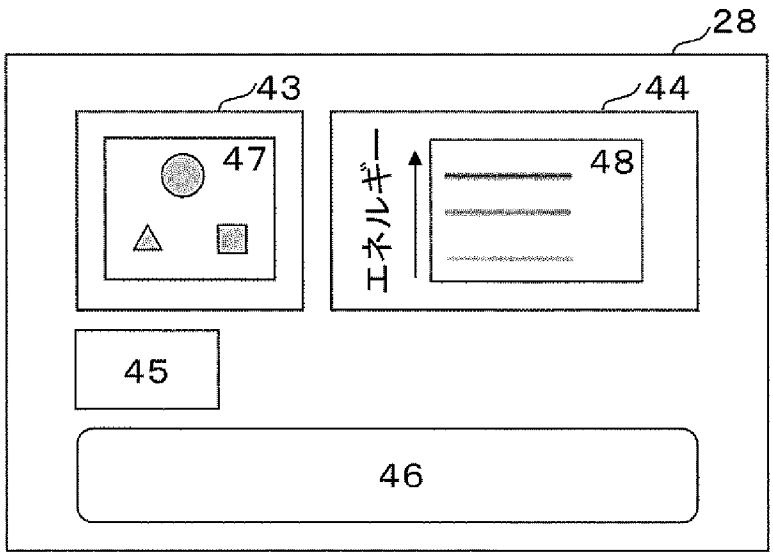
[図5]

図5


25
26
27
29
30
62
36
37
38
39
40
31
32
1
41
28
17
34
42
35
43
44
14
3
15
4
45
46
62
33

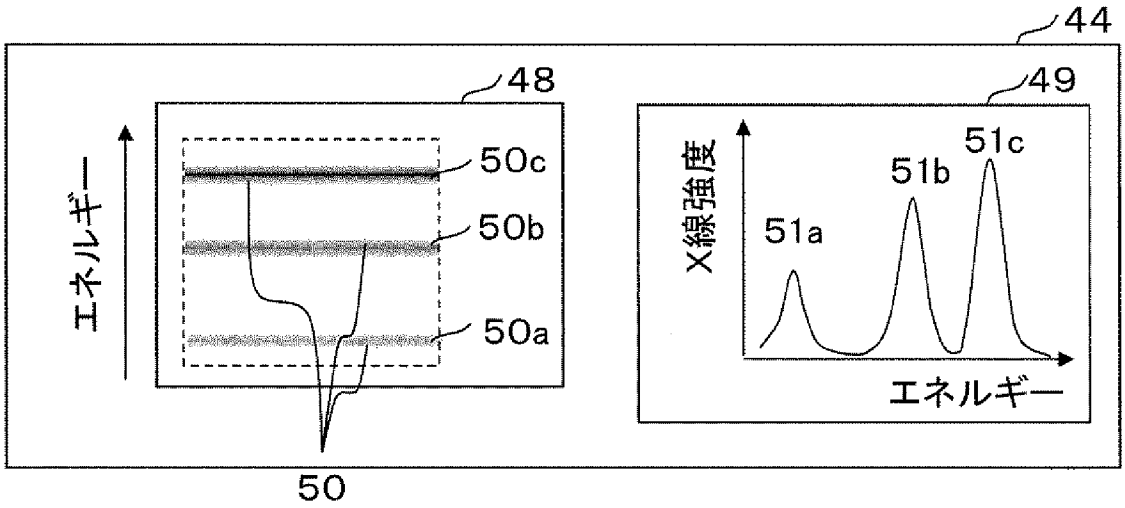
[図6]

図6


28
43
44
47
48
エネルギー
45
46

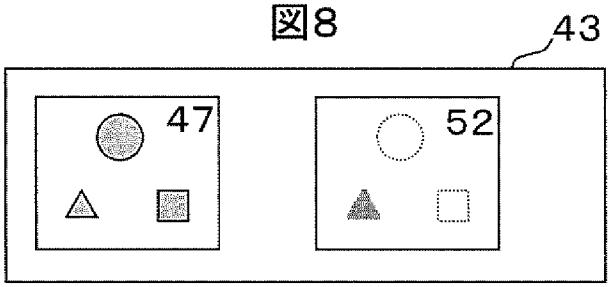
[図7]

図7



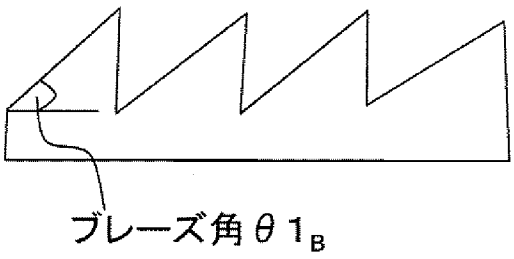
[図8]

図8



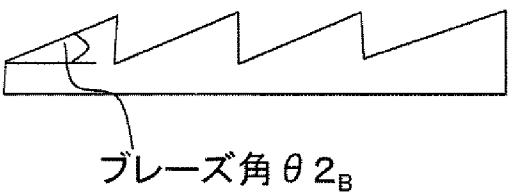
[図9A]

図9A



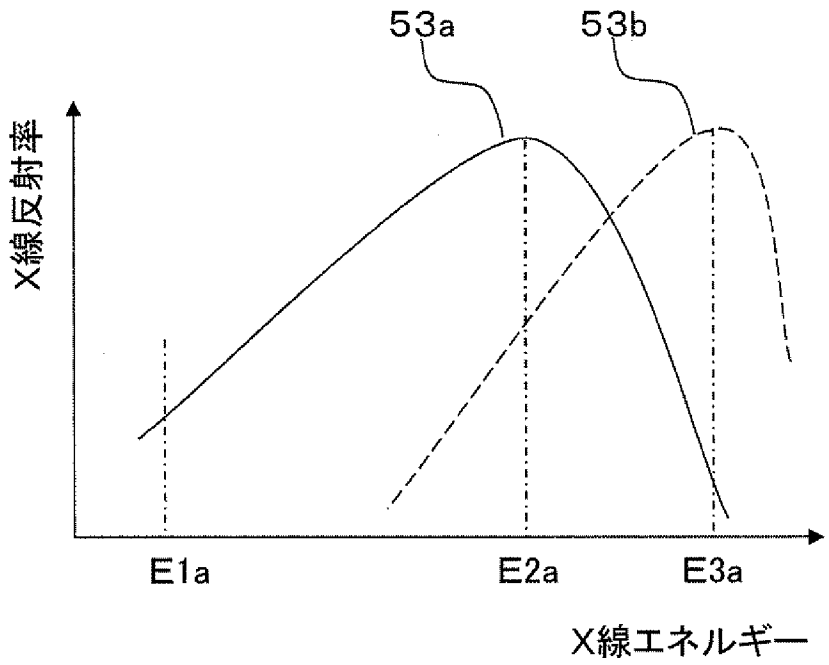
[図9B]

図9B



[図10]

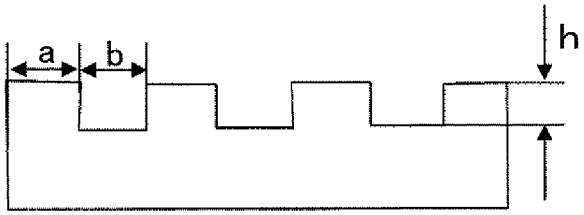
図10



ブレーズ型回折格子のX線反射率の
エネルギー依存性

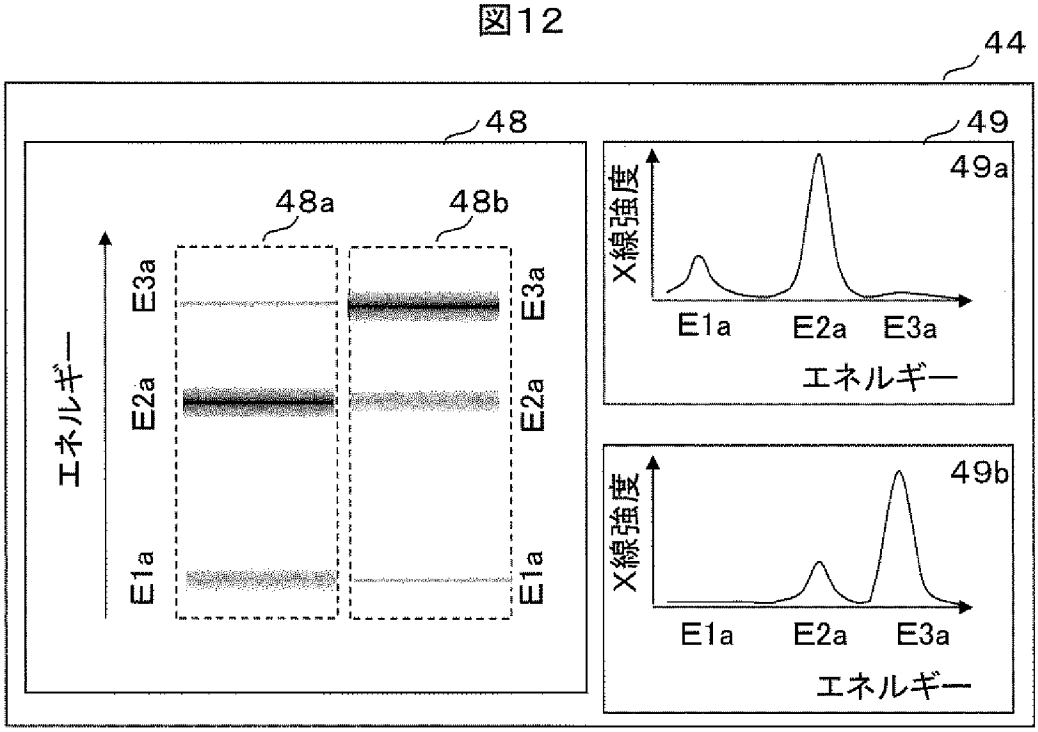
[図11]

図11



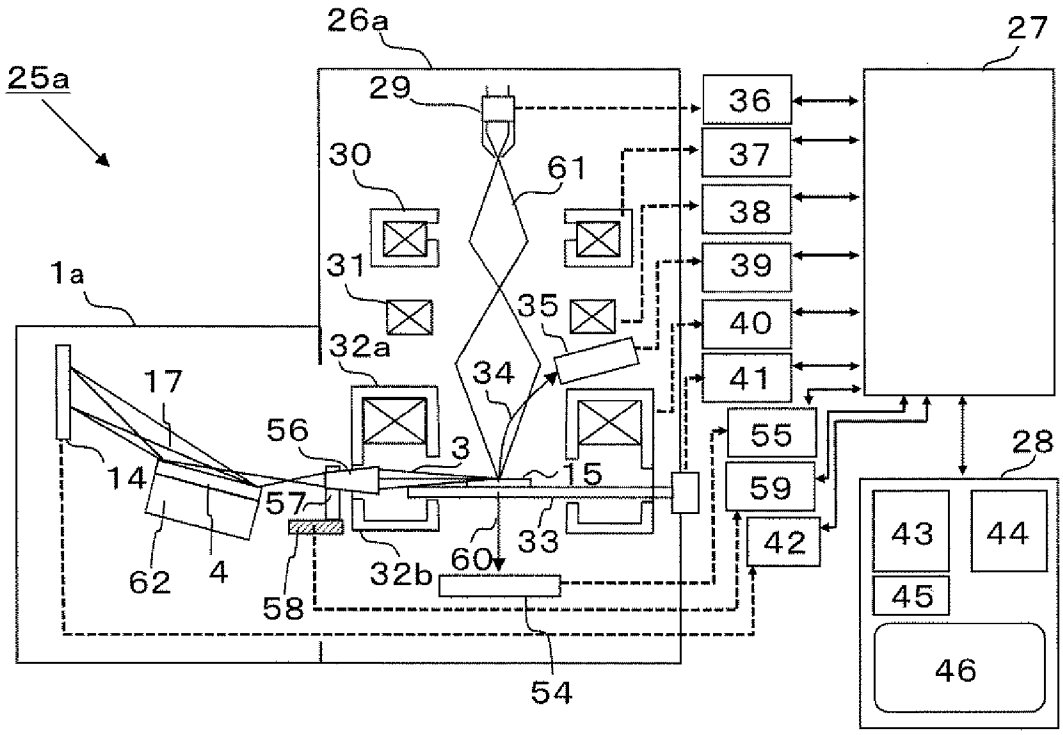
[図12]

図12



[図13]

図13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/078092

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G21K1/06(2006.01)i, *G01N23/225*(2006.01)i, *H01J37/252*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G21K1/06, G01N23/225, H01J37/252

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 3-111799 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 13 May 1991 (13.05.1991), entire text; all drawings (Family: none)	1-2,6-10,13 14-15 3-5,11-12
X Y A	JP 2-25800 A (Toshiba Corp.), 29 January 1990 (29.01.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-2,6-10,13 14-15 3-5,11-12
Y	JP 2002-189004 A (JEOL Ltd.), 05 July 2002 (05.07.2002), paragraphs [0021] to [0057]; fig. 3 to 7 (Family: none)	14-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 January, 2013 (25.01.13)	05 February, 2013 (05.02.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/078092

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention of claim 1 does not have a special technical feature in the light of the contents disclosed in JP 3-111799 A and JP 2-25800 A.

Therefore, the invention of claim 1 and the inventions of claims 2-15 do not comply with the requirement of unity of invention.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０７８０９２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G21K1/06(2006.01)i, G01N23/225(2006.01)i, H01J37/252(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G21K1/06, G01N23/225, H01J37/252

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 3-111799 A（オリンパス光学工業株式会社） 1991.05.13, 全文および全図 （ファミリーなし）	１－２、 ６－１０、 １３
Y		１４－１５
A		３－５、 １１－１２

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２５．０１．２０１３	国際調査報告の発送日 ０５．０２．２０１３
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｉ　４４５８ 藤本　加代子 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７３

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ｘ	JP 2-25800 A（株式会社東芝） 1990.01.29，全文および全図 （ファミリーなし）	１－２、 ６－１０、 １３
Ｙ		１４－１５
Ａ		３－５、 １１－１２
Ｙ	JP 2002-189004 A（日本電子株式会社） 2002.07.05，第【００２１】－【００５７】段落および第３－７図 （ファミリーなし）	１４－１５

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０７８０９２

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求項１に係る発明は、JP 3-111799 A 、JP 2-25800 A に開示された内容に照らして特別な技術的特徴を有さない。
したがって、請求項１に係る発明と請求項２－１５に係る発明とは、発明の単一性の要件を満たさない。

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

２．☑ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。