

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5711552号
(P5711552)

(45) 発行日 平成27年5月7日(2015.5.7)

(24) 登録日 平成27年3月13日(2015.3.13)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 J 49/44 (2006.01)

HO 1 J 49/48 (2006.01)

HO 1 J 37/244 (2006.01)

HO 1 J 37/04 (2006.01)

HO 1 J 49/44

HO 1 J 49/48

HO 1 J 37/244

HO 1 J 37/04

B

請求項の数 2 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2011-17142 (P2011-17142)	(73) 特許権者	301021533
(22) 出願日	平成23年1月28日 (2011.1.28)		独立行政法人産業技術総合研究所
(65) 公開番号	特開2012-160261 (P2012-160261A)		東京都千代田区霞が関1-3-1
(43) 公開日	平成24年8月23日 (2012.8.23)	(73) 特許権者	301023238
審査請求日	平成25年12月18日 (2013.12.18)		独立行政法人物質・材料研究機構
			茨城県つくば市千現一丁目2番地1
特許法第30条第1項適用 平成22年8月30日 独立行政法人日本学術振興会主催の「マイクロビームアナリシス 第141委員会 第141回 研究会」において文書をもって発表		(74) 代理人	100093230
			弁理士 西澤 利夫
		(72) 発明者	後藤 敬典
			愛知県名古屋市守山区大字下志段味字穴ヶ洞2266番地の98 独立行政法人産業技術総合研究所中部センター内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エネルギー分析器の軸合わせ方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エネルギー偏向器を備え、1次ビームを試料に照射し発生する2次電子を検出することにより試料の観察を行うエネルギー分析器の軸と1次ビームの軸とを3次元的に軸合わせするための方法であって、

試料を3次元的(x方向、y方向、z方向)に移動可能な試料ステージに載置し、エネルギー偏向器の直前に、スリットを備えた2次電子捕集器を設け、エネルギー偏向器の直前に設けた2次電子捕集器のスリットから特定の信号電子を通過させ、エネルギー偏向器を通して出射した特定の信号電子の前記スペクトル強度 I_{spectr} を検出するとともに、2次電子捕集器により2次電子を捕集し、2次電子強度 I_s を検出し、特定の信号電子のスペクトル強度 I_{spectr} と2次電子の強度との比 I_{spectr} / I_s を算出し、x-y平面で1次ビームを移動させ、前記の算出法によりx-y平面における位置に対する強度比 I_{spectr} / I_s の曲線を得て、ピーク位置を求めるとともに、試料をz方向に移動させ、前記の算出法によりz方向の位置に対する強度比 I_{spectr} / I_s の曲線を得て、ピーク位置を求め、

x-y平面における前記ピーク位置とz方向における前記ピーク位置を最適点とすることを特徴とするエネルギー分析器の軸合わせ方法。

【請求項2】

エネルギー偏向器を備え、1次ビームを試料に照射し発生する2次電子を検出することにより試料の観察を行うエネルギー分析器の軸と1次ビームの軸とを3次元的に軸合わせ

するための装置であって、

試料を3次元的(x方向、y方向、z方向)に移動可能に載置する試料ステージと、

エネルギー偏向器の直前に設けられた、スリットを備えた2次電子捕集器と、

エネルギー偏向器の直前に設けた2次電子捕集器のスリットから特定の信号電子を通過させ、エネルギー偏向器を通して出射した特定の信号電子のスペクトル強度 I_{spectr} を検出する検出器と、

検出器で検出した特定の信号電子のスペクトル強度 I_{spectr} と2次電子捕集器により捕集して得られた2次電子のスペクトル強度 I_s との比 I_{spectr} / I_s を算出する割り算器と、

x - y 平面で1次ビームを移動させて得られ、前記割り算器で算出された、x - y 平面における位置に対する強度比 I_{spectr} / I_s の曲線からピーク位置を求めるとともに、試料をz方向に移動させて得られ、前記割り算器で算出された、z方向の位置に対する強度比 I_{spectr} / I_s の曲線からピーク位置を求める、x - y 平面における前記ピーク位置とz方向における前記ピーク位置を最適化位置として演算する演算手段とを備えることを特徴とするエネルギー分析器の軸合わせ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エネルギー偏向器を備え、電子ビーム等の1次プローブビーム(電子ビーム、イオンビーム、光子ビーム、以下1次ビーム; 電子ビームを例に挙げる)を試料に照射し発生する2次電子を検出することにより試料の観察を行うエネルギー分析器の軸と1次ビームの軸とを3次元的に軸合わせするための方法及び装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、エネルギー分析器を用い、試料に電子ビーム等の1次ビームを照射し、発生する2次電子を検出することにより試料の表面状態等进行分析することが行われている(特許文献1等)。エネルギー分析器(以下、分析器とも称する)を正しい状態で使うためには、試料に照射する1次ビームの軸と分析器の軸が試料上で合致していなければ最適な結果は得られない。分析者は、設計通りの性能が得られるように、両者の軸合わせを行おうとするが、通常、この軸合わせの作業は訓練と経験を積んだ者でも日常的に容易に実現できないのが実情である。十分に軸合わせをしたつもりでも試料を変えると、そのつど設定条件は最適値からはずれているということは日常普通に経験している。従来、最適の軸合わせを行うには、よく整備された分析器を十分な暖気運転の後、よく定義された試料を使って初めて可能であった。

【0003】

従来の最適化は、1次ビームと試料を3次元的に動かして信号強度が最大となる条件を求めることで行っていた。試料が均一ならばこの手法で特に大きな誤りは生じないが、試料が不均一で最適値の近傍に大きな信号強度を示す条件が存在すると、その点を最適としてしまう。また、最適点が見つからないときは、過去の条件に照らして統計的に妥当と思われる位置を設定しているのが現状であった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平6 - 242032号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、以上のような従来技術の実情に鑑みてなされたものであり、軸合わせの作業に未習熟な者でも、容易にかつ精度良くエネルギー分析器の軸合わせを行うことができる技術を提供することを課題とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上記課題を解決するため、エネルギー偏向器を備え、1次ビームを試料に照射し発生する2次電子を検出することにより試料の観察を行うエネルギー分析器の軸と1次ビームの軸とを3次元的に軸合わせするための方法であって、試料を3次元的（x方向、y方向、z方向）に移動可能な試料ステージに載置し、エネルギー偏向器の直前に、スリットを備えた2次電子捕集器を設け、エネルギー偏向器の直前に設けた2次電子捕集器のスリットから特定の信号電子を通過させ、エネルギー偏向器を通して出射した特定の信号電子の前記スペクトル強度 I_{spectr} を検出するとともに、2次電子捕集器により2次電子を捕集し、2次電子強度 I_s を検出し、特定の信号電子のスペクトル強度 I_{spectr} と2次電子の強度との比 I_{spectr} / I_s を算出し、x - y平面で1次ビームを移動させ、前記の算出法によりx - y平面における位置に対する強度比 I_{spectr} / I_s の曲線を得て、ピーク位置を求めるとともに、試料をz方向に移動させ、前記の算出法によりz方向の位置に対する強度比 I_{spectr} / I_s の曲線を得て、ピーク位置を求め、x - y平面における前記ピーク位置とz方向における前記ピーク位置を最適点とすることを特徴とするエネルギー分析器の軸合わせ方法を提供する。

10

【0007】

また、本発明は、エネルギー偏向器を備え、1次ビームを試料に照射し発生する2次電子を検出することにより試料の観察を行うエネルギー分析器の軸と1次ビームの軸とを3次元的に軸合わせするための装置であって、試料を3次元的（x方向、y方向、z方向）に移動可能に載置する試料ステージと、エネルギー偏向器の直前に設けられた、スリットを備えた2次電子捕集器と、エネルギー偏向器の直前に設けた2次電子捕集器のスリットから特定の信号電子を通過させ、エネルギー偏向器を通して出射した特定の信号電子のスペクトル強度 I_{spectr} を検出する検出器と、検出器で検出した特定の信号電子のスペクトル強度 I_{spectr} と2次電子捕集器により捕集して得られた2次電子のスペクトル強度 I_s との比 I_{spectr} / I_s を算出する割り算器と、x - y平面で1次ビームを移動させて得られ、前記割り算器で算出された、x - y平面における位置に対する強度比 I_{spectr} / I_s の曲線からピーク位置を求めるとともに、試料をz方向に移動させて得られ、前記割り算器で算出された、z方向の位置に対する強度比 I_{spectr} / I_s の曲線からピーク位置を求める、x - y平面における前記ピーク位置とz方向における前記ピーク位置を最適化位置として演算する演算手段とを備えることを特徴とするエネルギー分析器の軸合わせ装置を提供する。

20

30

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、前記技術的手法ないし技術的手段を採用したので、軸合わせの作業に訓練と経験を積んだ者でなくとも、容易にかつ精度良くエネルギー分析器の軸合わせを行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明による軸合わせの原理を模式的に示した説明図である。

40

【図2】実際に軸合わせの最適化を行うために用いた同軸円筒鏡型エネルギー分析器（CMA）を模式的に示した説明図である。

【図3】軸合わせにおけるx - y方向（1次ビームの偏向器）の最適化のためのx - y方向位置に対するスペクトル強度比 I_{spectr} / I_s の曲線の例である。

【図4】軸合わせにおけるz方向の最適化のためのz方向位置に対するスペクトル強度比 I_{spectr} / I_s の曲線の例である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施形態について詳細に説明する。

【0011】

50

本発明は、エネルギー偏向器を備えたエネルギー分析器を正しい状態で使用するため、電子ビーム等の1次ビームが試料に入射し、それによって試料から放射される特定の信号電子（オージェ電子、背面散乱反射電子、背面散乱非弾性電子、エネルギー損失電子等）と2次電子（1次電子（プローブ）の励起（衝撃・入射等）により、試料より放射された全ての電子）の強度比を取ってこれが最大強度になるように最適化して3次的に軸を合わせようとするものである。この手法によれば、たとえ1次電子ビームが時間的に揺らいでいても強度比は一定であるので安定した最適化が可能になる。この比を取るということは一種の規格化（Normalization）である。

【0012】

図1は、本発明による軸合わせの原理を模式的に示した説明図である。図中1は90度偏向型エネルギー分析器であり、エネルギー偏向器2を備えている。試料3はx方向、y方向、z方向の3次元方向に移動可能な試料ステージの上に載置されている。エネルギー偏向器2の直前にはスリット4が形成された2次電子捕集器5が配置されている。6は1次電子ビーム（x-y平面上に移動可能）、7は上記した特定の信号電子、8は2次電子である。エネルギー偏向器2の出口にはスリット9が設けられている。検出器10はスリット9を通過した集光された特定の信号電子7の信号強度を検出し、検出したスペクトル強度のデータI_spectrを割り算器11に送る。割り算器11は2次電子捕集器5から捕集した電子の信号強度I_sを受け取る。そして割り算器11は特定の信号電子7のスペクトル強度I_spectrと2次電子8のスペクトル強度I_sの比I_spectr/I_sを算出する。図中f₀は1次電子ビーム6の試料3上の照射位置である。

【0013】

本発明では、まず、x-y平面で1次ビーム6を移動させてx-y平面における位置に対するスペクトル強度比I_spectr/I_sを計測し最適点（最大値）を求める。次に試料3をz方向に上下させてz方向における位置に対するスペクトル強度比I_spectr/I_sを同様に求める。図2に示す同軸円筒鏡型エネルギー分析器（CMA）のように、特定の信号電子28が大きく広がる機種では、z軸方向の最適化ではエネルギー偏向電圧もスペクトルが最大となるように調整する必要がある。なおエネルギー偏向電圧の調整はx-y平面での最適化では狭い範囲なら通常特に必要ない。このようにして3次的にそれぞれピーク位置となる1点を最適点とする。なお計測の順番は特に問わないが、ここで述べた順序が实际的である。この最適点の算出は例えばパーソナルコンピュータ等を用いて自動的に

【0014】

次に、実際にエネルギー分析器の軸合わせを行った例について述べる。ここでは、図2に示す同軸円筒鏡型エネルギー分析器（CMA）21を用いた。このCMA 21は内筒と外筒の2重の筒で形成されるエネルギー偏向器22を備える。エネルギー偏向器22には入射スリット23と出射スリット24が設けられている。試料25は、図1の場合と同様にx方向、y方向、z方向の3次元方向に移動可能な試料ステージの上に載置されている。エネルギー偏向器22の直前には入射スリット23が形成された2次電子捕集器26が配置されている。27は1次電子ビーム、28は上記した特定の信号電子、29は2次電子である。エネルギー偏向器22の出口には検出器30が配置され、この検出器30は出射スリット24を通過した集光された特定の信号電子28のスペクトル強度を検出し、検出したスペクトル強度のデータI_spectrを割り算器31に送る。割り算器31は2次電子捕集器26から捕集した電子のスペクトル強度I_sを受け取る。そして割り算器31は特定の信号電子28のスペクトル強度I_spectrと2次電子29の信号強度I_sとの比I_spectr/I_sを算出する。

【0015】

この同軸円筒鏡型エネルギー分析器（CMA）21の動作は、基本的に図1に示す場合と同様である。すなわち、検出器30で検出した特定の信号電子28のスペクトル強度I_spectrと2次電子捕集器26により2次電子29を捕集して得られた2次電子強度I_sとの比I_spectr/I_sを割り算器31で求める。そしてx-y平面で1次ビーム27を移動さ

せて得られ、割り算器 31 で算出された、 $x - y$ 平面における位置に対するスペクトル強度比 I_{spectr} / I_s の曲線からピーク位置を求めるとともに、試料 23 を z 方向に移動させて得られ、割り算器 31 で算出された、 z 方向の位置に対するスペクトル強度比 I_{spectr} / I_s の曲線からピーク位置を求める、図示しないパーソナルコンピュータ等の演算手段により、 $x - y$ 平面における前記ピーク位置と z 方向における前記ピーク位置で定まる 1 点を最適点として特定する。

【0016】

この同軸円筒鏡型エネルギー分析器 (CMA) 21 を用い、表面組成にむらのある清浄化していない Al(111) について最適化を行った。1 次電子ビーム 27 の加速電圧は 2.5 kV、電流は約 1 μ A とした。

10

【0017】

図 3 にエネルギー偏向器 22 の最適化、すなわち 1 次ビーム 27 の $x - y$ 面での最適化を行うための試料位置とスペクトル強度比との関係をグラフで示す。スペクトル強度比 I_{spectr} / I_s のピーク位置が最適点である。

【0018】

また、図 4 に試料高さの最適化、すなわち試料 25 の z 方向での最適化を行うための試料位置とスペクトル強度比との関係をグラフで示す。スペクトル強度比 I_{spectr} / I_s のピーク位置が最適点である。

【0019】

以上で求めた $x - y$ 面での最適点と z 方向での最適点のデータに基づき、3 次元的な最適点が 1 点だけ特定され、最適化された軸合わせを行うことができた。

20

【0020】

この実験で使用した割り算器 31 単独の実験では特定の信号電子 28 と 2 次電子 29 の狭い範囲、たとえば通常経験する 10% の変動に対して割り算器 31 の出力 (両者の比) は 0.01% の変動に収まっており、大幅に性能が改善されていることがわかった。

【0021】

以上、本発明の実施形態を 90 度偏向型エネルギー分析器と同軸円筒鏡型エネルギー分析器 (CMA) により説明してきたが、180 度偏向型エネルギー分析器等のその他のタイプのエネルギー分析器に対しても本発明は適用可能である。

【0022】

また、上記実施形態では 1 次ビームとして電子ビームを用いたが、本発明においては光、X 線、やイオン等のビーム線を用いることも可能である。

30

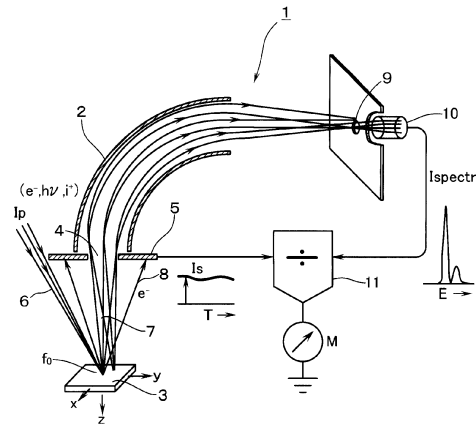
【符号の説明】

【0023】

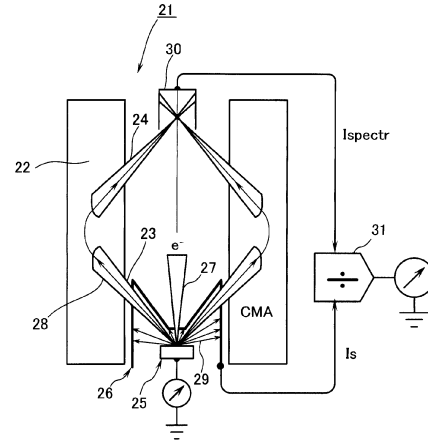
- 1、21 エネルギー分析器
- 2、22 エネルギー偏向器
- 3、25 試料
- 4、9、23、24 スリット
- 5、26 2 次電子捕集器
- 6、27 1 次電子ビーム
- 7、28 特定の信号電子
- 8、29 2 次電子
- 10、30 検出器
- 11、31 割り算器

40

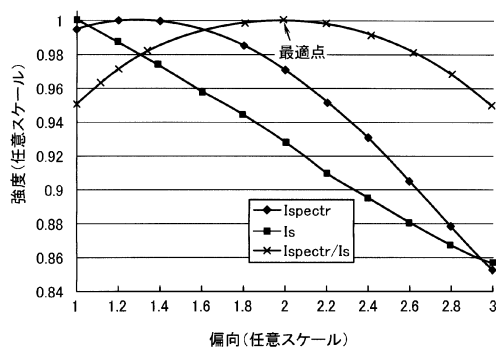
【図 1】



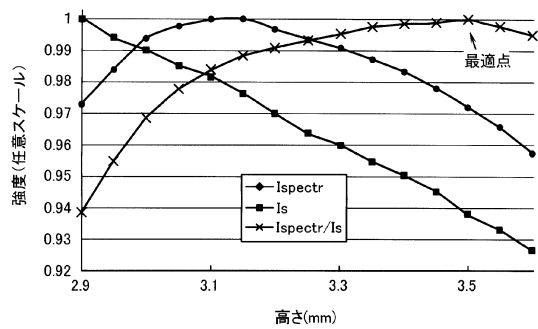
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 山内 幸彦
愛知県名古屋市守山区大字下志段味字穴ヶ洞 2 2 6 6 番地の 9 8 独立行政法人産業技術総合研究
所中部センター内
- (72)発明者 黒河 明
茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内
- (72)発明者 田沼 繁夫
茨城県つくば市千現一丁目 2 番地 1 独立行政法人物質・材料研究機構内

審査官 遠藤 直恵

- (56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 2 1 4 1 7 0 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 1 4 8 2 1 5 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 1 8 1 7 4 7 (J P , A)
特開昭 5 3 - 1 3 8 7 9 0 (J P , A)
特開昭 5 5 - 1 1 5 2 5 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

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