(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2012-160261
(P2012-160261A)
(43)公開日　平成24年8月23日(2012.8.23)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H01J 49/44	(2006.01)	H01J 49/44		5C030
H01J 49/48	(2006.01)	H01J 49/48		5C033
H01J 37/244	(2006.01)	H01J 37/244		5C038
H01J 37/04	(2006.01)	H01J 37/04	B	

審査請求 未請求　請求項の数 2　ＯＬ　（全 8 頁）

(21)出願番号　特願2011-17142(P2011-17142)
(22)出願日　平成23年1月28日(2011.1.28)

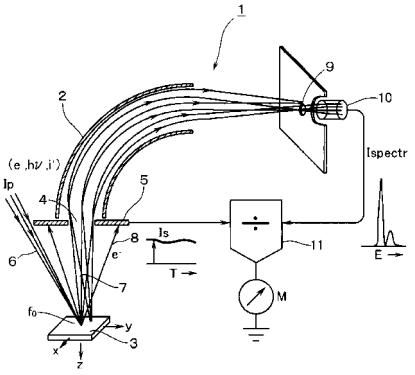
特許法第３０条第１項適用申請有り　平成２２年８月３０日　独立行政法人日本学術振興会主催の「マイクロビームアナリシス　第１４１委員会　第１４１回　研究会」において文書をもって発表

(71)出願人　301021533
独立行政法人産業技術総合研究所
東京都千代田区霞が関１－３－１
(71)出願人　301023238
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
(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ケ洞２２６６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)【要約】
【課題】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位置合わせを行うことができる技術を提供する。
【解決手段】エネルギー偏向器を備えたエネルギー分析器の軸合わせを行う方法において、試料を３次元的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、エネルギー偏向器に設けた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スペクトル強度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次電子強度を検出し、両信号強度の比を算出する手法により、ｘ－ｙ平面で１次ビームを移動させ、ｘ－ｙ平面における位置に対する信号強度比の曲線を得て、ピーク位置を求めるとともに、試料をｚ方向に移動させ、ｚ方向の位置に対する信号強度比の曲線を得て、ピーク位置を求め、ｘ－ｙ平面におけるピーク位置とｚ方向におけるピーク位置で定まる点を最適点とする。
【選択図】図１



【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、
エネルギー偏向器に設けた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スペクトル強度Ｉspectr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Ｉsを検出し、特定の信号電子のスペクトル強度Ｉspectrと２次電子の強度との比Ｉspectr／Ｉs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Ｉspectr／Ｉs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Ｉspectr／Ｉs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、
エネルギー偏向器に設けた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スペクトル強度Ｉspectr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Ｉspectrと２次電子捕集器により２次電子を捕集して得られたスペクトル強度Ｉsとの比Ｉspectr／Ｉs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Ｉspectr／Ｉs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Ｉspectr／Ｉs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を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。

【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、エネルギー偏向器に設けた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スペクトル強度Ｉspectrを検出するとともに、２次電子捕集器により２次電子を捕集し強度Ｉｓを検出し、特定の信号電子のスペクトル強度Ｉspectrと２次電子の強度との比Ｉspectr／Ｉｓ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信号強度比Ｉspectr／Ｉｓ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Ｉspectr／Ｉｓ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で定まる点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。

【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前記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、エネルギー偏向器に設けた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スペクトル強度Ｉspectorを検出する検出器と、検出器で検出した特定の電子のスペクトル強度Ｉspectrと２次電子捕集器により２次電子を捕集して得られたスペクトル強度Ｉｓとの比Ｉspectr／Ｉｓ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スペクトル強度比Ｉspectr／Ｉｓ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スペクトル強度比Ｉspectr／Ｉｓ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で定まる点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。

【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。

【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Ｉspectr／Ｉs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Ｉspectr／Ｉs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】

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、真の２次電子等）と２次電子（広義の意味で、放射されたすべての電子を含む）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次元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Ispectr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Ｉs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Ｉspectrと２次電子８のスペクトル強度Ｉsの比Ｉspectr／Ｉsを算出する。図中f_0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Ｉspectr／Ｉs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Ｉspectr／Ｉs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次元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実際的である。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行うことができる。

【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ＣＭＡ２１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Ｉspectr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Ｉs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Ｉspectrと２次電子２９の信号強度Ｉsとの比Ｉspectr／Ｉs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Ｉspectr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Ｉsとの比Ｉspectr／Ｉs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Ｉspectr／Ｉs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Ｉspectr／Ｉs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２．５ｋＶ、電流は約１μＡとした。

【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Ｉspectr／Ｉs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Ｉspectr／Ｉs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。

【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】

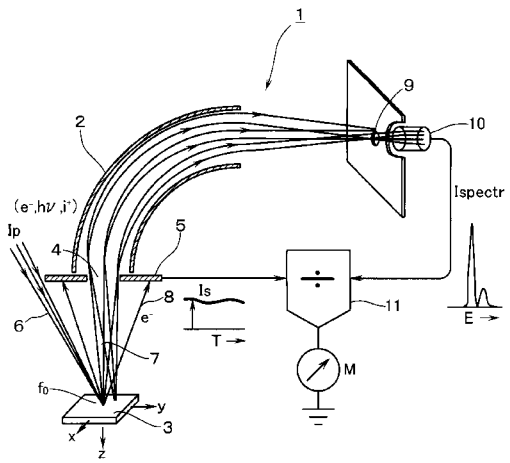
また、上記実施形態では１次ビームとして電子ビームを用いたが、本発明においては光、X線、やイオン等のビーム線を用いることも可能である。

【符号の説明】

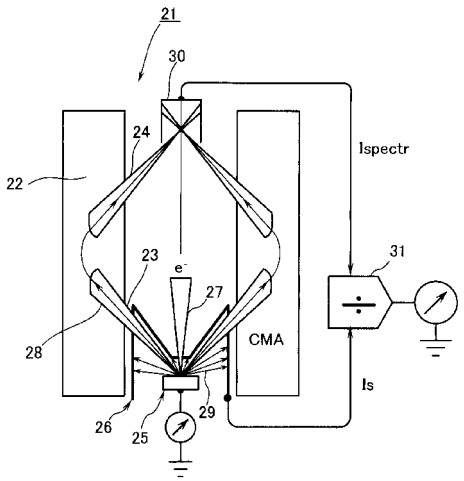
【００２３】

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

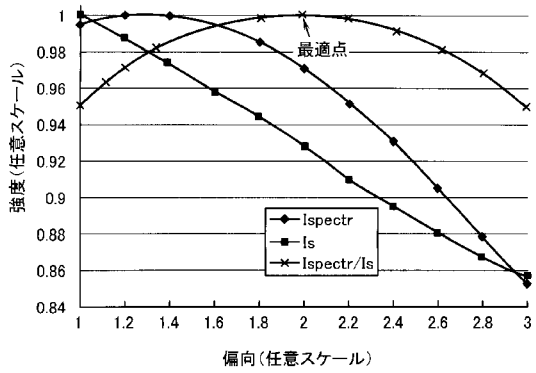
【図１】



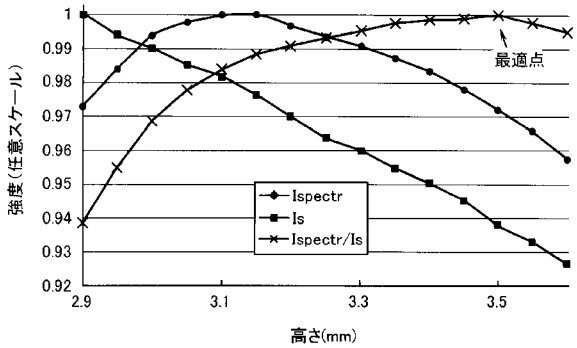
【図２】



【図３】


1
0.98
0.96
0.94
0.92
0.9
0.88
0.86
0.84
強度（任意スケール）
最適点
Ispectr
Is
Ispectr/Is
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
偏向（任意スケール）

【図４】


1
0.99
0.98
0.97
0.96
0.95
0.94
0.93
0.92
強度（任意スケール）
最適点
Ispectr
Is
Ispectr/Is
2.9
3.1
3.3
3.5
高さ(mm)

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ケ洞２２６６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
(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

Ｆターム(参考) 5C030 AA02 AA09 AA10
5C033 NP04 NP06 NP08
5C038 KK05 KK08 KK17 KK22