

(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
2021年1月14日(14.01.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/005671 A1

(51) 国際特許分類:
H01J 37/147 (2006.01) H01J 37/153 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/026926

(22) 国際出願日: 2019年7月8日(08.07.2019)

(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
(HITACHI HIGH-TECH CORPORATION) [JP/
JP]; 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目
17番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 圓山 百代 (ENYAMA Momoyo);
〒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). 榊原 慎
(SAKAKIBARA Makoto); 〒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). 川野 源 (KAWANO Hajime);
〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14

号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo
(JP). 太田 洋也 (OHTA Hiroya); 〒1058717 東
京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社
日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).

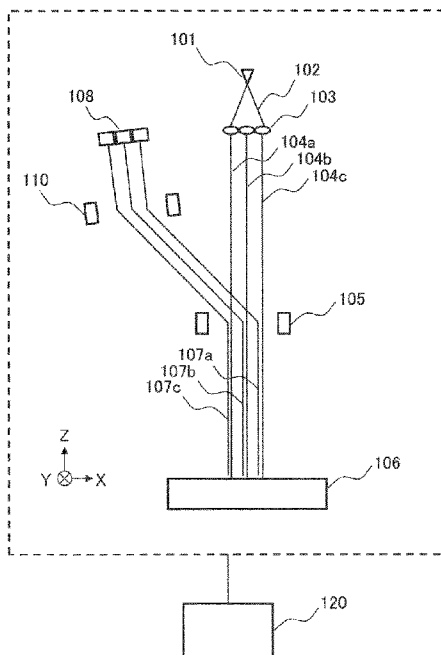
(74) 代理人: ポレール特許業務法人 (POLAIRE
I.P.C.); 〒1030025 東京都中央区日本橋茅場
町二丁目13番11号 Tokyo (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: CHARGED PARTICLE BEAM DEVICE

(54) 発明の名称: 荷電粒子線装置

図1



(57) Abstract: In order to provide a charged particle beam device by which it is possible to reduce displacement between secondary beams that occurs in a beam separator, this charged particle beam device comprises: a charged particle beam source that emits a plurality of primary beams onto a sample; a plurality of detectors for detecting secondary beams emitted from the sample in response to the primary beams; and a beam separator that deflects the secondary beams in a direction differing from the primary beams. The charged particle beam device is characterized by further comprising a deflector that is provided between the beam separator and the detector, and that corrects the displacement between the secondary beams that occurs in the beam separator.

(57) 要約: ビームセパレータにおいて生じる二次ビームの間の位置ずれを低減可能な荷電粒子線装置を提供するために、複数本の一次ビームを試料に照射する荷電粒子線源と、前記一次ビームのそれぞれに応じて前記試料から放出される各二次ビームを検出する複数の検出器と、前記一次ビームと異なる方向へ前記二次ビームを偏向させるビームセパレータと、を備える荷電粒子線装置であって、前記ビームセパレータと前記検出器との間に設けられ、前記ビームセパレータにおいて生じる前記二次ビームの間の位置ずれを補正する偏向器をさらに備えることを特徴とする。

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:

- 一 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、特に複数本の荷電粒子線を用い、スループットを向上させる技術に関する。

背景技術

[0002] 荷電粒子線装置は、電子ビームやイオンビーム等の荷電粒子線を試料に照射することによって試料から放出される二次電子や反射電子等の二次荷電粒子を検出し、試料の微細な構造を観察するための画像を生成する装置であり、半導体の製造工程等に用いられる。半導体の製造工程ではスループットの向上が求められ、複数本の荷電粒子線を試料に照射し、試料から放出される二次荷電粒子を複数の検出器で検出するマルチビーム方式の荷電粒子線装置が用いられることがある。

[0003] マルチビーム方式の荷電粒子線装置では、試料に照射される荷電粒子線である一次ビームと、試料から放出される二次荷電粒子である二次ビームとを分離するために、一次ビームと異なる方向へ二次ビームを偏向させるビームセパレータが備えられる。ただし、ビームセパレータでは二次ビームに偏向色収差が生じる。

[0004] 特許文献1には、マルチビーム方式の電子線装置において、ビームセパレータである電磁偏向器で生じる偏向色収差を補正するための静電偏向器を備えることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2006/101116号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら特許文献1では、ビームセパレータにおいて生じる二次ビー

ムの間の位置ずれに対する配慮がなされていない。二次ビームは、ビームセパレータによって形成される電場または磁場から作用を受ける区間の長さがビームセパレータに入射する位置に応じて異なり、電場または磁場の中の作用区間が長いほど偏向させられる量が大きくなる。すなわち、ビームセパレータに入射する位置の違いによって二次ビームの間に位置ずれが生じ、位置ずれが大き過ぎると二次ビームの検出に支障をきたす。

[0007] そこで本発明は、ビームセパレータにおいて生じる二次ビームの間の位置ずれを低減可能な荷電粒子線装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために本発明は、複数本の一次ビームを試料に照射する荷電粒子線源と、前記一次ビームのそれぞれに応じて前記試料から放出される各二次ビームを検出する複数の検出器と、前記一次ビームと異なる方向へ前記二次ビームを偏向させるビームセパレータと、を備える荷電粒子線装置であって、前記ビームセパレータと前記検出器との間に設けられ、前記ビームセパレータにおいて生じる前記二次ビームの間の位置ずれを補正する偏向器をさらに備えることを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、ビームセパレータにおいて生じる二次ビームの間の位置ずれを低減可能な荷電粒子線装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施例1の荷電粒子線装置の一例を示す概略図である。

[図2] $E \times B$ を用いたビームセパレータ 105 について説明する図である。

[図3]ビームセパレータ 105 が形成する電場 E または磁場 B の中の二次ビーム 107 を説明する図である。

[図4]平面 302 における二次ビーム 107 の間の位置ずれの一例を示す図である。

[図5]偏向器 110 による二次ビーム 107 の間の位置ずれの補正について説明する図である。

[図6]ビームセパレータ105と偏向器110での二次ビーム107の偏向角について説明する図である。

[図7]偏向器110による二次ビーム107のビーム形状の補正について説明する図である。

[図8]E×Bを用いた偏向器110の電場と磁場の比率を調整する処理の流れの一例を示す図である。

[図9]E×Bを用いた偏向器110の電場と磁場の比率の調整に用いられる調整用試料901の一例を示す図である。

[図10]E×Bを用いた偏向器110の電場と磁場の比率の調整に用いられる調整用画面1001の一例を示す図である。

[図11]実施例1の荷電粒子線装置の変形例を示す概略図である。

[図12]実施例2の荷電粒子線装置の一例を示す概略図である。

[図13]実施例3の荷電粒子線装置の一例を示す概略図である。

[図14]実施例3の偏向器110の一例を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、添付図面に従って本発明に係る荷電粒子線装置の実施例について説明する。荷電粒子線装置は、電子線に代表される荷電粒子線を試料に照射することによって試料を観察する装置であり、走査電子顕微鏡や走査透過電子顕微鏡等の様々な装置がある。以下では、荷電粒子線装置の一例として、複数本の電子線を用いて試料を観察するマルチビーム方式の走査電子顕微鏡について説明する。

実施例 1

[0012] 図1を用いて本実施例の走査電子顕微鏡の全体構成について説明する。走査電子顕微鏡は、電子源101、マルチビーム形成部103、ビームセパレータ105、検出器108、偏向器110、制御部120を備える。

[0013] 電子源101は電子を放出して加速することにより、電子ビーム102を生成する装置である。電子源101で生成された電子ビーム102は、マルチビーム形成部103によって複数本の一次ビーム104に分離される。図

1には3本に分離された一次ビーム104a、104b、104cが例示される。一次ビーム104a、104b、104cはビームセパレータ105に入射し、試料106に向かって進行し、照射される。なお、試料106に照射される一次ビーム104a、104b、104cは、図示されない集束レンズや対物レンズ、走査用偏向器により、集束と偏向がなされる。

[0014] 一次ビーム104a、104b、104cが照射された試料106からは、二次電子や反射電子等が二次ビーム107a、107b、107cとして放出される。二次ビーム107a、107b、107cは一次ビーム104a、104b、104cのそれぞれに応じて放出され、ビームセパレータ105に入射して偏向される。

[0015] 図2を用いてビームセパレータ105の一例について説明する。図2は電子源101の側からビームセパレータ105を見た図であり、図2(a)には一次ビーム104に対する作用が、図2(b)には二次ビーム107に対する作用が示される。ビームセパレータ105は、正電極105a、負電極105b、正磁極105c、負磁極105dを有し、正電極105aから負電極105bへの電場Eと、正磁極105cから負磁極105dへの磁場Bを形成する。すなわち、一次ビーム104と直交する面内において、互いに直交する電場Eと磁場Bが形成される。電場Eと磁場Bが直交することから $E \times B$ と呼ばれる。なお電場Eと磁場Bが直交すれば電極と磁極の数は二極に限られず、八極や十二極としても良い。

[0016] 図2(a)に示されるように、一次ビーム104には電場Eによる力201と磁場Bによる力202が逆方向に作用し、力201と力202の大きさが等しい場合、一次ビーム104は直進する。一方、図2(b)に示されるように、二次ビーム107には電場Eによる力201と磁場Bによる力202が同じ方向に作用するので、二次ビーム107は力201と力202の合力により一次ビーム104とは異なる方向へ偏向させられる。すなわち、ビームセパレータ105によって形成される電場Eと磁場Bの作用により、一次ビーム104と二次ビーム107が分離される。

[0017] 図1の説明に戻る。一次ビーム104a、104b、104cと異なる方向へ偏向させられた二次ビーム107a、107b、107cは、後述される偏向器110を介して、検出器108へ入射する。検出器108は、二次ビーム107a、107b、107cのそれぞれを検出する複数の検出部を有する装置である。検出器108の検出信号は制御部120に送信され、試料106の観察像の生成に用いられる。

[0018] 制御部120は走査電子顕微鏡の各部を制御する装置であり、例えば汎用のコンピュータによって構成される。コンピュータは、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサと、メモリやHDD (Hard Disk Drive) 等の記憶装置と、キーボードやマウス等の入力装置と、液晶ディスプレイ等の表示装置を備える。制御部120は、HDDに記憶されるプログラムをメモリに展開してCPUに実行させることにより様々な処理をする。なお、制御部120の一部は、専用の回路基板等のハードウェアによって構成されても良い。制御部120は検出器108から送信される検出信号に基づいて観察像を生成し、表示する。

[0019] 適切な観察像の生成には、試料106から放出される二次ビーム107が検出器108によってもれなく検出されることが望ましい。しかし、ビームセパレータ105において生じる二次ビーム107の間に位置ずれによって、検出器108による二次ビーム107の検出に支障をきたす場合がある。以降で、二次ビーム107の間に位置ずれについて説明する。

[0020] 図3を用いてビームセパレータ105が形成する電場Eまたは磁場Bの中の二次ビーム107について説明する。ビームセパレータ105が形成する電場Eまたは磁場Bは、二次ビーム107の進行方向に拡がりを持つため、二次ビーム107は、ビームセパレータ105に入射する位置に応じて、電場Eまたは磁場Bから作用を受ける区間の長さが異なる。例えば、偏向させられる二次ビーム107の中の外側の二次ビーム107aの作用区間301aは、内側の二次ビーム107cの作用区間301cよりも長い。その結果、外側の二次ビーム107aは内側の二次ビーム107cよりも大きく偏

向させられる。

[0021] 図4を用いて、図3の平面302における二次ビーム107の間に位置ずれについて説明する。なお説明を簡単にするため、平面302には偏向後の二次ビーム107にほぼ直交し、各二次ビーム107が最も集束する試料像面を選択した。また図4には9本の二次ビーム107を例示する。電場Eまたは磁場Bの作用区間301の長さに応じて、各二次ビーム107が偏向させられる量は異なるので、ビームセパレータ105への入射位置の違いによって、平面302に到達する二次ビーム107の間には位置ずれが生じる。すなわち外側の二次ビーム107aは内側の二次ビーム107cよりも大きく偏向させられることによってビーム間隔が広がる。二次ビーム107の間の位置ずれが大き過ぎると、検出器108に入射できない二次ビーム107が生じ、二次ビーム107の検出に支障をきたす。

[0022] また二次ビーム107はエネルギー分散を有し、エネルギーに応じて偏向させられる量は異なるのでビーム形状が歪む。すなわち、エネルギーが大きい二次ビーム107は、エネルギーが小さい二次ビーム107よりも、電場Eまたは磁場Bによって偏向させられる量が小さいので、二次ビーム107のビーム形状は図4に示されるように歪む。ビーム形状の歪みは、各二次ビーム107の検出分解能を低下させる。

[0023] そこで本実施例では、ビームセパレータ105と検出器108との間に設けられる偏向器110によって、ビームセパレータ105において生じる二次ビーム107の間の位置ずれを補正する。偏向器110は、二次ビーム107をビームセパレータ105とは逆方向に偏向させる装置であり、例えば正電極と負電極とからなる電場セクタや、正磁極と負磁極とからなる磁場セクタである。偏向器110によって図1のように二次ビーム107を偏向させるには、正電極が右側に、負電極が左側に配置される電場セクタや、正磁極が手前に、負磁極が奥に配置される磁場セクタが用いられる。また互いに直交する電場と磁場を形成する $E \times B$ が偏向器110に用いられても良い。

[0024] 図5を用いて、偏向器による二次ビーム107の間の位置ずれの補正につ

いて説明する。図5（a）には偏向器110による偏向の作用が示され、図5（b）には偏向器110によって補正された二次ビーム107が検出器108に入射するときの配置が示される。偏向器110が、二次ビーム107をビームセパレータ105とは逆方向に偏向することにより、図4とは逆方向の位置ずれが二次ビーム107に生じる。その結果、ビームセパレータ105と偏向器110とでそれぞれ生じる位置ずれが打ち消し合い、図5（b）に示されるように位置ずれが低減された二次ビーム107が検出器108に入射できる。また二次ビーム107のエネルギー分散にともなうビーム形状の歪みに関しても、ビームセパレータ105と偏向器110の作用が打ち消し合うので、ビーム形状が改善される。

[0025] 図6を用いて、ビームセパレータ105と偏向器110での二次ビーム107の偏向角について説明する。複数本の二次ビーム107の中心に位置する二次ビーム107bがビームセパレータ105によって偏向させられる角度を θ_1 、二次ビーム107bが偏向器110によって偏向させられる角度を θ_2 としたとき、 θ_1 と θ_2 は逆方向となる。また検出器108への二次ビーム107bの入射角は直角であることが好ましい。そこで、ビームセパレータ105に対する検出器108の傾斜角を θ としたとき、偏向器110による偏向角 θ_2 は次式を満たすことが好ましい。

[0026] $\theta_2 = \theta - \theta_1 \quad \dots \quad (\text{式1})$

図7を用いて、偏向器による二次ビーム107のビーム形状の補正について説明する。図7には、それぞれ異なるエネルギーを有する二次ビーム107bである二次ビーム107b-L、107b-M、107b-Hの軌道が示される。なお二次ビーム107b-Lは低エネルギー、二次ビーム107b-Mは中エネルギー、二次ビーム107b-Hは高エネルギーある。

[0027] 偏向器110での偏向角は、二次ビーム107bのエネルギーに応じて異なり、エネルギーが高いほど小さくなる。そのため、偏向器110が二次ビーム107をビームセパレータ105とは逆方向に偏向することにより、ビーム形状の歪みが改善され、特に二次ビーム107b-L、107b-M、

107b-Hの交差点701において、ビーム形状の歪みが消失する。

[0028] 偏向器110が電場セクタまたは磁場セクタである場合、偏向器110の電場または磁場の大きさは偏向角 θ_2 に応じて定められるので、ビーム形状の歪みが消失する点である交差点701の位置も一意に決定される。ビーム形状の歪みが消失した二次ビーム107を検出することで最高の検出分解能になるので、交差点701の位置に検出器108が設けられることがもっとも好ましい。ただし、検出分解能を所定の値以上にする場合は、検出される二次ビーム107のビーム形状の大きさが所定の値以下となる位置、すなわち交差点701の近傍に検出器108が設けられれば良い。

[0029] また偏向器110が $E \times B$ である場合、偏向器110による偏向角 θ_2 は、 $E \times B$ の電場 E_2 による偏向角 $\theta_2(E_2)$ と磁場 B_2 による偏向角 $\theta_2(B_2)$ により次式で表せる。

$$\theta_2 = \theta_2(E_2) + \theta_2(B_2) \quad \dots \quad (\text{式}2)$$

θ_2 が所定の値となる電場 E_2 と磁場 B_2 の組み合わせは連続的に存在する一方で、電場 E_2 と磁場 B_2 の比率が変わると交差点701の位置も移動する。すなわち、電場 E_2 と磁場 B_2 の比率を調整することにより、交差点701の位置を移動させ、所定の位置に設けられた検出器108の検出分解能を制御することができる。

[0030] 図8を用いて、 $E \times B$ を用いた偏向器110の電場 E_2 と磁場 B_2 の比率を調整する処理の流れの一例について説明する。

[0031] (S801)

図9に例示されるような調整用試料901が走査電子顕微鏡の観察視野に配置される。電場 E_2 と磁場 B_2 の比率は、各ビームで取得される画像の違いに基づいて調整される。このため、調整用試料901には複数本の一次ビーム104が照射される位置毎に異なる形状を有するような試料が用いられる。図9には、9本の一次ビーム104が照射される調整用試料901が例示され、9つの各位置が異なる形状を有している。調整用試料901の異なる位置から放出される複数の二次ビーム107が検出器108の中の同じ検

出部に入射すると、異なる形状が混在したSEM像となる。すなわち調整用試料901のSEM像の評価に基づいて、例えば次式を用いることにより二次ビーム107の分離度Dを算出できる。

[0032] $D = S_i(i) / S_i \dots$ (式3)

ここでiは複数のビームの通し番号、 S_i はビーム毎のSEM像の中のi番目のSEM像の信号量の合計、 $S_i(i)$ は S_i に含まれるi番目のビームによる信号量である。(式3)によれば、ビーム毎のSEM像が当該ビームによる信号量だけであれば $D = 1$ 、当該ビームによる信号量を含まなければ $D = 0$ となる。

[0033] なお、複数本の一次ビーム104が照射される位置に同一形状が配置される試料を調整用試料901の代わりに用い、ビーム毎のSEM像における形状のずれに基づいて分離度Dが算出されても良い。

[0034] (S802)

図10に例示される調整用画面1001を用いて、偏向器110の電場E2と磁場B2の比率を操作者が調整する。調整用画面1001は、比率入力部1002と撮影開始ボタン1003とSEM像表示部1004と分離度表示部1005とOKボタン1006を有する。偏向器110の電場E2と磁場B2の比率の調整には、比率入力部1002が用いられる。すなわち、操作者は比率入力部1002に電場E2と磁場B2の比率を入力する。なお偏向器110での偏向角 θ_2 が定められたとき(式2)によって、電場E2と磁場B2のいずれか一方の値から他方の値が算出できるので、電場E2と磁場B2のどちらかの値が入力されるだけでも良い。

[0035] (S803)

操作者が撮影開始ボタン1003をクリックすることにより、調整用試料901のSEM像が撮影され、制御部120がSEM像を評価することにより二次ビーム107の分離度を算出する。分離度の算出には、例えば(式3)が用いられる。撮影されたSEM像はSEM像表示部1004に表示され、算出された分離度は分離度表示部1005に表示される。なお、本ステッ

プにおいてレンズやアライナが調整されても良い。

[0036] (S 8 0 4)

S 8 0 3 で算出された分離度が許容範囲であるか否かが判定される。操作者が判定する場合、分離度が許容範囲であればOKボタンがクリックされて図8の処理の流れは終了となり、許容範囲でなければS 8 0 2 へ戻って比率が再調整される。

[0037] 以上の処理の流れにより、二次ビーム1 0 7 の分離度が許容範囲となるように、偏向器1 1 0 の電場E 2 と磁場B 2 の比率が調整され、検出分解能を向上できる。なお制御部1 2 0 が電場E 2 と磁場B 2 の比率を変えながらSEM像の撮影と分離度の算出を繰り返し、分離度が予め定められた許容範囲となるように比率を調整しても良い。

[0038] なお、電場E 2 と磁場B 2 を形成するために偏向器1 1 0 に供給される電圧と電流をV 2 とI 2 としたとき、偏向角 $\theta 2$ は次式で表せる。

[0039] $\theta 2 = a V 2 \phi 2 + b I 2 \phi 2^{0.5} \dots$ (式4)

ここで、aとbは偏向器1 1 0 のサイズ等の形状や構成によって定められる定数であり、 $\phi 2$ は二次ビーム1 0 7 のエネルギーである。

[0040] また偏向器1 1 0 で生じる二次ビーム1 0 7 のエネルギー分散Disp 2 は次式で表せる。

[0041] $Disp 2 = c V 2 \phi 2 + d (I 2 \phi 2)^{0.5} \dots$ (式5)

ここで、cとdは偏向器1 1 0 のサイズ等の形状や構成によって定められる定数である。ビームセパレータ1 0 5 で生じる二次ビーム1 0 7 のエネルギー分散Disp 1 を偏向器1 1 0 によって打ち消すには次式を満たせばよい。

[0042] $Disp 1 + Disp 2 = 0 \dots$ (式6)

従って偏向角 $\theta 2$ とエネルギー分散Disp 1 の値が与えられたとき、(式4)～(式6)に基づいて、偏向器1 1 0 に供給される電圧V 2 と電流I 2 を算出できる。すなわち、電圧V 2 と電流I 2 は、偏向器1 1 0 での偏向角 $\theta 2$ とビームセパレータ1 0 5 でのエネルギー分散Disp 1 と二次ビー

ム 107 のエネルギー ϕ 2 に基づいて算出される。偏向器 110 の電場 E 2 と磁場 B 2 は、算出された電圧 V 2 と電流 I 2 を用いて調整されても良い。算出された電圧 V 2 と電流 I 2 が用いられることにより、偏向器 110 の電場 E 2 と磁場 B 2 の調整が簡略化できる。

[0043] 図 11 を用いて、本実施例の走査電子顕微鏡の変形例について説明する。図 1 では、ビームセパレータ 105 に $E \times B$ を用い、一次ビーム 104 を直進させて試料 106 に照射する走査電子顕微鏡について説明した。図 11 には、ビームセパレータ 105 に電場セクタまたは磁場セクタを用い、一次ビーム 104 を偏向させて試料 106 に照射する走査電子顕微鏡が示される。すなわち図 1 とはビームセパレータ 105 だけが異なり、他の構成は同じであって、偏向器 110 が二次ビーム 107 をビームセパレータ 105 とは逆方向に偏向させる。

[0044] 以上説明した本実施例の走査電子顕微鏡によれば、ビームセパレータ 105 において生じる二次ビーム 107 の間の位置ずれを低減できる。二次ビーム 107 の間の位置ずれを低減することにより、各二次ビーム 107 を検出器に 108 の各検出部に入射させられるので、二次ビーム 107 の検出に支障をきたすことがない。また二次ビーム 107 のビーム形状の歪みも改善されるので検出分解能が向上する。

実施例 2

[0045] 実施例 1 では、ビームセパレータ 105 に対する検出器 108 の傾斜角 θ が任意の角度である場合について説明した。本実施例では、ビームセパレータ 105 と検出器 108 とが平行である場合について説明する。なお、実施例 1 と同じ機能を有する構成物については同じ符号を付与して説明を省略する。

[0046] 図 12 を用いて本実施例の走査電子顕微鏡の全体構成について説明する。本実施例では、ビームセパレータ 105 と検出器 108 とが平行に配置される。すなわちビームセパレータ 105 に対する検出器 108 の傾斜角 $\theta = 0$ であり、検出器 108 が重力方向に対して垂直に配置される。図 12 におい

ても、偏向器 110 によって二次ビーム 107 をビームセパレータ 105 と逆方向に偏向させることによって、ビームセパレータ 105 において生じる二次ビーム 107 の間の位置ずれが補正される。なお、(式 1) に $\theta = 0$ を代入すると、 $\theta_2 = -\theta_1$ となるので、ビームセパレータ 105 の偏向角 θ_1 と偏向器 110 の偏向角 θ_2 を等しい絶対値することが好ましい。

[0047] 以上説明した本実施例の走査電子顕微鏡によれば、実施例 1 と同様に、ビームセパレータ 105 において生じる二次ビーム 107 の間の位置ずれを低減できる。また二次ビーム 107 のビーム形状の歪みも改善されるので検出分解能が向上する。さらに、検出器 108 が重力方向に対して垂直に配置されるので、検出器 108 が重力方向に振動する場合であっても、検出器 108 に対して二次ビーム 107 が位置ずれせず、安定的に SEM 像を生成できる。

実施例 3

[0048] 実施例 1 では、偏向器 110 によって二次ビーム 107 をビームセパレータ 105 と逆方向に偏向させる場合について説明した。本実施例では、偏向器 110 に $E \times B$ を用い二次ビーム 107 を直進させる場合について説明する。なお、実施例 1 と同じ機能を有する構成物については同じ符号を付与して説明を省略する。

[0049] 図 13 を用いて本実施例の走査電子顕微鏡の全体構成について説明する。本実施例では、偏向器 110 に $E \times B$ が用いられ、二次ビーム 107 が偏向器 110 を直進する。すなわち偏向器 110 での偏向角 $\theta_2 = 0$ であり、ビームセパレータ 105 と偏向器 110 と検出器 108 が一直線上に配置される。図 13 では $\theta_2 = 0$ を維持したまま、偏向器 110 での電場 E_2 と磁場 B_2 の比率を調整することによって、検出器 108 における二次ビーム 107 のビーム形状の大きさが制御されて、検出器 108 の検出分解能が調整される。電場 E_2 と磁場 B_2 の比率は、図 8 に示される処理の流れに従って調整される。

[0050] なお、偏向角 $\theta_2 = 0$ の場合、二次ビーム 107 の間の位置ずれの補正が

やや困難となる。そこで本実施例では、図14に示されるような二次ビーム107に対して非対称な電磁場を形成する偏向器110を用いても良い。図14に示される偏向器110は、二次ビーム107に沿って配置される複数の電極または磁極1401～1405を有する。

[0051] 偏向器110が形成する電場または磁場の拡がりが増加される側は部分的に電極または磁極1401～1405がONになり、他方の側は全てがONになる。図14には、電極または磁極1403a、1401b～1405bがONになり、電極または磁極1401a、1402a、1404a、1405aがOFFになった場合が例示される。このように電極または磁極1401～1405を動作させることにより、二次ビーム107に対して非対称な電磁場が形成され、図14では非対称な電磁場からの作用区間が、二次ビーム107cでは長くなり、二次ビーム107aでは短くなる。非対称な電磁場からの作用区間を調整することにより、二次ビーム107の間の位置ずれが補正される。

[0052] 以上説明した本実施例の走査電子顕微鏡によれば、非対称な電磁場を形成することにより、ビームセパレータ105において生じる二次ビーム107の間の位置ずれを低減できる。また二次ビーム107のビーム形状の歪みも改善されるので検出分解能が向上する。さらに、二次ビーム107が偏向器110を直進するので、ビームセパレータ105と偏向器110と検出器108が一直線上に配置され、走査電子顕微鏡の製作が容易になる。

[0053] 以上、本発明の荷電粒子線装置の複数の実施例について説明した。本発明は上記実施例に限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施例に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせても良い。さらに、上記実施例に示される全構成要素からいくつかの構成要素を削除しても良い。

符号の説明

[0054] 101…電子源、102…電子ビーム、103…マルチビーム形成部、104…一次ビーム、105…ビームセパレータ、105a…正電極、105b

…負電極、105c…正磁極、105d…負磁極、106…試料、107…二次ビーム、108…検出器、110…偏向器、120…制御部、201…電場Eによる力、202…磁場Bによる力、301…作用区間、302…平面、701…交差点、901…調整用試料、1001…調整用画面、1002…比率入力部、1003…撮影開始ボタン、1004…SEM像表示部、1005…分離度表示部、1006…OKボタン、1401～1405…複数の電極または磁極

請求の範囲

- [請求項1] 複数本の一次ビームを試料に照射する荷電粒子線源と、
前記一次ビームのそれぞれに応じて前記試料から放出される各二次ビームを検出する複数の検出器と、
前記一次ビームと異なる方向へ前記二次ビームを偏向させるビームセパレータと、を備える荷電粒子線装置であって、
前記ビームセパレータと前記検出器との間に設けられ、前記ビームセパレータにおいて生じる前記二次ビームの間の位置ずれを補正する偏向器をさらに備えることを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の荷電粒子線装置であって、
前記偏向器は、前記ビームセパレータにおいて生じる前記二次ビームのビーム形状の歪みを前記位置ずれとともに補正することを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の荷電粒子線装置であって、
前記ビームセパレータは、前記一次ビームと直交する面内において互いに直交する第一の電場と第一の磁場とを形成し、前記一次ビームを直進させて前記二次ビームを偏向させ、
前記偏向器は、互いに直交する第二の電場と第二の磁場とを形成し、
前記第二の電場の大きさと前記第二の磁場の大きさは、前記一次ビームが照射される位置毎に異なる観察像に基づいて調整されることを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項4] 請求項2に記載の荷電粒子線装置であって、
前記ビームセパレータは、前記一次ビームと直交する面内において互いに直交する第一の電場と第一の磁場とを形成し、前記一次ビームを直進させて前記二次ビームを偏向させ、
前記偏向器には、互いに直交する第二の電場と第二の磁場とを形成するための電圧と電流が供給され、前記電圧と前記電流の値は、前記

二次ビームが前記偏向器によって偏向される角度と、前記ビームセパレータによって生じる前記二次ビームのエネルギー分散と、前記二次ビームのエネルギーとに基づいて設定されることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項5] 請求項2に記載の荷電粒子線装置であって、
前記検出器は、前記二次ビームのビーム形状の大きさが所定の値以下となる位置に設けられることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項6] 請求項1に記載の荷電粒子線装置であって、
前記偏向器は、前記二次ビームを前記ビームセパレータとは逆方向に偏向することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項7] 請求項1に記載の荷電粒子線装置であって、
前記二次ビームが前記偏向器によって偏向される角度は、前記ビームセパレータに対する前記検出器の傾斜角に基づいて設定されることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項8] 請求項7に記載の荷電粒子線装置であって、
前記検出器と前記ビームセパレータとが平行であり、
前記ビームセパレータによって前記二次ビームが偏向される角度 θ_1 と、前記偏向器によって前記二次ビームが偏向される角度 θ_2 とが $\theta_2 = -\theta_1$ の関係にあることを特徴とする荷電粒子線装置。

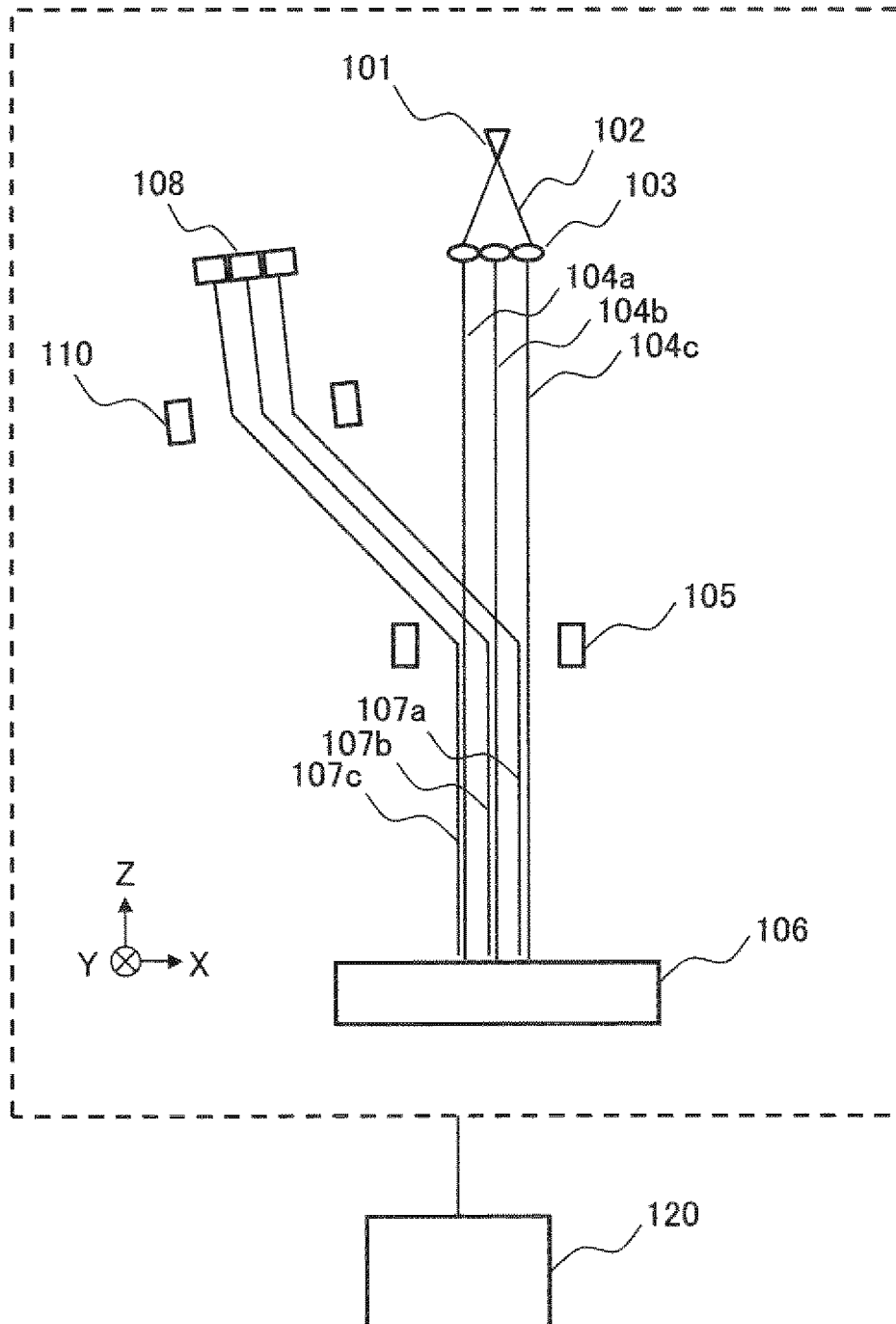
[請求項9] 請求項7に記載の荷電粒子線装置であって、
前記ビームセパレータによって前記二次ビームが偏向される角度 θ_1 が、前記ビームセパレータに対する前記検出器の傾斜角 θ と等しいときに、前記偏向器は前記二次ビームと直交する面内において互いに直交する電場と磁場とを形成し、前記二次ビームを直進させるとともに、前記二次ビームの色収差を補正することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項10] 請求項9に記載の荷電粒子線装置であって、
前記偏向器は、前記二次ビームに沿って配置される複数の電極と複

数の磁極とを有し、前記二次ビームに対して非対称な電磁場を形成することを特徴とする荷電粒子線装置。

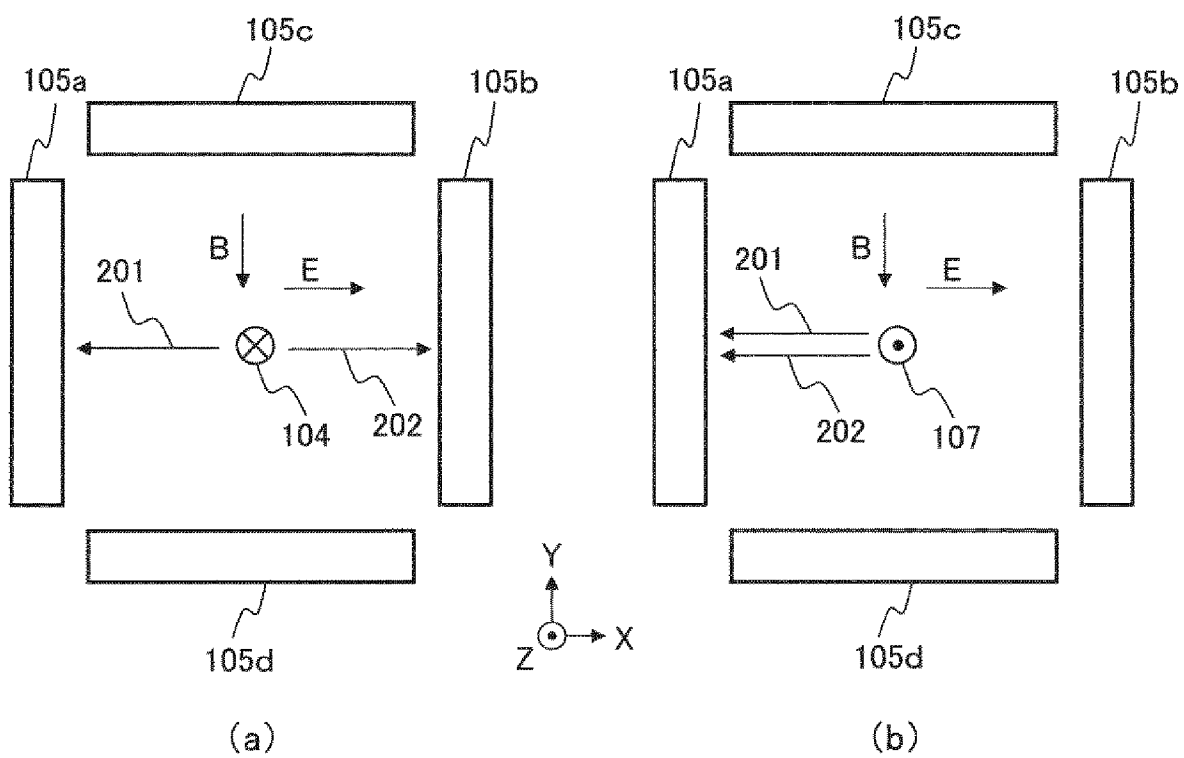
[図1]

図1



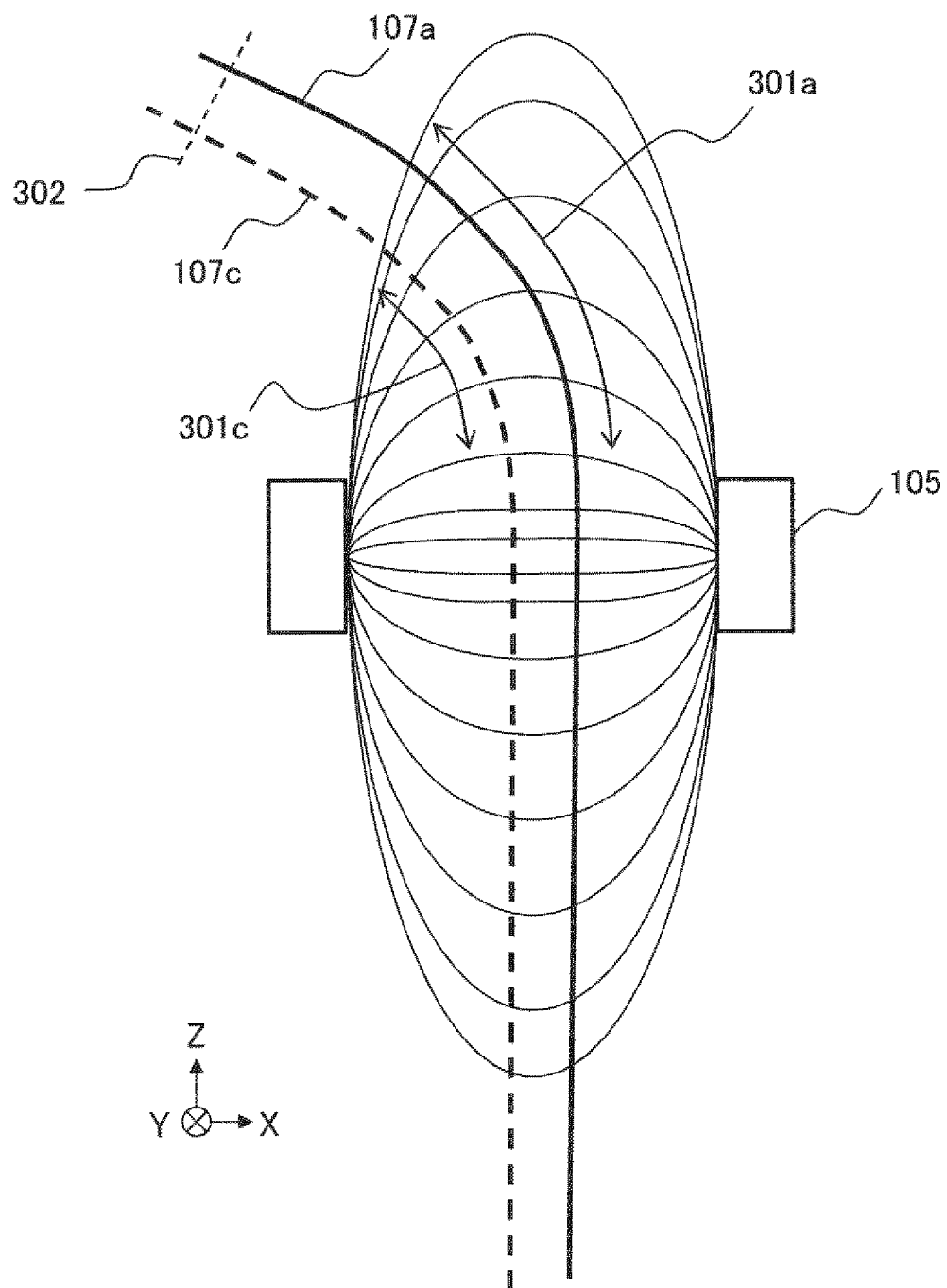
[図2]

図2



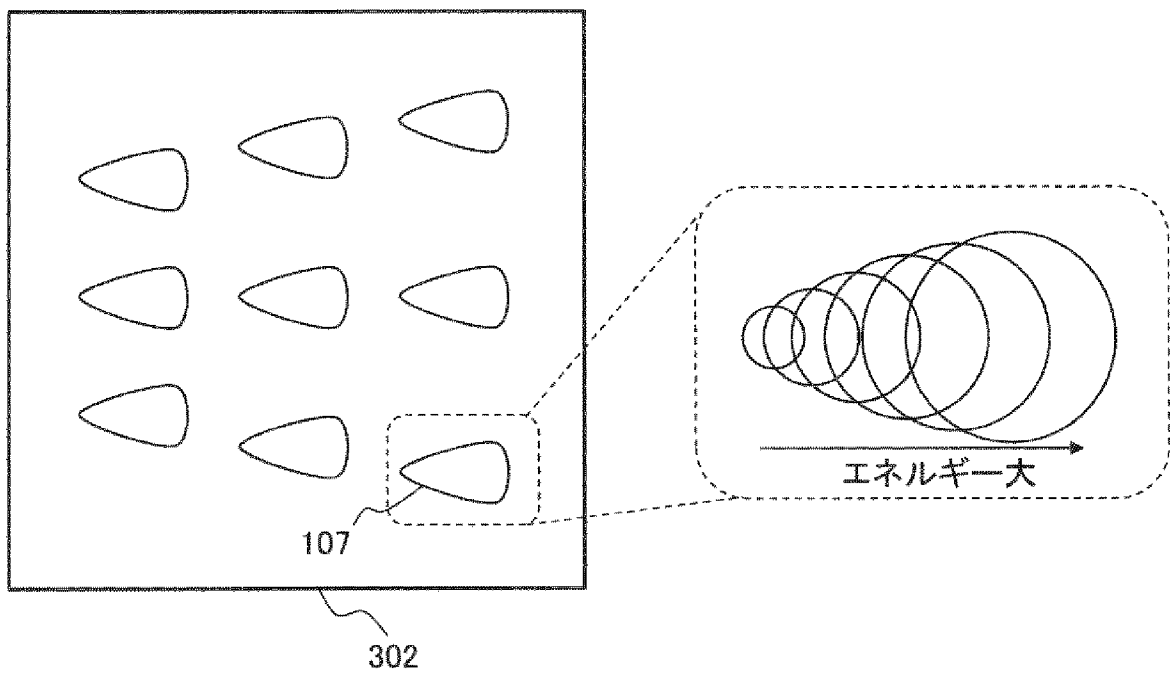
[図3]

図3



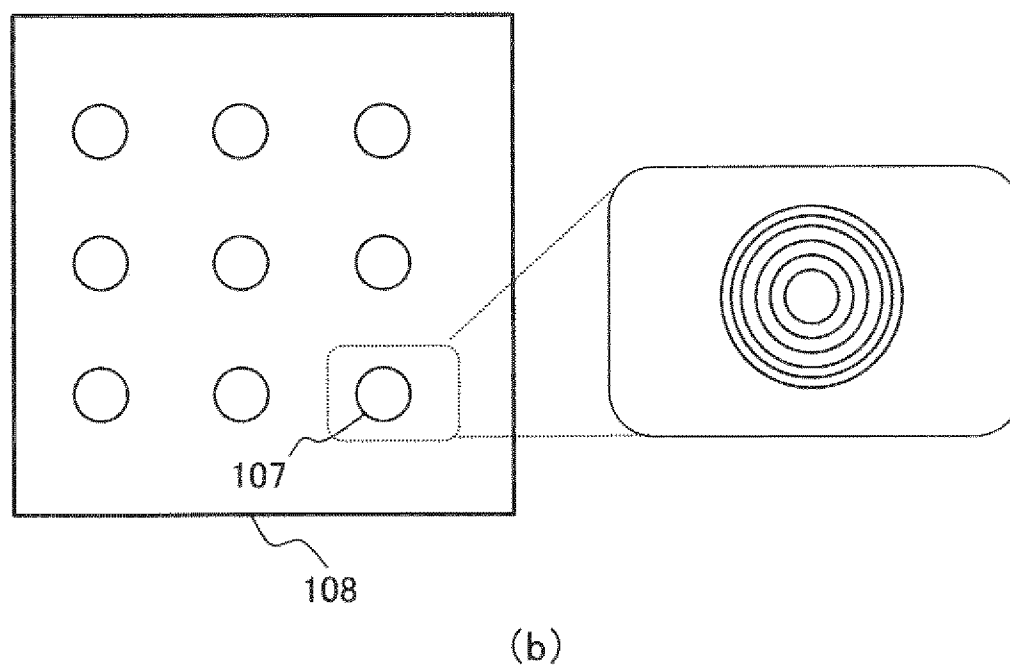
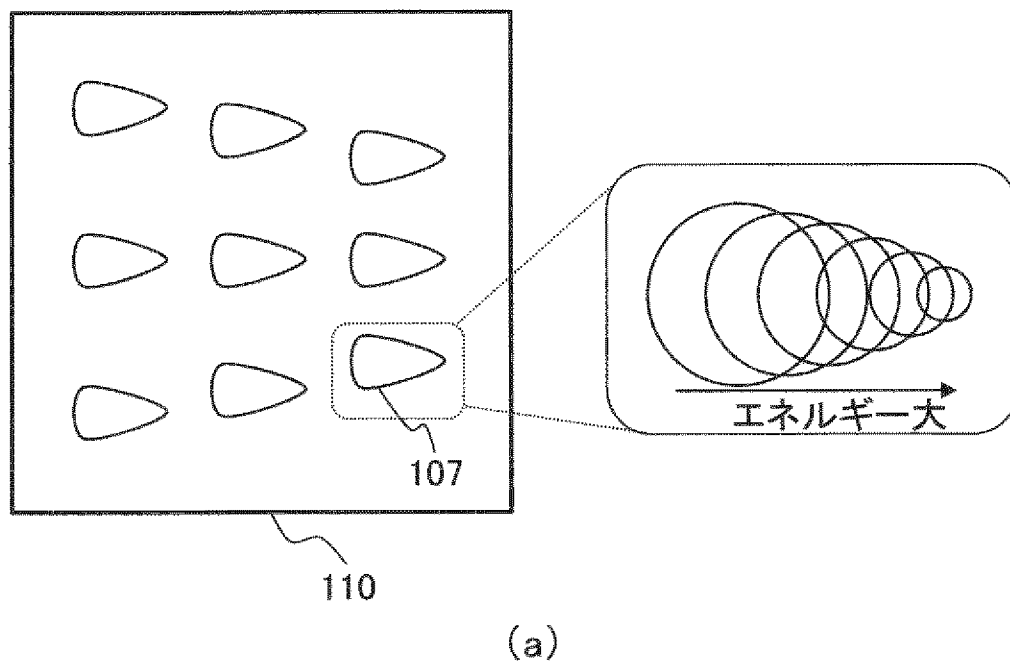
[図4]

図4



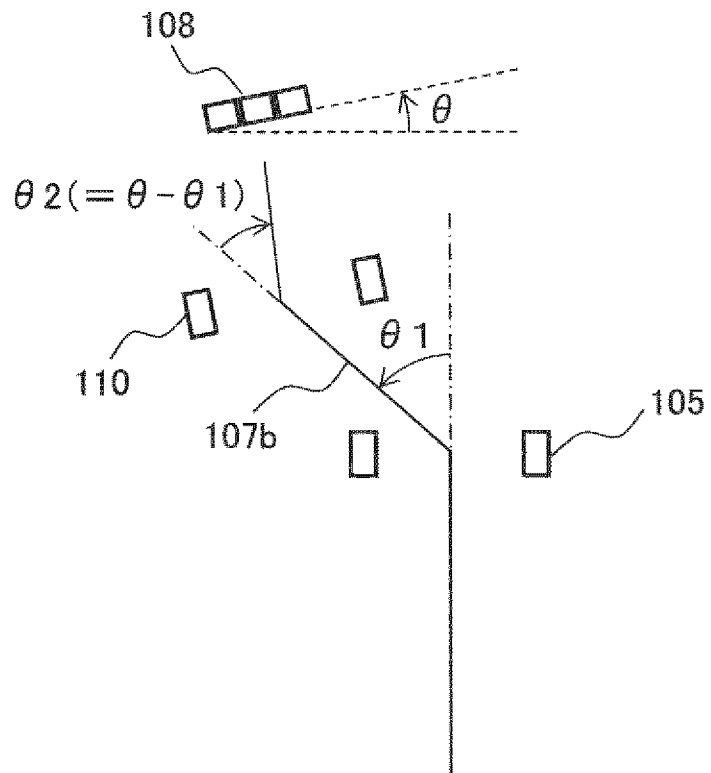
[図5]

図5



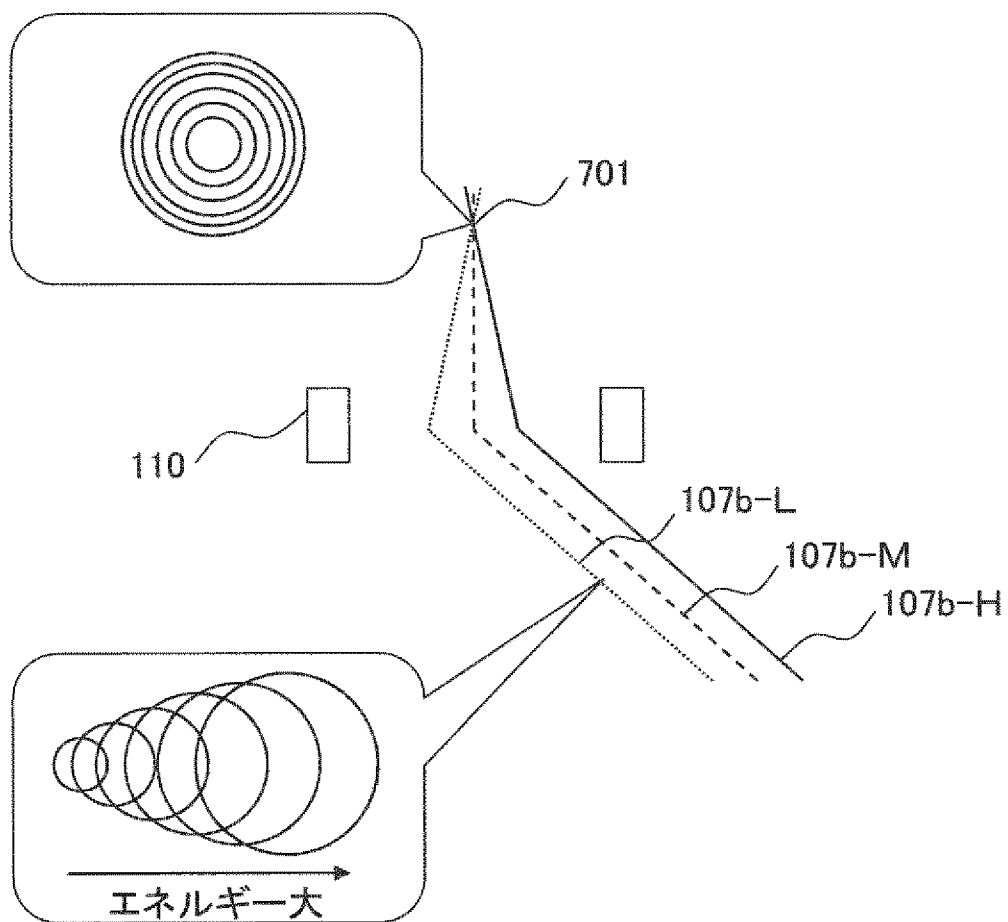
[図6]

図6



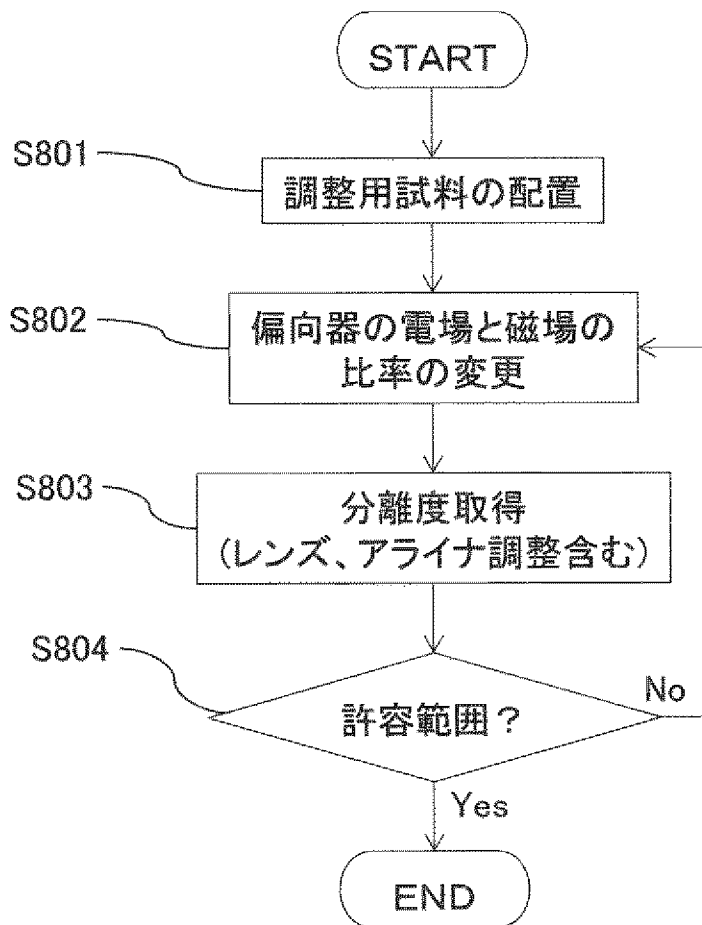
[図7]

図7



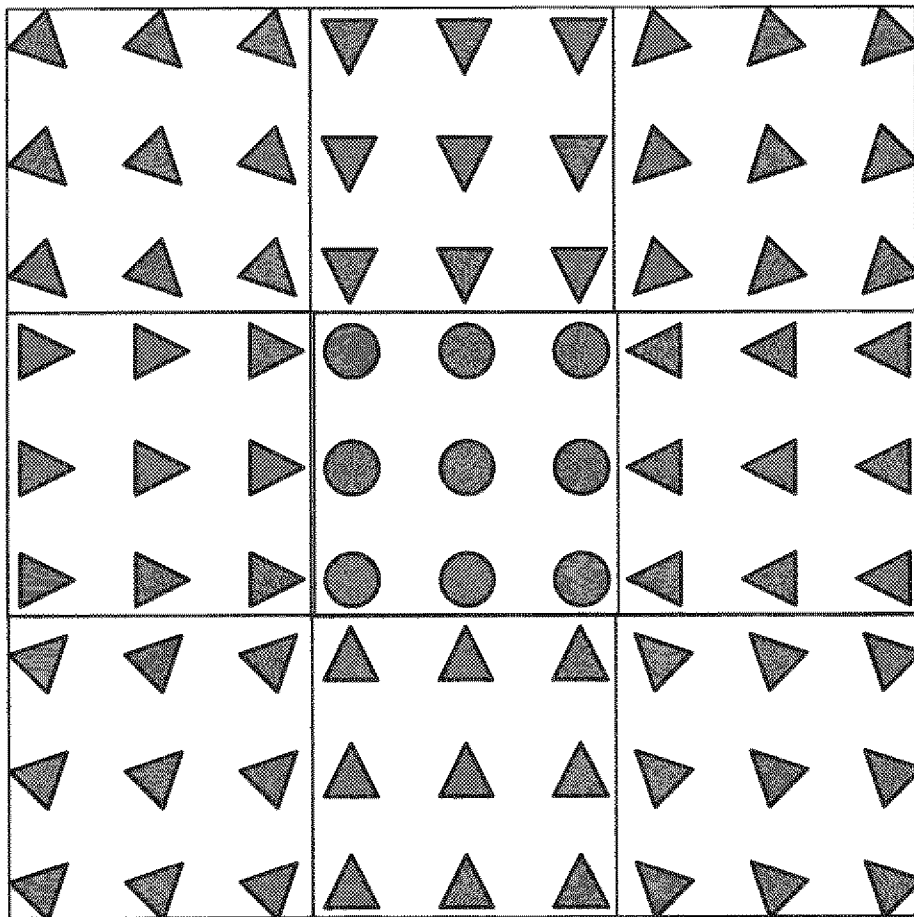
[図8]

図8



[図9]

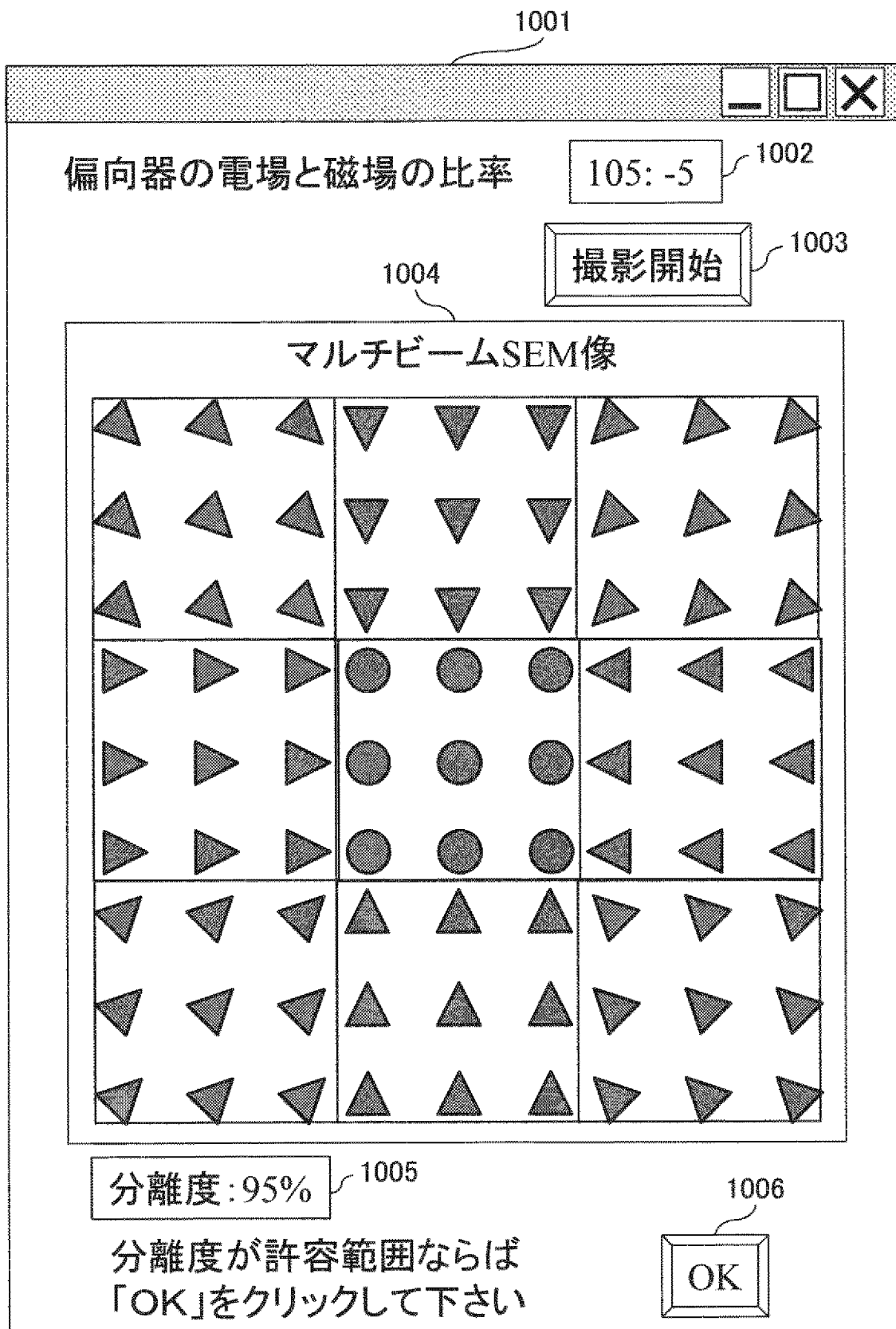
図9



901

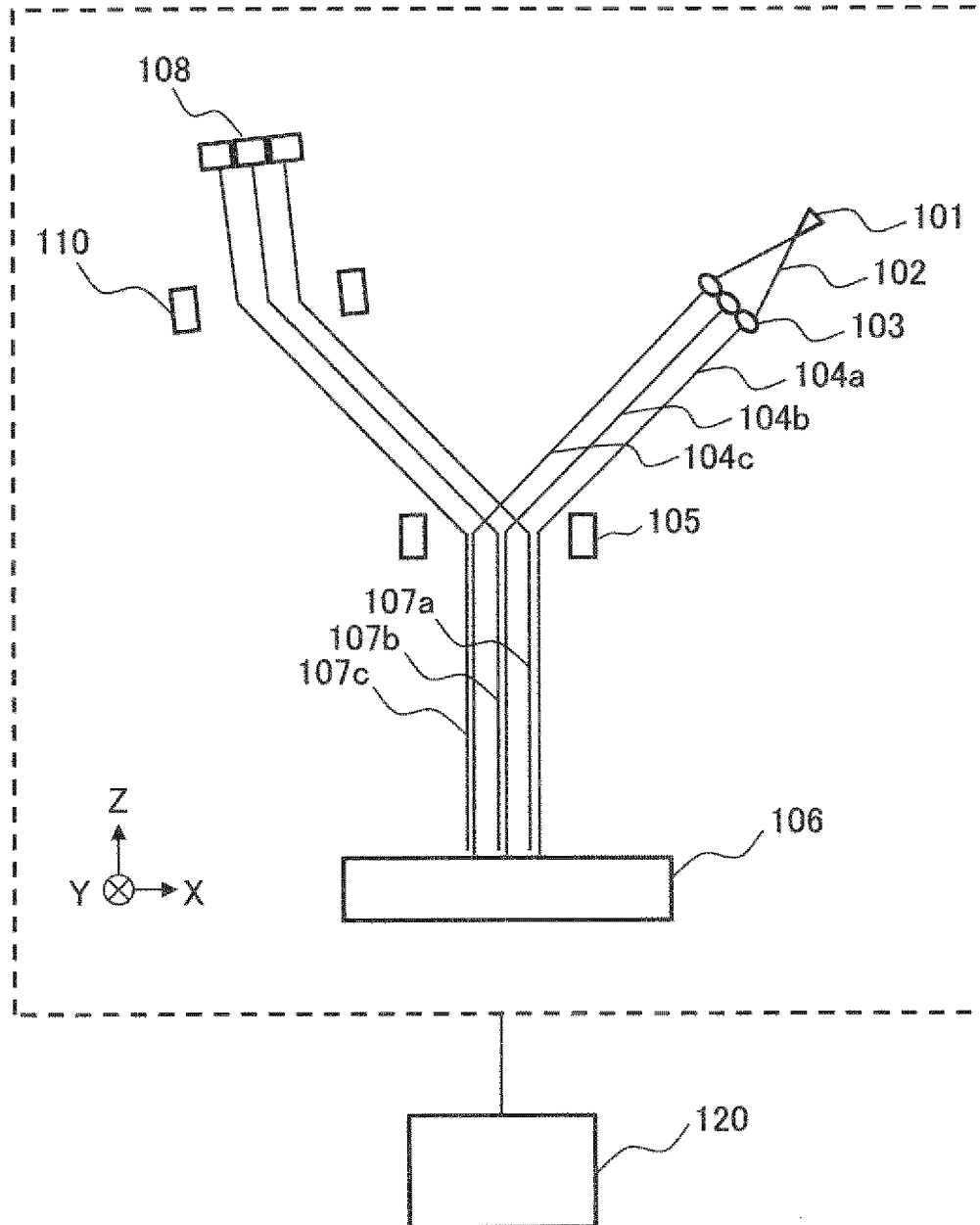
[図10]

図10



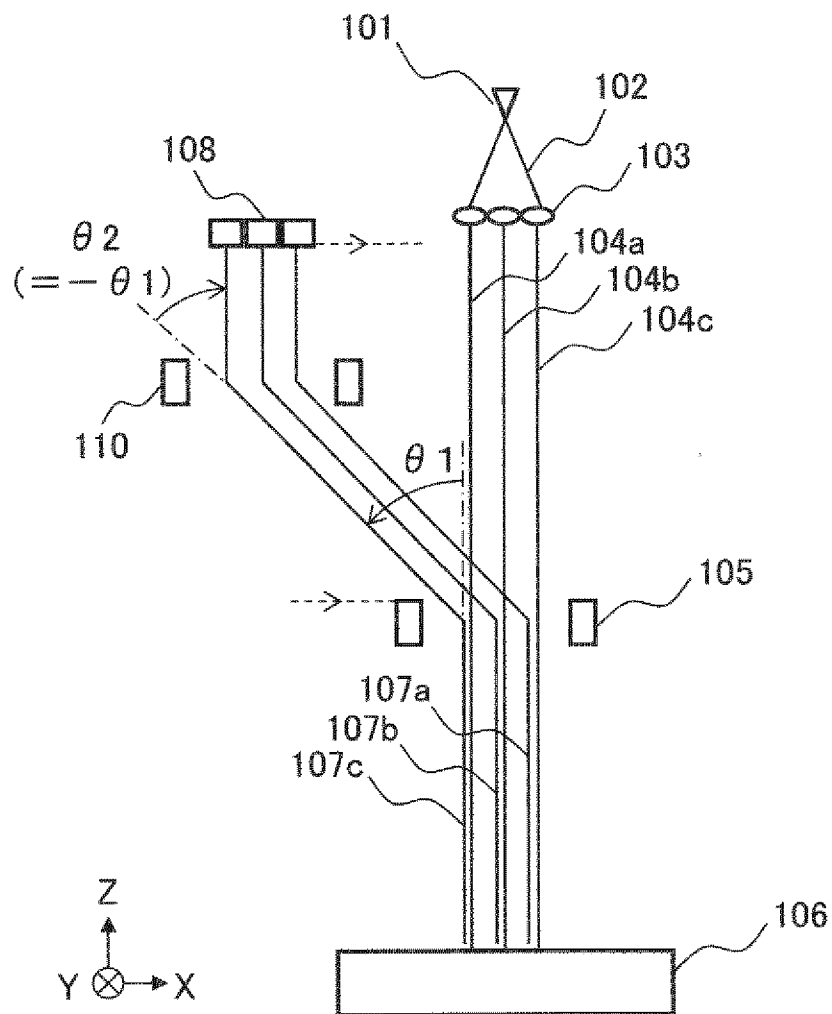
[図11]

図11



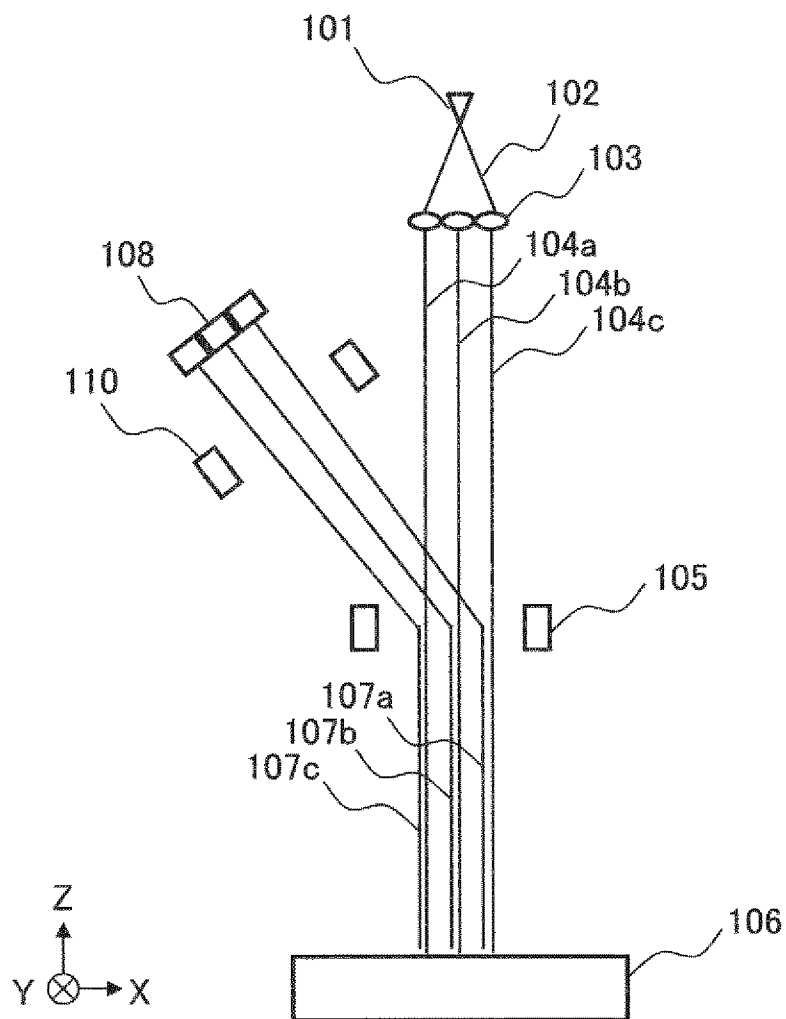
[図12]

図12



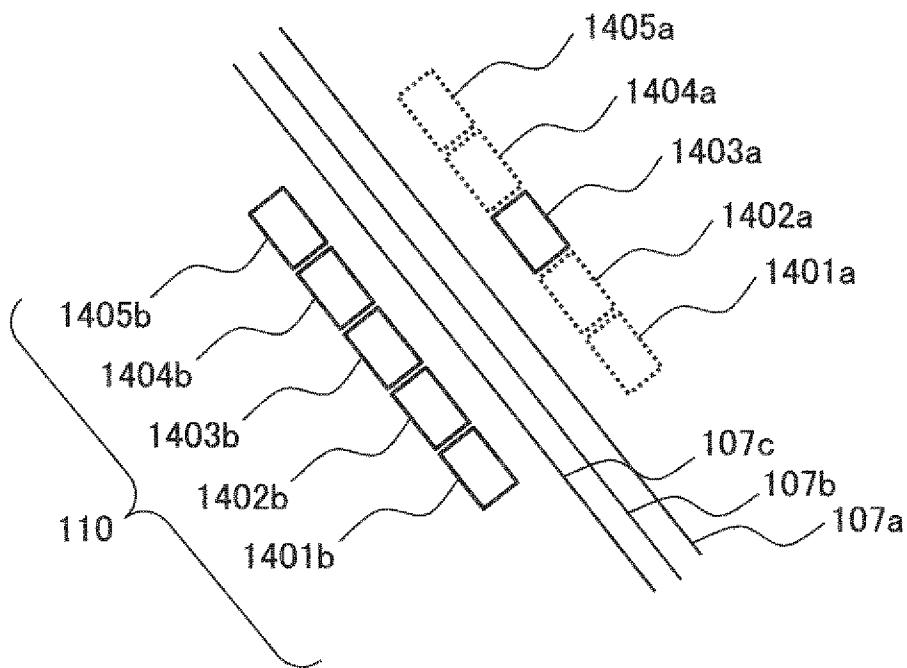
[図13]

図13



[図14]

図14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/026926

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01J37/147 (2006.01) i, H01J37/153 (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)

Int.Cl. H01J37/147, H01J37/153

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 A	JP 2008-78058 A (EBARA CORPORATION) 03 April 2008, paragraphs [0083]-[0097], fig. 5 (Family: none)	1-2, 5-8 3-4, 9-10
X A	JP 2013-232422 A (APPLIED MATERIALS ISRAEL LTD.) 14 November 2013, paragraphs [0054], [0055], [0060]-[0063], fig. 1, 4 & US 2010/0320382 A1, paragraphs [0050], [0051], [0056]-[0059], fig. 1, 4	1-2, 5, 7 3-4, 6, 8-10



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
11.09.2019

Date of mailing of the international search report
24.09.2019

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/JP2019/026926

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 2007-35386 A (EBARA CORPORATION) 08 February 2007, paragraphs [0040]-[0045], fig. 3 & US 2009/0218506 A1, paragraphs [0070]-[0075], fig. 3	1-10
A	JP 2019-36403 A (NUFLARE TECHNOLOGY INC.) 07 March 2019, paragraphs [0006], [0017]-[0020], [0051], [0052], fig. 1, 14, 15 & US 2019/0051487 A1, paragraphs [0007], [0040]-[0043], [0074], [0075], fig. 1, 14, 15	1-10
A	JP 2011-192498 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP.) 29 September 2011, paragraphs [0023]-[0025], fig. 1 (Family: none)	1-10
A	JP 2018-535525 A (HERMES MICROVISION INC.) 29 November 2018, paragraphs [0018]-[0026], fig. 1 & US 2017/0154756 A1, paragraphs [0018]-[0026], fig. 1	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01J37/147(2006.01)i, H01J37/153(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（IPC））

Int.Cl. H01J37/147, H01J37/153

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 A	JP 2008-78058 A（株式会社荏原製作所）2008.04.03, [0083]-[0097], 図5 (ファミリーなし)	1-2, 5-8 3-4, 9-10
X A	JP 2013-232422 A（アプライド マテリアルズ イスラエル リミ テッド）2013.11.14, [0054]-[0055], [0060]-[0063], 図1, 図4 & US 2010/0320382 A1, [0050]-[0051], [0056]-[0059], Fig. 1, 4	1-2, 5, 7 3-4, 6, 8-10

☒ 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

11.09.2019

国際調査報告の発送日

24.09.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

右▲高▼ 孝幸

2G

1765

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

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 2007-35386 A (株式会社荏原製作所) 2007. 02. 08, [0040]-[0045], 図 3 & US 2009/0218506 A1, [0070]-[0075], Fig. 3	1-10
A	JP 2019-36403 A (株式会社ニューフレアテクノロジー) 2019. 03. 07, [0006], [0017]-[0020], [0051]-[0052], 図 1, 図 14-15 & US 2019/0051487 A1, [0007], [0040]-[0043], [0074]-[0075], FIGS. 1, 14-15	1-10
A	JP 2011-192498 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2011. 09. 29, [0023]-[0025], 図 1 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2018-535525 A (エルメス マイクロビジョン, インコーポレー テッド) 2018. 11. 29, [0018]-[0026], 図 1 & US 2017/0154756 A1, [0018]-[0026], Fig. 1	1-10