

(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
2017年1月12日(12.01.2017)



(10) 国際公開番号

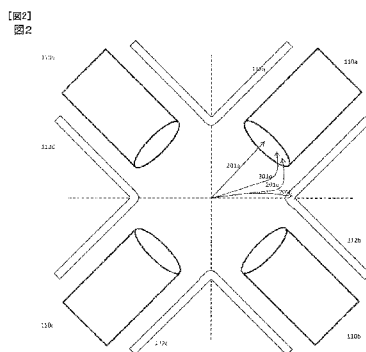
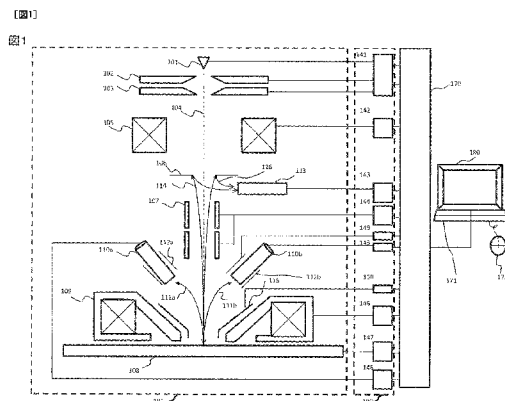
WO 2017/006408 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/244 (2006.01) H01J 37/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/069372
- (22) 国際出願日: 2015年7月6日(06.07.2015)
- (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番14号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岸本 孝則(KISHIMOTO Takanori); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 立花 一郎(TACHIBANA Ichiro); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 鈴木 直正(SUZUKI Naomasa); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロパ (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),

[続葉有]

(54) Title: CHARGED PARTICLE BEAM DEVICE

(54) 発明の名称: 荷電粒子線装置



(57) Abstract: This charged particle beam device is provided with: a plurality of detectors (110a-110d) for detecting secondary particles (111a-111b), the detectors (110a-110d) being disposed in a symmetrical manner around the optical axis of a primary charged particle beam (104) on the charged particle source (101) side of an objective lens (109); electrodes (112a-112d) for forming an electric field oriented in directions corresponding to each of the plurality of detectors, the electrodes (112a-112d) being provided on the travel routes of secondary particles from a sample (108) to the detectors; and a control power supply (149) for impressing the electrodes with a voltage. Adjusting the voltage applied to each of the electrodes makes it possible to detect, upon deflecting, the secondary particles, and to control the range of azimuth angles of the secondary particles to be detected.

(57) 要約: 本発明の荷電粒子線装置は、対物レンズ（109）より荷電粒子源（101）側であって一次荷電粒子線（104）の光軸の周りに対称に配置され二次粒子（111a-111b）を検出する複数の検出器（110a-110d）と、試料（108）から検出器までの二次粒子の通過経路の間に備えられ、前記複数の検出器の各々に対応する方向の電場を形成する電極（112a-112d）と、当該電極に電圧を印加する制御電源（149）と、を備える。そして、前記各電極に印加する電圧を調節することにより、二次粒子（201a-201d）を偏向して検出することや、検出する二次粒子の方位角の範囲を制御することができる。

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 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] 本発明は走査電子顕微鏡、荷電粒子線装置の荷電粒子検出系およびこの荷電粒子検出系を装備した荷電粒子線装置に関するものであり、特に電子ビームを走査して試料から発生する二次電子等の電子の信号で画像を形成する走査型電子顕微鏡に関するものである。詳細には、試料から発生する二次粒子を検出することで試料の凹凸を判別するような走査電子顕微鏡に関するものであり、特に、半導体などの基板上に形成されたパターンの計測や欠陥をレビューするレビューSEM技術に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスは、ウエハ上にフォトリソで形成されたパターンをリソグラフィー処理およびエッチング処理により転写する工程を繰り返すことにより製造される。このような製造プロセスにおいて、歩留まりの早期立ち上げ及び製造プロセスの安定稼働を実現するためには、インラインウエハ検査によって発見した欠陥を迅速に解析し、対策に活用することが必須である。

[0003] インラインウエハ検査では、光学式の欠陥検査装置で検出された欠陥や異物を、欠陥検査装置の後段に配置されたレビュー装置で再検出し詳細に観察することが一般的である。検査結果を迅速に不良対策に結び付けるためには、特に、多数の検出欠陥を高速にレビューし、発生原因別に分類する自動欠陥レビュー・分類技術が鍵となる。半導体パターンの製造プロセスの微細化に伴い半導体の製造歩留まりに影響を及ぼす欠陥サイズも微細化してきており、光学式のレビュー装置では高い分解能によるレビューが困難になってきている。このため、高速、高分解能でレビューが可能なSEM (Scanning Electron Microscope) 式のレビュー装置が製品化されている。この装置では、微小異物や、スクラッチ等の凹凸を検出するために、横から光を当てたときに生ずる陰影と等価なSEM像（以下、陰影

像ともいう)の取得が重要となっている。

[0004] 以下では、試料への荷電粒子線の走査により発生する二次電子 (S E) 及び反射電子 (B S E) (以下、総称して二次粒子と呼ぶ) の放出方向は、試料表面から試料の法線へ向けて 0 度から 90 度になる方向を仰角、試料の法線の周りへの回転角を方位角と定義する。

[0005] このような陰影像を取得する為の基本原理を説明する。一例として、上辺が下辺より短い台形形状の異物の場合を考える。台形形状の凹凸を断面の上側から電子ビームで走査する。電子ビームが凹凸の右側方を照射している場合、二次電子が放出される。このとき二次電子の仰角の低角成分に着目すると、左側に放出される二次電子の一部は凹凸に遮蔽される。そのため、異物上側に左右二つの検出器を配置して二次電子を検出すると、左右の検出器の二次電子検出数が異なることとなる。つまり、異物の右側方から放出される電子は左側の検出器よりも右側の検出器で多く検出される。この場合、右側の検出器で生成される S E M 像における異物の右側方の明るさは、左側の検出器で生成される S E M 像の同位置より明るくなる。異物の左側に電子ビームが照射されるときは上記説明と逆の状態になる。したがって、このようにして検出器で得られる S E M 像は、右側の検出器では異物の右側方が明るい S E M 像、左側の検出器では異物の左側方が明るい S E M 像となり、陰影が強調された像となる。

[0006] 一方で、上辺が下辺より長い台形形状の凹みの場合を考える。電子ビームが凹みの右側方を照射している場合、二次電子が放出される。このときは、右側に放出される二次電子の一部は凹みの側面に遮蔽される。その結果、凹みの右側方から放出される電子は右側の検出器よりも左側の検出器で多く検出される。この場合、右側の検出器で生成される S E M 像における凹みの右側方の明るさは、左側の検出器で生成される S E M 像の同位置より暗くなる。凹みの左側に電子ビームが照射されるときは上記説明と逆の状態になる。したがって、このようにして検出器で得られる S E M 像は、右側の検出器では凹みの右側方が暗い S E M 像、左側の検出器では凹みの左側方が暗い S E

M像となる。

- [0007] 異常のような原理を用いて取得したSEM像から異物等の形状を判別することができる。さらに浅い凹凸、微細異物等を高感度で検出するためには、異物等から放出される電子について検出方位角や検出仰角の選別を行うことで陰影コントラストの強調を行い、高品質な画像取得を行うことが重要である。特許文献1には、「二次粒子の回転の二次粒子エネルギー依存性を抑制するために、ウエハ近傍に二次粒子を加速させる電場を加える」ことにより、「二次電子の発生箇所から見た仰角の低角成分と、高角成分を選別、さらに方位角成分も選別して検出する」ことが記載されている。

先行技術文献

特許文献

- [0008] 特許文献1：特開2006-228999号公報（米国特許出願公開第2006/0186351号明細書）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] 対物レンズが磁界を利用するレンズである場合、二次粒子は対物レンズの磁場内でローレンツ力を受けることでらせん状に回転しながら通過する。ここで、二次粒子は試料上から仰角および方位角の全方位にわたって放出される。また、放出時のエネルギーは、0 eVから一次電子線の試料照射エネルギーまで広がっている。このため、放出時の放出角度、放出エネルギーによって対物レンズを通過する際の回転角が変わることになる。
- [0010] 特許文献1ではウエハ近傍の対物レンズ磁場内に10の5乗V/m以上の電場をかけることにより、対物レンズを通過する際に二次粒子を加速することでエネルギー依存性を抑制している。その結果として、方位角情報を保ったまま検出器で検出することが記されている。しかし、対物レンズを通過して広がった二次粒子を検出する場合、検出器と検出器の間に飛行した二次粒子は検出できない。特許文献1では、検出器間に飛行した二次粒子の検出器

については言及されておらず、そのままでは検出ができない。

[0011] また、対物レンズ磁場内の電場は、試料上を走査する一次電子線も加速する。そのため、対物レンズ磁場内での電場のみでは、方位角方向の情報を保つためのエネルギー依存性抑制と一次電子線の最適条件を独立に制御することはできない。

[0012] 本発明では、一次電子線の制御と独立な方法によって、対物レンズを通過して広がって二次粒子の方位角成分の軌道を制御することで、陰影像のS/N比の向上あるいは陰影コントラストの強調を行い、高品質な画像取得を行うことを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 上記課題を解決するために、本発明では、凹凸の陰影像を取得する検出器の周りあるいは検出器の間に電極を配置する。この電極に電圧を印加することにより、検出器間に飛行した二次粒子を検出器方向へ曲げて検出するまたは、検出器方向に飛行する電子を検出しなくすることにより、試料からは発生する二次粒子のうち検出器で検出できる方位角範囲を制御する。

[0014] より具体的には、一次荷電粒子線を発生する荷電粒子源と、前記一次荷電粒子線を試料上に集束する対物レンズと、前記対物レンズより前記荷電粒子源側であって前記一次荷電粒子線の光軸の周りに対称に配置され、前記試料に前記一次荷電粒子線が照射されることで得られる二次粒子を検出する複数の検出器と、前記試料から前記検出器までの前記二次粒子の通過経路の間に前記複数の検出器の各々に対応する方向の電場を形成する電極と、前記電極に電圧を印加する制御電源と、を備える。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、一次電子線の制御に依存せず、対物レンズを通過して広がって二次粒子の方位角成分の軌道を制御することができる。これによって、陰影像のS/N比の向上あるいは陰影コントラストの強調を行い、高品質な画像取得を行うことができる。この結果、陰影コントラストの強調された像を取得することが可能となり、浅い凹凸、微細異物等を高感度に検出する

ことが出来る。また、欠陥を高感度で検出し、レビュー、分類することが可能となり、欠陥の原因特定が容易にできるようになる。また陰影像のS/N比を向上させることにより、短時間で高S/Nな陰影像の取得が可能になる。これにより、時間あたりに検出できる欠陥数を増加させることができ、レビューSEMの高スループット化が可能となる。

[0016] 上に記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]実施例1の装置全体概略構成図。

[図2]実施例1による二次粒子方位角弁別原理を示す図。

[図3]実施例1によって取得される画像の一例を示す図。

[図4]実施例1で電極に印加する電圧を変更するときのユーザーインターフェースの例を示す図。

[図5]実施例2の装置全体概略構成図。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、荷電粒子線装置の一例として走査型電子顕微鏡を用いた例を説明するが、これは本発明の単なる一例であって、本発明は以下説明する実施の形態に限定されるものではない。本発明において荷電粒子線装置とは荷電粒子線を用いて試料の画像を撮像する装置を広く含むものとする。荷電粒子線装置の一例として、走査型電子顕微鏡を用いた検査装置、レビュー装置、パターン計測装置が挙げられる。また、汎用の走査型電子顕微鏡や、走査型電子顕微鏡を備えた試料加工装置や試料解析装置にも適用可能である。また、以下で荷電粒子線装置とは、上記の荷電粒子線装置がネットワークで接続されたシステムや上記の荷電粒子線装置の複合装置も含むものとする。

[0019] 本明細書において、「欠陥」とはパターンの欠陥に限らず、異物やパターン寸法異常、構造不良等、観察対象物を広く含むものとする。

[0020] 本明細書において、「欠陥画像」とは欠陥検査の対象となる画像（被検査画像）であって、真の欠陥の画像のみならず、欠陥候補の画像や擬似欠陥の

画像も含むものとする。また、「参照画像」とは欠陥抽出のために欠陥画像との比較に用いられる画像であって、正常な領域すなわち欠陥が無いと推定される領域の画像である。

[0021] 本明細書において、「二次電子（SE）」とは一次電子の照射により試料から放出される電子のうち、50 eV以下のエネルギーを持つ電子である。

[0022] 本明細書において、「反射電子（BSE）」とは一次電子の照射により試料から放出される電子のうち、50 eV以上のエネルギーを持つ電子である。

実施例 1

[0023] 図1は、本発明を適用した実施例1の装置全体の構成の概略図である。本実施例の装置は、真空容器191と電源系192と制御装置170と画像表示装置180を含んで構成される。

[0024] 真空容器191は、電子源と一次電子偏向系と二次粒子検出系からなる電子光学鏡筒と、試料108が格納される試料室から構成される。制御装置170は、入力インターフェースであるキーボード171とマウス172を備えている。入力インターフェースにはその他の入力デバイスを幅広く含むものとする。電子源は、陰極101と第一陽極102と第二陽極103から構成され、一次電子線を発生する。一次電子偏向系は、集束レンズ105と偏向器107と対物レンズ109で構成される。試料室は、試料108を載置し、試料室内で移動可能なステージを含む。二次粒子検出系は、軸対称検出器110aと軸対称検出器110bと電極112aと電極112bと検出器113から構成される。なお、図1は側面断面図であるため、電極112a、112bはそれぞれ二つの線で表されているが、実際には円筒状または円錐状またはそれらの形状の一部分をなすような形状である。円筒状または円錐状の形状により検出器の検出面を含む少なくとも一部を蓋うような構造になっている。電極112a、112bの形状はこれに限られない。電子光学鏡筒には、これ以外に他のレンズや電極や検出器を含んでもよいし、一部が上記と異なってもよく、電子光学鏡筒の構成はこれに限られない。

- [0025] 陰極 101 と第一陽極 102 の間には高電圧制御電源 141 により引出電圧が印加され、一次電子線 104 が引き出される。第一陽極 102 と第二陽極 103 の間には、高圧電源 141 により加速電圧が印加されるため、一次電子線 104 は加速されて後段の一次電子偏向系に進行する。一次電子線 104 は、集束レンズ制御電源 142 により制御される集束レンズ 105 で集束される。一次電子線 104 は、対物レンズ制御電源 146 により制御される対物レンズ 109 により試料 108 上に微小スポットとして集束される。一次電子線 104 の微小スポットは、偏向器制御電源 144 により制御される偏向器 107 により試料上に二次元的に走査される。本実施例で、一次電子線を試料上で走査するための偏向器 107 は、走査時の一次電子線の偏向中心が対物レンズのレンズ中心を通過するように、２段で構成している。偏向器 107 は、磁界型偏向器でも静電型偏向器でもどちらであっても良い。
- [0026] 加速電極 115 は、電極電源 150 により制御され、一次電子線を対物レンズ中で加速させるための正電圧が印加されている。試料 108 には、試料印加電圧制御電源 147 により負の電圧を印加することで、一次電子線は、対物レンズから出た後、所望のエネルギーに減速される。これらの電圧によって、一次電子線は、試料へのランディングエネルギーを低加速に保ちつつ、対物レンズ内を高速に通過するので、高分解能化が可能となっている。
- [0027] 試料 108 より陰極 101 側には軸対称検出器 110a と軸対称検出器 110b と検出器 113 が配置されている。これら複数の軸対称検出器は一次電子線の光軸の周りに対称に配置される。軸対称検出器 110a と 110b は、検出器 113 より試料 108 側にあつて、対物レンズより陰極 101 側に配置されている。軸対称検出器 110a と軸対称検出器 110b の周りには、円筒形状の電極 112a と電極 112b が配置されている。より具体的には電極 112a、112b は試料 108 から軸対称検出器 110 までの二次粒子の通過経路の間に電場を形成するように配置されている。電極 112a、112b には電極電圧制御電源 149 により電圧を印加することができる。

[0028] 二次粒子 111a と 111b と 114 は、一次電子線 104 の照射によって試料 108 から放出される電子である。試料 108 に印加された負電圧と加速電極 115 に印加された正電圧によって、二次粒子は陰極 101 側に加速されて対物レンズ中を通過する。二次粒子が対物レンズ中を通過するとき、一般的には対物レンズの磁場によるローレンツ力を受けて、方位角方向に回転作用を受ける。二次粒子は加速されることによって、対物レンズ中を通過するときの方位角方向の回転角が小さくなるので、方位角情報を保ったまま、二次粒子検出系で検出される。

[0029] 二次粒子 114 は、試料から放出される電子のうち、放出仰角が小さい電子、あるいはエネルギーが小さい電子である。二次粒子 114 は、試料 108 から陰極 101 側に引き上げられる際の半径方向の広がり相対的に小さくなる。その結果、二次粒子 114 は上方まで引き上げられ、偏向器 107 より陰極 101 側に配置された反射板 106 に衝突する。二次粒子 114 の衝突によって、反射板からは新たに二次電子 116 が発生する。新たに発生した二次電子 116 は、反射板 106 よりも試料 108 側に配置された検出器 113 により検出される。

[0030] なお、反射板 106 を経由して二次粒子を検出する検出器 113 の代わりに、マイクロチャンネルプレートや、半導体検出器、またはシンチレータを接地して直接二次粒子を検出する検出系であっても良い。

[0031] 二次粒子 111a と 111b は、試料から放出される電子のうち、放出仰角が大きく、エネルギーが大きい電子である。これらの二次粒子 111a と 111b は、試料 108 から陰極 101 側に引き上げられる際の半径方向の広がり相対的に大きい電子である。エネルギーが大きい電子には、特に反射電子が含まれる。二次粒子 111a と 111b は、二次粒子 114 よりも相対的に広がりが大きくなるので、反射板 106 まで引き上げられる前に、軸対称検出器 110a と軸対称検出器 110b により検出される。軸対称検出器 110a と軸対称検出器 110b は、一次電子線 104 の軸に垂直な平面状に軸対称に配置されている。

- [0032] 軸対称検出器 110a と軸対称検出器 110b では、一方向にコントラストを強調させた陰影像が得られる。これは、背景技術に記したように異物上側に左右二つの検出器を配置しているため、試料の側壁から放出される二次粒子が側壁の方向によって、左右の検出器の二次粒子検出数が異なることとなる。
- [0033] しかし、試料から放出される二次粒子は、方位角方向の全方位に広がっているため、軸対称検出器 110a と軸対称検出器 110b の間に飛行する二次粒子については検出できないものもある。電極 112a と電極 112b には電極電圧制御電源 149 により電圧を印加することによって、軸対称検出器と一対一対応した電場を形成することができる。この電場は、試料から発生する二次粒子の方位角方向に作用する電場であり、軸対称検出器の間に飛行する二次粒子を、軸対称検出器の検出面の方向に偏向する。その結果、この電場により、軸対称検出器の間に飛行した二次粒子を検出することが可能となり、軸対称検出器で得られる陰影像の S/N 比が向上することになる。これにより、画像取得時間が短時間で高 S/N な陰影像の取得が可能になる。画像取得時間の短縮によって、時間あたりに検出できる欠陥数を増加させることができ、レビュー SEM の高スループット化が可能となる。
- [0034] また、軸対称に配置されている軸対称検出器 110a と軸対称検出器 110b は、4 個配置するなど 2 個以上でもよい。2 個以上配置する場合は、電極 112a と電極 112b に相当する電極が軸対称検出器と同数個設置してもよい。同数個でない場合は、対象配置となるある方向（例えば左右方向）の検出器に設置するとしてもよい。またそのとき、電極 112a と電極 112b に相当する電極は電極電圧制御電源 149 により個々に印加する電圧を調整・制御することができる。全て同一の電圧を印加する場合には、電極 112a と電極 112b に相当する電極は一体化構造をした電極として設置しても良い。その場合、二次粒子 111a や 111b の軌道に影響を与える電極面は円筒状または円錐状またはそれらの形状の一部をなすような形状である。

[0035] 軸対称検出器 110a、110b と検出器 113 により検出された信号は、それぞれ増幅器 148、145、143 により増幅される。各増幅器にて増幅された検出信号は、一次電子線 104 の走査と同期して制御装置 170 により処理され二次元画像が生成される。生成された二次元画像は、画像表示装置 180 に試料像として表示される。

[0036] また制御装置 170 では画像に基づいて、欠陥を検出したり、検出された欠陥の種類を自動分類したりすることもできる。なお、制御装置 170 は上記した制御以外にも、装置を構成する各部分の動作または状態の制御を行うものとする。

[0037] また制御装置 170 の各機能は、ハードウェア、ソフトウェアいずれの方式でも実現可能である。ハードウェアにより構成する場合には、処理を実行する複数の演算器を配線基板上、または半導体チップもしくはパッケージ内に集積することにより実現できる。ソフトウェアにより構成する場合には、システムを構成する装置に搭載された中央演算処理装置（CPU）またはシステムに接続された汎用のコンピュータに搭載された汎用 CPU により、所望の演算処理を実行するプログラムを実行することで実現できる。このプログラムが記録された記録媒体により、既存の装置をアップグレードすることも可能である。

[0038] なお、本実施例の装置構成はこれに限られず、装置の一部が独立した別体の装置であってもよい。

[0039] 図 2 は、図 1 の軸対称検出器を 4 個配置して陰極 101 方向から見た軸対称検出器付近の断面図である。軸対称検出器 110a、110b、110c、110d は、それぞれ方位角方向に 90 度ごとに均等に配置されている。

[0040] 隣り合う軸対称検出器の間には、二次粒子の方位角方向角度弁別機能を有する同一形状の電極 112a、112b、112c、112d が 90 度ごとに配置されている。軸対称検出器 110a、110b の間には電極 112b が配置され、軸対称検出器 110b、110c の間には電極 112c が配置され、軸対称検出器 110c、110d の間には電極 112d が配置され、

軸対称検出器 110d、110aの間には電極 112a が配置されている。

[0041] 電極 112a、112b、112c、112d には、電極電圧制御電源により個々に印加する電圧を調整・制御することができる。電極電圧制御電源は各電極に対応するように設けられていてもよい。電極に電圧を印加することによって、二次粒子の方位角方向の軌道に作用し、軸対称検出器と一対一対応する電場を形成する。ここで、「軸対称検出器と一対一対応する電場」とは、例えば、電場ベクトルの方向が各軸対称検出器の検出面の主軸方向または隣り合う軸対称検出器の中間点の方向（図2の点線方向）に一致していることである。図2の例では、電場ベクトルが紙面内4方向に向くように電場が形成される。言い換えれば、「軸対称検出器と一対一対応する電場」とは、複数の軸対称検出器の各々に対応する方向の電場を意味する。電極に全て同一の電圧を印加する場合には、電極 112a、112b、112c、112d は一体化構造をした電極として設置しても良い。その場合、二次粒子の軌道に影響を与える電極面は円筒状または円錐状またはそれらの形状の一部をなすような形状である。

[0042] 図2の例では理想的には点線で区切られた各象限内から発生する二次粒子はそれぞれ同一象限内の検出器にて検出されることが望ましい。また、二次粒子線は対物レンズの磁場による方位角方向の回転作用を受けるので、一つの象限内から発生する二次粒子が、別の一つの象限内ですべて検出されることも望ましい。例えば、110aの検出器によって検出したい二次粒子線は、二次粒子線 201a と 201b と 201c である。二次粒子線は、対物レンズ中を加速して通過するため、方位角情報を保った状態である。二次粒子線 201a は検出器 110a に向かう方位角方向に放出された二次粒子である。二次粒子 201c は検出器 110a と検出器 110b の間に向かう方位角方向に放出された二次粒子である。また二次粒子 201b は二次粒子 201a と検出器 201c の中間の方位角方向に放出された二次粒子である。

[0043] 軸対称検出器を図1のように対物レンズ 109 と偏向器 107 の間に配置した場合には、相対的に放出仰角が大きく、エネルギーが大きい二次粒子を

検出することができる。図中には表記されていないが、軸対象検出器 110 a、110 b、110 c、110 d の検出面には粒子線を引き込むための +5 kV の電圧が印加されている。検出器面に印加する電圧は、検出器面でのシンチレータの発光が最適となるような条件にもとづき決定される。

[0044] 検出器面に印加された電場によって、二次粒子線 201 b は、検出器 110 a 方向に軌道が曲げられて検出される。一方で、二次粒子線 201 c は、二次粒子線 201 b よりも軸対称検出器 110 a の検出面に離れた方向に放出されるので、検出器面に印加された電場の影響を受けにくい。このため、電極 112 b がない場合には検出器 110 a で検出されずに検出器 110 a と 110 b の間に飛行する。

[0045] ここで本実施例では、電極 112 b に二次粒子を反発させる負の電圧を印加することで、二次粒子の方位角方向の軌道に作用する電場を生じさせる。この電場によって、二次粒子 201 c は、201 d の点線で示すように検出器 110 a 方向に軌道を曲げて、検出器 110 a にて検出できるようになる。その結果、二次粒子の検出できる方位角範囲を広げることができる。軸対称検出器 110 a と電極 112 b 以外の軸対称検出器と電極の間においても、二次粒子に対して方位角方向の軌道の変化と二次粒子を検出できる方位角範囲の拡大の効果を得ることができる。以上より、検出器から得られる陰影像の S/N 比が向上することになる。

[0046] 次に、電極に印加する電圧について説明する。電極に印加する電圧は、試料に印加する負電圧の絶対値と一次電子線が試料に照射されときの電圧（ランディングエネルギー）の絶対値の和以上が効果的である。例えば、試料に印加する負電圧が 1 kV で、一次電子が試料に照射されときの電圧が 1 kV のときを考える。このとき、試料から発生する二次粒子は、1 keV から 2 keV のエネルギー幅を持って、検出器や電極に飛行することになる。このとき、電極に -2 kV 以上の負電圧を印加することで、検出器間に飛行する二次粒子をすべて軸対称検出器の方向に偏向することができる。

[0047] また、軸対称検出器 110 a ~ d が半導体検出器の場合、検出面には粒子

線引き込み電圧の印加がない。このような場合でも、201bの方向に飛行する粒子線は電極112aへの電圧印加により、検出器110a方向に軌道を曲げることが可能であり、検出器110aにて検出できる。これにより、電極112a～dへの印加電圧を制御することにより、検出器110a～dにて検出する方位角の範囲を制御することも可能となる。

[0048] また、電極112a～dに、二次粒子を引き込む電圧（正電圧）を印加した場合を考える。このとき、軸対称検出器110a～d方向へ飛行する二次粒子の一部は、電極112a～d方向へ軌道を曲げられることによって、軸対称検出器110a～dで検出できなくなる。その結果、検出できる二次粒子の方位角範囲は狭くなり、特定の一方方向に陰影のコントラストが強調された陰影像を得ることができる。検出器で検出される二次粒子の方位角成分を制限することによって、方位角成分を制限しない場合には判別の困難な、浅い凹凸、微細異物等を高感度に検出することが出来る。

[0049] 図3は、軸対称検出器により生成される陰影像について、試料から放出される二次粒子の方位角範囲を制御した時に取得される陰影像とその試料形状の一例を示す図である。

[0050] 図3（a）は軸対称検出器で検出する二次粒子の方位角範囲が広い場合、図3（b）は方位角範囲が狭い場合の画像の一例である。図3（c）はこれらの画像に映し出されている試料形状の上面図と断面図である。上面図は、異なる正方形が二つ重なりあっているパターンであり、それぞれの正方形の中心は一致している。上面図の中心を横方向に切断したときの断面図は、上辺が下辺よりも短い台形形状である。図には表していないが、上面図の中心を縦方向に切断したときの断面図も、上辺が下辺よりも短い台形形状である。

[0051] 図3（a）および図3（b）は、図3（c）で表される試料形状を一次電子線で二次元的に走査した際に発生する二次粒子のうち、右方向へ放出された二次粒子を検出できる軸対称検出器によって生成した陰影像である。一次電子線が試料の左側方を照射することによって生成される二次粒子は、二次

粒子の仰角成分に着目すると、右側に放出される二次粒子の一部は左側面の凹凸に遮蔽される。そのため、軸対称検出器での信号量が少なくなるので、陰影像では左側面は暗く表示される。一方で、一次電子線が右側方を照射するときに生成される二次粒子のうち右側に放出されるものについては、遮蔽されることなく軸対称検出器で検出されるため、相対的な信号量は多くなる。その結果、陰影像では右側方が明るく表示される。また、一次電子線が上側面あるいは下側面を照射しているときに生成される二次粒子のうち右側に放出されるもの一部は壁面で遮蔽されるため、画像では、左側面と右側面の中間の明るさとして表示される。

[0052] 二次粒子の検出方位角範囲が広い図3 (a) のときは、上方および下方に放出された二次粒子の一部も検出できていることから、図3 (b) の画像に比較して上方および下方の斜面が明るくなっている。その結果、図3 (a) の画像は検出方位角範囲が広いことにより検出できる二次粒子が増えることとなり、図3 (b) に比較して陰影像のS/Nが高い画像となる。

[0053] 一方、図3 (b) の画像は検出方位角範囲が狭いため、上方および下方に放出された二次粒子が検出器で検出される割合が少なくなるので、上方および下方の斜面の明るさは、図3 (a) と比べて暗くなる。その結果、図3 (b) の画像は、右側面のみのコントラストが強調された陰影像となり、図3 (a) の画像よりも異物等の凹凸情報を正確に得ることができる。これにより、浅い凹凸、微細異物等を高感度に検出することが出来る。

[0054] 図4の(a)と(b)は、実施例2において、電極112a、112b、112c、112dに印加する電圧を調整または設定するときの画像表示装置180の表示画面の一例である。表示画面は、少なくとも試料像表示部401a、401b、401c、401dと印加電圧調整部403を有する。試料像表示部401a、401b、401c、401dには各検出器からの信号により構成された試料像がリアルタイムに表示されている。さらに各試料像は、それぞれの像を生成するために用いた信号を検出した各検出器に対応づけて表示されている。また、以下で説明する画像表示装置180の表示

画面例は、図2のように4つの軸対称検出器が接地されている例で説明するが、検出器の個数や配置はこれに限られずその他の実施例における方位角制御に使用する電極への印加電圧を制御する際に使用できる。

[0055] 図4(a)は、方位角制御に使用する電極112a～dに電圧を印加しない状態の画像表示装置180の表示画面例である。4つの軸対称検出器110a～dから出力される陰影像が、画像表示装置180の画面上の上下左右の陰影像出力位置401a、401b、401c、401dに表示されている。上側に放出される二次粒子を検出する軸対称検出器から生成される陰影像は、画面内の上側に位置する陰影像出力位置401aに表示される。同様に、左側に放出される二次粒子を検出する軸対称検出器から生成される陰影像は、画面内の左側に位置する陰影像出力位置401bに表示される。下側に放出される二次粒子を検出する軸対称検出器から生成される陰影像は、画面内の下側に位置する陰影像出力位置401cに表示される。右側に放出される二次粒子を検出する軸対称検出器から生成される陰影像は、画面内の右側に位置する陰影像出力位置401dに表示される。

[0056] 画像表示装置180の画面上には、陰影像出力位置の他に、印加電圧調整部403も表示されている。印加電圧調整部403は、電極112a、112b、112c、112dに印加する電圧を調整するものであって、マウス172等の入力インターフェースを使用したユーザーの指示入力にしたがって、電圧の大きさが設定される。印加電圧調整部403は例えばスライダーバーである。

[0057] 図4(a)では、印加電圧調整部403が中間位置にある。このとき、方位角制御電極には電圧が印加されず、印加電圧は0Vの状態となる。印加電圧調整部403を中間位置よりも右側に移動させると、方位角制御電極には、二次粒子を引き込む正電圧（最大+MAX[V]まで）が印加される。一方で、印加電圧調整部403を中間位置よりも左側に移動させると、方位角制御電極には、二次粒子を反発させる負電圧（最大-MAX[V]まで）が印加される。

[0058] 図4（b）は、印加電圧調整部403を調整して、方位角制御電圧に+V_a [V] 印加したときの画像表示装置180の画面例である。電極に正電圧を印加することで、軸対称検出器で検出される二次粒子の方位角方向を制限して、図4（a）よりも、陰影像出力位置401a、401b、401c、401dに表示される陰影像が、一方向にコントラストが強調された画像となる。装置ユーザーはこのようにして、画面上の印加電圧調整部403を動かして、電極に印加される電圧と対応して得られる陰影像をリアルタイムに確認しながら、欠陥の視認性が最も良くなる電極電圧条件を決定することができる。

[0059] また、電極に電圧を印加する際の画面例として、あらかじめ固定の電圧のみを印加できるようにしたものも考えられる。この場合、画面に「電極電圧OFF」、「陰影コントラスト強調化」、「陰影像S/N向上化」などの陰影像の見え方を変化させる機能を意味するボタンを配置することで、電極印加電圧とそのときに得られる陰影像を変更することができる。また、電極に正電圧を印加して高S/Nの画像を取得するためのモードと、電極に負電圧を印加してコントラストを強調するモードとを予め設けておき、ユーザが画面上に表示されるスイッチなどのモード選択部によって必要なモードを選択するようにしてもよい。電極に印加電圧は、正電圧・負電圧だけでなく0Vも含んでもよい。

実施例 2

[0060] 図5（a）は、本発明を適用した第2の実施例の装置構成の概略図である。第2の実施例では、図1の、軸対称検出器110aおよび110b、また電極112aおよび112bの代わりに、試料508および対物レンズ509より陰極501側に4分割された環状検出器510を配置した。例えば環状検出器510は、マイクロチャンネルプレートや半導体検出器やシンチレータを用いた検出器である。環状検出器の分割数はこの限りではない。また二次粒子の方位角を弁別するための電極512を環状検出器512と対物レンズ509の間に配置した。また図5では、図1の加速電極115に相当す

る電極は配置されていないが、図1と同様に配置しても良い。その他の構成は実施例1と同じであるため、実施例1と同様の部分については説明を省略する。

[0061] 二次粒子の方位角を弁別するための電極512は図5(b)に示すように、円筒の形状の部品512aと、その周りに板状の電極512b～eが円筒部品512aの円周方向に軸対称に90度ごとに4分割されて配置されている。円筒部品512aは一次電子線に影響を与えないように、一次電子線の加速電圧である第二陽極503と同電位にある。板状電極512b～eは円筒部品512aと絶縁することで円筒部とは異なる電位に制御される。つまり、4つの電極電圧制御電源により個々に印加する電圧を調整し制御することができる。ただし、板状電極512b～eに印加する電圧を全て同一にする場合には、電極電圧制御電源は1つであっても良い。

[0062] 板状電極512b～eに電圧を印加することによって、一次電子線504の照射によって試料から発生する二次粒子511の方位角方向の運動に作用する電場を形成する。本実施例では、二次粒子を加速する加速電極115を設置していないため、試料から発生する二次粒子は陰極501側に引き上げられるほど、対物レンズ内の回転作用によって方位角方向の情報が失われる。そのため、電極512は試料508に近く設置するほど、方位角情報を保ったまま環状検出器510により検出することができる。二次粒子511の方位角方向の情報が失われる前に、方位角方向の運動エネルギーを制御できるからである。環状検出器510で検出された信号からは、図3および図4で説明した陰影像、すなわち二次粒子の方位角方向と環状検出器510の分割された方位角方向に対応した陰影像を得ることができる。

[0063] 板状電極512b～eによる二次粒子の方位角方向運動の制御について説明する。例として、試料から発生する二次粒子のうち右側に放出された二次粒子の検出について考える。このとき、二次粒子の放出方位角を保持したまま試料の情報を得るためには、右側に放出された二次粒子は環状検出器510の分割部の1つ（分割部Aとする）で検出する必要がある。しかし二次粒

子の一部は、二次粒子のエネルギーと放出仰角の違いで生じる対物レンズ内での回転角の違いによって、分割部Aに隣接する分割部でも検出される。板状電極512b～eに負電圧を印加することによって、隣接する分割部に飛行する二次粒子の方位角方向を制御する。その結果、特定の方位角方向に放出した二次粒子をすべて、環状検出器510の分割部の1つで検出できるようになる。これにより、陰影コントラスト強調化を行うことができる。

[0064] また、板状電極512b～eに負電圧を印加する場合では、環状検出器512の分割部の間に飛行する二次粒子を板状電極に集めて検出できなくすることができる。これによって、環状検出器で検出される二次粒子の方位角成分を制限することができ、実施例1および2で説明した効果と同等の効果を得ることができる。

符号の説明

[0065] 101…陰極、102…第一陽極、103…第二陽極、104…一次電子線、105…集束レンズ、106…絞り板、107…偏向器、108…試料、109…対物レンズ、110a、110b、110c、110d…軸対称検出器、111a、111b…二次粒子線、112a、112b、112c、112d…電極、113…検出器、114…二次粒子線、115…加速電極、141…高電圧制御電源、142…集束レンズ制御電源、143…増幅器、144…偏向器制御電源、145…増幅器、146…対物レンズ制御電源、147…試料印加電圧制御電源、148…増幅器、149…電極制御電源、170…制御装置、180…画像表示装置、191…真空容器、192…電源系

201a、201b、201c、201d…二次粒子線

401a、401b、401c、401d…陰影像出力位置、403…印加電圧調整部、510…環状検出器、512…方位角弁別電極

請求の範囲

- [請求項1] 一次荷電粒子線を発生する荷電粒子源と、
前記一次荷電粒子線を試料上に集束する対物レンズと、
前記対物レンズより前記荷電粒子源側であって前記一次荷電粒子線の光軸の周りに対称に配置され、前記試料に前記一次荷電粒子線が照射されることで得られる二次粒子を検出する複数の検出器と、
前記試料から前記検出器までの前記二次粒子の通過経路の間に前記複数の検出器の各々に対応する方向の電場を形成する電極と、
前記電極に電圧を印加する制御電源と、を備える荷電粒子線装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の荷電粒子線装置において、
前記電極は、前記複数の検出器のうち隣り合う検出器の間に配置される荷電粒子線装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の荷電粒子線装置において、
前記電極は、前記複数の検出器の各々の少なくとも一部を蓋うような円筒状または円錐状の少なくとも一部分をなす形状である荷電粒子線装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の荷電粒子線装置において、
前記電極は、前記複数の検出器と前記対物レンズの間に配置される荷電粒子線装置。
- [請求項5] 請求項1に記載の荷電粒子線装置において、
前記電極は、前記一次荷電粒子線の加速電圧と同電位に維持された円筒部と、前記円筒部の円周方向に配置された複数の板状電極からなる荷電粒子線装置。
- [請求項6] 請求項5に記載の荷電粒子線装置において、
前記複数の板状電極は前記円筒部から絶縁され、前記円筒部とは異なる電位となる荷電粒子線装置。
- [請求項7] 請求項1に記載の荷電粒子線装置において、
前記電極に印加する電圧を調整する電圧調整画面を表示する表示部

を有し、

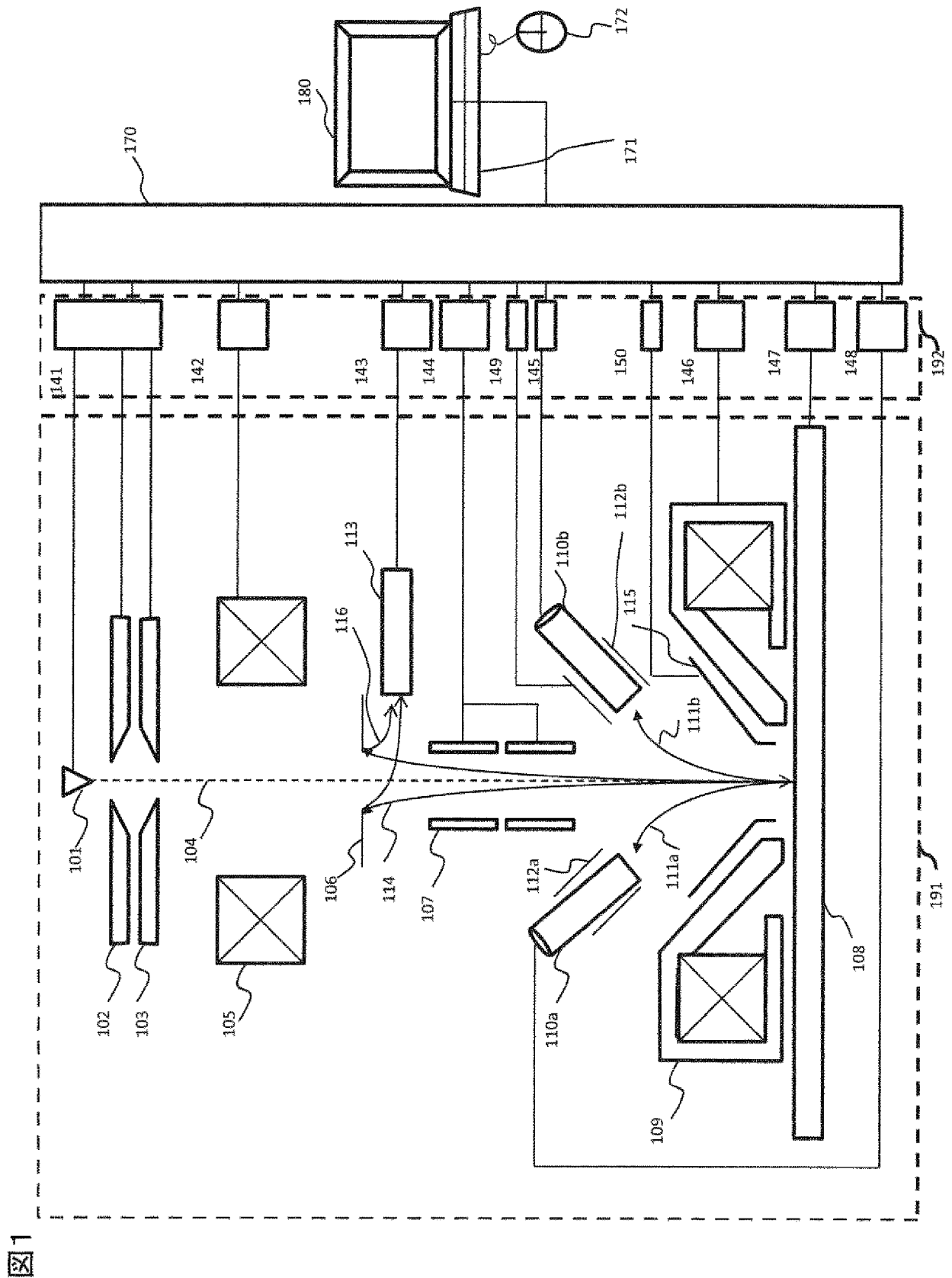
前記電圧調整画面は、前記複数の検出器の各々から得られる信号に基づいてリアルタイムに生成される画像を検出器ごとに対応づけて表示する試料像表示部と、前記電圧を調整する印加電圧調整部を有する荷電粒子線装置。

[請求項8]

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、

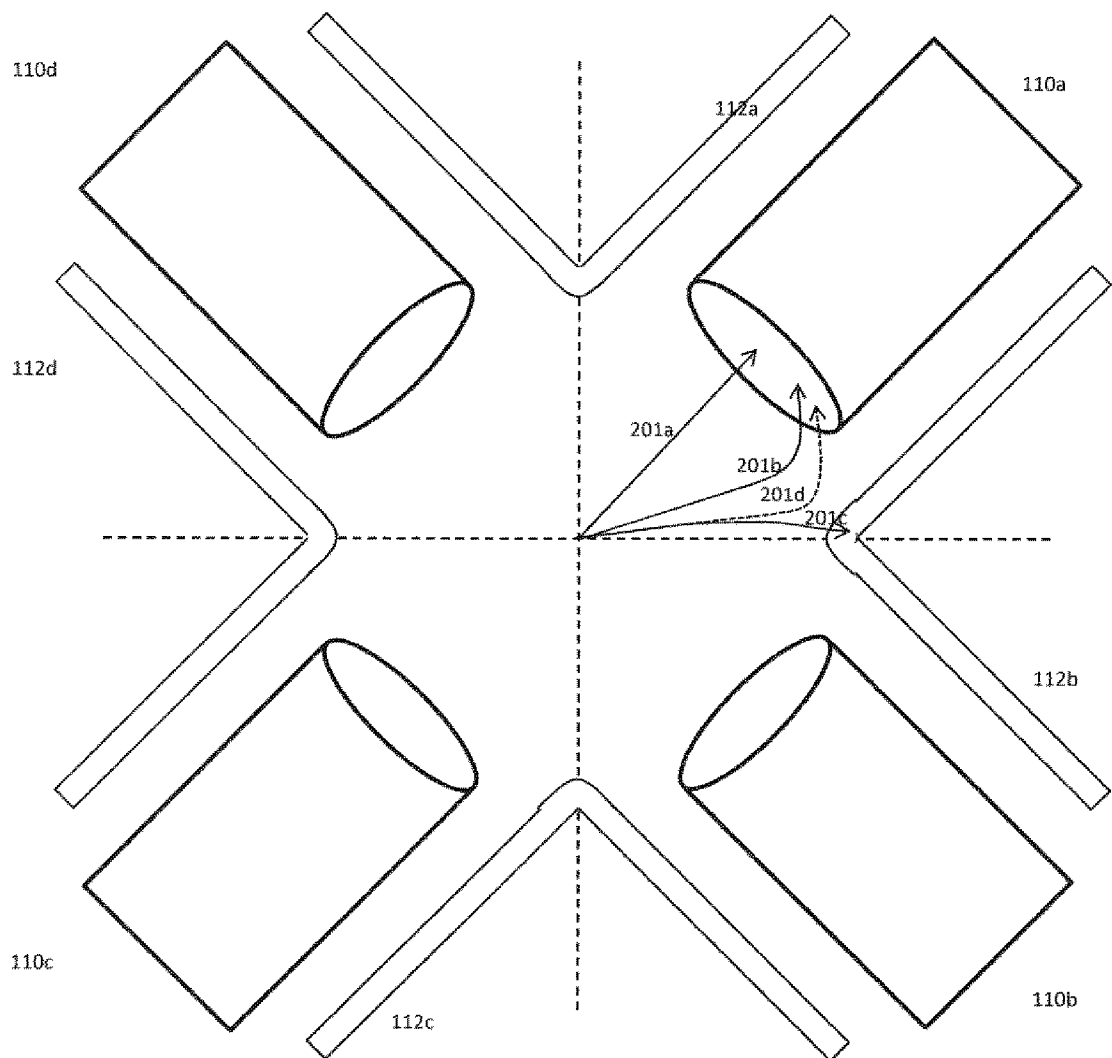
前記表示部は、前記電極に正電圧を印加する第一のモードと、前記電極に負電圧を印加する第二のモードと、前記電極に電圧を印加しない第三のモードとを切り替え選択するモード選択部を表示する荷電粒子線装置。

[図1]



[図2]

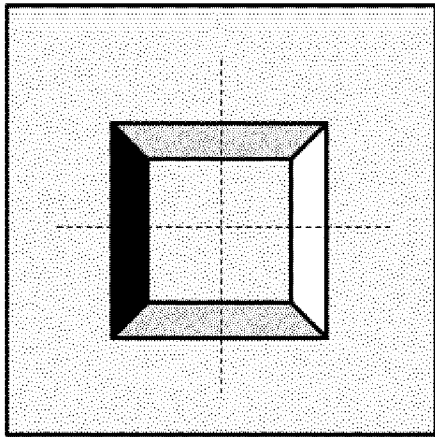
図2



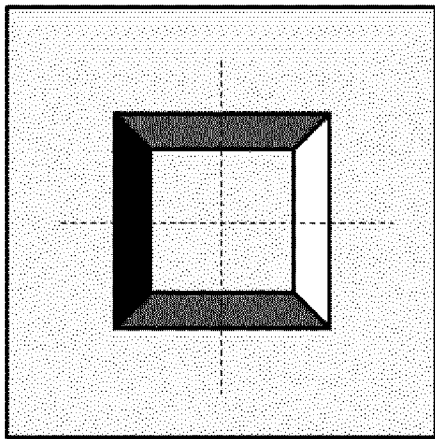
[図3]

図3

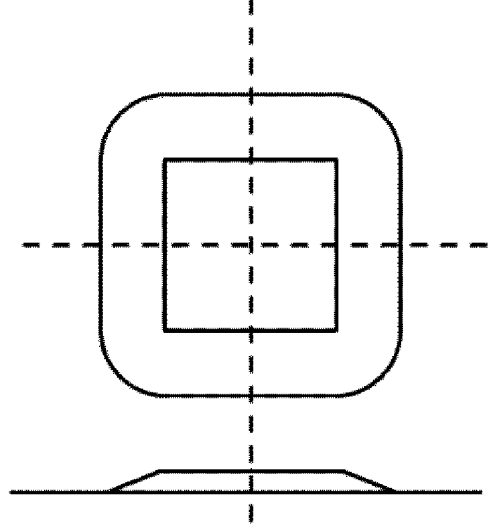
(a)



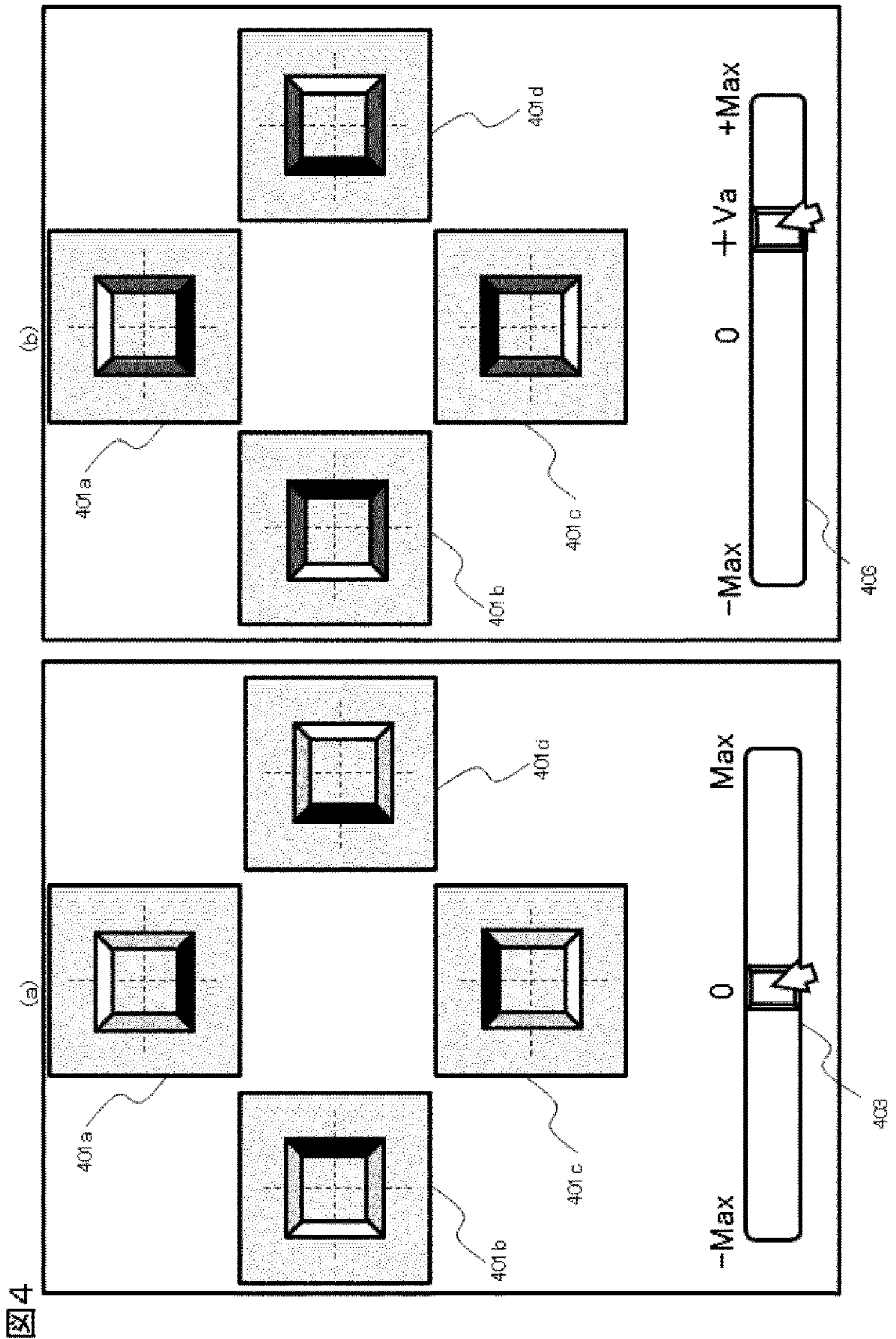
(b)



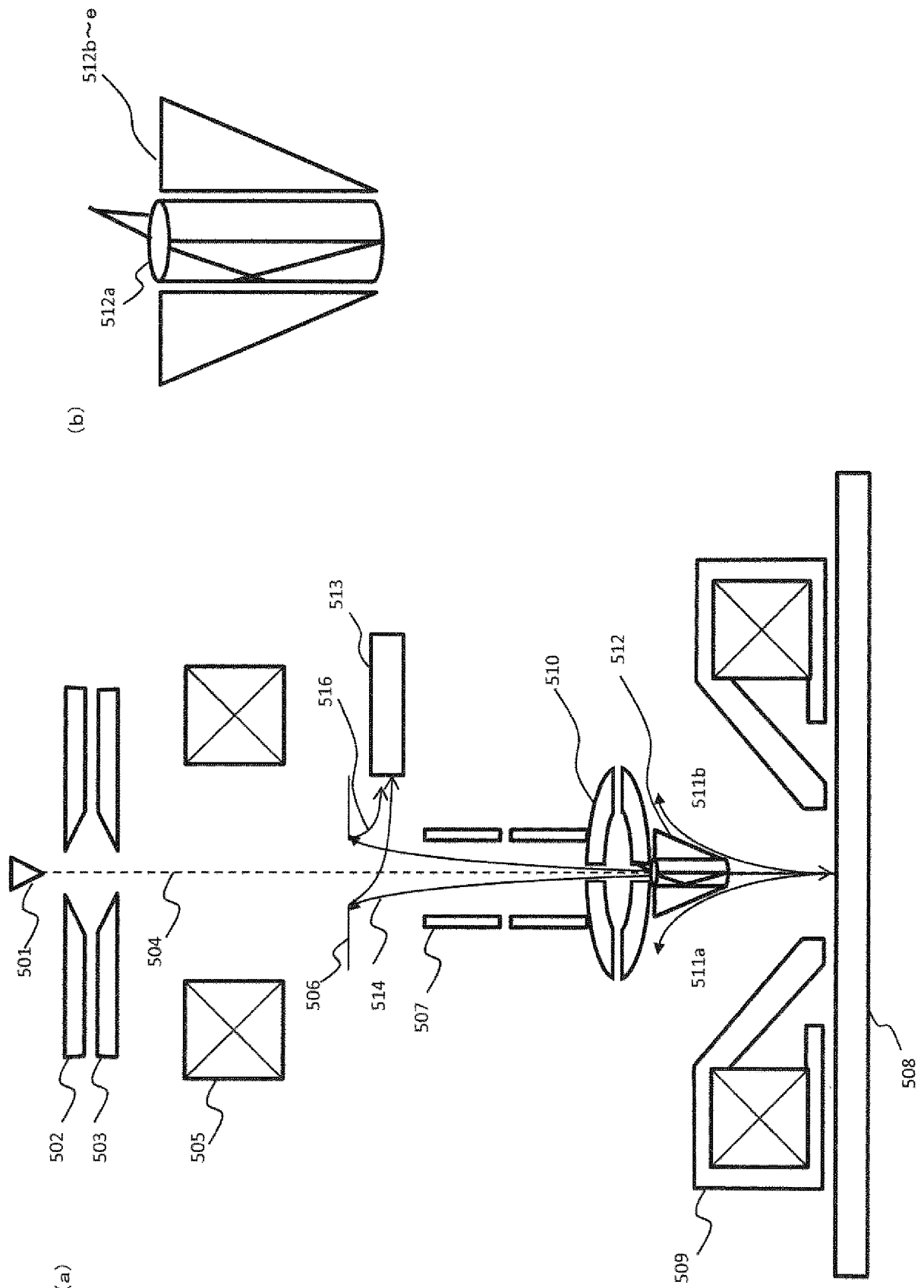
(c)



[図4]



[図5]



[図5]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/069372

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/244(2006.01)i, H01J37/22(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)

H01J37/244, H01J37/22

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 46752/1982(Laid-open No. 148867/1983) (Shimadzu Corp.), 06 October 1983 (06.10.1983), page 3, line 18 to page 7, line 3; fig. 4(A) to (D) (Family: none)	1, 4, 7
A	JP 59-9843 A (Kabushiki Kaisha Akashi Seisakusho), 19 January 1984 (19.01.1984), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

☒ 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
26 August 2015 (26.08.15)

Date of mailing of the international search report
08 September 2015 (08.09.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/069372

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-225354 A (JEOL Ltd.), 04 December 2014 (04.12.2014), entire text; all drawings & US 2015/0014527 A1 & EP 2804199 A2	1-8
A	JP 2012-23398 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 02 February 2012 (02.02.2012), entire text; all drawings & JP 2006-332038 A & US 2006/0243906 A1 & US 2009/0184255 A1	1-8
A	JP 2012-186177 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 27 September 2012 (27.09.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01J37/244 (2006.01) i, H01J37/22 (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. H01J37/244, H01J37/22

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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	日本国実用新案登録出願 57-46752 号 (日本国実用新案登録出願公開 58-148867 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社島津製作所) 1983. 10. 06, 第 3 頁第 1 8 行～第 7 頁第 3 行、第 4 図 (A) - (D) (ファミリーなし)	1, 4, 7
A	JP 59-9843 A (株式会社明石製作所) 1984. 01. 19, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 8

☒ 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

2 6 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 9 . 2 0 1 5

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)

佐藤 仁美

2 G

4 0 7 3

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
A	JP 2014-225354 A (日本電子株式会社) 2014. 12. 04, 全文、全図 & US 2015/0014527 A1 & EP 2804199 A2	1 - 8
A	JP 2012-23398 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2012. 02. 02, 全文、全図 & JP 2006-332038 A & US 2006/0243906 A1 & US 2009/0184255 A1	1 - 8
A	JP 2012-186177 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2012. 09. 27, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 - 8