

(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
2015年2月5日(05.02.2015)



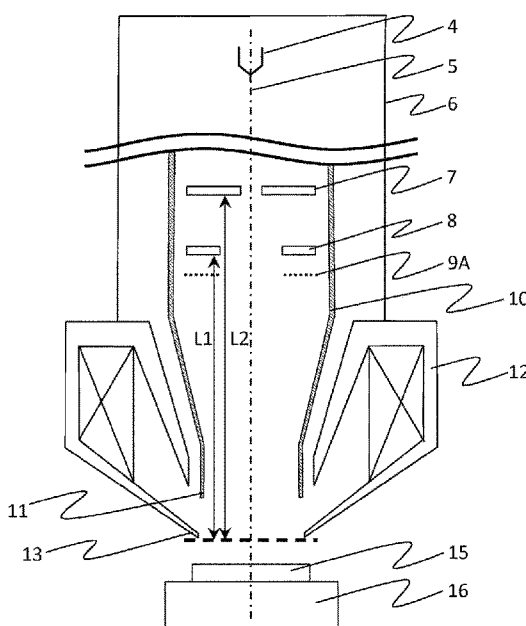
(10) 国際公開番号
WO 2015/016040 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/28 (2006.01) H01J 37/244 (2006.01)
H01J 37/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/068529
- (22) 国際出願日: 2014年7月11日(11.07.2014)
- (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 2013-160930 2013年8月2日(02.08.2013) JP
- (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 4 番 1 4 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 揚村 寿英(AGEMURA Toshihide); 〒
1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号
株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo
(JP). 森下 英郎(MORISHITA Hideo); 〒1008280 東
京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社
日立製作所内 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,
IR, IS, JP, KE, KG, 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, 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, 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, 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))

(54) Title: SCANNING ELECTRON MICROSCOPE

(54) 発明の名称: 走査電子顕微鏡

図2



(57) Abstract: This scanning electron microscope is provided with: a deceleration means that decelerates an electron beam (5) when the electron beam is passing through an objective lens; and a first detector (8) and a second detector (7) that are disposed between the electron beam and the objective lens and have a sensitive surface having an axially symmetric shape with respect to the optical axis of the electron beam. The first detector is provided at the sample side with respect to the second detector, and exclusively detects the signal electrons having a high energy that have passed through a retarding field energy filter (9A). When the distance between the tip (13) at the sample side of the objective lens and the sensitive surface of the first detector is L1 and the distance between the tip at the sample side of the objective lens and the sensitive surface of the second detector is L2, then $L1/L2 \leq 5/9$. As a result, when performing low-acceleration observation using a deceleration method by means of a scanning electron microscope, it is possible to detect signal electrons without the effect of shading in a magnification range of a low magnification on the order of hundreds of times to a high magnification of at least 100,000x. Also, it is possible to highly efficiently detect backscattered electrons, of which the amount generated is less than that of secondary electrons.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/016040 A1



本発明の走査電子顕微鏡は、電子線（５）が対物レンズを通過する際に前記電子線を減速させる減速手段と、前記電子源と前記対物レンズとの間に配置され、前記電子線の光軸に対して軸対称な形状の感受面を有する第１検出器（８）および第２検出器（７）を備える。前記第１検出器は前記第２検出器よりも試料側に設置され、減速電界型エネルギーフィルタ（９Ａ）を通過した高エネルギーの信号電子を専ら検出する。前記対物レンズの試料側の先端部（１３）と前記第１検出器の感受面の間の距離を L_1 、前記対物レンズの前記試料側の先端部と前記第２検出器の感受面の間の距離を L_2 とすると、 $L_1/L_2 \leq 5/9$ である。これにより、走査型電子顕微鏡で、減速法を適用して低加速観察を行うときに、数１００倍程度の低倍率から１０万倍以上の高倍率の広い倍率範囲でシェーディングの影響なく信号電子を検出することができる。また、二次電子と比べ発生量の少ない後方散乱電子を高効率に検出できる。

明 細 書

発明の名称：走査電子顕微鏡

技術分野

[0001] 本発明は、対物レンズを通過した信号電子を検出する走査電子顕微鏡に関する。

背景技術

[0002] 試料上に収束させた照射電子線で試料上を走査した際に発生する信号電子を検出し、各照射位置の信号強度を照射電子線の走査信号と同期して表示することで、試料表面の走査領域の二次元画像を得る走査電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）が広く知られている。

[0003] 一般的なSEMでは低加速域で色収差が増大し、高分解能が得られない。この色収差を低減するには、対物レンズを高速で通過させ、照射電子線を試料直前で減速させて照射する、減速法が有効である。減速法を適用することで、電子線照射に伴う帯電やダメージの影響を低減し、試料極表面の情報が高分解能に得られるようになる。このため、幅広い分野で試料表面の観察に低加速SEMが利用されている。

[0004] 一方、SEMで検出される信号電子は試料表面から放出される際のエネルギーによって、後方散乱電子と二次電子に大別される。照射した照射電子線が試料内で弾性または非弾性散乱を起こし、試料外に放出されたものは後方散乱電子（Backscattered Electron：BSE）と呼ばれ、後方散乱電子の非弾性散乱過程で発生し試料表面から試料外に放出される低エネルギーの信号電子は二次電子（Secondary Electron：SE）と呼ばれる。照射電子線のエネルギーがE₀の場合に発生する二次電子（SE）および後方散乱電子（BSE）のエネルギー分布の例を図1に示す。一般にエネルギー50 eV未満の信号電子をSEと呼び、数eV程度のエネルギーで発生量のピークを持つ。一方、BSEは照射電子と同程度のエネルギーにピークを持つ。二次電子および後方散乱電子の発生量は試料を構成する元素や照射電子線のエネルギーなどに依存するが、一般的に発

生量は後方散乱電子よりも二次電子の方が多い。

[0005] 後方散乱電子の発生量は、照射電子線照射位置の試料の平均原子番号や密度、結晶性に依存する。二次電子を検出せずに後方散乱電子のみを検出したSEM像では、試料の組成や結晶方位の違いが反映されたコントラストを得られる。一方、二次電子は試料表面で発生するため、試料の凹凸や電位の違いが反映されたコントラストを得られる。このように、二次電子と後方散乱電子を別々に検出することによって異なる試料情報が得られる。このため、SEM観察で得られる多様な試料情報を別々に取得する目的で、複数の検出器が搭載されたSEMが多く見られる。

[0006] 特に、低加速域でのSEM観察では、高分解能を得るために、照射電子線が対物レンズを通過する際に発生する収差を低減する必要がある。このため、試料と対物レンズ先端部との間の距離（作動距離（Working Distance：WD））を数 mm以下と短く設定する必要がある。このような観察条件において減速法を適用すると、信号電子の多くは加速されながら対物レンズを通過するため、信号電子を検出するための検出器は対物レンズよりも電子源側に設置すれば良い。このような検出系を備えたSEMにおいて、各検出器で異なる試料情報を別々に取得できる機能が重要視される傾向にある。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2012-15130

特許文献2：特開2000-299078

特許文献3：国際公開第01/075929号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本願発明者が、減速法を適用したSEMの低加速観察について鋭意検討した結果、次の知見を得るに至った。

[0009] 透過電子顕微鏡や走査透過電子顕微鏡と比べ、SEMは試料サイズが数mm³を越

える場合も、照射電子線の走査範囲を変えることで、数100倍から数10万倍以上の幅広い倍率範囲を連続的に変えて観察できる利点がある。しかしながら、対物レンズを通過した信号電子を、電子源と対物レンズの間に設置された検出器で検出する方式の場合、信号電子が軌道上のレンズ場や偏向場を經由して検出器に到達するため、信号電子の到達位置が試料上での発生位置に依存する場合がある。このため、特に信号電子を軸外に大きく偏向し低倍率で観察する際に、信号電子が検出器感受面に到達しないことに起因して、SEM像の一部に試料形状とは関係のない影のようなコントラストが現れることがある。このような現象をシェーディングと呼ぶならば、SEM像を観察する際、シェーディングは可能な限り回避できることが望ましい。

[0010] 一方、SEMにおいて、信号電子として検出される二次電子と後方散乱電子には各々異なる情報が含まれる。試料表面で発生する二次電子を検出すると凹凸や電位の情報が得られ、後方散乱電子を検出すると組成や結晶方位の情報を強調した画像が得られることが知られている。したがって、同じ照射電子線の照射位置について、発生する二次電子と後方散乱電子を別々に検出できる機構があれば、同じ観察視野で異なる情報を同時に取得できる。

[0011] 特に、EDX(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) (エネルギー分散型X線分析) やEBSD(Electron Backscatter Diffraction) (電子後方散乱回折) などの元素分析や結晶方位解析を行う際に、視野探しを後方散乱電子像で行うことが多く、倍率を選ばずに後方散乱電子に由来するコントラストの得られるSEMが必要とされる。ところが、後方散乱電子は二次電子と比べ発生量が少なく、検出率によっては、後方散乱電子のみを検出したSEM像を観察しながらフォーカス調整を行うことが難しい場合がある。このため、同じ観察視野を、発生量の多い二次電子のSEM像でフォーカス調整を行い、後方散乱電子のSEM像が得られる構成があれば便利である。さらに、同一視野で異なる試料情報を取得する際、高倍率観察から低倍率観察までシェーディングなく観察できれば、所望の試料情報を簡便に取得でき、使い勝手が良い。

[0012] 特許文献1には、試料よりも高電位の筒状電極内に設置された2つの検出器

のうち、電子源側に設置された、エネルギーフィルタを搭載した検出器で二次電子を遮蔽して後方散乱電子を検出し、試料側に設置された検出器で二次電子を検出する手段が開示されている。このように検出系を構成した場合、電子源側検出器で後方散乱電子を検出するために、試料側検出器の中心部に通過孔を設ける必要があり、この通過孔の存在のために、試料側検出器単独で低倍率のSEM像を取得するとシェーディングが発生する。これは、照射電子線を偏向した場合に、軸外で発生した信号電子が対物レンズ通過後、レンズ場と偏向場の影響を受けて軸外に進行するためである。軸上で発生する信号電子は、光軸付近に飛来する信号電子が試料側検出器の通過孔を通過して検出されず、軸外で発生する信号電子は試料側検出器で検出されるが、本来電子源側検出器で検出されるべき信号電子も試料側検出器で検出されてしまう。このため、二次電子を検出するための試料側に設置された検出器単独でSEM像を取得した場合、試料情報とは無関係にSEM像の中心部が暗く、外側ほど明るいコントラスト、すなわちシェーディングが観察される。このように、特許文献1に記載の検出器配置では、二次電子像と後方散乱電子像を別々に得られる構成となっているが、試料側検出器、電子源検出器いずれの検出器で取得したSEM像も、低倍率観察で発生するシェーディングを原理上、回避できない。

[0013] また、電子源側検出器で検出される後方散乱電子は、光軸方向近傍に放出されたものに限られる。試料が平坦な場合、発生する信号電子の角度分布はコサイン則に従うことが知られており、光軸方向に発生する後方散乱電子の数は少ない。このため、この方式で後方散乱電子を検出する場合、検出される後方散乱電子は全発生量のうち数 %程度となり、生体試料のような照射電子線の照射ダメージに弱く、プローブ電流を十分に大きく設定できないような試料を観察する場合に、十分なコントラストを持つSEM像が得られない。

[0014] 特許文献2には、減速法を適用し電磁界を重畳した対物レンズを搭載したSEMにおいて、対物レンズ場を通過した二次電子と後方散乱電子を、軌道の違いで別々に検出する手法が開示されている。ここで、二次電子検出器は電子

源側、後方散乱電子検出器は試料側に設置されている。この構成は、後方散乱電子検出器にエネルギーフィルタなどの二次電子遮蔽手段を備えておらず、信号電子の軌道上に形成される電磁界の制御によって、各検出器で検出される信号電子のエネルギーを選別するものである。このため、加速電圧やWDを変えて二次電子および後方散乱電子の軌道が変わった場合に、所望とする試料情報の分離検出が容易にはできない。また、特許文献2にはシェーディングに関する言及がないが、図面に記載された位置に偏向器を設置した場合、プローブ電子を大きく偏向した時に、軸外で発生した二次電子が試料側検出器に遮蔽されると考えられ、この検出器によるSEM像の低倍率観察において、視野の外側が試料情報とは無関係に暗くなるシェーディングが発生すると考えられる。

[0015] 特許文献3には、減速法を適用し電磁界を重畳した対物レンズを搭載したSEMにおいて、対物レンズ場を通過した二次電子と後方散乱電子を分離検出する手段が開示されている。特許文献1と同様に、後方散乱電子の検出器は電子源側、二次電子の検出器は試料側に設置され、後方散乱電子検出器の手前にはエネルギーフィルタが設けられる。照射電子線を軸外に偏向することなく、エネルギーフィルタを通過した後方散乱電子が変換電極に衝突した際に発生する低エネルギーの信号電子を軸外に設置した検出器感受面に導き、二次電子はエネルギーフィルタに衝突する際に発生する低エネルギーの変換電子を検出するように構成されている。この手法では、電界と磁界を光軸に垂直に、互いに直交する方向に印加する同一のウィーンフィルタが、2つ搭載される。この構成で2つのウィーンフィルタの電界と磁界は各々逆向きに印加され、照射電子線のクロスオーバーを2つのウィーンフィルタの midpoint に設定した場合、各ウィーンフィルタで発生する色分散を相殺できる。汎用装置では、加速電圧やWDを変えた際に、常に最適条件で観察できるように装置を構成する必要がある。このため、汎用走査電子顕微鏡でプローブ電流と試料上の開き角を独立に制御する場合、2つのコンデンサレンズを搭載する構成が一般的であるが、特許文献3の手法を汎用装置として実現するためには、クロスオ

ーバー位置を常にウィーンフィルタの中心に制御するために、さらにもう1つコンデンサレンズを搭載する必要がある。このような構成は、光軸調整や光学系制御が複雑となるため、汎用装置の構成としては好ましくない。

[0016] また、この手法はエネルギーフィルタで二次電子を遮蔽し、通過した後方散乱電子を検出する構成となっている。後方散乱電子が衝突した際に発生する低エネルギーの変換電子を軸外に設置した検出器で検出するため、光軸よりも検出器側で発生した変換電子は検出されやすく、光軸よりも検出器と反対側で発生した変換電子が検出されにくくなることに起因するシェーディングが低倍率のSEM像で観察される可能性がある。

[0017] また、変換電子の発生効率は、約1 keVのエネルギーで例えば金属製の変換電極に衝突した際に最大となることが知られており、それよりも高エネルギーの電子が衝突した場合は変換効率が低下する。このため、照射電子線の試料への照射エネルギーを E_0 とした場合、発生する後方散乱電子のエネルギー範囲は E_0 以下となる。 $E_0 \geq 1$ keVの場合はエネルギー1 keV付近の信号電子の検出効率が上がるが、 $E_0 \gg 1$ keVの場合は変換効率が下がり、検出効率が低下する。

[0018] 本発明の目的は、減速法を適用したSEMの低加速観察において、対物レンズを通過した信号電子を検出する際に、数100倍程度の低倍率から10万倍以上の高倍率の広い倍率範囲でシェーディングの影響なく取得できるSEMを提供し、また、二次電子と比べ発生量の少ない後方散乱電子を高効率に検出できるSEMを提供することに関する。

課題を解決するための手段

[0019] 本発明は、例えば、減速光学系を適用したSEMで対物レンズ通過に伴い加速された信号電子を検出する、光軸に対し軸対称な配置の感受面を持つ2つの検出手段をSEMの対物レンズと電子銃の間に備え、二次電子を遮蔽するために感受面の手前に設置されたエネルギーフィルタに遮蔽されずに通過した後方散乱電子を検出する第1の検出器と、二次電子または後方散乱電子を検出する第2の検出器を備え、第1の検出器が第2の検出器よりも試料側にあり、第

1の検出器および第2検出器からの出力信号を線形加算するための信号処理回路を備え、第1の検出器の感受面と対物レンズ先端部の距離をL1、第2の検出器の感受面と対物レンズ先端部の距離をL2とした場合に $L1/L2 \leq 5/9$ を満たす配置とすることに関する。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、例えば、5 kV以下の低加速域で試料極表面を高分解能で観察しながら、二次電子像と後方散乱電子像を同時かつ別々に取得できる。この時、検出器を上記の配置にすることで、対物レンズ先端部から臨む第2の検出器の中心に設けられた通過孔の立体角が小さくなり、高倍率観察において第2の検出器の中心を通過することに起因するシェーディングを低減できる。さらに、低倍率観察において軸外方向に飛来し第2の検出器で検出されない信号電子を第1の検出器で検出できる。このため、第1の検出器と第2の検出器の線形加算信号を出力することによって、低倍率観察におけるシェーディングを低減できる。以上により、広い倍率範囲に渡りシェーディングの影響を低減したSEMを提供できる。

[0021] また、本発明によれば、例えば、光軸に対し軸対称な感受面形状を持つ、後方散乱電子を検出するための第1の検出器が、二次電子を検出するための第2検出器よりも試料側に設置される。このため、平坦試料を仮定した場合に発生する信号電子の角度分布を考慮した場合に、第1検出器では第2検出器よりも発生量の多い角度帯を検出できるため、従来よりも後方散乱電子を高効率検出できるSEMを提供できる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]一般的な放出電子のエネルギー分布図を示す図である。

[図2]実施例1に係る走査電子顕微鏡を示す概略断面図である。

[図3]実施例1に係る走査電子顕微鏡を示す概略断面図である。

[図4]実施例1に係る走査電子顕微鏡を示す概略断面図である。

[図5]実施例1に係る走査電子顕微鏡を示す概略断面図である。

[図6]実施例2に係る走査電子顕微鏡を示す概略断面図である。

[図7]実施例2に係る走査電子顕微鏡を示す概略断面図である。

[図8]実施例2に係る走査電子顕微鏡を示す概略断面図である。

[図9]実施例2に係る走査電子顕微鏡を示す概略断面図である。

[図10]実施例2に係る走査電子顕微鏡を示す概略断面図である。

[図11]実施例2に係る走査電子顕微鏡を示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0023] 実施例には、プローブとなる電子線を発生させる電子源と、電子線の径を制限するアパーチャと、電子線が照射される試料を搭載する試料台と、電子線を試料表面に収束する対物レンズを含む電子レンズと、電子線が対物レンズを通過する際に、試料に近づくにつれて減速させる減速手段と、電子線を試料上で走査する偏向器と、試料から放出された信号電子のうち、対物レンズを通過した信号電子を検出する少なくとも2つの検出器を備え、2つ検出器は電子源と対物レンズとの間に配置され、2つの感受面は光軸に対し軸対称な形状を持ち、検出器のうちの1つは、減速電界型エネルギーフィルタを通過した高エネルギーの信号電子を専ら検出するように配置された検出器を第1検出器、検出器のうち第1検出器とは異なる、もう1つの検出器を第2検出器とした場合に、第1検出器が第2検出器よりも試料側に設置され、対物レンズの試料側の先端部と第1検出器の感受面の間の距離を $L1$ 、対物レンズの試料側の先端部と第2検出器の感受面の間の距離を $L2$ として、 $L1/L2 \leq 5/9$ である走査電子顕微鏡を開示する。

[0024] また、実施例には、第1検出器および第2検出器からの出力信号を線形加算するための信号処理回路を備えることを開示する。

[0025] また、実施例には、第1検出器が後方散乱電子を検出し、第2検出器で二次電子を検出することを開示する。

[0026] また、実施例には、減速電界型エネルギーフィルタは、第1検出器とは独立したユニットとして具備されていることを開示する。

[0027] また、実施例には、減速電界型エネルギーフィルタは、第1検出器と一体のユニットとして具備されていることを開示する。

- [0028] また、実施例には、第2検出器の感受面より試料側に減速電界型エネルギーフィルタが具備され、第1検出器および第2検出器について、各々別々に減速電界型エネルギーフィルタを通過した高エネルギー電子を検出することを開示する。
- [0029] また、実施例には、対物レンズ先端部から臨む第1検出器の検出立体角が、第2検出器の検出立体角よりも大きいことを開示する。
- [0030] また、実施例には、第1検出器または第2検出器に用いられる検出器が、半導体検出器、アバランシェダイオード、マイクロ・チャンネル・プレート、もしくは構成要素としてシンチレータ材料を用いる検出器またはそれらの組み合わせであることを開示する。
- [0031] また、実施例には、プローブとなる電子線を発生させる電子源と、電子線の径を制限するアパーチャと、電子線が照射される試料を搭載する試料台と、電子線を試料表面に収束する対物レンズを含む電子レンズと、電子線が対物レンズを通過する際に、試料に近づくにつれて減速させる減速手段と、電子線を試料上で走査する偏向器と、試料から放出された信号電子のうち、対物レンズを通過した信号電子が衝突する少なくとも2つの変換板を備え、2つの変換板は電子源と対物レンズとの間に配置され、2つの変換板の衝突面は光軸に対し軸対称な形状を持ち、変換板のうちの1つは、減速電界型エネルギーフィルタを通過した高エネルギーの信号電子が専ら衝突するように配置された変換板を第1変換板、変換板のうち第1変換板とは異なる、もう1つの変換板を第2変換板とした場合に、第1変換板が第2変換板よりも試料側に設置され、対物レンズの試料側の先端部と第1変換板の衝突面の間の距離を $L1$ 、対物レンズの試料側の先端部と第2変換板の衝突面の間の距離を $L2$ として、 $L1/L2 \leq 5/9$ である走査電子顕微鏡を開示する。
- [0032] また、実施例には、第1変換板に衝突した信号電子によって、衝突面から試料側に放出される変換電子を検出する感受面を備え、光軸外に、光軸を基準に対称に配置された第1、第2の検出器を具備し、第2変換板に衝突した信号電子によって、衝突面から試料側に放出される変換電子を検出する感受

面を備え、光軸外に、光軸を基準対称に配置された、第3、第4の検出器を具備したことを開示する。また、第1、第2、第3、および第4の検出器からの出力信号を線形加算するための信号処理回路を備えることを開示する。

[0033] また、実施例には、第1変換板に後方散乱電子が衝突して発生する変換電子を検出し、第2変換板に二次電子が衝突して発生する変換電子を検出することを開示する。

[0034] また、実施例には、減速電界型エネルギーフィルタは、第1変換板とは独立したユニットとして具備されていることを開示する。

[0035] また、実施例には、減速電界型エネルギーフィルタは、第1変換板と一体のユニットとして具備されていることを開示する。

[0036] また、実施例には、第2変換板の衝突面より試料側に減速電界型エネルギーフィルタが具備され、第1変換板および第2変換板について、各々別々に減速電界型エネルギーフィルタを通過した高エネルギー電子が衝突することを開示する。

[0037] また、実施例には、対物レンズ先端部から臨む第1変換板の衝突立体角が、第2変換板の衝突立体角よりも大きいことを開示する。

[0038] また、実施例には、第1、第2、第3、および第4検出器に用いられる検出器が、構成要素としてシンチレータ材料を用いる検出器またはそれらの組み合わせであることを開示する。

[0039] また、実施例には、第1、第2変換板の衝突面に、原子番号50以上の材料が含まれることを開示する。

[0040] また、実施例には、第1、第2変換板の衝突面に、負の電子親和力を有する材料が含まれることを開示する。

[0041] 以下、上記及びその他の本願発明の新規な特徴と効果について図面を参酌して説明する。なお、図面は専ら発明の理解のために用いるものであり、権利範囲を限縮するものでない。

実施例 1

[0042] 図2に、本実施例にかかる走査電子顕微鏡の全体構成概念図を示す。図2

に示す走査電子顕微鏡は、大まかには、試料 15 に対し照射電子線を照射するための機構を備えた電子銃 4、照射電子線の径を制限するためのアパーチャ、コンデンサレンズや対物レンズなどの電子レンズ、主に二次電子 2 を検出するための検出器、後方散乱電子 3 を検出するための検出器、二次電子 2 を遮蔽するためのエネルギーフィルタ 9 A、偏向器、試料 15 を置き移動させて観察領域を決めるための試料台 16 およびその機構、SEM像の表示装置、SEM全体を制御するコントローラ、真空排気設備を有する。各信号電子の検出器感受面上の到達位置は、信号電子の軌道上に形成される偏向場に依存するが、減速光学系で加速された信号電子の軌道は、本質的には偏向場の位置に依存しないと考えて良い。このため、本実施例で偏向器設置位置は任意とする。

[0043] 図 2 には、二次電子および後方散乱電子を検出するための検出器の感受面位置を各々、第 2 検出器の感受面 7 および第 1 検出器の感受面 8 として示す。図 2 に示すように、後方散乱電子を検出するための第 1 検出器の感受面 8 は、二次電子を検出するための第 2 検出器の感受面 7 よりも試料 15 側に設置される。

[0044] 電子銃 4 は、CFE (Cold Field Emission)、SE (Schottky Emission)、熱電子 (Thermionic Emission) など各種電子銃のいずれも該当する。走査電子顕微鏡に搭載される電子銃は、これらの中から所望とする装置性能に応じて選択される。

[0045] 本実施例で示す走査電子顕微鏡の対物レンズは、試料 15 に対し漏洩磁界が小さいアウトレンズ型であり、走査電子顕微鏡の対物レンズの磁路内壁に沿って筒状電極 10 が設置されている。筒状電極 10 は対物レンズ磁路 12 よりも高電位に設定される。これにより、筒状電極の試料側端部 12 と対物レンズ磁路の試料側端部 13 の間に照射電子線に対する減速電界が形成され、照射電子線が通過する際に次第に減速される構成となっている。対物レンズ磁路 12 と試料 15 の電位差は 1 kV 以内に設定される。筒状電極 10 と対物レンズ磁路 12、および筒状電極 10 と SEM 鏡筒 6 の間隙部は、図示しない

絶縁体によって電氣的に絶縁されるように構成される。

[0046] なお、同様の効果を得るために、図3に示すように、磁性体で作製した筒状電極10を対物レンズ磁路12の一部として利用することも可能である。

この場合は、筒状電極10と対物レンズ12が磁氣的に結合している範囲で、図示しない絶縁体によって電氣的に互いに絶縁されるように構成される。

[0047] 特に照射電子線の照射電圧が5 kV以下の観察条件において高分解能を得るには、減速電界を形成するために、試料15に対し筒状電極10を高電位にする必要がある。この電位差を V_d とおく。本実施例の構成の場合、 V_d は約10 kVに設定される。さらに、対物レンズ通過に伴い発生する色収差を低減するためには、試料15と、対物レンズ磁路の試料側端部13（先端部）との間の距離（WD）を10 mm以下に設定することが望ましい。

[0048] このようにして減速電界を構成する際に、電位差 V_d が同じであれば形成される電界レンズ作用も同一となる。このため、試料を接地電位として、それよりも光源側を高電位とする加速 - 減速法と呼ばれる手法と、対物レンズを接地電位として、試料を負電位とする減速法と呼ばれる手法は同一形成される電位分布が同じであれば同じ電界レンズ作用が得られる。このため、以降では加速 - 減速法と減速法を区別せずに減速法として統一して説明する。

[0049] 上記のような観察条件において、試料15で発生した信号電子1の一部は筒状電極10の試料側端部11と対物レンズ磁路端部13の間に形成された電界および対物レンズ12によって形成された磁界によって収束され、電界で加速されて照射電子線と逆向きに進行する。

[0050] 第1検出器の感受面8および第2検出器の感受面7は、ともに光軸に対し軸対称な配置とし、筒状電極10と同電位とする。これにより、試料15と第1検出器の感受面8および第2検出器の感受面7の間には電位差 V_d があり、試料15で発生した信号電子の一部は、第1検出器の感受面8または第2検出器の感受面7に10 keV程度加速されて到達する。これは、既存の電子検出器で検出する上で十分なエネルギーである。

[0051] 第1検出器および第2検出器は、図示した感受面の配置を達成でき、電位

差Vdで加速された信号電子を検出できるものが用いられる。半導体検出器、アバランシェダイオード、マイクロ・チャンネル・プレート、構成要素としてシンチレータ材料を用いる検出器などが考えられ、いずれのタイプの検出器を用いても構わない。また、後述する信号の線形加算の際に問題がなければ、第1検出器と第2検出器で互いに異なるタイプの検出器を用いても構わない。

[0052] 多くの場合、信号電子の検出には、増倍率と応答性の観点から、典型的には感受面にシンチレータ材料を用いた検出器が設置される。これを本実施例の第1検出器および第2検出器として用いた場合、走査電子顕微鏡の検出器として一般的に使われるEverhart&Thornley型（以下、ET型）検出器と同じ原理で信号電子を検出できる。この検出器は、加速された信号電子を光に変換するシンチレータと、光を光電子に変換しその光電子を増幅する光電子増倍管を備え、シンチレータと光電子増倍管の間はライトガイドで接続される。シンチレータは、入射する信号電子が5 keV以上よりも高エネルギーとなっていれば十分な発光が起こり、ライトガイドを経由してこの光を光電子増倍管の感受面に導くことで、信号電子1を電気信号として検出できる。シンチレータは絶縁体のため、信号電子がぶつかることによって帯電が起こり、場合によっては感受面に到達する直前で減速されてしまう場合がある。これを避けるため、シンチレータ表面にはAlなどの導電体を蒸着して被覆されることが望ましい。この金属被覆によって、シンチレータで発生した光を外部に漏らさずに光電子増倍管側に反射させる効果もある。図2で示す第1検出器の感受面8および第2検出器の感受面7は、上記のシンチレータ表面を被覆する導電体表面と同義である。この場合、シンチレータ表面の導電体と筒状電極10が同電位となる。

[0053] なお、加速された高エネルギー電子が変換電極に衝突した際に発生する、低エネルギーの変換電子を、光軸外に設置したET型検出器で検出する方式でも構わない。この場合は、変換電極を第1検出器または第2検出器の感受面と見なし、変換電極は筒状電極10と同電位とする。軸外に設置する検出器

の感受面には、筒状電極 10 と同電位か、またはそれよりも大きな電位を設定する。これにより、変換電極上で発生した低エネルギーの変換電子が、軸外検出器の感受面に捕集される。変換電極を軸外検出器で検出する方式の場合、変換電子の発生部位と軸外検出器の間の距離に依存して検出器感受面に到達する変換電子数が変わり、これがシェーディングの原因となる可能性がある。このため、図 4 のように、軸外に変換電子を検出するための第 1 検出器 18A、18B、変換電子を検出するための第 2 検出器 17A、17B を、光軸に対し対称な配置で設置することで、低倍率観察でシェーディングを回避できる。この場合、光軸について対称配置にした 2 つの検出器の出力信号を線形加算することによって、シェーディングを低減した SEM 像を取得できると期待される。

[0054] 変換電極の表面部は二次電子放出量の多い材料であることが望ましい。典型的には金 (Au、原子番号 79) などの金属膜が利用される。同様の効果を得るために、例えば、酸化マグネシウムや電子親和力の高いダイヤモンドなど、通常の金属よりも二次電子放出量が多い材料の膜を利用しても構わない。

[0055] 第 1 検出器と第 2 検出器を同じタイプの検出器とした場合、検出器感受面に飛来した後方散乱電子 3 と二次電子 2 が検出される。このため、第 1 検出器で二次電子 2 を検出せずに後方散乱電子 3 を検出する場合は第 1 検出器の感受面 8 の手前にエネルギーフィルタ 9A を設置する必要がある。

[0056] このエネルギーフィルタ 9A は、第 1 検出器と一体の構成物として設置してもよいが、第 1 検出器とは別の構成物として設置してもよい。ただし、別構造として設置する場合は、第 1 検出器の感受面 8 に到達する全ての信号電子 1 が、第 1 検出器の感受面 8 に到達する前に、必ずエネルギーフィルタ 9A を通過するように配置する必要がある。フィルタ on /off に伴うエネルギーフィルタ外への電界変化により、照射電子線の軌道に影響を及ぼさない構成が望ましい。

[0057] 信号電子 1 の軌道は、筒状電極の試料側端部 11 と対物レンズ磁路の試料

側端部 1 3 の間に形成された電界および対物レンズ 1 2 によって形成された磁界に依存する。このため、試料 1 5 の位置や照射電子線の照射電圧を変えると、照射電子線を試料 1 5 の表面にフォーカスするために必要な励磁が変わり、信号電子 1 の軌道もこれに伴って変化する。対物レンズの電界や磁界は照射電子線をフォーカスするために制御されるため、信号電子 1 の軌道を制御するために電界や磁界を制御することができない。

[0058] また、一般的なSEMでは、加速電圧やWDなどの観察条件を様々に変えて使用される。従って、第 1 検出器および第 2 検出器は、観察条件に依存して二次電子 2 および後方散乱電子 3 が混合して検出されることを想定している。しかし、二次電子 2 のSEM像を得る場合、図 1 のエネルギー分布に従って発生する二次電子 2 の放出量が後方散乱電子 3 よりも十分に多いため、後方散乱電子が混合しても二次電子像に近い像質が得られる。一方、二次電子 2 よりも発生量の少ない後方散乱電子 3 を分離検出したい場合は、二次電子 2 が混入すると二次電子 2 の情報がSEM像に反映されてしまうため、これを遮蔽するためのエネルギーフィルタ 9 A が必要となる。

[0059] 二次電子 2 のSEM像を得るために、第 2 検出器で検出された信号をSEM像として表示すると、特許文献 1 の電子源側検出器と同様の理由で、低倍率のSEM像で周囲が暗くなるシェーディングが観察される。これを回避するために、低倍率観察ではエネルギーフィルタ 9 A を off として、第 1 検出器および第 2 検出器で信号電子 1 を検出する。両検出器の信号を線形加算してSEM像として表示することで、シェーディングの影響を低減できる。また、2つの検出器で検出される信号をSEM像として表示するため、第2検出器単体での検出信号をSEM像として表示した場合と比べて信号量が増大し、S/Nの高い二次電子のSEM像が得られるものと期待される。

[0060] 第 1 検出器の感受面と対物レンズの試料側先端部の距離を L_1 、第 2 検出器の感受面と対物レンズ先端部の試料側先端部の距離を L_2 とすれば、上記の方法で観察される二次電子像の低倍率観察でシェーディングを低減し、かつ第 1 検出器で後方散乱電子を高効率検出するためには、 $L_1 / L_2 \leq 5$ /

9を満たすように配置することが望ましい。これについて、以下で理由を説明する。

[0061] 低倍率のSEM観察時に軸外で発生した信号電子の多くは、対物レンズ通過後、試料から離れるにつれて光軸から離れるように進む。このため、光軸からの離軸距離が大きい位置で発生した信号電子は、主に試料側に設置される第1検出器で検出される。しかし、検出器の感受面の面積は無制限に大きく設定することができない。このため、有限の感受面積を持つ第1検出器で軸外の信号電子を効率よく検出するためには、感受面を試料に近づけた構成、すなわち、 L_1 が小さい構成が望ましい。

[0062] 一方、光軸付近で発生した信号電子は対物レンズから収束作用を受けるため、離軸が比較的小さい。このため、光軸付近で発生した信号電子の多くは、第1検出器の中心孔を通過し第2検出器で検出される。図2に示すように、第1検出器および第2検出器はそれぞれに中心部に電子の通過孔が設けられる。このため、第2検出器で検出されるべき、光軸付近で発生した信号電子の一部は第2検出器の中心孔を通過し検出されない。中心孔を通過する信号電子数を実効的に低減するには、電子源側に設置される第2検出器の感受面を、試料から離れた位置に設定した構成、すなわち、 L_2 が大きい構成が望ましい。

[0063] 以上より、検出器の構成上は、 L_1 / L_2 ができるだけ小さい構造が望ましいが、光学系を構成する対物レンズやコンデンサレンズの配置から、 L_1 / L_2 の値は制約される。第1検出器および第2検出器はともに対物レンズと電子源の間に設置されるため、第1検出器の感受面の位置は、対物レンズおよびエネルギーフィルタの寸法や構造に依存し、無制限に試料近くに設置することができない。また、加速電圧やWDを変えて使用するための光学系の構成物の配置を考慮した場合、第2検出器の感受面の位置は、無制限に試料から離れた位置に設置することができない。以上の制約を考慮して、SEMの電子光学系の構成を仮定し、信号電子の軌道から L_1 と L_2 の設定範囲を検討した結果、 $L_1 / L_2 \leq 5 / 9$ を満たす配置にすることで、上記の二次電子検

出方式で観察されるシェーディングの影響を、従来の方式よりも小さくできることが判明した。

[0064] さらに、上記の方式で信号電子を検出する場合、5 keV以下の後方散乱電子が、対物レンズを通過する過程で収束作用を受けると共に、信号電子の軌道がエネルギーの違いによって広く分散して検出器の感受面に到達するため、試料側に設置される第1検出器の感受面に到達する後方散乱電子が従来の方式よりも多くなると期待される。なお、第1検出器の中心孔が小さい構成ほど、第1検出器による後方散乱電子の検出量が大きくなり、第1検出器の信号で取得するSEM像で観察されるシェーディングの影響を小さくできる。このため、後方散乱電子を主に検出したい場合は、対物レンズ磁路の試料側端部13から臨む第1検出器の感受面8の立体角が第2検出器の感受面7の立体角よりも大きい構成が望ましい。

[0065] 後方散乱電子のSEM像でシェーディングを低減するために、図5に示すように第2検出器に対して、第1検出器のものとは別途設置されたエネルギーフィルタ9Bを設置する構成も考えられる。第2検出器の感受面7に到達する全ての信号電子1が、第2検出器の感受面7に到達する前に必ずエネルギーフィルタ9Bを通過するように配置する構成とすることで、第1検出器のエネルギーフィルタ9Aおよび第2検出器のエネルギーフィルタ9Bを共にon状態で第1検出器と第2検出器の線形加算信号を表示したSEM像で、後方散乱電子のSEM像をシェーディングなく取得することが可能となる。なお、第1検出器のエネルギーフィルタ9Aおよび第2検出器のエネルギーフィルタ9Bを共にoff状態で第1検出器と第2検出器の線形加算信号を表示したSEM像では、上記の理由で二次電子のSEM像をシェーディングなく取得でき、エネルギーを選別したSEM像について、幅広い倍率範囲に対応したSEMを提供できる。なお、後方散乱電子のSEM像を第1検出器のエネルギーフィルタ9Aおよび第2検出器のエネルギーフィルタ9Bをon状態で取得する場合、フィルタ電圧は各々別々のフィルタ電圧を設定できる構成が望ましい。

実施例 2

[0066] 図6に本実施例の走査電子顕微鏡の全体構成概念図を示す。以下、実施例1との相違点を中心に説明する。

[0067] 図6に示す走査電子顕微鏡は、大まかには、電子銃4、アパーチャ、コンデンサレンズ、対物レンズ、第2検出器、第1検出器、エネルギーフィルタ9A、偏向器、試料15、試料台16およびその機構、SEM像の表示装置、SEM全体を制御するコントローラ、真空排気設備などを有する。

[0068] 図6に示した走査電子顕微鏡は、実施例1と、対物レンズのタイプが異なっている。本実施例の対物レンズは試料に意図的に磁界を漏洩する、セインレンズ型の対物レンズである。第一の実施例の構成と比べ、より高分解能を得ることができる。

[0069] 第1検出器および第2検出器の出力信号を加算処理することにより得られるSEM像でシェーディングの影響を低減できる原理は、実施例1と同様である。

[0070] 図6において、対物レンズ磁路の試料側端部13は試料15よりも高電位となっている。この電位差を第一の実施例と同様に V_d とする。本実施例の構成の場合、磁界レンズにより短焦点化が達成されるため、電界レンズ強度は第一の実施例よりも弱く、 V_d は1~5 kVの範囲で設定される。この電位差では、検出器をET型検出器とした場合にシンチレータが発光しないため、第1検出器の感受面7、第2検出器の感受面8は対物レンズ12とは独立に試料15よりも10 kV程度高電位に設定されることが望ましい。また、実施例1で説明した、変換電極に衝突させて発生する変換電子を検出する場合、第1検出器の感受面7、第2検出器の感受面8は対物レンズ磁路12と同電位としても支障はない。

[0071] 図5の構成で試料を傾斜した場合、対物レンズ磁路の試料側端部13と試料15の電界の対称性が失われ、著しい分解能低下が起こる。これを回避するために、図7に示すように対物レンズ12の下磁路の試料側に別途電界制御用の電極14を設ける構成としても良い。この場合、電極14は非磁性体であることが必要である。実施例1と同様に電極14と試料15の電位差は

1 kV以内に設定されることが望ましい。

[0072] さらに、実施例 1 と同様、図 8 のように、第 1 検出器および第 2 検出器を内包する筒状電極 10 を設けても良い。この構成では、筒状電極の試料側端部 11 と電界制御電極 14 の電位差が V_d となるように構成される。

[0073] 第 1 検出器および第 2 検出器で検出する信号電子 1 の収量を増やすために、図 9 に示すように、対物レンズの上磁路と筒状電極 10 を兼ねる構成としても良い。この場合、筒状電極 10 は磁性体で構成される。

[0074] 以上に示す構成は、図 10 に示す単極型対物レンズや図 11 に示すインレンズ型の対物レンズに適用しても、同様の効果が得られると期待される。

符号の説明

- [0075] 1 …信号電子
2 …二次電子
3 …後方散乱電子
4 …電子銃
5 …光軸
6 …SEM鏡筒
7 …第 2 検出器の感受面
8 …第 1 検出器の感受面
9 A …第 1 検出器で検出される信号電子 1 に対する減速電界型エネルギーフィルタ
9 B …第 2 検出器で検出される信号電子 1 に対する減速電界型エネルギーフィルタ
10 …筒状電極
11 …筒状電極の試料側端部
12 …対物レンズ磁路
13 …対物レンズ磁路の試料側端部
14 …電界制御電極
15 …試料

1 6 …試料台

1 7 A…変換電子を検出するための第 2 検出器A

1 7 B…変換電子を検出するための第 2 検出器B

1 8 A…変換電子を検出するための第 1 検出器A

1 8 B…変換電子を検出するための第 1 検出器B

請求の範囲

[請求項1]

プローブとなる電子線を発生させる電子源と、
前記電子線の径を制限するアパーチャと、
前記電子線が照射される試料を搭載する試料台と、
前記電子線を前記試料表面に収束する対物レンズを含む電子レンズと、
前記電子線が前記対物レンズを通過する際に、前記試料に近づくにつれて減速させる減速手段と、
前記電子線を試料上で走査する偏向器と、
前記試料から放出された信号電子のうち、対物レンズを通過した信号電子を検出する少なくとも2つの検出器を備え、
前記2つ検出器は前記電子源と前記対物レンズとの間に配置され、
前記2つの感受面は光軸に対し軸対称な形状を持ち、
前記検出器のうちの1つは、減速電界型エネルギーフィルタを通過した高エネルギーの信号電子を専ら検出するように配置された検出器を第1検出器、前記検出器のうち第1検出器とは異なる、もう1つの検出器を第2検出器とした場合に、前記第1検出器が前記第2検出器よりも試料側に設置され、
前記対物レンズの前記試料側の先端部と前記第1検出器の感受面の間の距離を $L1$ 、前記対物レンズの前記試料側の先端部と前記第2検出器の感受面の間の距離を $L2$ として、 $L1 / L2 \leq 5 / 9$ であることを特徴とする走査電子顕微鏡。

[請求項2]

請求項1に記載の走査電子顕微鏡において、
前記第1検出器および前記第2検出器からの出力信号を線形加算するための信号処理回路を備えることを特徴とする走査電子顕微鏡。

[請求項3]

請求項1に記載の走査電子顕微鏡において、
前記第1検出器が後方散乱電子を検出し、前記第2検出器で二次電子を検出することを特徴とする走査電子顕微鏡。

- [請求項4] 請求項1に記載の走査電子顕微鏡において、
前記減速電界型エネルギーフィルタは、前記第1検出器とは独立したユニットとして具備されていることを特徴とする走査電子顕微鏡。
- [請求項5] 請求項1に記載の走査電子顕微鏡において、
前記減速電界型エネルギーフィルタは、前記第1検出器と一体のユニットとして具備されていることを特徴とする走査電子顕微鏡。
- [請求項6] 請求項1に記載の走査電子顕微鏡において、
前記第2検出器の感受面より前記試料側に減速電界型エネルギーフィルタが具備され、
前記第1検出器および前記第2検出器について、各々別々に前記減速電界型エネルギーフィルタを通過した高エネルギー電子を検出することを特徴とする走査電子顕微鏡。
- [請求項7] 請求項1に記載の走査電子顕微鏡において、
対物レンズ先端部から臨む第1検出器の検出立体角が、第2検出器の検出立体角よりも大きいことを特徴とする走査電子顕微鏡。
- [請求項8] 請求項1に記載の走査電子顕微鏡において、
第1検出器または第2検出器に用いられる検出器が、半導体検出器、アバランシェダイオード、マイクロ・チャンネル・プレート、もしくは構成要素としてシンチレータ材料を用いる検出器またはそれらの組み合わせであることを特徴とする走査電子顕微鏡。
- [請求項9] プローブとなる電子線を発生させる電子源と、
前記電子線の径を制限するアパーチャと、
前記電子線が照射される試料を搭載する試料台と、
前記電子線を前記試料表面に収束する対物レンズを含む電子レンズと、
前記電子線が前記対物レンズを通過する際に、前記試料に近づくにつれて減速させる減速手段と、
前記電子線を試料上で走査する偏向器と、

前記試料から放出された信号電子のうち、対物レンズを通過した信号電子が衝突する少なくとも2つの変換板を備え、

前記2つの変換板は前記電子源と前記対物レンズとの間に配置され、

前記2つの変換板の衝突面は光軸に対し軸対称な形状を持ち、

前記変換板のうちの1つは、減速電界型エネルギーフィルタを通過した高エネルギーの信号電子が専ら衝突するように配置された変換板を第1変換板、前記変換板のうち第1変換板とは異なる、もう1つの変換板を第2変換板とした場合に、前記第1変換板が前記第2変換板よりも試料側に設置され、

前記対物レンズの前記試料側の先端部と前記第1変換板の衝突面の間の距離を $L1$ 、前記対物レンズの前記試料側の先端部と前記第2変換板の衝突面の間の距離を $L2$ として、 $L1/L2 \leq 5/9$ であることを特徴とする走査電子顕微鏡。

[請求項10]

請求項9に記載の走査電子顕微鏡において、

前記第1変換板に衝突した信号電子によって、前記衝突面から前記試料側に放出される変換電子を検出する感受面を備え、前記光軸外に、前記光軸を基準に対称に配置された第1、第2の検出器を具備し、

前記第2変換板に衝突した信号電子によって、前記衝突面から前記試料側に放出される変換電子を検出する感受面を備え、前記光軸外に、前記光軸を基準に対称に配置された、第3、第4の検出器を具備したことを特徴とする走査電子顕微鏡。

[請求項11]

請求項10に記載の走査電子顕微鏡において、

前記第1、第2、第3、および第4の検出器からの出力信号を線形加算するための信号処理回路を備えることを特徴とする走査電子顕微鏡。

[請求項12]

請求項9に記載の走査電子顕微鏡において、

前記第1変換板に後方散乱電子が衝突して発生する変換電子を検出

し、前記第2変換板に二次電子が衝突して発生する変換電子を検出することを特徴とする走査電子顕微鏡。

[請求項13] 請求項9に記載の走査電子顕微鏡において、
前記減速電界型エネルギーフィルタは、前記第1変換板とは独立したユニットとして具備されていることを特徴とする走査電子顕微鏡。

[請求項14] 請求項9に記載の走査電子顕微鏡において、
前記減速電界型エネルギーフィルタは、前記第1変換板と一体のユニットとして具備されていることを特徴とする走査電子顕微鏡。

[請求項15] 請求項9に記載の走査電子顕微鏡において、
前記第2変換板の衝突面より前記試料側に減速電界型エネルギーフィルタが具備され、
前記第1変換板および前記第2変換板について、各々別々に前記減速電界型エネルギーフィルタを通過した高エネルギー電子が衝突することを特徴とする走査電子顕微鏡。

[請求項16] 請求項9に記載の走査電子顕微鏡において、
対物レンズ先端部から臨む第1変換板の衝突立体角が、第2変換板の衝突立体角よりも大きいことを特徴とする走査電子顕微鏡。

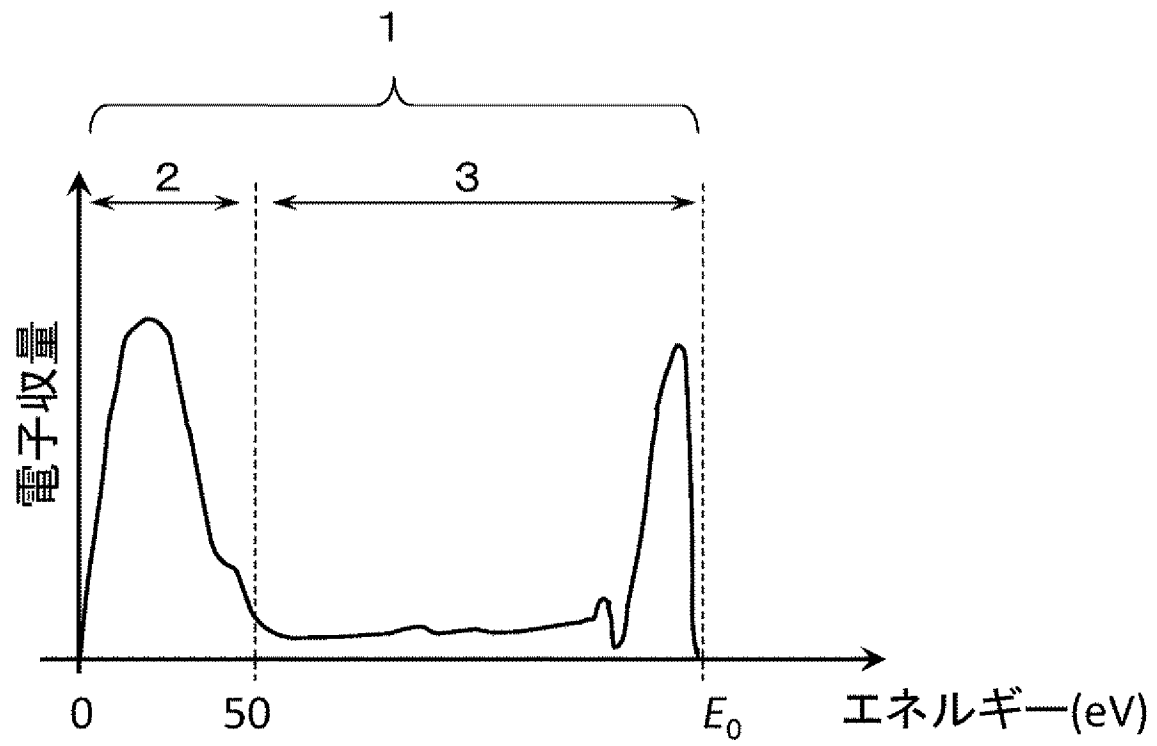
[請求項17] 請求項9に記載の走査電子顕微鏡において、
第1、第2、第3、および第4検出器に用いられる検出器が、構成要素としてシンチレータ材料を用いる検出器またはそれらの組み合わせであることを特徴とする走査電子顕微鏡。

[請求項18] 請求項9に記載の走査電子顕微鏡において、
第1、第2変換板の衝突面に、原子番号50以上の材料が含まれることを特徴とする走査電子顕微鏡。

[請求項19] 請求項9に記載の走査電子顕微鏡において、
第1、第2変換板の衝突面に、負の電子親和力を有する材料が含まれることを特徴とする走査電子顕微鏡。

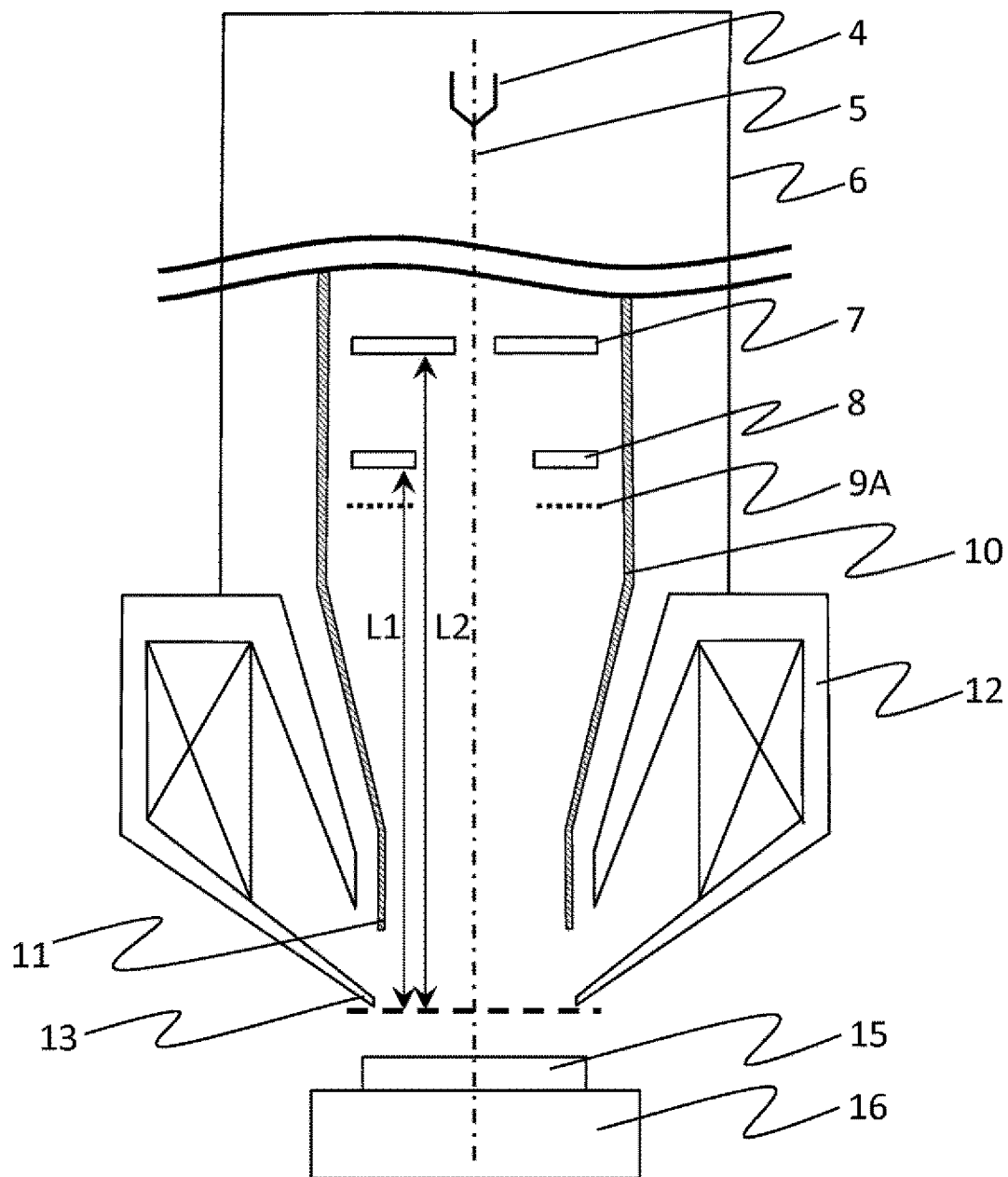
[図1]

図1



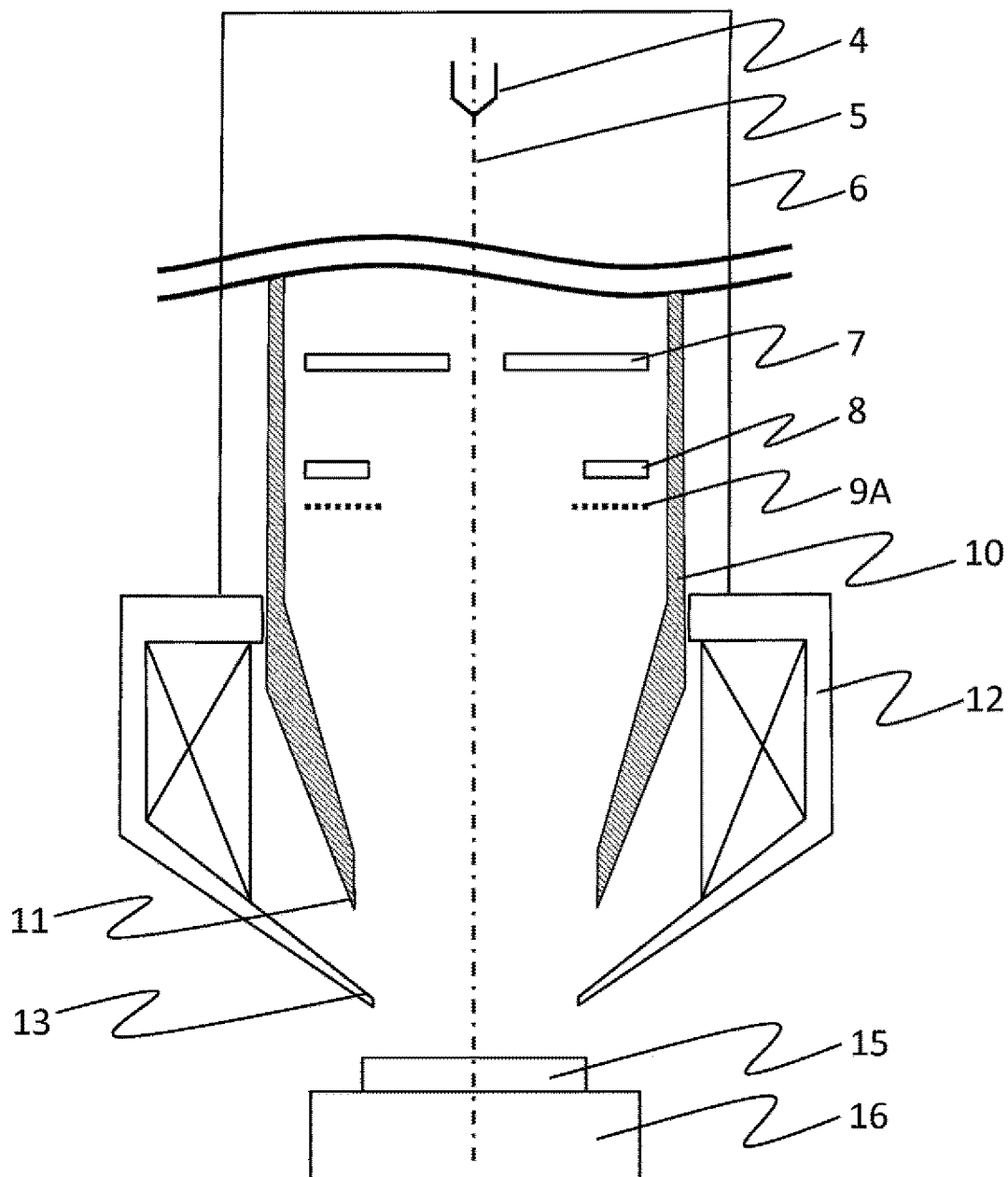
[図2]

図2



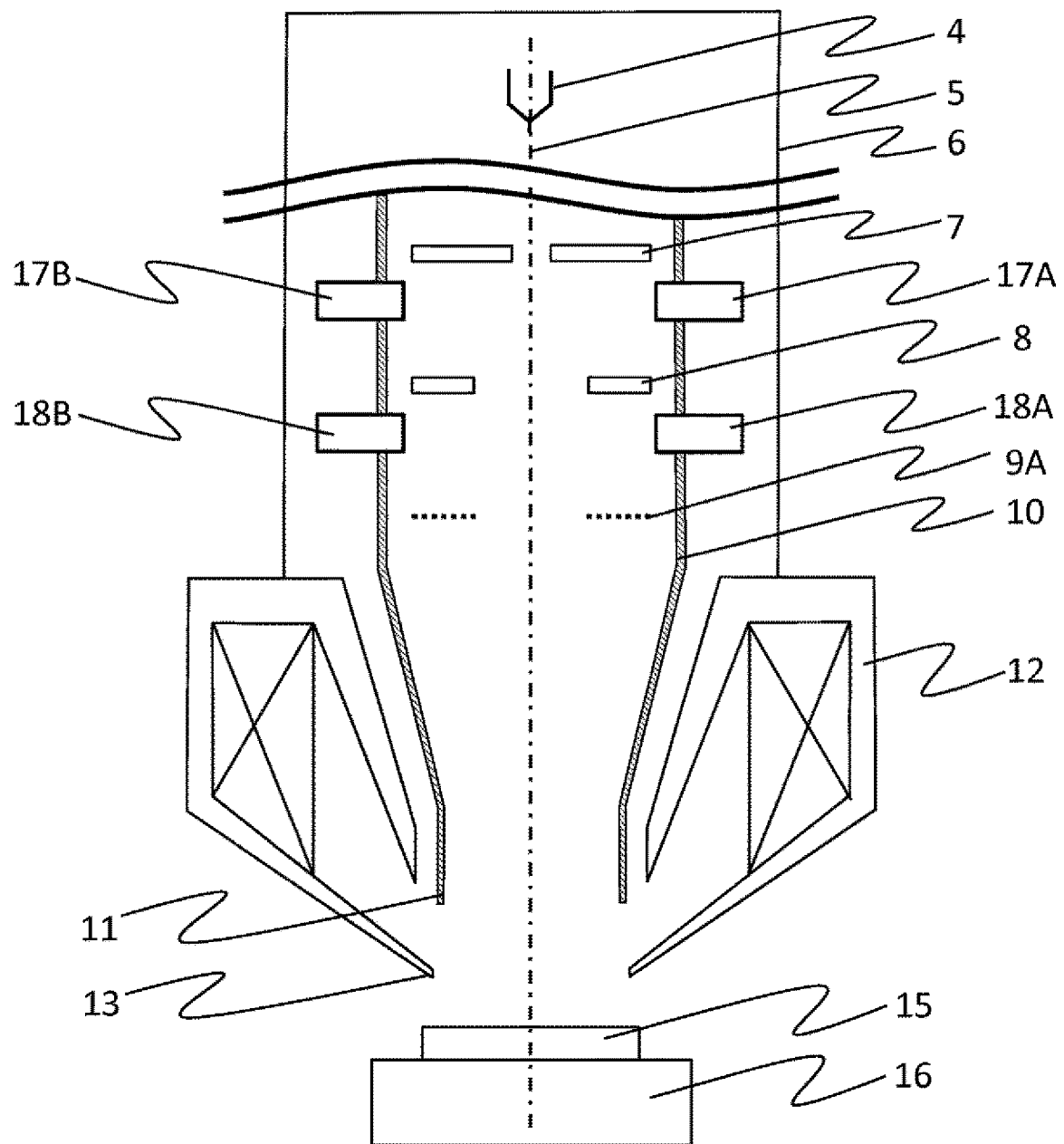
[図3]

図3



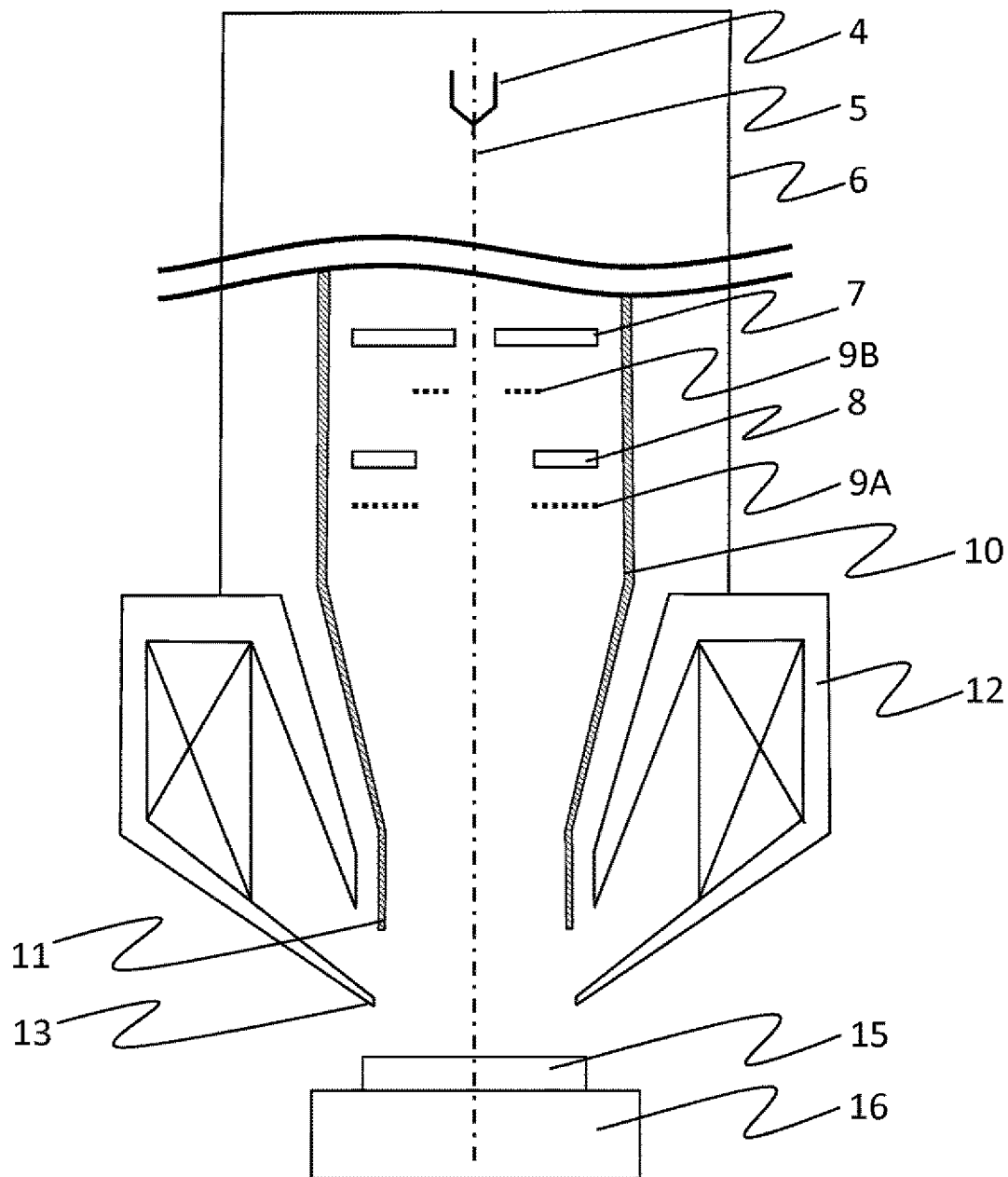
[図4]

図4



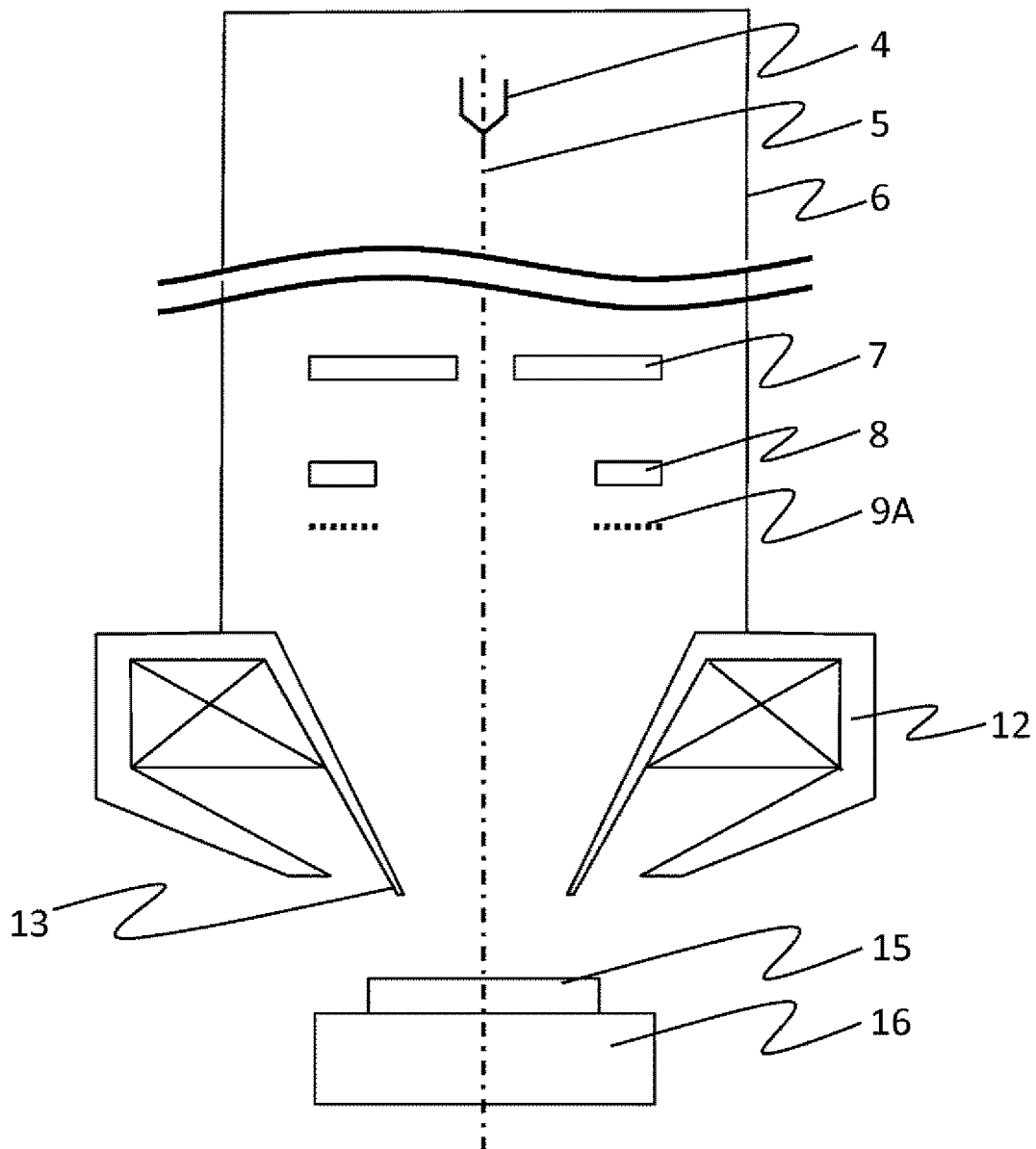
[図5]

図5



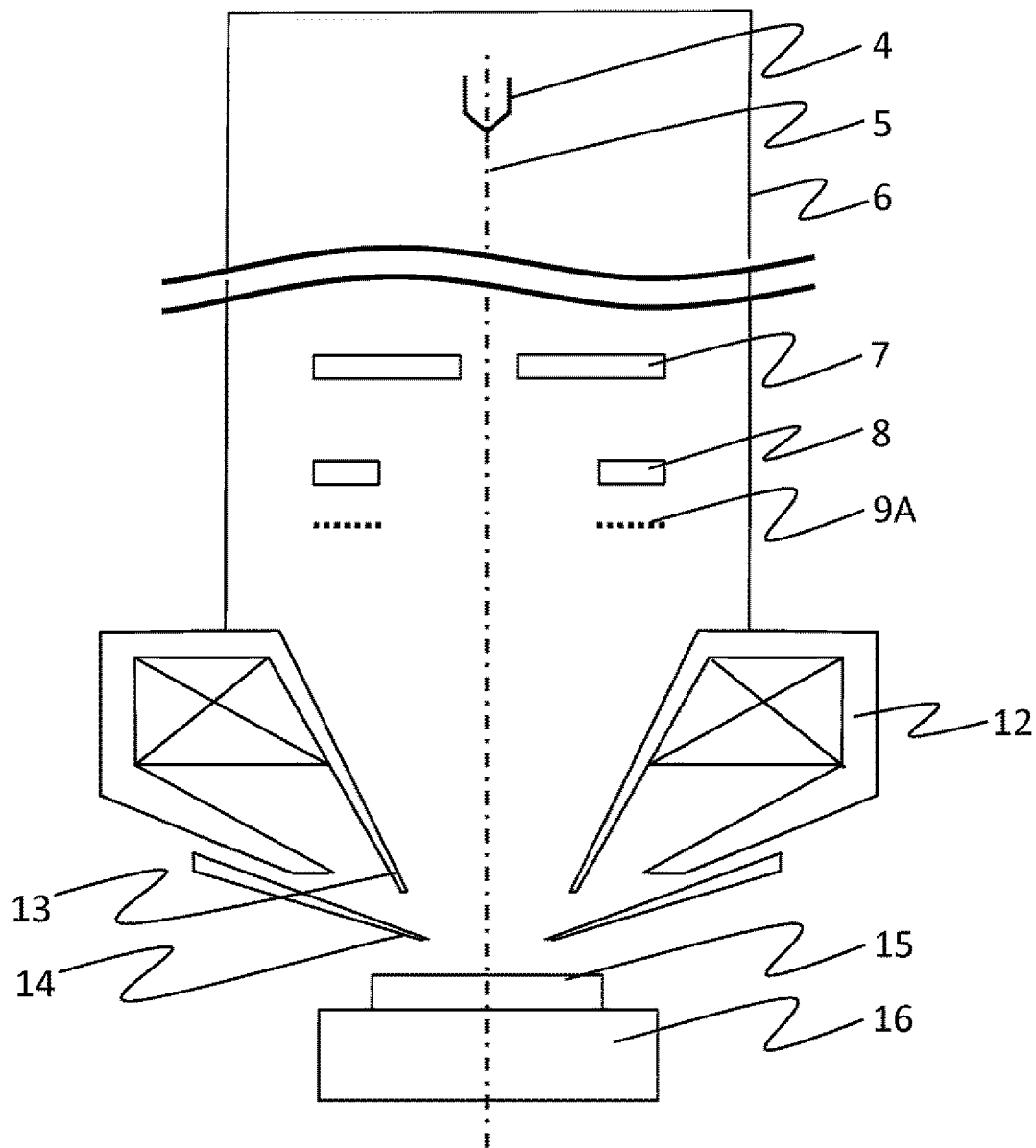
[図6]

図6



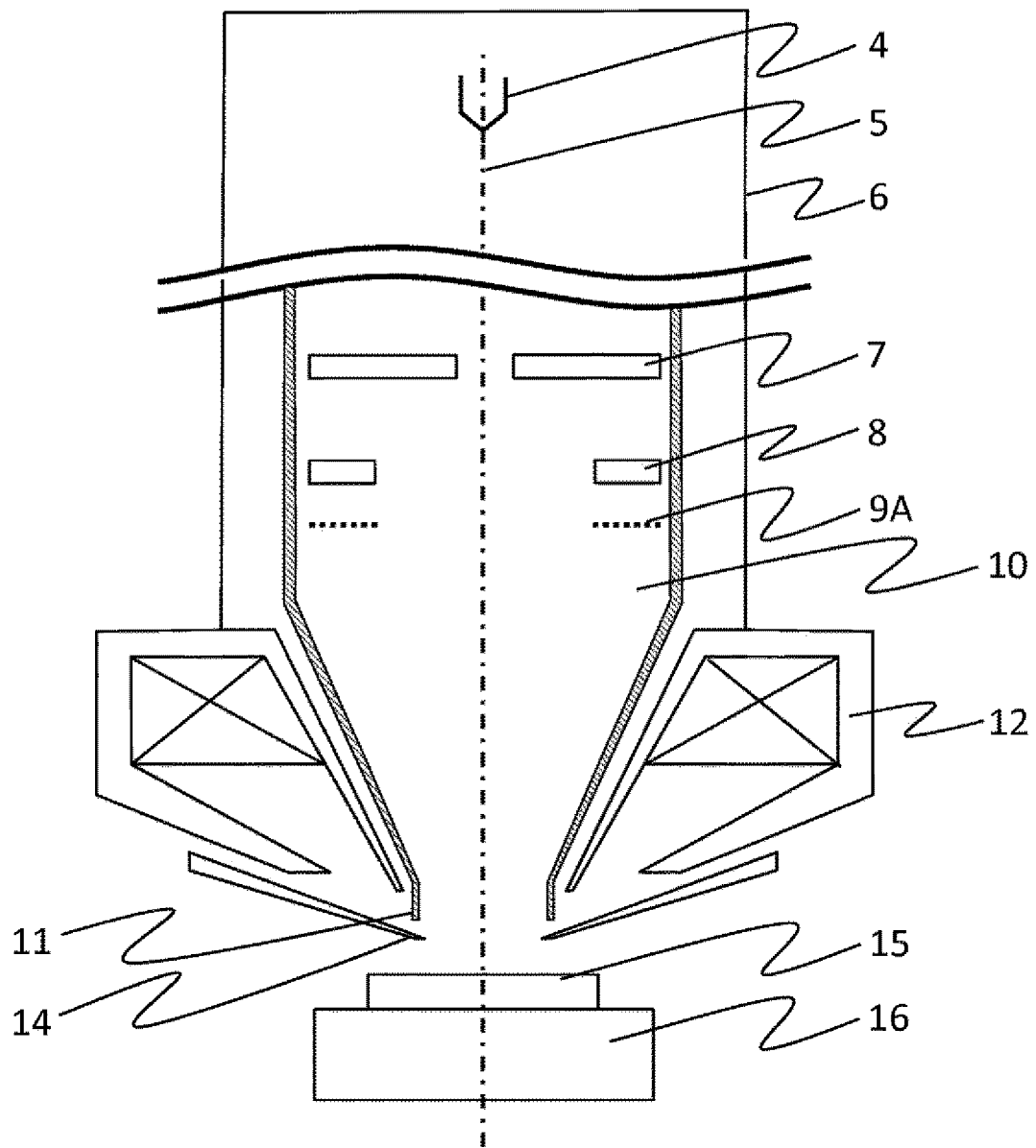
[図7]

図7



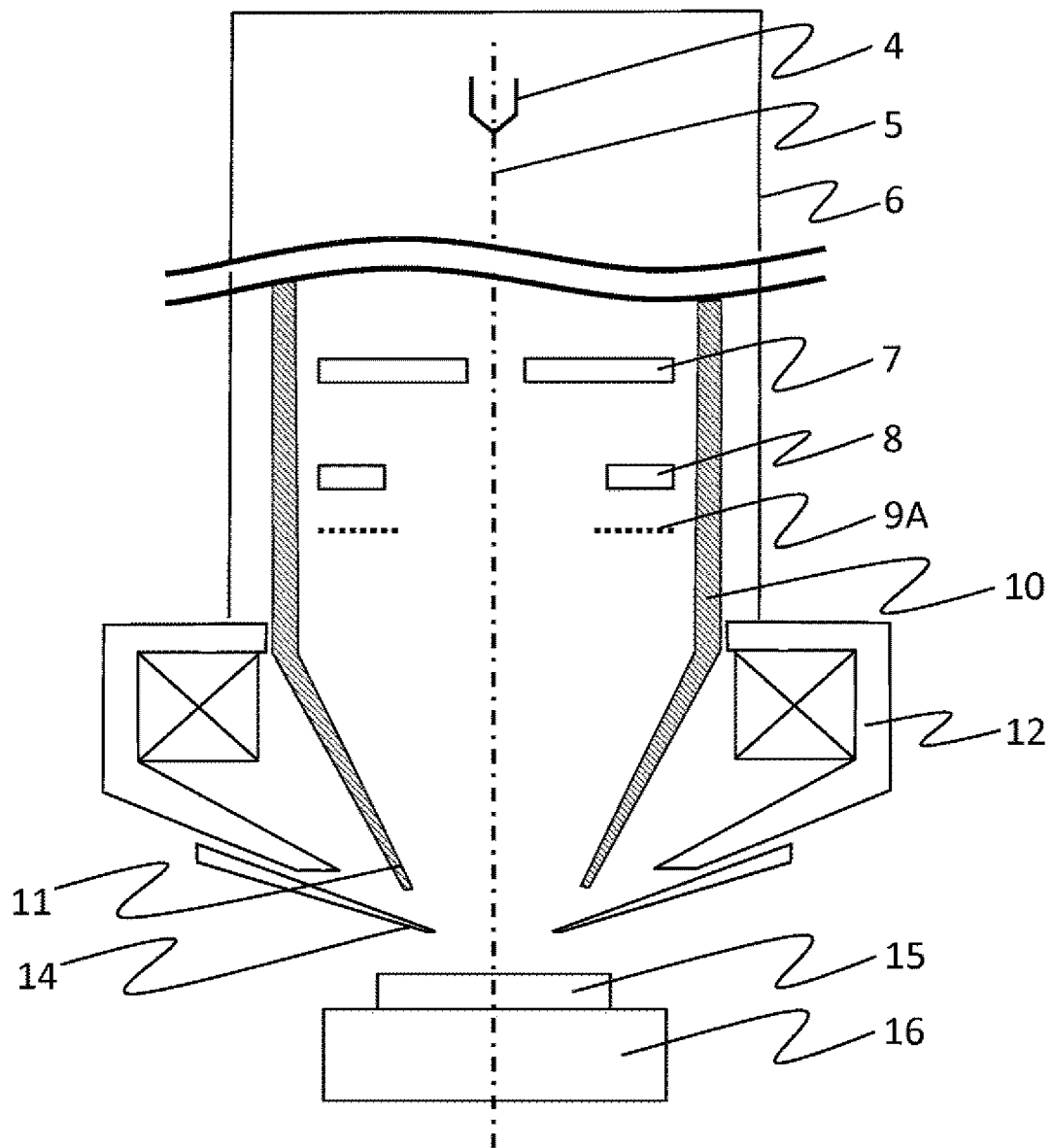
[図8]

図8



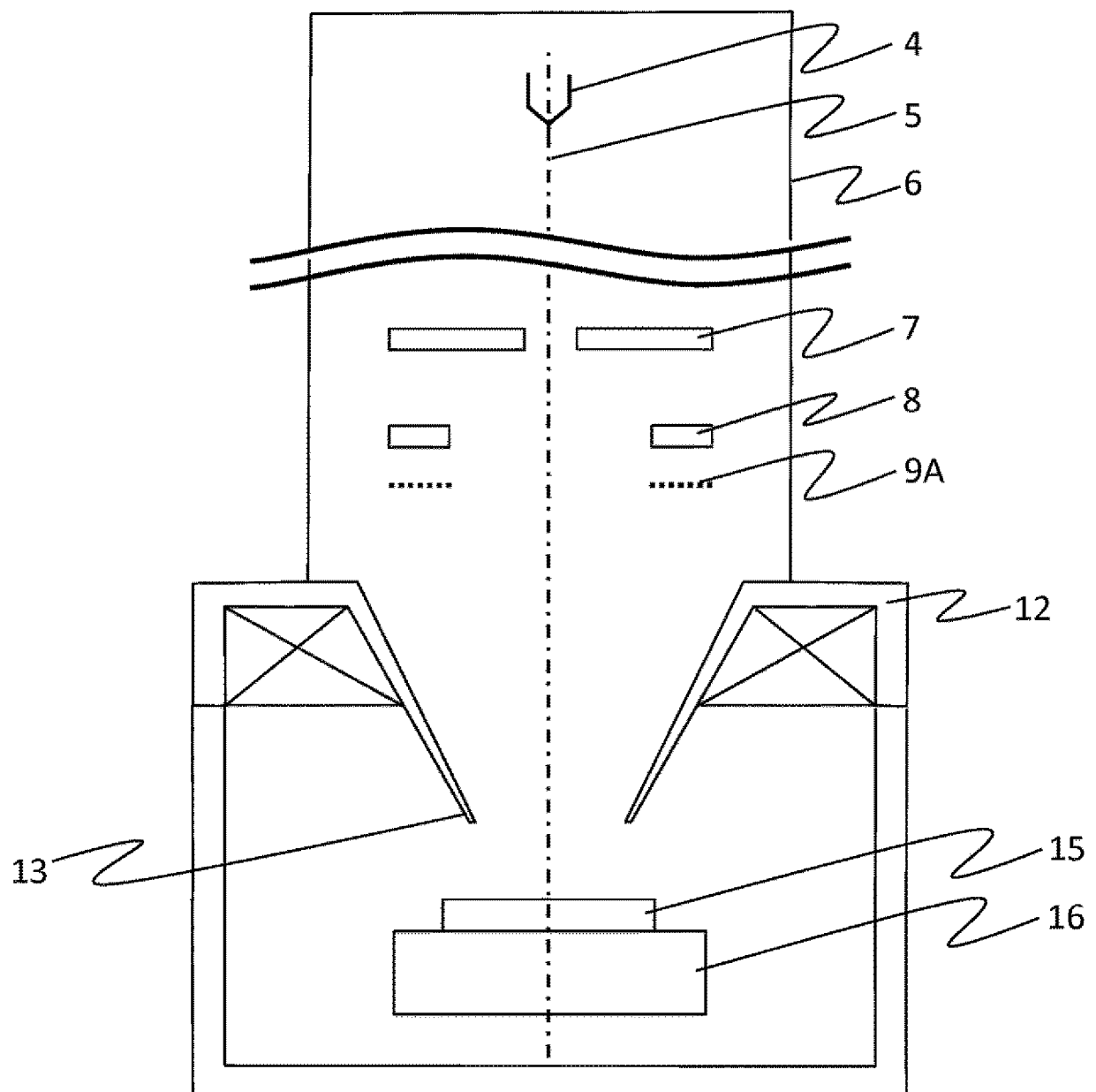
[図9]

図9



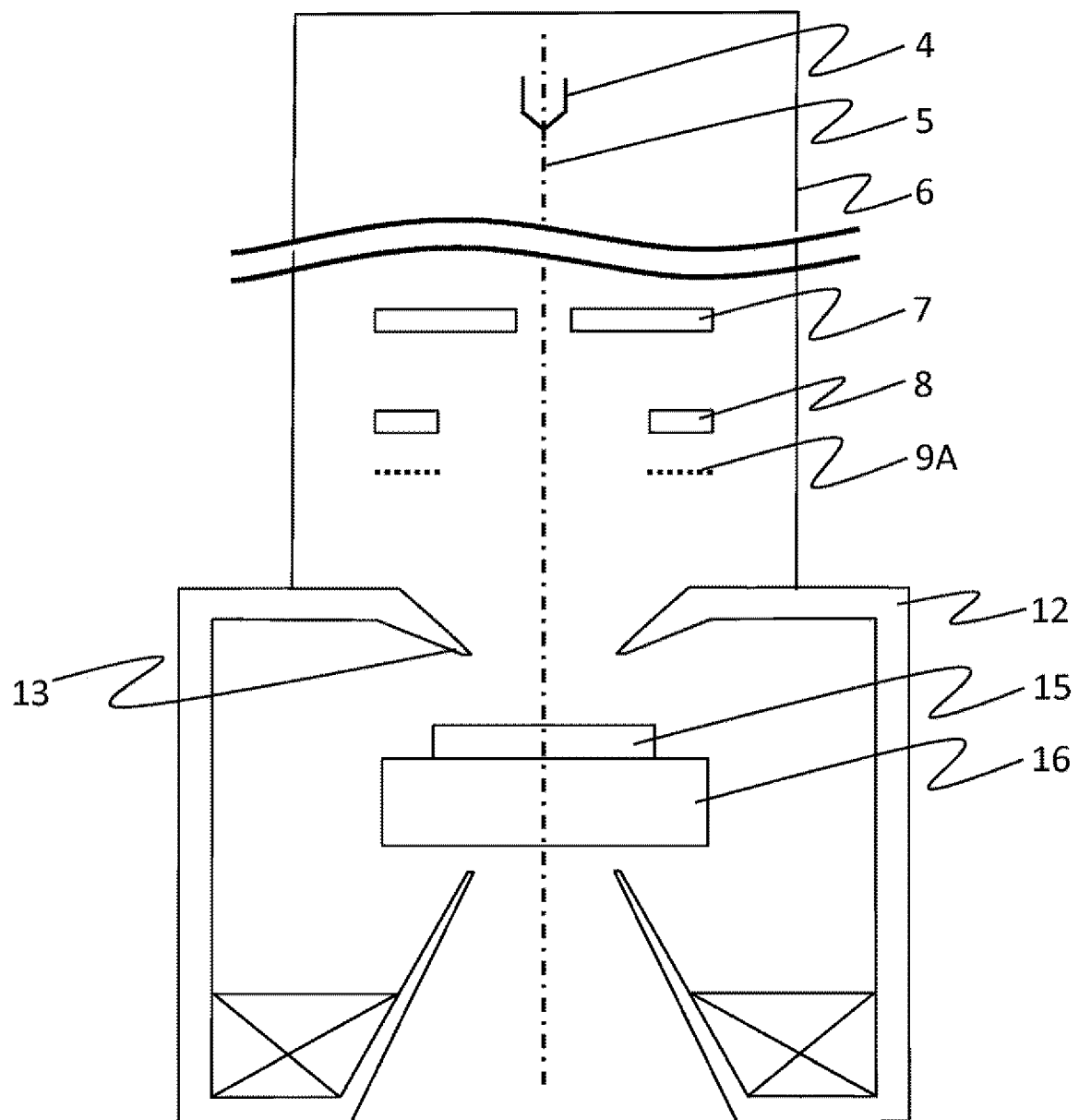
[図10]

図10



[図11]

図11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/068529

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/28(2006.01)i, H01J37/22(2006.01)i, H01J37/244(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)

H01J37/28, H01J37/22, H01J37/244

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
A	JP 2013-089514 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 13 May 2013 (13.05.2013), entire text; all drawings & WO 2013/058077 A1	1-19
A	JP 2008-027737 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 07 February 2008 (07.02.2008), entire text; all drawings & US 2008/0017797 A1	1-19
A	JP 11-242941 A (Hitachi, Ltd.), 07 September 1999 (07.09.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-19

☒ 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
21 October, 2014 (21.10.14)

Date of mailing of the international search report
04 November, 2014 (04.11.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/068529

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 2012-015130 A (Carl Zeiss NTS GmbH), 19 January 2012 (19.01.2012), entire text; all drawings & JP 2004-221089 A & JP 2013-55073 A & US 2004/0245465 A1 & US 2007/0120071 A1 & US 2009/0309024 A1 & EP 1439565 A2 & EP 2463889 A2 & DE 10301579 A	1-19
A	JP 2000-299078 A (Topcon Corp.), 24 October 2000 (24.10.2000), entire text; all drawings & US 2002/0185599 A1	1-19
A	WO 01/075929 A1 (Hitachi, Ltd.), 11 October 2001 (11.10.2001), entire text; all drawings & US 2007/0221846 A1 & EP 1271603 A1 & EP 2088615 A1	1-19

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J37/28(2006.01)i, H01J37/22(2006.01)i, H01J37/244(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. H01J37/28, H01J37/22, H01J37/244

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
A	JP 2013-089514 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2013.05.13, 全文、全図 & WO 2013/058077 A1	1 - 1 9
A	JP 2008-027737 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2008.02.07, 全文、全図 & US 2008/0017797 A1	1 - 1 9
A	JP 11-242941 A（株式会社日立製作所）1999.09.07, 全文、全図（ファミリーなし）	1 - 1 9

☒ 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 1 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 4 . 1 1 . 2 0 1 4

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 2012-015130 A (カール・ツァイス・エヌティーエス・ゲーエム ベーハー) 2012.01.19, 全文、全図 & JP 2004-221089 A & JP 2013-55073 A & US 2004/0245465 A1 & US 2007/0120071 A1 & US 2009/0309024 A1 & EP 1439565 A2 & EP 2463889 A2 & DE 10301579 A	1 - 19
A	JP 2000-299078 A (株式会社トプコン) 2000.10.24, 全文、全図 & US 2002/0185599 A1	1 - 19
A	WO 01/075929 A1 (株式会社日立製作所) 2001.10.11, 全文、全図 & US 2007/0221846 A1 & EP 1271603 A1 & EP 2088615 A1	1 - 19