

(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
2012 年 12 月 20 日(20.12.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/172720 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/05 (2006.01) *H01J 37/28* (2006.01)
H01J 37/147 (2006.01) *H01J 37/29* (2006.01)
H01J 37/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/002606
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 16 日(16.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-133793 2011 年 6 月 16 日(16.06.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 日立ハイテクノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 笹氣 裕子 (SASAKI, Yuko) [JP/JP]; 〒3128504 茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ 那珂事業所内 Ibaraki (JP). 伊藤

博之(ITO, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒3128504 茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ 那珂事業所内 Ibaraki (JP).

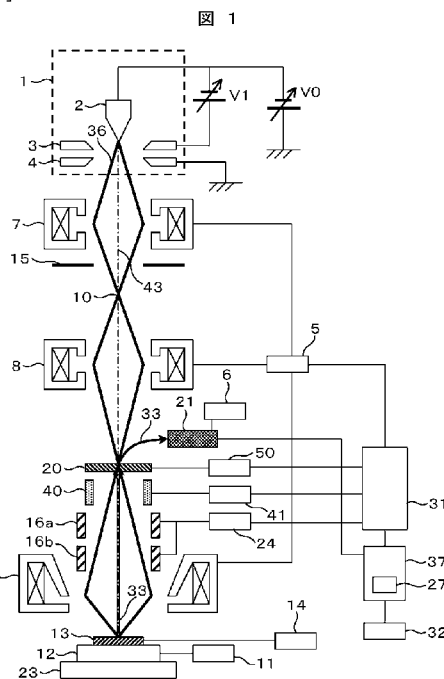
- (74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE, Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号 株式会社 日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, 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, 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, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: CHARGED PARTICLE BEAM DEVICE

(54) 発明の名称: 荷電粒子線装置

[図1]



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a charged particle beam device meant to improve the energy resolution of an energy filter. As one embodiment for achieving this purpose, proposed is a charged particle beam device provided with a deflector that deflects charged particles emitted from a sample toward an energy filter, wherein the change in the luminance value obtained when the voltage applied to the energy filter is changed is determined for each of a plurality of deflection conditions for the deflector, and the deflection condition in which such change in luminance value satisfies prescribed conditions is set as the deflection condition for the deflector.

(57) 要約: 本発明は、エネルギーフィルタのエネルギー分解能を向上することを目的とする荷電粒子線装置の提供を目的とする。上記目的を達成するための一態様として、試料から放出される荷電粒子をエネルギーフィルタに向かって偏向する偏向器を備えた荷電粒子線装置において、当該偏向器の複数の偏向条件ごとに、エネルギーフィルタへの印加電圧を変化させたときに得られる輝度値の変化を求め、当該輝度値の変化が所定の条件を満たす偏向条件を、前記偏向器の偏向条件として設定する荷電粒子線装置を提案する。

WO 2012/172720 A1



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

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).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：荷電粒子線装置

技術分野

[0001] 本発明は、荷電粒子線装置に係り、特にエネルギーフィルタを通して、特定のエネルギーを持つ荷電粒子を選択的に検出することができる荷電粒子線装置に関する。

背景技術

[0002] 荷電粒子線装置の1つである走査電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）は、微細な対象物に対し、細く絞った電子ビームを走査することによって、試料から二次電子等を放出させ、当該二次電子等に基づいて、微細な対象物の観察、検査、或いは測定等を行う装置である。SEMのエネルギーフィルタは、複数の電極によって構成され、当該複数の電極間に、試料から放出される二次電子等の通過を制限する電界を形成することによって、特定のエネルギーを持つ電子を選択的に検出するために用いられる。特許文献1には、試料から放出された電子をウィーンフィルタによって、光軸から離軸させ当該電子を、エネルギーフィルタを経由して、検出器に導くことが説明されている。また、特許文献2には、試料から放出される電子の軌道を集束する集束素子を設け、軌道修正を行うことによって、二次電子の高効率検出を実現する走査電子顕微鏡が開示されている。更に、特許文献3には、対物レンズに、試料から放出される粒子を減速させるポテンシャル障壁を形成する減速電界電極装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2002-524827号公報（対応米国特許USP6,066,849）

特許文献2：WO2010/024105

特許文献3：特開2001-167725号公報（対応ヨーロッパ特許公開公

報 E P 1 1 0 0 1 1 2 A 1)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] エネルギーフィルタは、所定値以上のエネルギーを持つ電子を選択的に通過させるためのものであり、或る特定のエネルギー、或いは特定のエネルギー幅の電子が持つ固有の信号情報を取得するためのものである。例えば、低損失 (Low loss) の後方散乱電子 (Backscattered Electron: BSE) を選択的に検出する場合には、エネルギーフィルタを構成するメッシュ電極に、二次電子 (Secondary Electron: SE) が持つエネルギーより、僅かに大きい電圧 (負電圧) を印加することによって、試料から放出される電子に多く含まれる二次電子等の検出器への到達を制限する。

[0005] 一方、エネルギーフィルタは、通常、電子の通過を許容する複数の開口が設けられた複数のメッシュ電極によって構成されているが、その入射方向によっては、エネルギーフィルタのエネルギー分解能が変化することが、発明者らの検討によって明らかになった。

[0006] 例えば、エネルギーフィルタを構成する板状のメッシュ電極に対し、当該板状体の板状面の垂直方向に近い方向から入射する電子と、板状面に対し鋭角方向から入射する電子を比較すると、後者の電子は、エネルギーフィルタが形成する電界の等電位面に対して斜めの方向から入射することになる。このような入射方向の違いによって、エネルギーフィルタのエネルギー分解能が変動する場合がある。エネルギー分解能とは、エネルギーフィルタの設定条件に対する実際のエネルギーフィルタの性能のばらつきを示す指標である。例えばエネルギーフィルタ電位 V_f に対し、実際にエネルギーフィルタを通過する電子のエネルギーの最大値が $V_f + \alpha$ であれば、当該エネルギーフィルタは、 $+\alpha$ 分、余分な電子を通過させていることになる。一方、 $V_f - \alpha$ であれば、本来通過させるべき電子を通過させていないことになる。

[0007] 以上のように、エネルギーフィルタは、電子の入射方向によって、エネルギー分解能が変化し、その入射方向によっては、目的とする観察、検査、或

いは測定等が困難になる場合がある。特許文献1～3には、このようなエネルギーフィルタのエネルギー分解能の向上法について何も説明されていない。

[0008] 以下に、エネルギーフィルタのエネルギー分解能の向上、或いは維持を目的とした荷電粒子線装置について、説明する。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成するための一態様として、エネルギーフィルタに対する荷電粒子の入射方向を変化させる光学素子の条件を変化させて、エネルギーフィルタのエネルギー分解能の評価指標として定義可能な信号を検出する荷電粒子線装置を提案する。

[0010] 例えば、更に具体的な一態様として、試料から放出される荷電粒子をエネルギーフィルタに向かって偏向する偏向器を備えた荷電粒子線装置において、当該偏向器の複数の偏向条件ごとに、エネルギーフィルタへの印加電圧を変化させたときに得られる輝度値の変化を求め、当該輝度値の変化が所定の条件を満たす偏向条件を、前記偏向器の偏向条件として設定する荷電粒子線装置を提案する。

発明の効果

[0011] 以上のような構成によれば、エネルギーフィルタを高精度、或いは高安定に使用することができる装置条件を把握することができ、更には当該装置条件に基づく条件設定を行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]荷電粒子線装置の概略を示す図。

[図2]信号検出系の詳細を示す図。

[図3]反射板（変換電極）を用いた信号検出系の詳細を示す図。

[図4]信号検出系の詳細を示す図。

[図5]反射板を用いた信号検出系の詳細を示す図。

[図6]電極を複数枚で構成し、反射板を用いた信号検出系の詳細を示す図。

[図7]電極を複数枚で構成した信号検出系の詳細を示す図。

[図8]電極を通過した信号（電子）の軌道を示す図。

[図9]電極を複数枚で構成した信号検出系の詳細を示す図。

[図10]電極を環状に構成した信号検出系の詳細を示す図。

[図11]環状電極を通過する信号の軌道を示す図。

[図12]環状電極を通過する信号の軌道を示す図。

[図13]信号検出系の詳細を示す図。

[図14]試料から放出された電子を集束する集束素子を備えたSEMの一例を示す図。

[図15]試料から放出された電子を集束する集束素子の集束条件を変化させたときの輝度値と、分解能評価指標の推移を示す図。

[図16]SEM内の光学条件を変化させたときの輝度値の推移を示す図。

[図17]エネルギーフィルタの分解能評価に基づいて、直交電磁界発生器の偏向条件を設定する工程を示すフローチャート。

[図18]2つの部位の輝度差を演算する工程を示すフローチャート。

[図19]エネルギーフィルタリングが適正に行われたときと、行われなかったときの2つの部位の輝度差の変化を示す図。

[図20]SEMを含む測定、検査システムの概要を示す図。

[図21]輝度値の変化と、分解能評価指標の変化を求めることによって、集束電極への印加電圧を選択する工程を示すフローチャート。

[図22]エネルギーフィルタへの印加電圧の変化に対する輝度値の変化を示す図。

[図23]電子光学系の一例を示す図。

[図24]直交電磁界発生器による偏向と、エネルギーフィルタへの電子の入射方向の関係を示す図。

[図25]エネルギーフィルタへの電子の入射方向と、エネルギー分解能との関係を示すグラフ。

[図26]エネルギー分解能を測定する工程を示すフローチャート。

[図27]入射電子のエネルギーと、最適エネルギー分解能との関係を示すグラ

フ。

[図28]直交電磁界発生器への印加電圧と、情報信号エネルギーとの関係を示すグラフ。

[図29]エネルギーフィルタの分解能評価に基づいて、直交電磁界発生器の偏向条件を設定する工程を示すフローチャート。

[図30]直交電磁界発生器の電界と磁界の関係を説明する図。

[図31]直交電磁界発生器によって偏向された電子を集束する集束レンズを備えたSEMの検出系を示す図。

[図32]集束レンズ強度と、輝度値との関係を示す図。

[図33]電子の検出効率を向上するためのレンズ条件を選択する工程を示すフローチャート。

[図34]エネルギーフィルタのエネルギー分解能を向上するためのレンズ条件を選択する工程を示すフローチャート。

[図35]エネルギーフィルタの形状、収差、及びエネルギー分解能の関係を説明する図。

発明を実施するための形態

[0013] 以下の説明は、荷電粒子線装置に係り、特に荷電粒子ビームの照射に基づいて得られる情報を弁別する装置に関する。

[0014] 荷電粒子線装置には、走査電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）や、集束イオンビーム（Focused Ion Beam：FIB）装置がある。また、SEMを特定の目的に特化した装置として、測長用電子顕微鏡（Critical Dimension-SEM：CD-SEM）や、上流の検査装置にて得られた欠陥、異物、或いは測長値異常パターンを、更に詳細に観察し、分析するレビュー用電子顕微鏡（レビューSEM）がある。

[0015] これらの装置を用いて観察、測定、或いは検査を行う場合、試料からの情報信号を効率良く検出器で検出する必要がある。情報信号が多いことで画質が向上し、それはスループットの向上につながる。しかし、検出率を向上させるために検出器を光軸に近づけたり、情報信号を効率良く検出器まで導入

するために検出器に電圧を印加することは、1次ビームへの影響が避けられない。また、これからは見たいもの、つまり検出したいものに依じて情報信号を弁別し、有効な情報のみを抽出することも観察および検査には必要になる。

[0016] このように有効な情報を選択的に抽出する装置として、エネルギーフィルタがある。エネルギーフィルタは、試料から放出される荷電粒子の内、特定のエネルギーを持つものを選択的に通過させる装置であり、例えば所望のエネルギーの荷電粒子を検出する場合には、当該エネルギーより低いエネルギーを持つ荷電粒子の通過を制限するための電界を発生する装置である。エネルギーフィルタは例えば、複数のメッシュ電極によって構成され、当該電極への印加電圧を制御することによって、所望の電界を形成する。

[0017] 一方、このようなエネルギーフィルタは、荷電粒子の入射方向によって、その性能が変化する。即ち、入射方向を適正に設定することができれば、高い性能を発揮することができる。ここで言う性能とはエネルギー分解能のことである。エネルギーフィルタは、入射しようとする電子等に対し、当該電子を追い返すような電界を形成することによって、入射する電子をエネルギー弁別する装置である。このような電界の等電位面に対する電子の入射方向（角度）によっては、フィルタリングされる電子のエネルギーが変化する可能性がある。例えば等電位面に対し、鋭角な方向から入射する電子は、入射方向とは異なる方向から偏向作用を受けるため、等電位面に対して垂直に入射する電子と比較して、エネルギーフィルタを通過することができる電子のエネルギーの上限が低下する可能性がある。

[0018] 図22は、横軸をエネルギーフィルタに印加する電圧、縦軸をビームの照射部の輝度を示すグラフの一例を示す図であり、第1の方向からエネルギーフィルタに入射する電子を三角で表現し、第2の方向からエネルギーフィルタに入射する電子を丸で表現している。エネルギーフィルタへの印加電圧を徐々に弱めていく（図22の右方向に向かうように）と、検出器によって検出される電子量が増大する。このとき印加電圧 V_f [V] の変化に対し、輝

度が急激に変化する方が、エネルギーフィルタのエネルギー分解能が高いと言える。図22の例では、2つの輝度閾値 ($Th(u)$ と $Th(l)$) 間の輝度変化を生じさせる V_f の変化量が、第1の方向の電子が ΔV_{f1} であり、第2の方向の電子が ΔV_{f2} である。即ち、図22の例では、第1の方向から入射する電子の方が、第2の方向から入射する電子に対し、エネルギー分解能が高い状態でエネルギーフィルタリングされる。このように ΔV_f が小さくなるような装置条件を見出すことによって、入射すべき電子と、入射を制限すべき電子を明確に分離することのできるエネルギー分解能の高いエネルギーフィルタ条件を見出すことができる。

[0019] 以下、図面を参照してエネルギーフィルタを備えた荷電粒子線装置の一態様であるSEMの概要について説明する。図1は荷電粒子線装置の一例であるSEMの概要を示す図である。なお、以下の説明では走査電子顕微鏡を例にとって説明するが、それに限られることはなく、以下に紹介する実施例は、他の荷電粒子線装置にも、適用が可能である。

[0020] 試料からの情報信号を効率良く検出器へ導入する際に、検出器に電圧を印加して、情報信号を導入するための吸引電界を発生させることは一般的である。検出効率を向上させるには、その印加電圧を上げるか、検出器を光軸に近づけるかして、吸引電界を強くする方法がとられている。その反面、吸引電界が1次ビームにもおよぼす影響が問題になっている。その影響とは例えば1次ビームの軸ズレ、非点などの収差の発生の要因になる。つまり、情報信号を効率良く検出できるよう、電界を強くすればするほど1次ビームへの影響が大きくなるといったトレードオフの関係にある。

[0021] よって、試料から発生した情報信号検出する検出器の吸引電界の影響を少なくし、情報信号を効率良く検出するような検出系を採用することが望ましい。

[0022] よって、以下の実施例ではエネルギーフィルタの一態様として、検出器の吸引電界が1次ビームへ影響を及ぼさないようにシールドを配置する例を説明する。また、シールドを複数枚重ねて配置し、いずれかのシールドに電圧

を印加することで、試料からの、あるエネルギーを持った信号および試料からの放出角度によって弁別する構成、或いはその他、エネルギー弁別に適した荷電粒子線装置を説明する。

[0023] 電子銃 1 は、電子源 2、引出電極 3、及び加速電極 4 から構成される。電子源 2 と引出電極 3 との間には、引出電圧 V_1 が印加され、これによって、電子源 2 から電子ビーム 36 が引き出される。加速電極 4 はアース電位に維持され、加速電極 4 と電子源 2 との間には、加速電圧 V_0 が印加される。したがって電子ビーム 36 は、この加速電圧 V_0 によって加速される。

[0024] 加速された電子ビーム 36 は、絞り 15 によって不要な領域を除去され、レンズ制御電源 5 に接続された集束レンズ 7 および集束レンズ 8 によって集束される。更に対物レンズ 9 によって、試料ステージ 12 上の半導体ウェハ等の試料 13 に集束される。

[0025] 試料ステージ 12 は、ステージ駆動装置 23 により、少なくとも水平移動可能である。試料 13 は集束された電子ビーム 36 によって照射され、走査信号発生器 24 に接続された偏向器 16a、16b によって走査される。このとき非点収差補正器 40 は非点収差補正制御部 45 で制御される。電子ビーム 36 の照射によって試料 13 から放出される情報信号 33（二次電子、及び／又は後方散乱電子等）は、直交電磁界偏向器 20 で偏向され、検出器 21 によって検出される。検出された情報信号 33 は、CRT 等の像表示装置 32 の輝度変調信号とすることで、像表示装置 32 に試料 13 の拡大像が表示される。図示はしていないが、以上の構成が電子ビームを照射するのに適した真空容器内に収納される。レンズ制御電源 5、走査信号発生器 24、非点収差補正制御部 41 は、制御部 31 に接続されている。また、直交電磁界偏向器 20 は、制御部 31 からの指示により、直交電磁界制御部 50 によって制御される。なお、直交電磁界偏向器 20 は、情報信号 33 を検出器 21 側に偏向する電界を発生する電極と、当該電界に直交するように、磁界を発生するための磁極を含み、当該磁界は電界によるビームの偏向作用を相殺するように、ビームを偏向する。

- [0026] 図2は直交電磁界偏向器20から検出器21までを詳細にした一例である。光軸43上に、電子ビーム36が検出器21の、電界制御部6によって印加された電圧によって発生する電界の影響を受けないようシールドするための電極17を配置した。例では電極17は回転対象の円錐型で、情報信号33が通過しやすいようにメッシュ状になっている。
- [0027] 情報信号33は検出器21に直接検出できるよう直交電磁界偏向器20で偏向するが、偏向する際に発生する収差の影響を少なくするため、情報信号33の偏向量を小さくする場合もある。そのときは図3に示すように、情報信号33をいったん反射板として利用する電極（反射板）18に照射し、電極（反射板）18から発生する第2の情報信号34を検出器21の吸引電界で検出器21まで導引することも可能である。
- [0028] 電極17は、電極（反射板）18に極接近させるか、または接するよう配置することで、検出器21からの電界が光軸43へ染み出しにくくなり、つまり電子ビーム36が検出器21の電界の影響を受けにくくなる。よって、電子ビーム36は軸ずれや収差の発生を抑制できる。
- [0029] 通常、電極17はアース電位であるが、図4に示すように電極17に電圧を印加して、試料13からの情報信号33のうち、ある信号だけをフィルターをすることも可能である。この構成においては、試料13から発生する情報信号33のうち、検出したくないエネルギーに対してフィルターをすることで、情報信号33の弁別が可能になり、抽出したいエネルギーをもった情報信号33だけで、画像を形成することが可能になる。つまり、偏向器16で試料13を走査しながら、電極17に印加する電圧を変えれば異なるエネルギーで形成された画像を取得することが可能になる。
- [0030] また、電極17に印加する電圧は電圧制御部19を介して、制御部22で制御される。制御部22は試料13に印加する電圧を制御する可変減速電源14にリンクして、電圧制御部19を制御することになる。例えば試料13に印加する電圧を V_r とし、フィルターしたい情報信号33のエネルギーを e とすると電極17に印加する電圧 V_t は次の(1)式で制御される。

[0031] [数1]

$$V_t = e + V_r \quad \dots (1)$$

[0032] 試料 1 3 に印加する電圧 V_r が 1 k V で、フィルターしたい情報信号 3 3 のエネルギーが 1 0 0 e V であれば、電極 1 7 に印加する電圧 V_t は 1.1 k V に設定すればよい。

[0033] 図 5 は電極（反射板） 1 8 に情報信号 3 3 を照射し、電極 1 8 から発生した第 2 の情報信号 3 4 を検出器 2 1 で検出する例である。制御に関しては図 4 と同様に制御する。

[0034] 図 6 は電極 1 7 を複数枚で構成した一例である。例として、3 枚で構成した場合を図 6 に示す。電極 1 7 は基本的にはアース電位となる電極 2 5 と電極 2 6 で挟んで複合化電極とする。図 4 および図 5 と違い、電極 1 7 の電界は、アース電位である電極 2 5 と電極 2 6 によって抑制される。そのため、電極 1 7 の電界が強い場合に発生する問題が解決可能になる。例えば電界が強いと無視できないレンズ作用が発生し、1 次ビームの収差となりビームがぼけてしまうといった問題が発生する。また検出器 2 1 の吸引電界と干渉し、情報信号 3 3 および情報信号 3 4 の軌道を変化させてしまう。

[0035] 図 7 は複合化電極を通過した情報信号 3 3 を電極 1 8 に照射せずに、検出器 2 1 で直接検出する例を示す。図 8 に示すように、複合化電極を通過する情報信号 3 3 は、電極内のレンズ作用を受けて情報信号 3 3 のエネルギーや電極 1 7 への入射角度によって、その軌道が変化する。つまり情報信号 3 3 は電極（反射板） 1 8 に照射されるときに広がりを持って照射される。その照射領域 4 4 は情報信号 3 3 のエネルギーや、電極 1 7 に印加された電圧によって大きく変化する。さらにその電極（反射板） 1 8 から発生する第 2 の情報信号 3 4 も様々な角度やエネルギーを持って出射するため、照射領域 4 4 が大きいと、その照射領域 4 4 から発生したすべての第 2 の情報信号 3 4 を検出器 2 1 で検出するのは困難になる。よって、図 7 に示すように電極（反射板） 1 8 に照射することなく、直接、情報信号 3 3 と検出する方法が有効である。

- [0036] 図9は検出器21の吸引電界を均一にするように、電極（反射板）18を円錐型にしたものである。この形状は電極18をつかって間接的に情報信号34を検出する場合でも、情報信号33を直接、検出する場合でも両方に適用可能である。
- [0037] 図10は電極17を環状にして複数の環状で構成され、各々の環に電圧を印加することで試料13からの情報信号33を弁別することが可能になる。図11は複数の環状電極17の一例である。例えば図11では6つの環状で構成され、各々の環状に電圧制御部a～fで印加電圧を制御する。一例では電圧制御部19a, 19b, 19e, 19fにあるエネルギーの情報信号33をフィルターする電圧を印加し、電圧制御部19c, 19dは情報信号33が通過可能な電圧、またはアース電位とする。
- [0038] また、情報信号33は試料13からの出射角度によって軌道が異なるため、図11のような構成であれば、軌道の違いによる情報信号33の弁別も可能である。
- [0039] 図12のように、試料13からの情報信号33が大きく広がって電極17に入射する場合、検出器21を複数個設けて検出することも可能である。例えば直交電磁界偏向器20を動作させずに、試料13から出射した情報信号33を電極17で弁別することも可能で、この場合は直交電磁界偏向器20を動作させた場合の収差の発生を抑制することができ、高分解能のまま信号弁別が可能になる。また図で示していないが、図9のような直接、情報信号33を検出する場合も有効である。
- [0040] 図13は電極（反射板）18を傾斜させて、更に検出器21にも角度を持たせ、電極18から発生する情報信号34を効率良くする構成例である。
- [0041] なお、図2等に例示するエネルギーフィルタの断面形状（電子ビーム通路の垂直方向から見た形状）は、電子ビーム通路に近づくに従って、徐々に電極18との間隔が狭くなるように形成されている。また、電子ビーム通路を中心軸とした軸対称に形成されている。
- [0042] エネルギーフィルタを試料と平行に設置した場合、情報信号はE×Bで偏

向され、エネルギーフィルタに入射角度 θ でもって入射する（図35（a））。角度 θ に依存してエネルギー分解が悪くなるので図35（b）のように、エネルギーフィルタに垂直入射するために新たにEXB（20b）を設置する方法もあるが、制御が複雑になる。もちろん、EXBを動作させるときに発生する収差はさけられない。

[0043] よって、図35（c）のように、フィルターを傾斜させてEXBによる曲げ角 θ を最小限にする。これにより、EXBを動作させることで発生する収差を抑制することが可能になる。

[0044] また、図6等に例示するように、接地電位である電極26と、電極18（検出器の検出面でも良い）の成す角が、鋭角となるようにメッシュ電極を構成することによって、図35（a），（b）に例示するような光軸方向に長い筒状電極351を設置することなく、電極17に印加される電圧によって形成される電界のビームに対する影響を抑制することが可能となる。

[0045] 筒状電極315の内側には、通過する電子の衝突によって、コンタミネーションが付着する場合があります、このコンタミネーションに電荷が蓄積すると、筒状電極が偏向作用を持つ場合がある。筒状電極の長さが長い程、コンタミネーションが付着する可能性が増大するため、筒状電極の長さを可能な限り短くすることが望ましい。一方で、コンタミネーションの付着を防止すべく、筒状電極の径を大きくすると、その分、電極18が、光軸より離間することになり、結果として直交電磁界発生器（EXB）による偏向角を大きく設定する必要がある。また、筒状電極が僅かでも光軸に対して斜めに形成されていると、ビーム軌道に影響を与える可能性もある。

[0046] 図6等に例示するエネルギーフィルタによれば、筒状電極に換えて、電極26と電極18によって負電圧が印加される電極17を包囲するような構成（即ち、電極26の端部と電極18の端部を接続し、2つの電極の成す角が鋭角となるようにする）することによって、筒状電極がビームにもたらす影響を抑制することが可能となる。

[0047] なお、図6の例では、エネルギーフィルタを構成する電極26等は、ビー

ム光軸に交差する仮想直線に沿って形成されているが、エネルギーフィルタの分解能をより高めるためには、直交電磁界偏向器 20 の偏向支点からの距離 r 上に電極 26 が配置されることが望ましい。即ち、直交電磁界偏向器 20 の偏向支点を中心とした半径 r の円に平行に、電極 26 が形成されることが望ましい。

[0048] このような構成によれば、偏向支点と電極を結ぶ直線が、電極 26 の法線となるため、直交電磁界偏向器 20 の偏向角によらず、高い分解能のエネルギーフィルタリングを行うことが可能となる。

[0049] 図 20 は、SEM を含む測定、或いは検査システムの詳細説明図である。本システムには、SEM 本体 2001、当該 SEM 本体の制御装置 2002、及び演算処理装置 2003 が含まれている。図 1 の制御部 31 及び当該制御部 31 によって制御される各制御装置は、制御装置 2002 に相当する。

[0050] 演算処理装置 2003 には、制御装置 2002 に所定の制御信号を供給する光学条件設定部 2004、得られた画像情報や、レシピ情報を記憶するメモリ 2005、及び SEM によって得られた検出信号を処理する入力信号演算部 2006 が内蔵されている。

[0051] 更に演算処理装置 2003 は、入力手段を備えた入力装置 2007 と接続されている。入力装置 2007 に設けられた表示装置には、操作者に対して画像や検査結果等を表示する GUI (Graphical User Interface) 等が表示される。

[0052] 試料から放出された電子は、検出器 21 にて捕捉され、制御装置 2002 に内蔵された A/D 変換器でデジタル信号に変換される。演算処理装置 2003 に内蔵される CPU、ASIC、FPGA 等の画像処理ハードウェアによって、目的に応じた画像処理が行われる。入力信号演算部 2007 には、SEM によって得られた検出信号を二次元的に配列して二次元像を形成する画像形成部 2008、検出信号、或いは画像信号に基づいて試料上の位置に対する輝度の変化を示す波形を形成する信号波形形成部 2009、及び当該信号波形形成部 2009 にて形成された信号波形を解析する信号解析部 20

10が内蔵されている。

[0053] なお、演算処理装置2003における制御や処理の一部又は全てを、CPUや画像の蓄積が可能なメモリを搭載した電子計算機等に割り振って処理・制御することも可能である。本例の場合、図20の制御装置2002と演算処理装置2003は、SEM本体2001を制御する制御システムとして機能する。

[0054] 図24に示すように、直交電磁界偏向器20等の偏向条件によって、エネルギーフィルタを構成する電極17, 25, 26への情報信号33（例えば試料へのリターディング電圧の印加によって加速される二次電子や反射電子）の入射角度が変化し、図25に例示するように、エネルギーフィルタの分解能は情報信号33のフィルターへの入射角 θ [°] に応じて変化する。メッシュ状電極の形成精度等に応じて変化する場合があるが、エネルギー分解能が最適値になるのは、エネルギーフィルタ部に情報信号33が垂直に入射する条件である。よって直交電磁界偏向器20で情報信号33の偏向角 θ [°] を制御して、エネルギーフィルタへ垂直に入射するか、または最適分解能になるように入射するように制御することが必要になる。

[0055] 図26に、エネルギー分解能が最良になるように直交電磁界偏向器20を制御する場合のフローを示す。最初にエネルギー分解能の計測を行う。エネルギー分解能は、例えば図27に示すように、情報信号33のエネルギーに依存して最適エネルギー分解能が存在する。それに従って、計測されたエネルギー分解能がそれを満足しているかどうかを判定する。満足していれば、そのまま像観察または計測が開始される。満足していない場合は、直交電磁界偏向器20で情報信号33の偏向角 θ を偏向して、再度エネルギー分解能を計測する。それらを繰り返して、最適エネルギー分解能になるように直交電磁界偏向器20で偏向角 θ を制御する。

[0056] 直交電磁界偏向器20の制御方法は、情報信号33のエネルギーに依存して制御値を変化させる必要がある。図28に情報信号エネルギーと直交電磁界偏向器20の電圧の関係を示す。予め計算によって求められた式に従って

、制御することも可能である。

[0057] 以下に、演算処理装置 2003 にて実行されるエネルギーフィルタの分解能評価指標の算出法を具体的に説明する。図 22 を用いて説明したように、エネルギー分解能が高い程、高精度なフィルタリングを行うことができる。本実施例では、このようなエネルギー分解能の性能の優劣を示す値を、分解能評価指標として定義する。このような分解能評価指標の算出に基づく、直交電磁界発生器の制御法について、図 29 のフローチャートを用いて説明する。

[0058] まず、光学条件設定部 2004 によって、SEM の光学条件を設定する（ステップ 2901）。ここで言う光学条件とは、電子ビームの加速電圧、試料に印加するリターディング電圧等、電子ビームを試料に対して照射する際の装置条件である。次に、設定された光学条件に応じて予めメモリ 2005 に登録されている直交電磁界発生器の偏向条件を設定する（ステップ 2902）。以上のような条件のもと、分解能評価を開始する。エネルギーフィルタに印加する電圧 V_f を変化させ、画像形成部 2008 は、所定の電圧値ごとに、検出信号に基づいて画像を形成する（ステップ 2903）。輝度演算部 2011 では、形成された画像に基づいて、画像の輝度（Gray level）を演算する（ステップ 2904）。判定部 2012 では、得られた輝度情報に基づいて、 ΔV_f を演算し、当該 ΔV_f が所定の条件を満たしているか否かの判定を行う（ステップ 2905）。

[0059] ここで、 ΔV_f は、図 22 に例示されているように、所定の輝度変化量（ $T_h(u) - T_h(l)$ ）に対応する V_f の変化量を求めることによって算出する。先述したように、この変化量が小さい程、エネルギーフィルタの分解能が高いと言える。よって、 ΔV_f 、或いは ΔV_f を所定の条件に基づいて正規化した評価値を、分解能評価指標として定義することができる。なお、輝度 G と V_f の相関曲線の傾き（ $\Delta G / \Delta V_f$ ）の算出に基づいて、分解能評価指標を求めるようにしても良い。この場合、傾きが大きい程、分解能が高いと言える。

[0060] 分解能評価指標が所定の条件を満たすと判断できる場合には、その偏向条件を直交電磁界発生器の偏向条件として設定し（ステップ2907）、所定の条件を満たさないと判断される場合には、直交電磁界発生器の設定値を変化させ（ステップ2906）、ステップ2902～2905を繰り返すことによって、適正な偏向条件を選択する。なお、 ΔV_f が分解能評価指標である場合には、 ΔV_f が最小、或いは所定値未満である場合に、分解能評価指標が所定の条件を満たすものとして、偏向条件を選択すると良い。また、半導体パターンを測定するSEMでは、常に安定した測定条件の設定が求められるため、例えば ΔV_f について予め参照値を設定しておき、 ΔV_f が当該参照値となる偏向条件を選択するようにしても良い。

[0061] 図29に例示するようなプロセスに基づいて偏向条件を設定することによって、試料の帯電状態やその他の電子の軌道の変動要因によって変化する適正な偏向条件を見出すことが可能となる。

[0062] なお、図直交電磁界発生器の内、電界（E）による偏向量をyとすると式（2）が成り立つ。

[0063] [数2]

$$y = \frac{l_e}{d} \cdot L_1 \cdot \frac{V_{EXB}}{V_o} \quad \dots (2)$$

l_e : 静電偏向器のビーム光軸方向の寸法

d : 静電偏向器の電極間の距離

L_1 : 偏向始点と、電子が偏向量y分偏向される位置との距離

V_{EXB} : 静電偏向器に印加する電圧

[0064] 図30（a）に例示するように、静電偏向器を形成する2枚の電極にはそれぞれ $+V_{EXB}$ 、 $-V_{EXB}$ が印加され、負電荷を持つ電子は、 $+V_{EXB}$ が印加された電極側に偏向される。電子の曲げ角 θ の式になおすと式（3）のようになる。

[0065] [数3]

$$\theta = \frac{l_e}{d} \cdot \frac{V_{EXB}}{V_o} \quad \dots (3)$$

[0066] V_0 に相当するのは、（二次）情報信号エネルギーであり、曲げ角 θ が決まれば、電極にかかる電圧 $\pm V_{\text{EXB}}$ が決まる。

[0067] また、図 30（b）に例示するような直交電磁界発生器の磁界 B と偏向量 y の式は（4）で表される。

[0068] [数4]

$$y = \sqrt{\frac{e}{2m}} \cdot \frac{B}{\sqrt{V_0}} \cdot 2l_B \cdot L_2 \quad \dots(4)$$

[0069] 曲げ角 θ の式になおすと式（5）のようになる。

[0070] [数5]

$$\theta = \sqrt{\frac{e}{2m}} \cdot \frac{B}{\sqrt{V_0}} \cdot 2l_B \quad \dots(5)$$

m : 電子の質量 ($9.1091 \times 10^{-31} \text{kg}$)

B : 電子の電荷 ($1.6021 \times 10^{-19} \text{C}$)

l_B : 磁界範囲

[0071] これらの式を解いて、1次ビームは偏向しないで二次信号（試料から放出される電子）のみ偏向する条件をみつける。

[0072] このような条件を、偏向角 θ ごとに求めることによって、図 30（c）に例示するような試料から放出される電子のエネルギーと、偏向器に与える電圧（電流）との関係を求めることができ、二次信号の偏向角に応じた1次ビームを偏向させない条件を見出すことが可能となる。このような条件は、メモリ 2005 に登録され、直交電磁界発生器への制御信号として、光学条件設定部 2004 によって設定される。

[0073] 図 29 の例では、複数の偏向角ごとに、分解能評価指標を求める際に、エネルギーフィルタに印加する電圧 V_f を変化させることによって、輝度と V_f との相関曲線（Sカーブ）を偏向角ごとに検出する例について説明したが、Sカーブを、光学条件を変化させることによって形成することも可能である。

[0074] なお、 V_f を変化させても電子ビーム（一次電子）の光学条件は変化しな

いため、光学条件を変えたくない場合には、 V_f を変化させることによって、エネルギー分解能を求めることが望ましい。一方で、光学条件（例えばリターディング電圧： V_r ）を変化させたときに得られるSカーブは、輝度－ V_r 相関曲線のグラフ上、試料に付着した帯電分、 $+V_r$ 、或いは $-V_r$ 側にシフトしたカーブとなる。即ち、帯電のないときのSカーブが判っていれば、そのシフト量を求めることで、帯電量を計測することが可能となる。このような帯電量の計測に基づいて、 V_{EXB} を求めることによって、適正な偏向強度を求めることが可能となる。この場合、予めメモリ2005に基準Sカーブを登録しておき、信号解析部2010によって、シフト量を求め、光学条件設定部2004によって、 V_{EXB} を算出する。後述する実施例によれば、帯電量に応じた偏向量を求めることが可能となる。

[0075] 例えば、図16に例示するように、光学条件（例えば、電子ビームの加速電圧、試料に印加する負電圧（リターディング電圧）、或いはその両方）を変化させると、輝度値が推移する。例えば光学条件がリターディング電圧である場合、リターディング電圧を徐々に大きくしていくと、エネルギーフィルタを通過する電子の数が増えていくため、輝度値が増大する。

[0076] 先に説明したように、この変化が急峻である程、エネルギー分解能が高い。よって、この条件を見出すための指標として、分解能評価指標を用いると良い。図16の例では、所定の輝度変化量（ $Th(u) - Th(l)$ ）に対応するリターディング電圧の変化量（ ΔR ）、或いは当該評価量の指標値を、分解能評価指標としている。この評価指標に基づいて、エネルギーフィルタの高精度化、或いは高安定化を実現するSEMの装置条件設定工程を図17に例示するフローチャートを用いて説明する。

[0077] 本例では、図2，図3等に例示する直交電磁界偏向器20の偏向条件の適正化に基づいて、エネルギーフィルタのエネルギー分解能を向上、或いは安定化させる例について説明する。まず、直交電磁界偏向器20を所定の条件に設定する（ステップ1701）。この状態で所定の条件に光学条件（例えばリターディング電圧印加）を設定し（ステップ1702）、その際に試料

から放出される電子を検出器 21 にて検出することによって、画像を取得する（ステップ 1703）。この画像から輝度情報を抽出し、メモリ 2005 等の記憶媒体に記憶させる（ステップ 1704）。このステップ 1701～ステップ 1704 の処理を複数のリターディング電圧印加条件ごとに実施することによって、図 16 に例示するような光学条件と輝度条件との関係を求める（ステップ 1705）。なお、本例では所定数の光学条件について輝度を求める例を説明しているが、 ΔR が検出された時点で輝度情報検出を停止するようにしても良い。

[0078] ステップ 1701～ステップ 1705 の処理を直交電磁界偏向器 20 の複数の偏向条件について実施し（ステップ 1706）、複数の偏向条件ごとに ΔR を取得し、当該複数の ΔR に基づいて、直交電磁界偏向器 20 の偏向条件を設定する（ステップ 1707）。ここで、エネルギーフィルタのエネルギー分解能を最も高い状態で用いる場合には、 ΔR が最も小さくなる偏向条件を選択すると良い。一方、半導体パターンを測定する SEM では、常に安定した測定条件の設定が求められるため、例えば ΔR について予め参照値を設定しておき、 ΔR が当該参照値となる偏向条件を選択するようにしても良い。

[0079] また、図 29 に例示するフローチャートでは、直交電磁界偏向器 20 の偏向条件ごとに、 ΔV_f を求める例を、図 17 に例示するフローチャートでは、直交電磁界偏向器 20 の偏向条件毎に、 ΔR を求める例について説明したが、例えば図 19 に例示するように、SEM の視野（Field Of View: FOV）内に 2 種以上の材質からなる試料が含まれており、エネルギーフィルタリングが適正に行われれば、2 種の材質間で明確にコントラストが現れるような場合に、両者間のコントラストに基づいて、適正な偏向条件を求めることも可能である。以下、その例について説明する。図 18 は、画像のコントラストに基づいて、直交電磁界偏向器 20 の偏向条件を求めるための工程を示すものである。本例では図 29 のステップ 2903～ステップ 2905 に替えて、ステップ 1801～ステップ 1804 を適用する。

[0080] 直交電磁界偏向器 20 の偏向条件を所定の条件に設定した後、画像を取得し（ステップ 1801）、材質 A（領域 A）と材質 B（領域 B）に跨る領域の最大輝度値と最小輝度値を検出する（ステップ 1802）。このとき、エネルギーフィルタへの印加電圧が適切であり、且つ直交電磁界偏向器 20 の偏向条件が適切なものであれば、図 19（b）に例示するように、領域 A と領域 B との輝度差が明確になる。一方、直交電磁界偏向器 20 の偏向条件が適切ではなく、エネルギー分解能が低下すると、エネルギーフィルタリングが適正に行われず、例えば図 19（c）に例示するように、2 つの領域のコントラストが低下し、輝度差が殆どない状態となる可能性がある。

[0081] そこで、本例では 2 つの領域の輝度差（ Δg ）を算出（ステップ 1803）し、当該輝度差が最も大きい偏向条件、或いは Δg が所定の条件を満たす偏向条件か否かを判定（ステップ 1804）。ここで、 Δg が所定値以上、或いは所定条件を満たす場合には、直交電磁界発生器の制御が適正なものであるとして、当該偏向条件を選択する（ステップ 2907）。また、所定条件を満たさない場合や所定の条件設定が終わっていない場合には、直交電磁界発生器の条件を新たに設定して、ステップ 1801～ステップ 1804 の処理を再実行する。選択された偏向条件は、装置条件としてメモリ 2005 等に登録する。

[0082] 以上のような構成によれば、2 以上の領域間のコントラストを明確にすることによって、所望の測定対象の測定を行うような場合に、適切な偏向条件を選択することが可能となる。なお、輝度差が所定の条件を満たすか否かの判定は、例えば所定の閾値を超えるか否かの判定に基づいて、行うようにしても良いし、2 つの輝度値の比が所定の値、或いは所定値未満、または以上となるかの判定に基づいて、行うようにしても良い。これらの輝度差や輝度比、或いはその指標値を分解能評価指標とすることによって、目的とする測定や検査を行うための装置条件を適正に評価することが可能となる。また、輝度変化が急峻なほど、分解能が高いと言えるため、例えば輝度変化を近似関数にてフィッティングし、傾斜の程度を求めることによって、分解能評価

指標と定義しても良い。信号解析部 2009 に含まれる輝度演算部 2011 や、判定部 2012 では、上述のような輝度演算や判定を実行する。

[0083] これまで、二次電子等を検出器に向かって偏向する偏向器（上述の実施例では直交電磁界偏向器 20）を、分解能評価指標に基づいて、設定する例を説明したが、以下に、試料から放出される電子を集束する集束素子を用いて、電子の軌道を偏向することによって、適正な装置条件を設定する例について説明する。図 14 は、試料から放出された電子 1406 の軌道を示す図である。試料 13 から放出された電子は、対物レンズによって集束され、クロスオーバー点 1405 を通過して、上方（電子源方向）に向かう。試料から放出された電子 1406 は、一部がエネルギーフィルタ 1404 を介して、検出器 1403 に向かうが、その他の電子は、検出器 1403 とは異なる方向に向かい、検出されない。本例では、検出される電子の検出効率を向上させると共に、高い検出効率を維持した状態で、高精度なエネルギーフィルタリングを行い得る装置構成について説明する。

[0084] 図 14 に例示する SEM は、試料から放出される電子の軌道を偏向する偏向素子として、集束電極 1402 が設けられている。例えばこの集束電極 1402 に対し、レンズ制御電源 5 から電圧を印加することによって、軌道偏向後の電子 1407 のように、検出器 1403 に向かって電子を方向付けることができる。なお、検出器 1403 は、MCP（Micro Channel Plate）検出器のような電子を直接的に検出する検出器であっても良いし、検出器 1403 を変換電極とし、当該変換電極から生じた二次電子を検出する検出器を別に設けるようにしても良い。

[0085] 図 15 は、集束電極への印加電圧を変化させたときの輝度値の変化と、分解能評価指標の変化を示す図である。また、図 21 は当該輝度値の変化と、分解能評価指標の変化を求めることによって、集束電極 1402 への印加電圧を選択する工程を示すフローチャートである。本例では、集束電極 1402 への印加電圧ごとに、輝度値と分解能評価指標を求めることによって、2 つのカーブを作成すると共に、2 つの閾値（ $Th(g)$ 、 $Th(r)$ ）を設

定し、2つのカーブのそれぞれの閾値を超えた印加電圧の範囲 (Δg , Δr) を選択する (ステップ 2101, 2102)。本例では、 Δg と Δr の重畳領域 (ΔV) に含まれる印加電圧を、集束電極 1402 への印加電極として選択する (ステップ 2103)。 Δg の印加電圧領域は、検出される電子の量が所定値以上の領域であり、 Δr の印加電圧領域は、エネルギー分解能が高い領域である。このような2つの印加電圧領域の重畳領域に含まれる電圧を選択することによって、電子の高効率検出と、エネルギーフィルタのフィルタリングコンディションの適正化の両立が可能となる。以上のような処理は、信号解析部 2010 によって行われる。

[0086] 図23は、図14とは異なり、対物レンズ1401が検出器1403との間にクロスオーバー点1405を作らない光学系を示す図である。このような光学系であっても、図14の光学系と同様に、集束電極1402の適正な設定に基づいて、電子の高効率検出と、エネルギーフィルタのフィルタリングコンディションの適正化の両立が可能となる。

[0087] 図31は、直交電磁界偏向器20によって、情報信号33 (二次電子等) をビーム (偏向を伴わない1次ビームの光軸：理想光軸) から、軸外に偏向すると共に、当該偏向軌道上にエネルギーフィルタと検出器21を配置した検出系を用いたSEMにて、電子の検出効率の向上を可能とする集束レンズを設けた例を示す図である。試料から放出され、直交電磁界偏向器20によって、軸外に偏向された情報信号33は、図31に例示するように分散する。一方で、真空室内に配置される検出器の検出面の大きさは有限であるため、分散が大きいと、検出効率が低下する。

[0088] そこで、本実施例では、直交電磁界偏向器20と検出器25との間に、集束レンズを配置し、情報信号の軌道を制御することで、検出効率の向上を図る手法について説明する。図31に例示するように、集束レンズ (例えば静電レンズ等) の集束作用がないと、理想光軸から離間するように試料から放出された電子の中には、検出器が存在する位置とは異なる方向に向かうものがある。このような電子を集束レンズの集束作用によって、検出器に向かっ

て偏向すると、検出効率を向上することが可能となる。図33は集束レンズの集束条件を決定する工程を示すフローチャートである。このフローチャートでは、ステップ3301にて設定されたレンズ強度ごとに画像を取得し（ステップ3302）、その画像から輝度情報を抽出し、その検出情報が所定の条件（例えば輝度値が最も高い、或いは所定値等）の場合に、その際のレンズ強度を装置条件として選択し、所定の条件を満たさない場合には、レンズ強度を再設定して、ステップ3301～ステップ3304を繰り返す。ステップ3305では、図32に例示するように、輝度値が最大値のときのレンズ強度（本例の場合、静電レンズに印加する電圧値）、或いは輝度値が所定値（本例の場合、輝度値が $T_h(g)$ 以上）のレンズ強度をレンズ条件として選択する。

[0089] このような工程を経て、レンズ条件を決定することによって、高効率検出の可能な検出系光学条件を設定することが可能となる。

[0090] また、エネルギーフィルタリングを行って電子を検出する場合、検出効率が大きい程、良いというわけではない場合がある。例えば、集束レンズの強度を強くする（ビームの開き角を大きくする）と、エネルギーフィルタの電極面に対し、斜めの方向から電子が入射することになるため、エネルギー分解能が低下する可能性がある。そこで、所定の検出量を得ることのできるレンズ条件範囲の中から、エネルギー分解能の高いレンズ条件を見出す手法を提案する。図34はその工程を示すフローチャートである。図33の検出工程において、所定値（例えば $T_h(g)$ ）以上の輝度値を示すレンズ条件が見出されたときに、そのレンズ強度範囲の中から適正なレンズ強度を選択すべく、複数のレンズ条件において、図22に例示するようなSカーブを形成し、 ΔV_f を求める（ステップ3402～ステップ3407）。

[0091] ここで、複数の ΔV_f の中から最小値、或いは所定の条件を満たすレンズ強度をレンズ条件として選択する（ステップ3409）。

[0092] 以上のような構成によれば、十分な電子検出量を確保しつつ、エネルギーフィルタのエネルギー分解能の向上を実現することが可能となる。なお、予

め電子検出量が十分に確保できていることが判明している場合には、エネルギーフィルタの分解能評価のみを行うことによって、レンズ条件決定するようにしても良い。

[0093] なお、図31に例示するエネルギーフィルタを形成する電極を、直交電磁界偏向器20の偏向支点を中心とした半径 r の円に平行に形成することによって、エネルギー分解能を更に高めることが可能となる。

符号の説明

- [0094] 1 電子銃
2 電子源
3 引出電極
4 加速電極
5 レンズ制御電源
6 電界制御部
7, 8 集束レンズ
9 対物レンズ
10 クロスオーバ
11 位置モニター用測定装置
12 試料ステージ
13 試料
14 可変減速電源
15 絞り
16a, 16b 偏向器
17, 18 電極
19 電圧制御部
20 直交電磁界偏向器
21 検出器
22, 31, 41 制御部
23 ステージ駆動装置

2 4 走査信号発生器

2 7 記憶部

3 2 像表示装置

3 3, 3 4 情報信号

3 6 電子ビーム

3 7 画像処理部

4 0 非点収差補正器

4 3 光軸

4 4 照射領域

請求の範囲

- [請求項1] 荷電粒子源と試料に対する当該荷電粒子源から放出されるビームの照射に基づいて得られる荷電粒子を検出する検出器と、前記試料から放出される荷電粒子をエネルギーフィルタリングするエネルギーフィルタを備えた荷電粒子線装置において、
- 前記試料から放出される荷電粒子の前記エネルギーフィルタへの入射方向を調整する偏向素子を備え、前記検出器は、当該偏向素子の異なる偏向条件ごとに、前記荷電粒子を検出することを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項2] 請求項1において、
- 前記偏向素子は、前記試料から放出される荷電粒子を偏向する偏向器、或いは前記試料から放出される荷電粒子を集束する集束素子であることを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項3] 請求項2において、
- 前記偏向器は、直交電磁界発生器であることを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項4] 請求項2において、
- 前記偏向器、或いは集束素子の偏向条件ごとに、前記エネルギーフィルタに印加する電圧、或いは荷電粒子線装置の光学条件を変化させる制御装置を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項5] 請求項4において、
- 前記制御装置は、前記エネルギーフィルタへの印加電圧ごと、或いは前記光学条件ごとに前記検出器の信号量を検出することを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項6] 請求項5において、
- 前記制御装置は、前記エネルギーフィルタへの印加電圧、或いは光学条件を変化させたときの前記信号量の変化が、所定の条件を満たす前記偏向条件、或いは当該信号量の変化が最も急峻な偏向条件を前記

偏向器、或いは集束素子の条件として選択することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項7] 荷電粒子源と試料に対する当該荷電粒子源から放出されるビームの照射に基づいて得られる荷電粒子を検出する検出器と、前記試料から放出される荷電粒子をエネルギーフィルタリングするエネルギーフィルタを備えた荷電粒子線装置において、

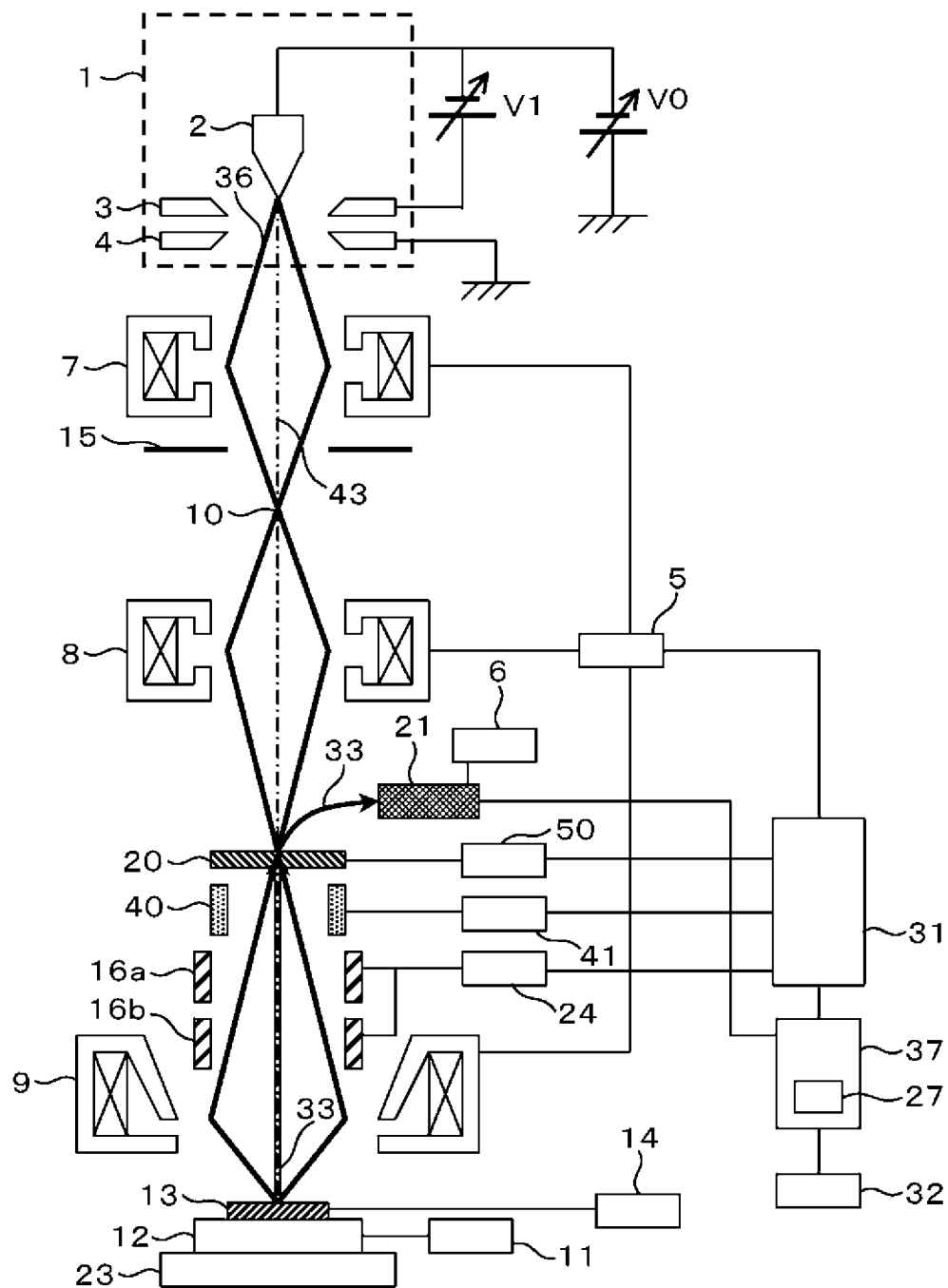
前記試料に負電位を印加する負電圧印加電源と、

前記試料から放出される荷電粒子の前記エネルギーフィルタへの入射方向を調整する偏向素子を備え、

前記偏向素子による偏向条件ごとに、前記負電圧を変化させたときの信号量の変化を検出し、当該変化が所定の条件を満たす前記偏向条件を、前記偏向素子の偏向条件として選択する制御装置を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

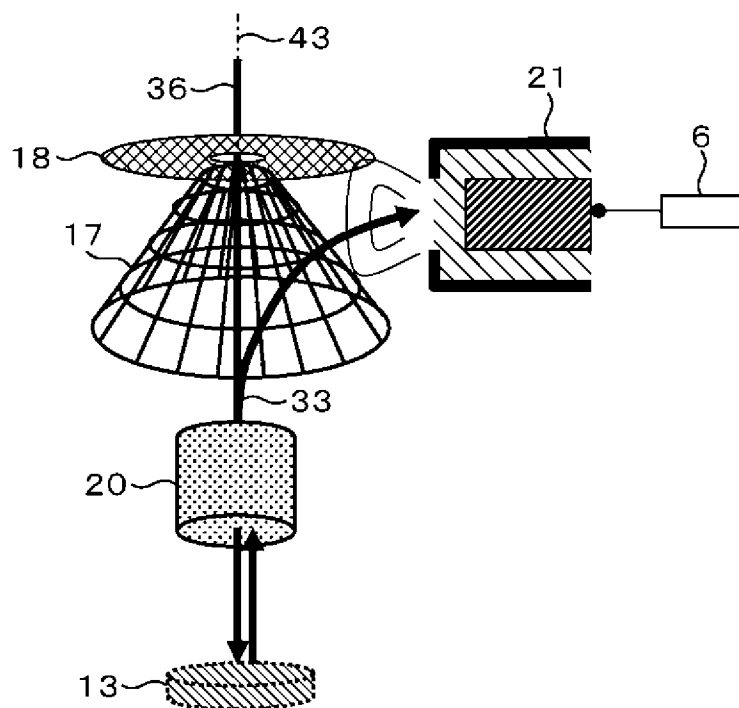
[図1]

図 1



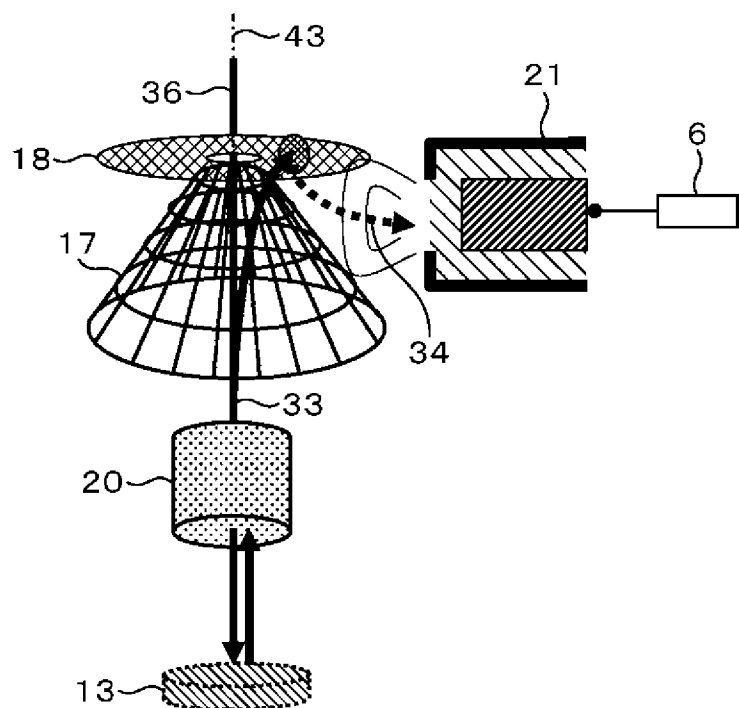
[図2]

図 2



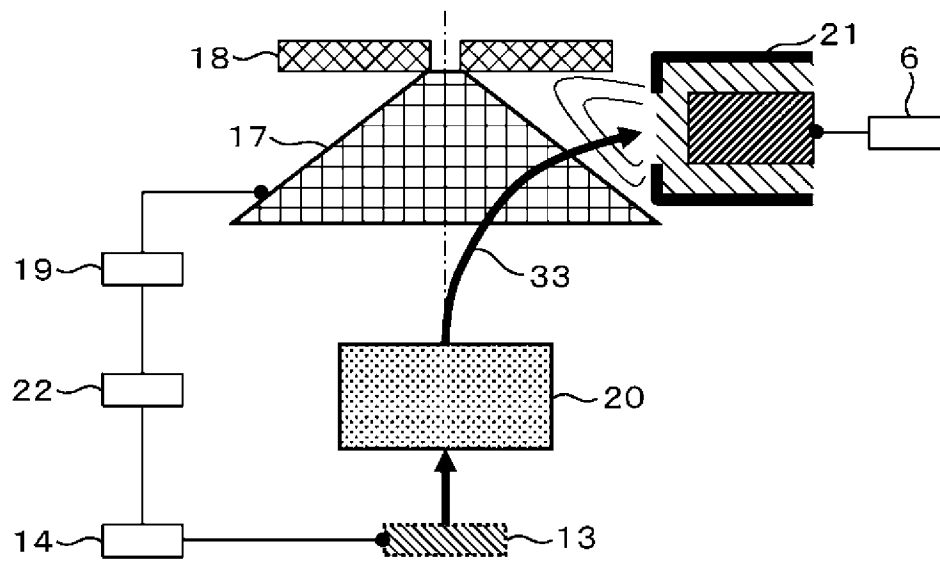
[図3]

図 3



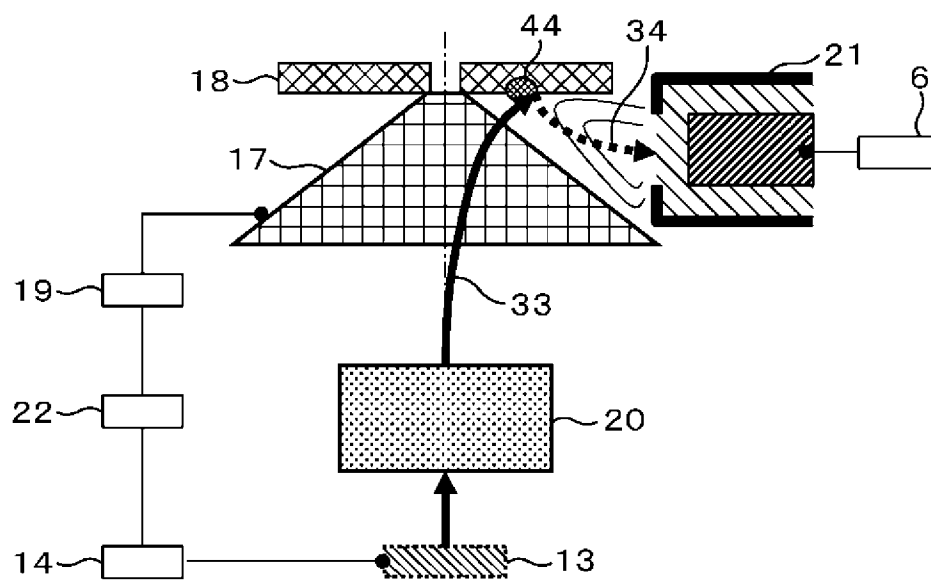
[図4]

図 4



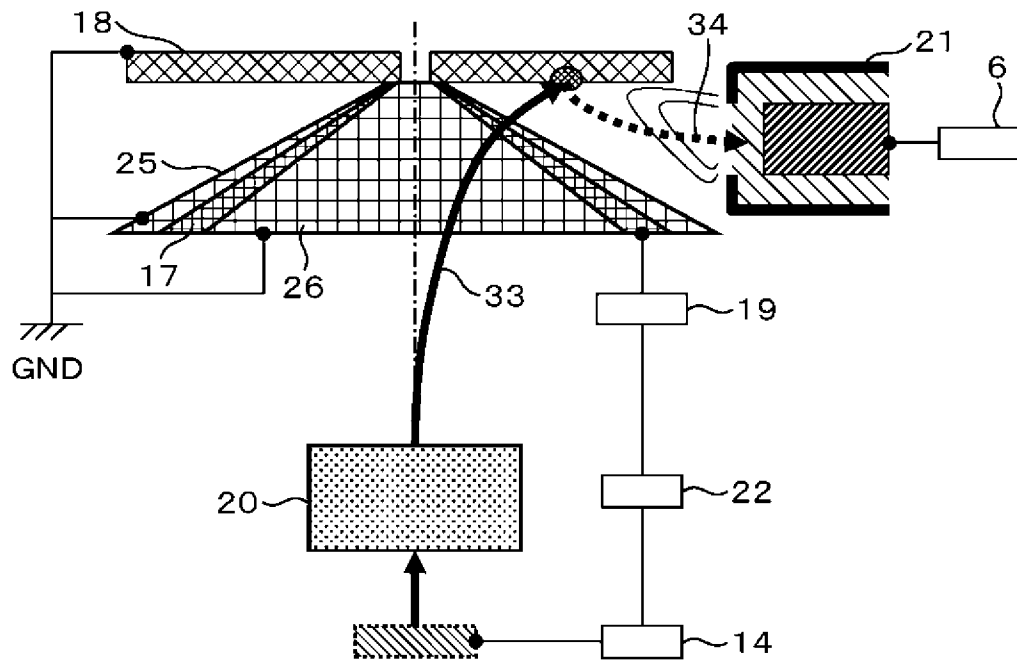
[図5]

図 5



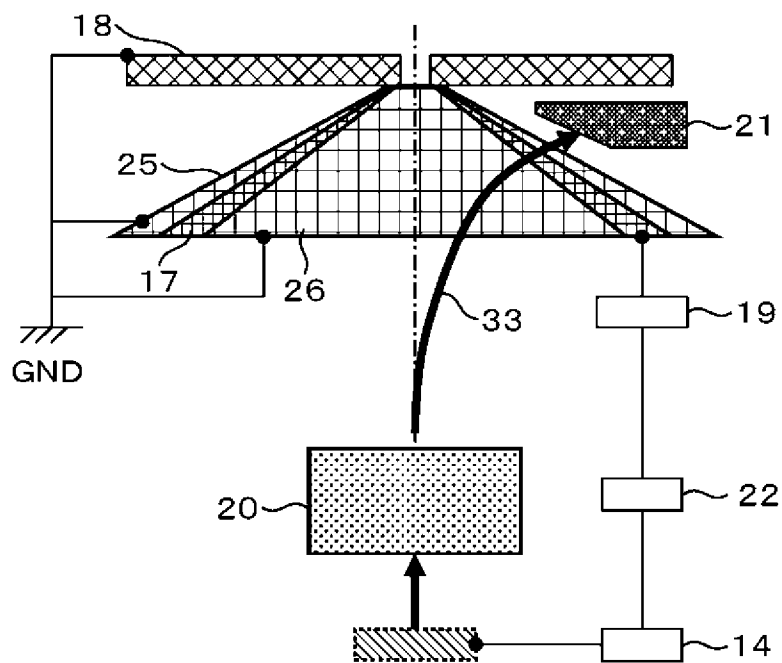
[図6]

図 6



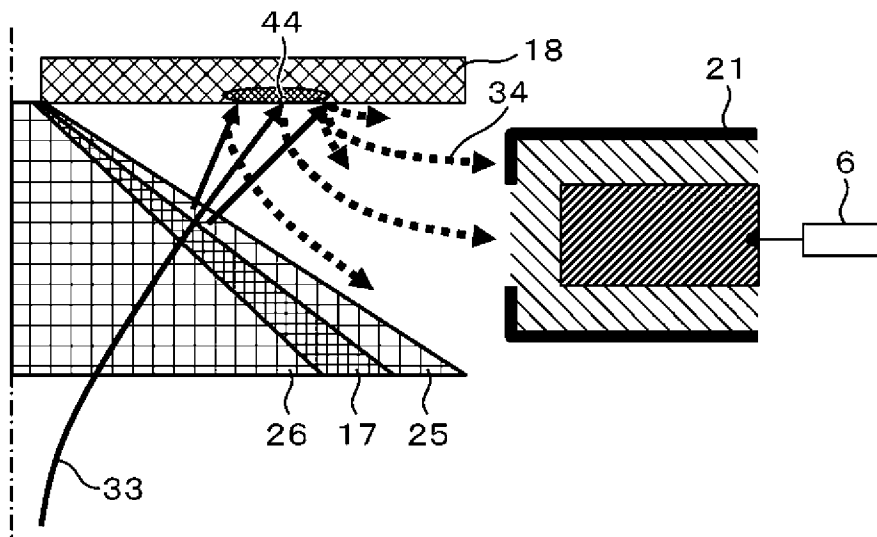
[図7]

図 7



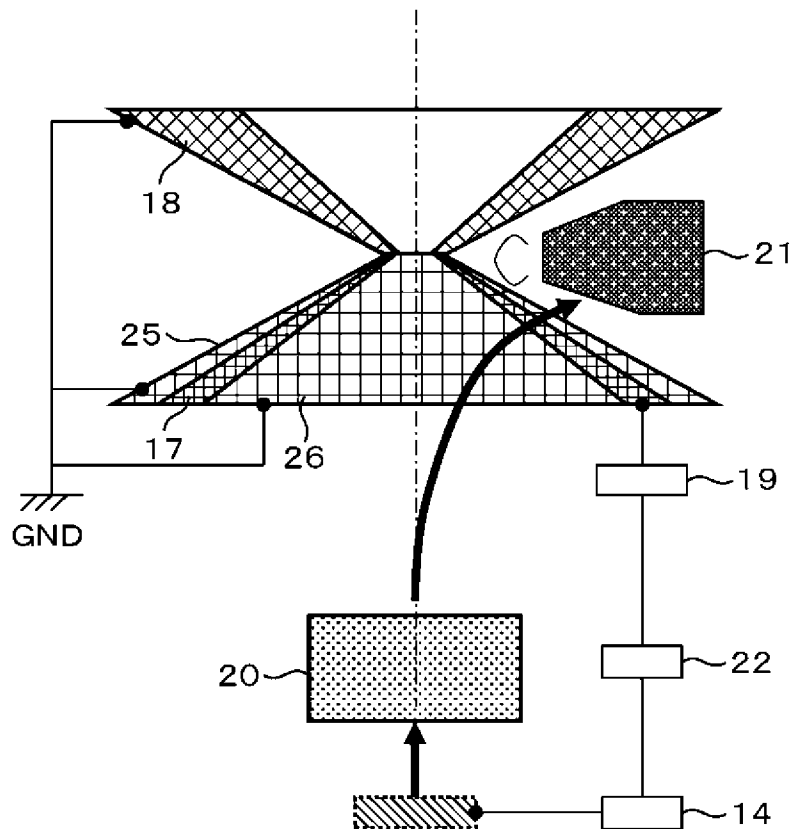
[図8]

図 8



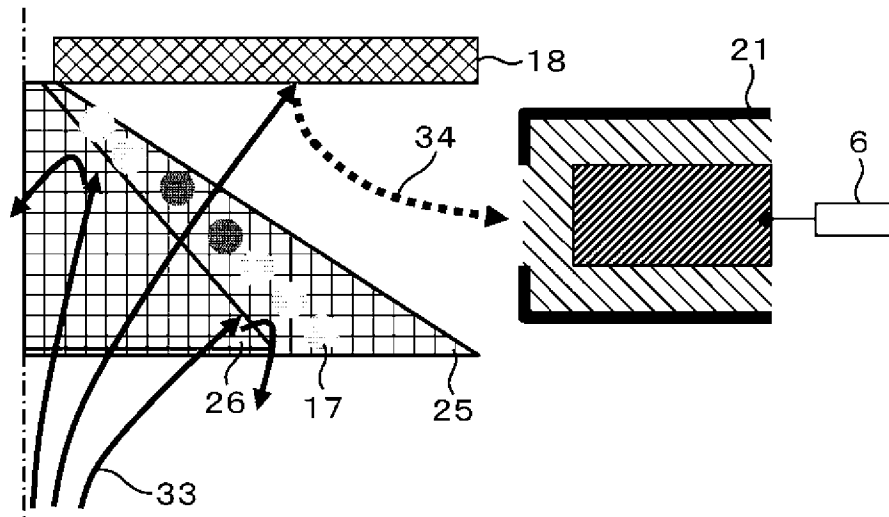
[図9]

図 9



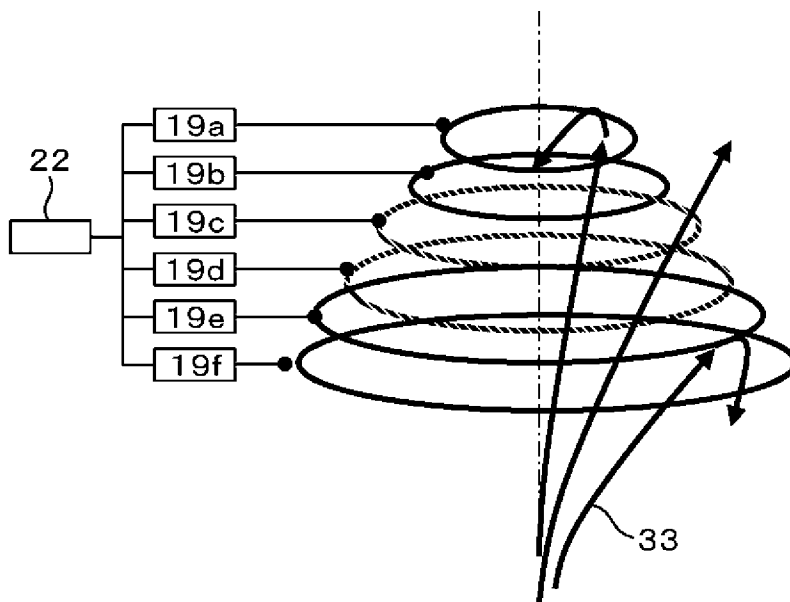
[図10]

図 10



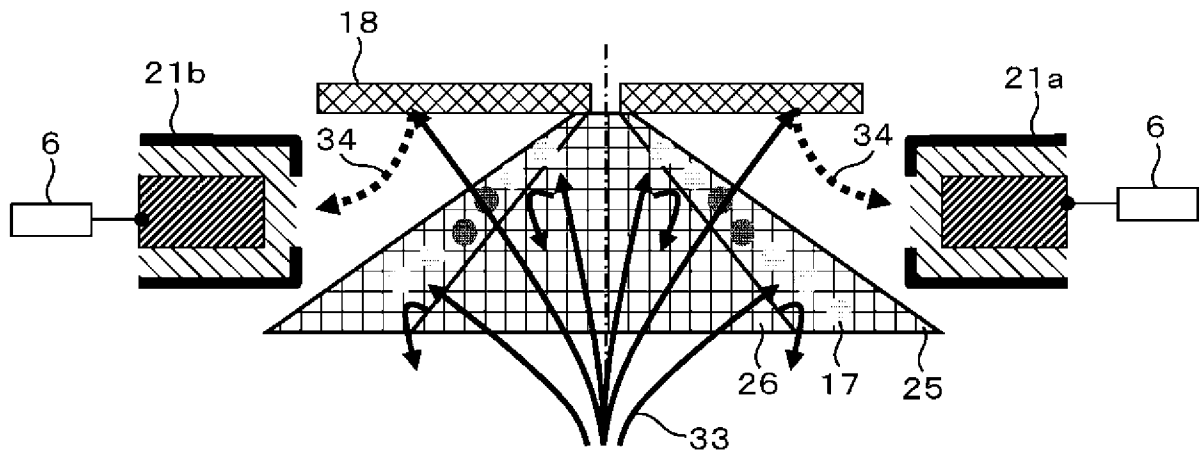
[図11]

図 11



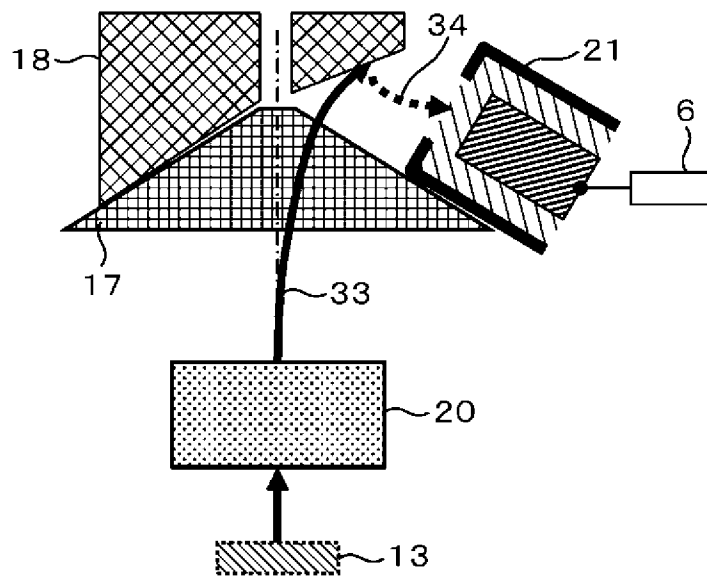
[図12]

図 12



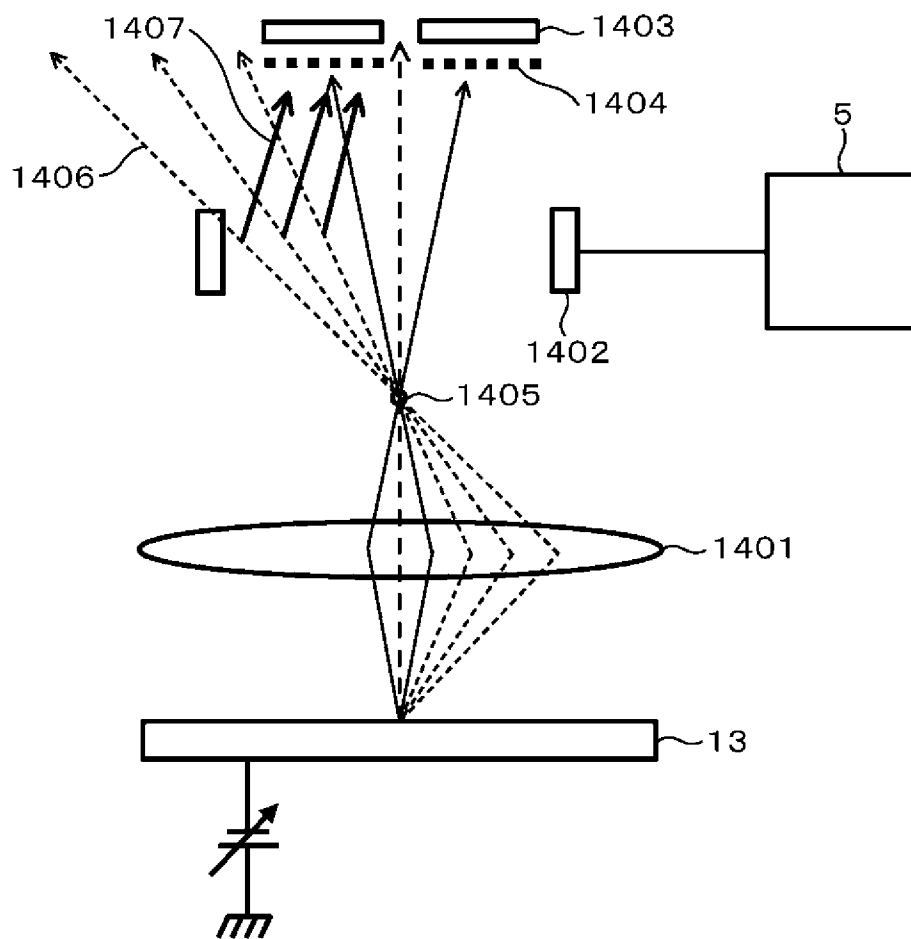
[図13]

図 13



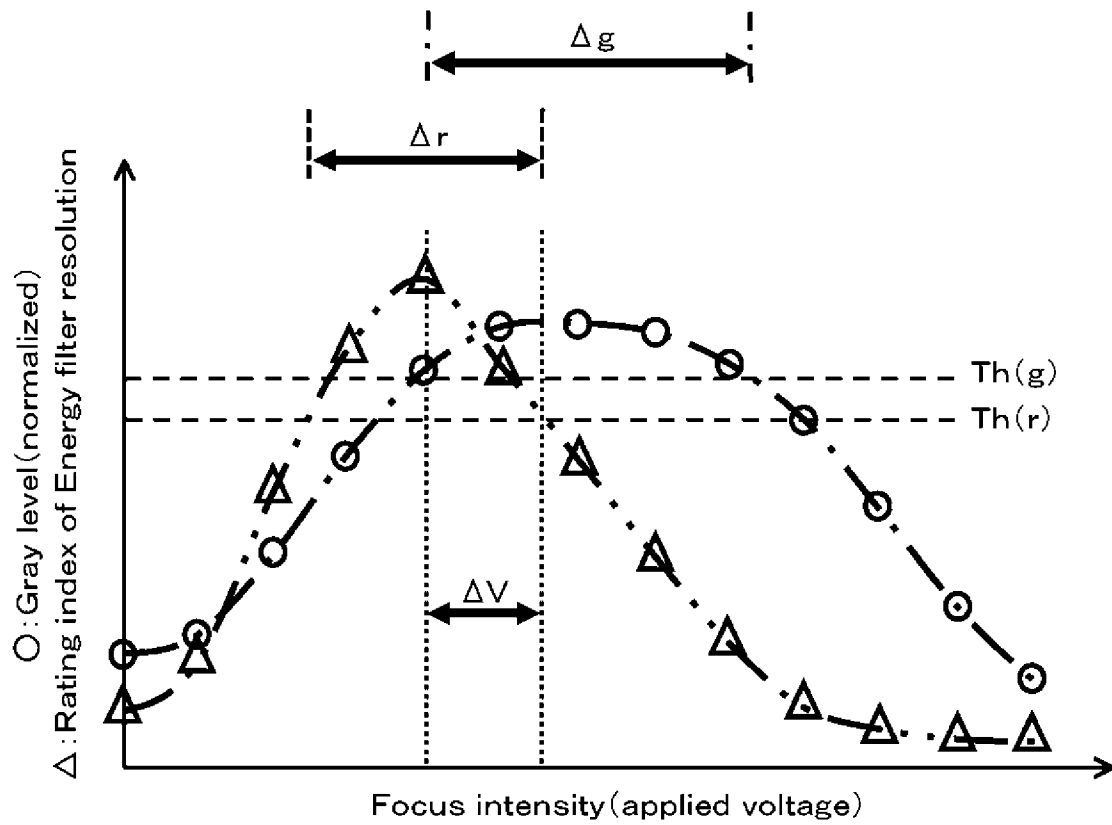
[図14]

図 14



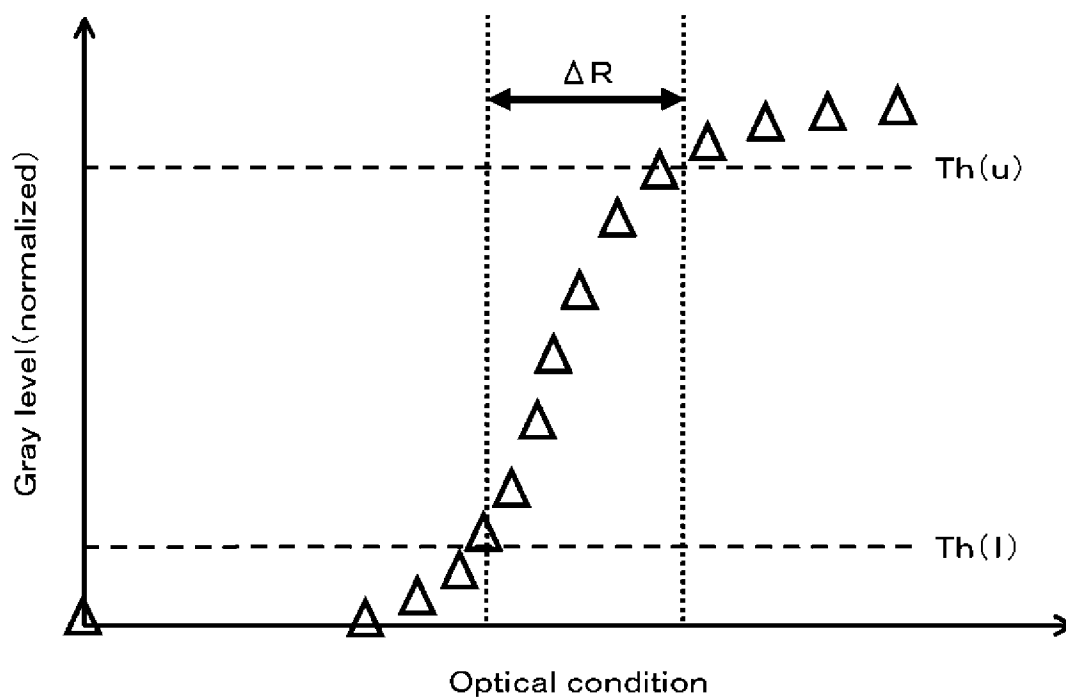
[図15]

図 15



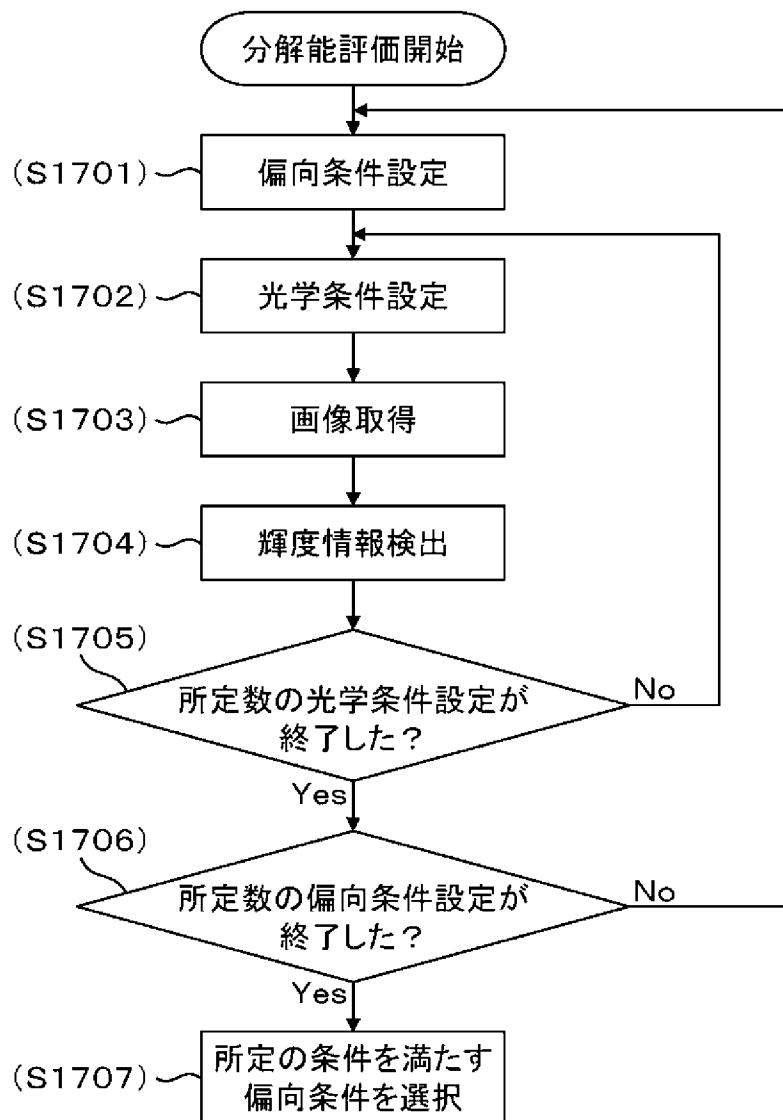
[図16]

図 16



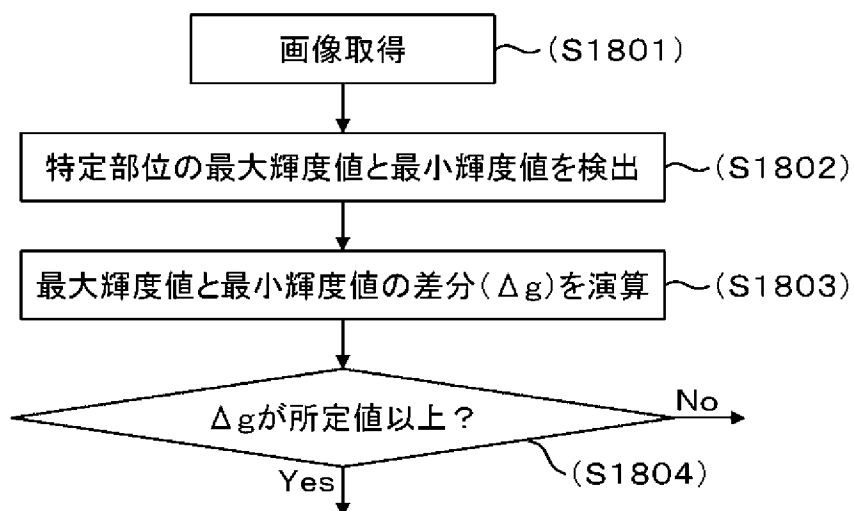
[図17]

図 17



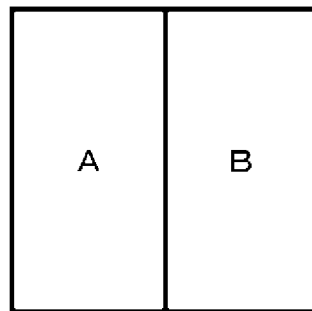
[図18]

図 18



[図19]

図 19



(a) 2種の材質からなる試料の観察領域



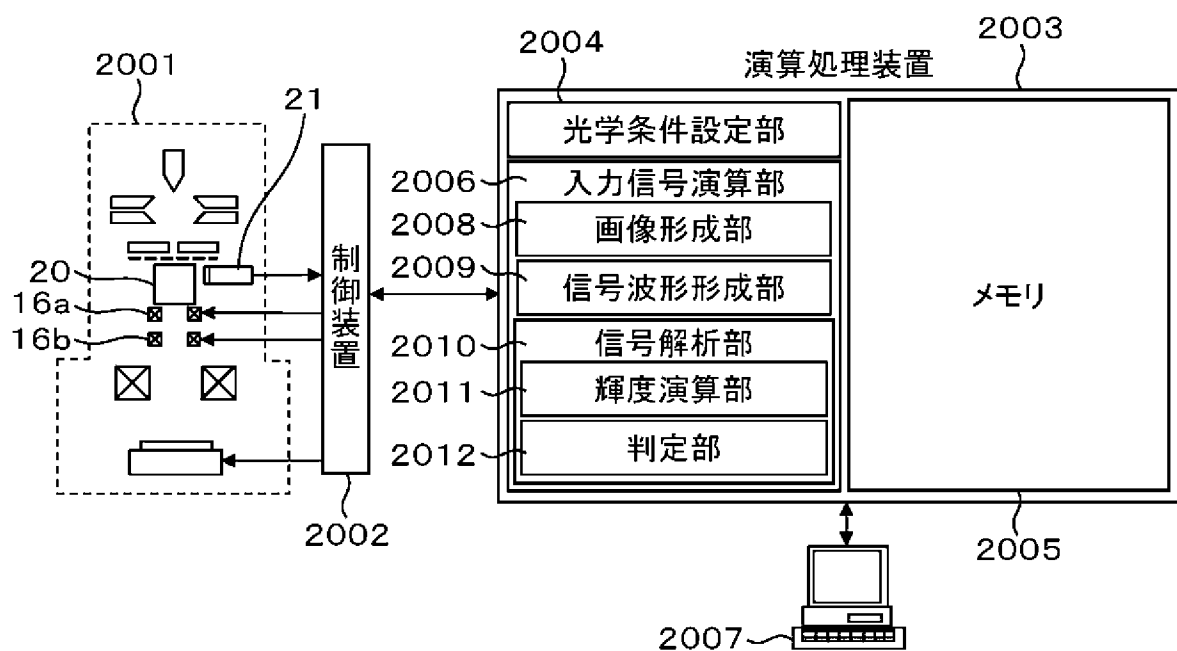
(b) エネルギーフィルタリングが適切に行われたときに得られるプロファイル波形



(c) エネルギーフィルタリングが適切に行われなかったときに得られるプロファイル波形

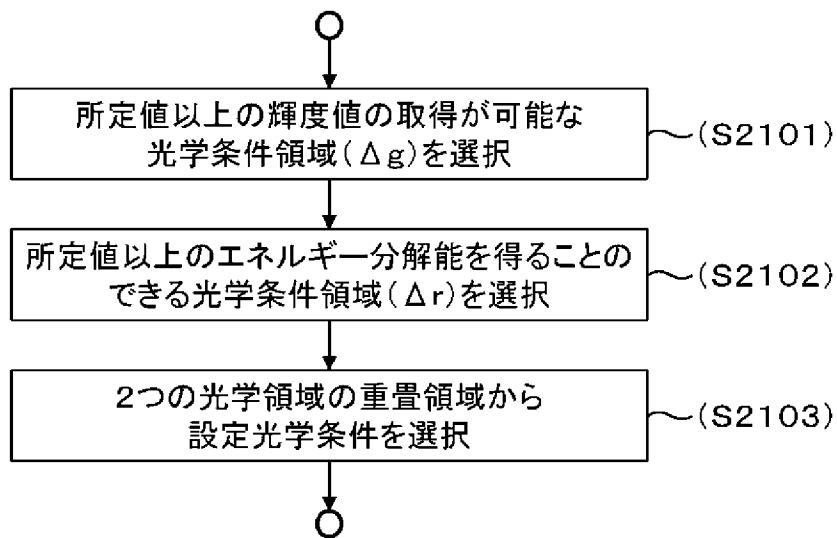
[図20]

図 20



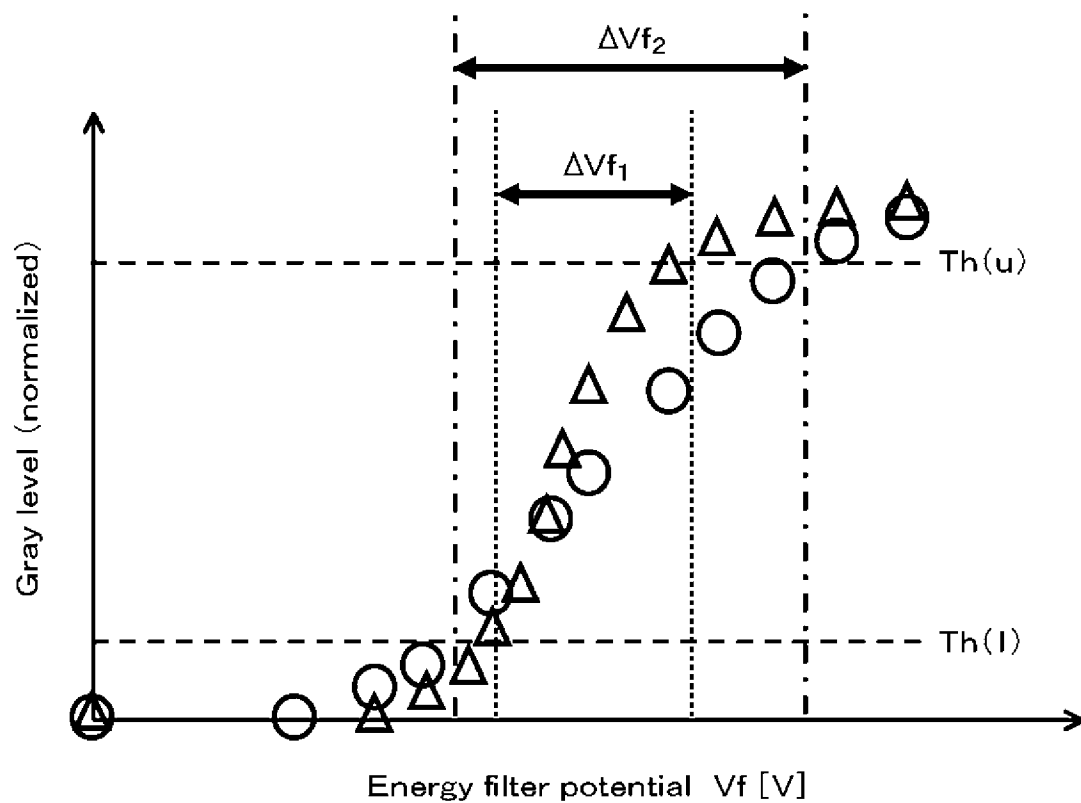
[図21]

図 21



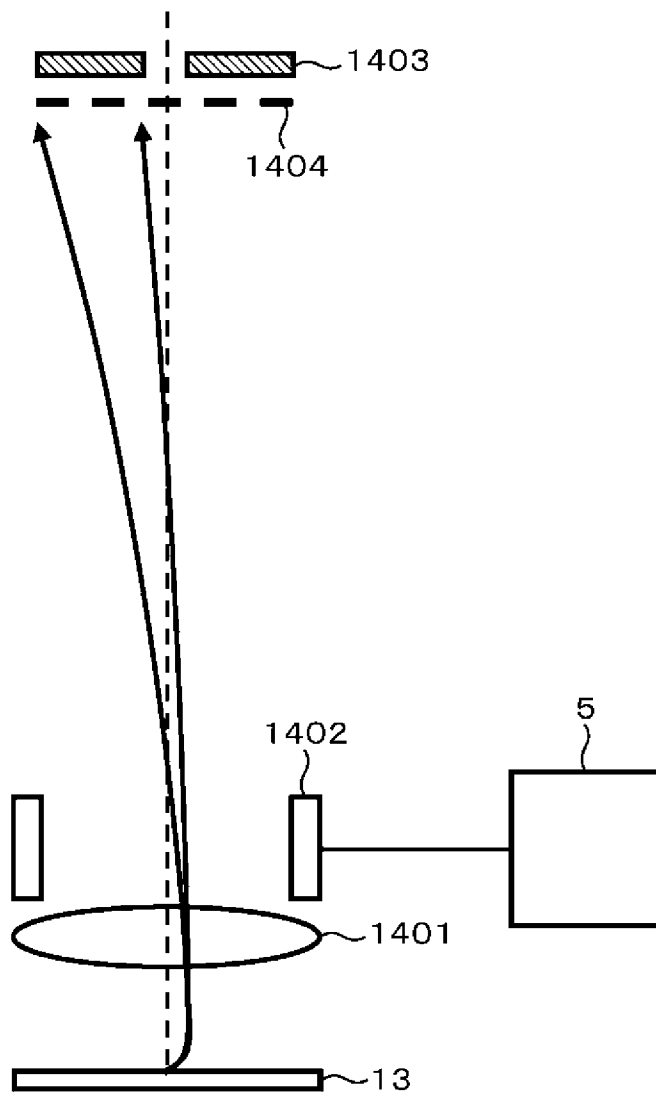
[図22]

図 22



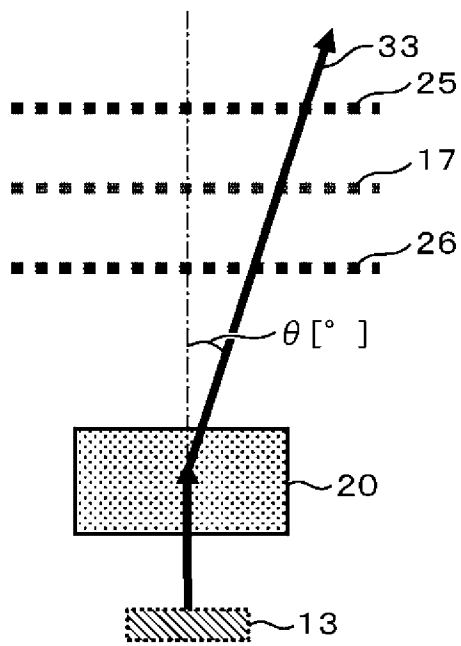
[図23]

図 23



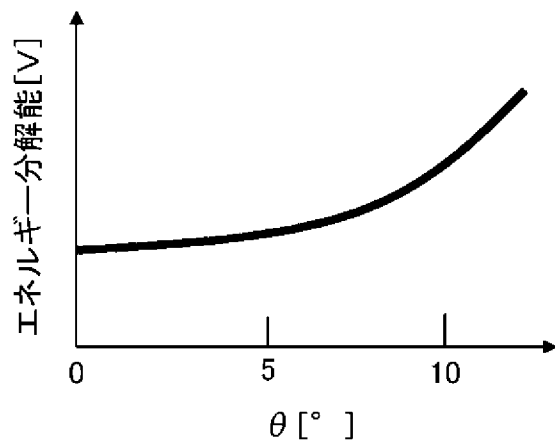
[図24]

図 24



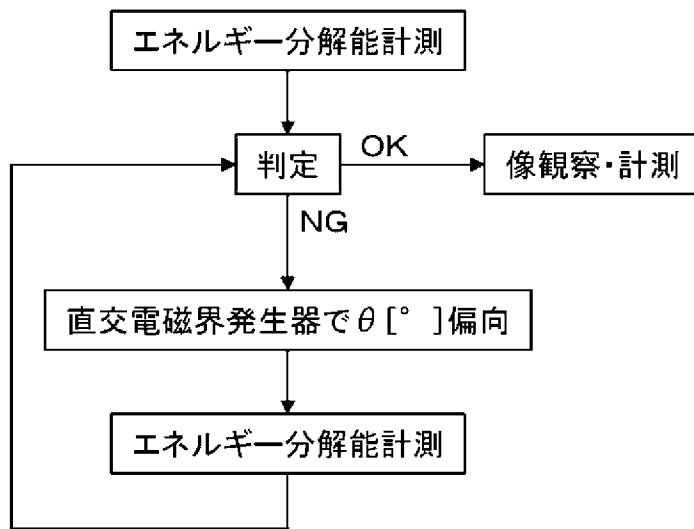
[図25]

図 25



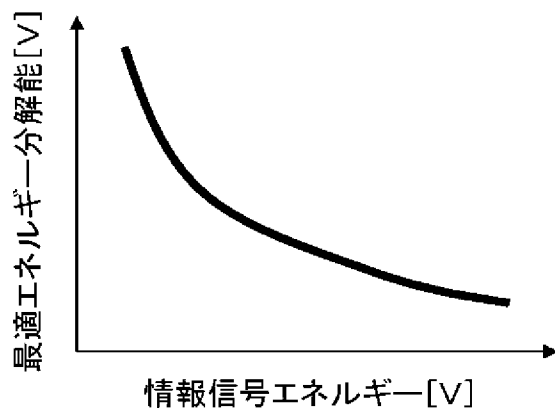
[図26]

図 26



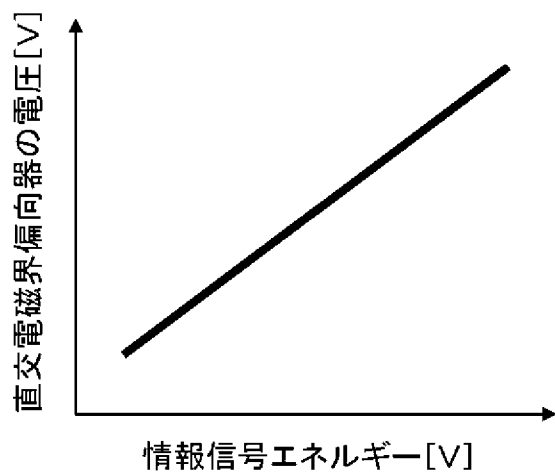
[図27]

図 27



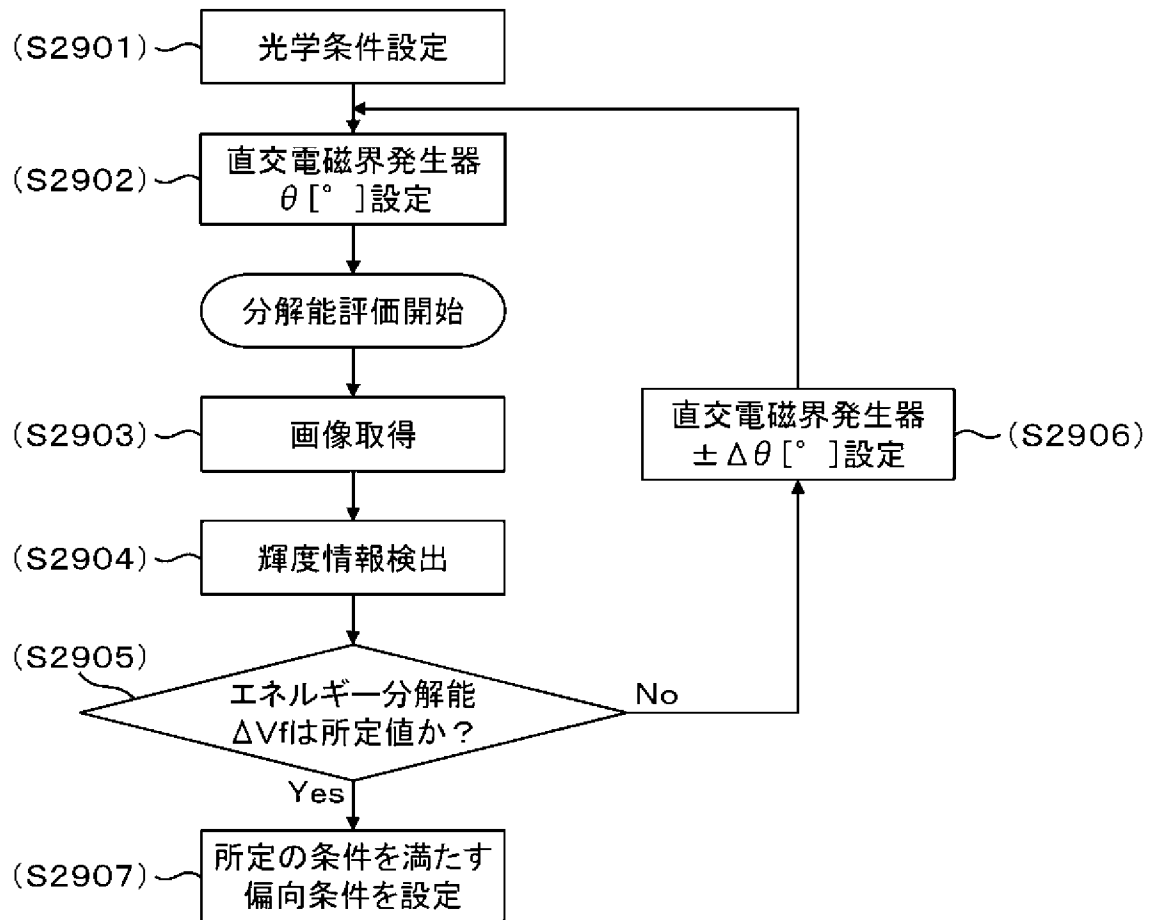
[図28]

図 28



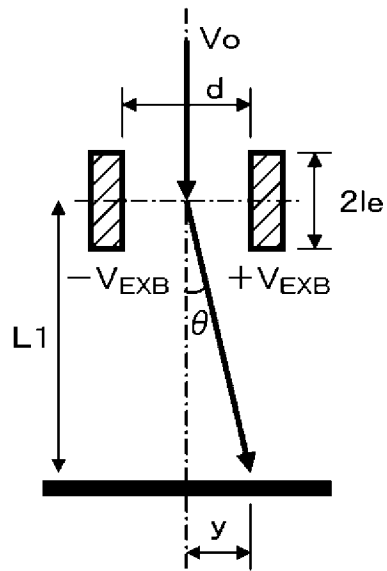
[図29]

図 29

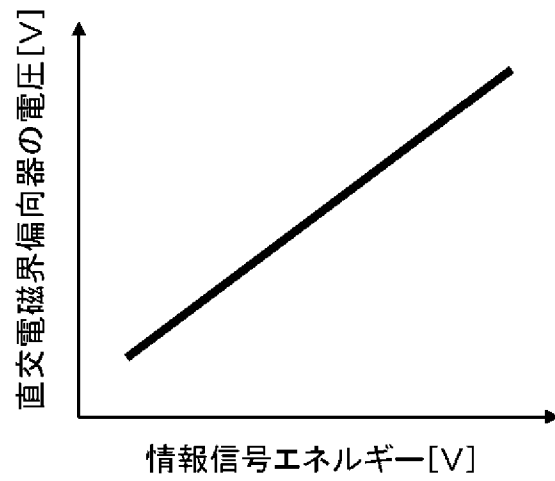


[図30]

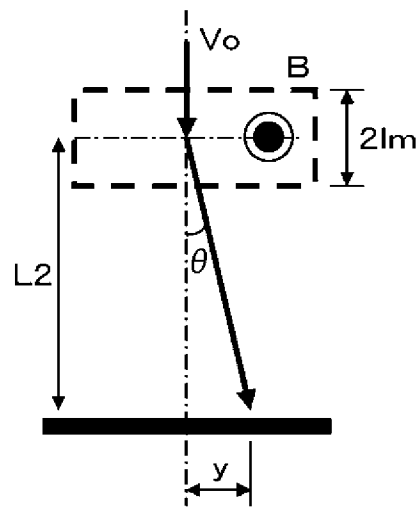
図 30



(a)



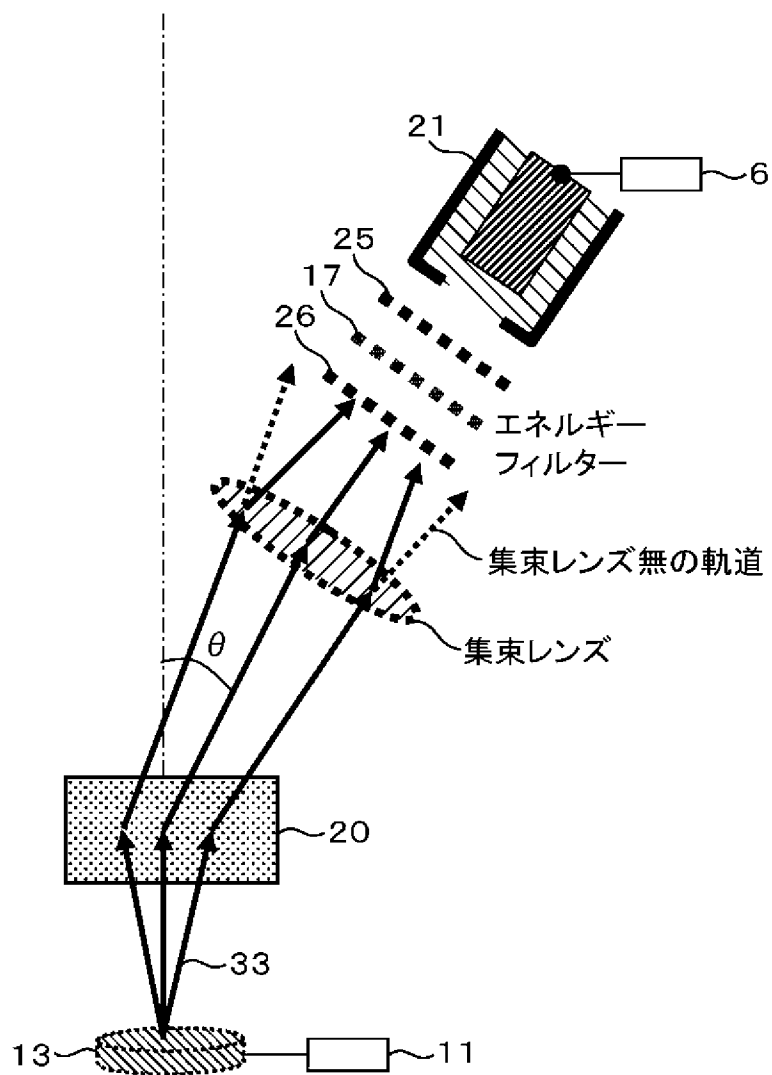
(c)



(b)

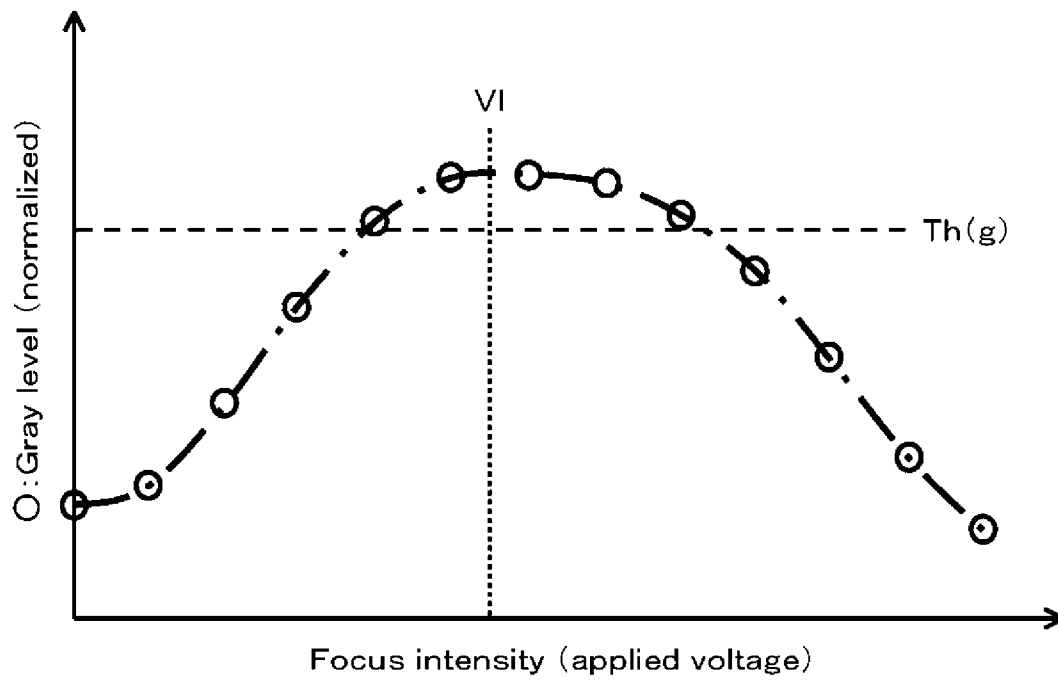
[図31]

図 31



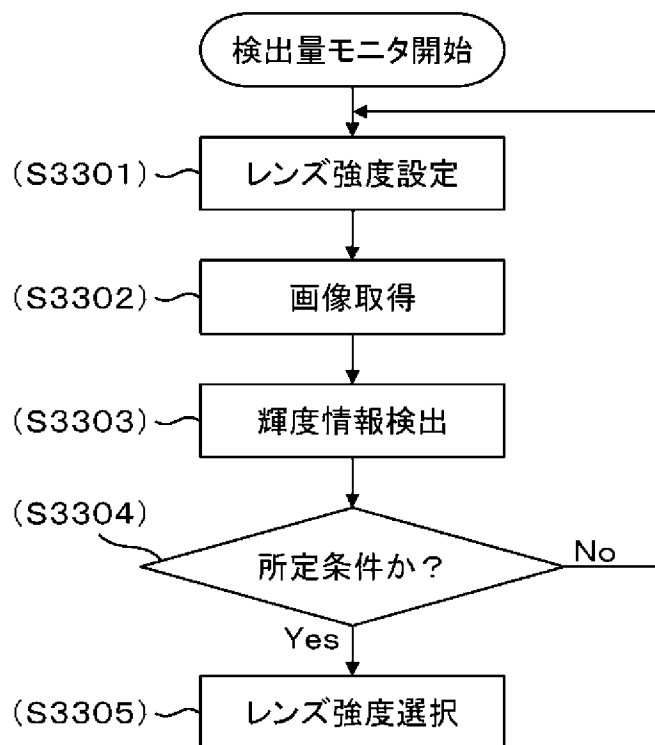
[図32]

図 32



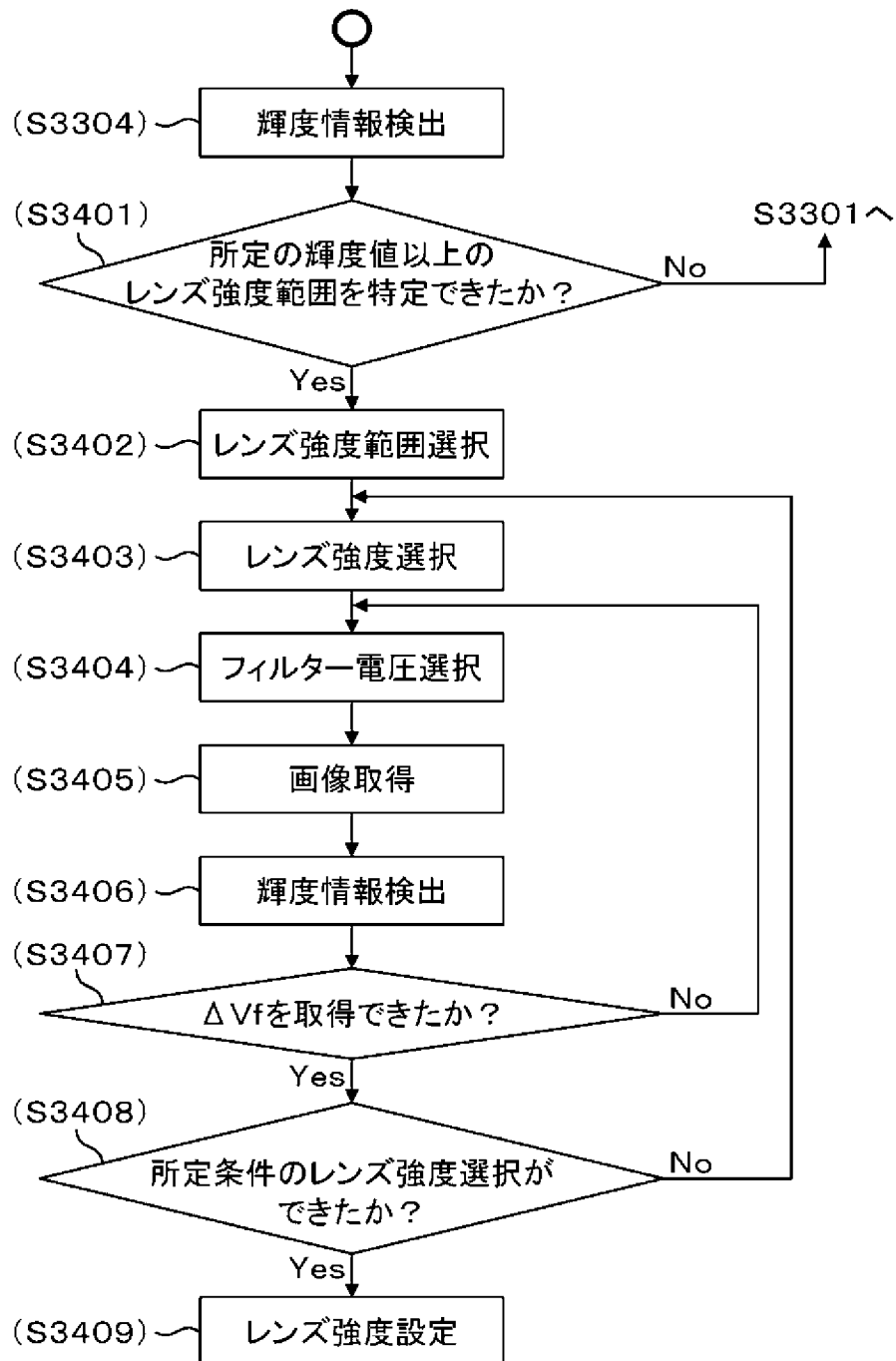
[図33]

図 33



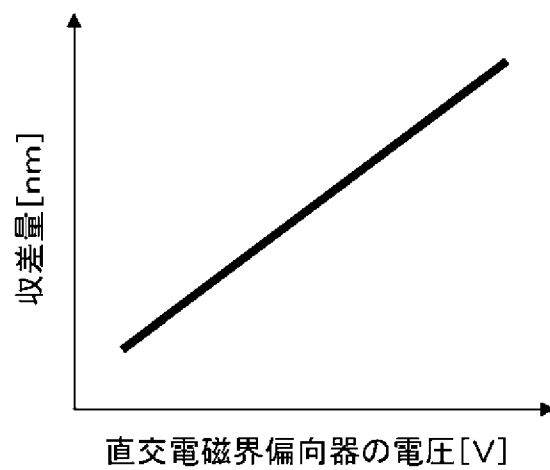
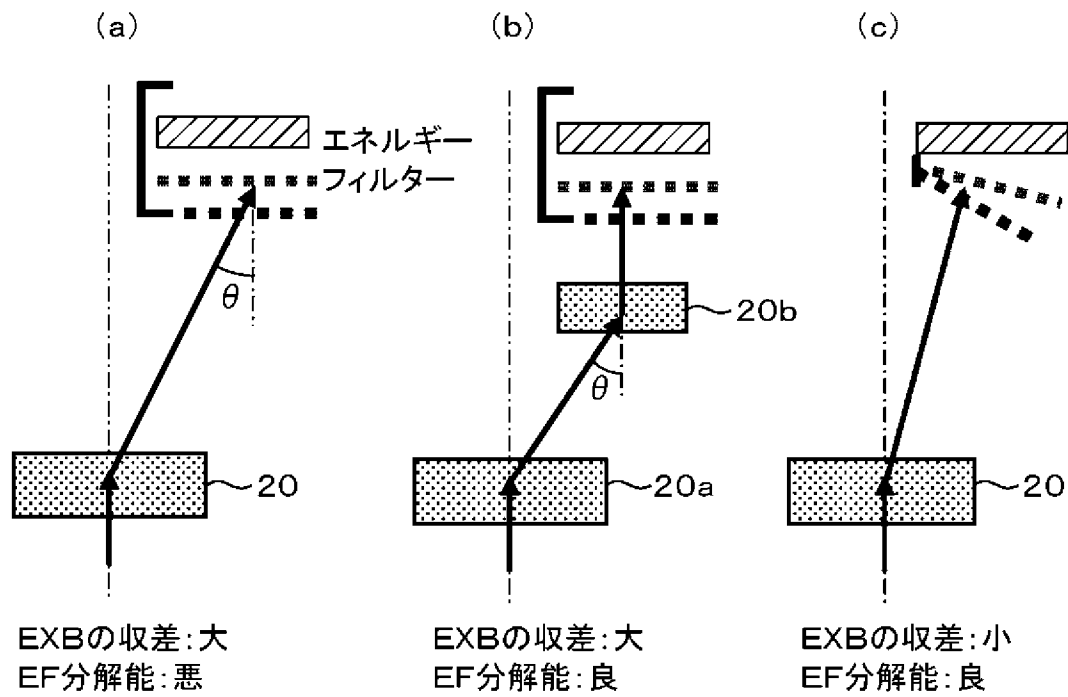
[図34]

図 34



[図35]

図 35



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002606

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/05(2006.01)i, H01J37/147(2006.01)i, H01J37/22(2006.01)i, H01J37/28(2006.01)i, H01J37/29(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)

H01J37/05, H01J37/147, H01J37/22, H01J37/28, H01J37/29

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	JP 2002-524827 A (KLA-Tencor Corp.), 06 August 2002 (06.08.2002), paragraphs [0055] to [0068]; fig. 2A & US 6066849 A & US 6570154 B1 & EP 1110233 A & WO 2000/014765 A1	1-3
A	JP 2001-357808 A (Hitachi, Ltd.), 26 December 2001 (26.12.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-3
P, A	JP 2012-3902 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 05 January 2012 (05.01.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-3

☐ 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
18 July, 2012 (18.07.12)

Date of mailing of the international search report
31 July, 2012 (31.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002606

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:
See extra sheet.

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.:
1-3

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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002606

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Document 1: JP 2002-524827 A (KLA-Tencor Corp.), 06 August 2002 (06.08.2002), paragraphs [0055] to [0068]; fig. 2A & US 6066849 A & US 6570154 B1 & EP 1110233 A & WO 2000/014765 A1

Document 1 discloses a charged particle beam device including a detector, an energy filter, and a deflection element, and it is common technical knowledge that a secondary electron is deflected in a different deflection condition each time such that the secondary electron is deflected toward the detector. Since the detector detects the secondary electron, that is, a charged particle, in the different deflection condition, the invention of claim 1 is not novel over the invention disclosed in document 1, and thus does not have a special technical feature.

As a result of judging special technical features with respect to claims 2-7 at the time of the order for payment of additional fees, it is considered that three inventions, which are linked by respective special technical features indicated below, are involved.

Meanwhile, since the inventions of claims 2 and 3 are also disclosed in the document 1 and have no special technical feature, the inventions of claims 1-3 are classified into invention 1.

(Invention 1) the inventions of claims 1-3

Claims 1-3 have no special technical feature.

(Invention 2) the inventions of claims 4-6

A charged particle beam device "comprising a control device which allows a change in voltage to be applied to the energy filter or a change in an optical condition of the charged particle beam device with respect to each deflection condition of the deflector or a convergent element".

(Invention 3) the invention of claim 7

A charged particle beam device "comprising a negative voltage application power source for applying negative voltage to the sample, and a deflection element for adjusting an incident direction of a charged particle to be released from the sample into the energy filter, and comprising a control device which detects a change in a signal amount at time of changing the negative voltage with respect to each deflection condition according to the deflection element, and selects the deflection condition in which the change satisfies a predetermined condition as a deflection condition of the deflection element".

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01J37/05(2006.01)i, H01J37/147(2006.01)i, H01J37/22(2006.01)i, H01J37/28(2006.01)i,
H01J37/29(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 (I P C))

Int.Cl. H01J37/05, H01J37/147, H01J37/22, H01J37/28, H01J37/29

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 2002-524827 A (ケーエルエーテンカー コーポレーション) 2002.08.06 【0055】 - 【0068】、図2A & US 6066849 A & US 6570154 B1 & EP 1110233 A & WO 2000/014765 A1	1 - 3
A	JP 2001-357808 A (株式会社日立製作所) 2001.12.26 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 3

☒ 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

1 8 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

3 1 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

山口 剛

2 G

9 8 0 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 2 6

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
P, A	JP 2012-3902 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2012.01.05 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 3

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（P C T 17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P C T 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ろの国際調査機関は認めた。

特別ページ参照

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ため、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ため、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。

請求項 1 - 3

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。

文献1：JP 2002-524827 A (ケーエルエーテンカー コーポレーション) 2002. 08. 06, 【0055】-【0068】、図2A & US 6066849 A & US 6570154 B1 & EP 1110233 A & WO 2000/014765 A1

文献1には検出器、エネルギーフィルタ、偏向素子を有する荷電粒子線装置が記載されており、二次電子が検出器に偏向されるよう都度異なる偏向条件にて二次電子の偏向を行うことは技術常識であり、異なる偏向条件においても検出器は二次電子即ち荷電粒子を検出するものであるから、請求項1に係る発明は、文献1に記載された発明に対して新規性が認められず、特別な技術的特徴を有しない。

そこで、請求項2-7についても手数料の追加納付命令時点での特別な技術的特徴を判断すると、以下に示す各特別な技術的特徴で関連する3の発明が含まれるものと認められる。

なお、請求項2, 3に係る発明についても文献1に記載されており特別な技術的特徴を有しないため、請求項1-3に係る発明は、発明1に区分する。

(発明1) 請求項1-3に係る発明

請求項1-3は特別な技術的特徴を有しない。

(発明2) 請求項4-6に係る発明

「前記偏向器、或いは集束素子の偏向条件ごとに、前記エネルギーフィルタに印加する電圧、或いは荷電粒子線装置の光学条件を変化させる制御装置を備えた」荷電粒子線装置。

(発明3) 請求項7に係る発明

「前記試料に負電位を印加する負電圧印加電源と、前記試料から放出される荷電粒子の前記エネルギーフィルタへの入射方向を調整する偏向素子を備え、前記偏向素子による偏向条件ごとに、前記負電圧を変化させたときの信号量の変化を検出し、当該変化が所定の条件を満たす前記偏向条件を、前記偏向素子の偏向条件として選択する制御装置を備えた」荷電粒子線装置。