

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2007 年 2 月 1 日 (01.02.2007)

PCT

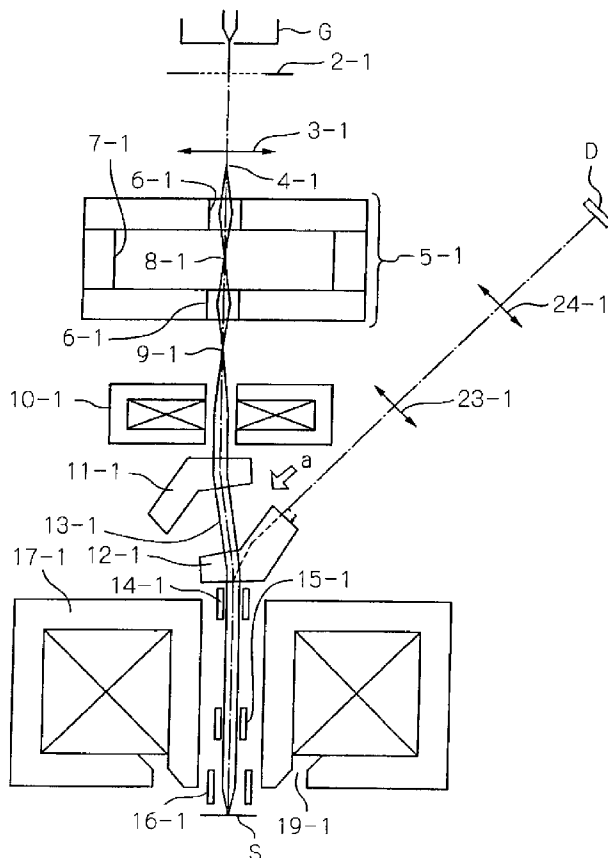
(10) 国際公開番号
WO 2007/013398 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/147 (2006.01) H01J 37/29 (2006.01)
H01J 37/153 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/314571
- (22) 国際出願日: 2006 年 7 月 24 日 (24.07.2006)
- (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2005-215234 2005 年 7 月 26 日 (26.07.2005) JP
- 特願2005-272181 2005 年 9 月 20 日 (20.09.2005) JP
特願 2005-329825
2005 年 11 月 15 日 (15.11.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社荏原製作所 (EBARA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 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): 中筋 護 (NAKA-SUJI, Mamoru) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 村上 武司 (MURAKAMI, Takeshi) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 佐竹 徹 (SATAKE, Tohru) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式

[続葉有]

(54) Title: ELECTRON BEAM DEVICE

(54) 発明の名称: 電子線装置



(57) Abstract: An electron beam emitted from an electron gun (G) forms a reduced image on a sample (S) via a non-dispersion Wien filter (5-1), electromagnetic polarizer (11-1), a beam separator (12-1), and a tablet lens (17-1) constituting an objective lens. The beam separator (12-1) is so configured that the distance which the secondary electron beam passes in the beam separator is about three times of the distance which the primary electron beam passes in the beam separator. Accordingly, even when a magnetic field in the beam separator is set so as to deflect the primary electron beam by a small angle such as about 10 degrees or less, the secondary electron beam can deflect by about 30 degrees or above. Thus, the primary and the secondary electron beam can be separated sufficiently from each other. Moreover, since the primary electron beam is deflected by a small angle, aberration generated in the primary electron beam is small. This shortens the optical path length of the electron optical system so as to reduce the affect of the spatial charge effect and reduces generation of deflection aberration.

(57) 要約: 電子銃 (G) から放出された電子線は、非分散のウィーンフィルタ (5-1)、電磁偏向器 (11-1)、ビーム分離器 (12-1) 及び対物レンズを構成するタブレットレンズ (17-1) を介して試料 (S) 上に縮小像を形成する。ビーム分離器 (12-1) は、2 次電子ビームのビーム分離器内の通過距離が、1 次電子ビームのビーム分離器内の通過距離の 3 倍程度となるよう

構成されている。これにより、ビーム分離器における磁界を、1 次電子ビームを約 10 度以下の小角度だけ偏向するように設定しても、2 次電子ビームを約 30 度以上偏向させることができ、1 次及び 2 次電子ビームは十分

[続葉有]

WO 2007/013398 A1



会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 狩俣 努 (KARIMATA, Tsutomu) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 金馬 利文 (KIMBA, Toshifumi) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 宮本 松太郎 (MIYAMOTO, Matsutaro) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 曾布川 拓司 (SOBUKAWA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 森 敏 (MORI, Satoshi) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 社本 一夫, 外 (SHAMOTO, Ichio et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2 0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN,

HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 補正書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

に分離される。また、1 次電子ビームを小角度だけ偏向するので、1 次電子ビームに生じる収差が小さい。したがって、空間電荷効果の影響を電子光学系の光路長を短くして、空間電荷の影響及び偏向収差の発生を低減することができる。

明 細 書

電子線装置

技術分野

[0001] 本発明は、最小線幅 $0.1\mu\text{m}$ 以下のパターンを有する基板の欠陥検査、CD測定、アライメント測定、その他の評価を高スループットで評価するための電子線装置に関する。

背景技術

[0002] 基板上のパターンの欠陥等を検査し評価する電子線装置として、軸上色収差補正レンズを用いて超高分解能を有する走査型電子顕微鏡(SEM)や透過型電子顕微鏡(TEM)が知られている。「第52回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集」(2005年春 埼玉大学)、P. 812及びP. 815には、軸上色収差補正レンズを用いた電子線装置が開示されている。軸上色収差補正レンズ及び球面収差補正レンズとして、4極子や12極子の電極や磁極を有するものが知られている。

[0003] 従来、こうした軸上色収差補正レンズや球面収差補正レンズは単に解像度を小さくするために用いられていた。ところが、電子線装置を用いて半導体デバイスの製造や評価を行う場合、限界解像度よりも、解像度は数10nmのままで処理速度を大幅に向上させたいときがある。しかし、電子線装置において用いられている軸上色収差補正レンズ又は球面収差補正レンズは光路長を長くするので、空間電荷効果を増すことになり、処理速度の向上を阻止する要因となるという問題があった。特に、試料の高密度化が計られて試料上のパターンが微細化されている現状において、空間電荷の問題を解決して、パターンを高スループットで評価することが重要であるが、従来の電子線装置は、このような空間電荷効果の問題を解決することができるものではない。

[0004] また、多極子型の従来の収差補正レンズでは、フリンジの場によって余計な収差が発生する恐れがあった。しかも、軸上色収差や球面収差のような収差の補正をすることによって、大きい開口を有するNA開口部材を使用し、ビーム電流を大きくし、又は、空間電荷効果を低減することは報告されていなかった。

- [0005] さらに、電子線装置はビーム分離器を具備しているが、ビーム分離器による偏向収差の発生を避けるため、ビーム分離器を配置すべき場所を試料面と共役な位置に限定している。このため、電子線装置の光路長が長くなることから装置の小型化が困難であり、また、ビーム分離器によって生じる偏向収差により、得られた画像がぼやける等の問題がある。
- [0006] また、従来から、複数のビームを形成して試料を走査し、試料から放出された2次電子を複数の検出器で検出して試料像を得ることができるようにした電子線装置も知られているが、このような電子線装置においては、分解能を小さくすると、収差のために大きいビーム電流を得ることができず、スループットが極めて小さいという問題があった。
- [0007] さらに、従来の電子線装置では、高輝度電子銃を用い、小さい開口角でビームを細く絞って基板上を走査し、画像取得が行われているものがある。このような電子線装置においては、開口角が小さいので焦点深度が深く、ウェーハ面の高さが数 μm ～数10 μm 変動しても画質が悪くならなかった。しかしながら、試料上のパターンが微細化されている場合、高スループットを得るために、軸上色収差を補正して大きい開口で動作させようとする、大きい焦点深度が得られない問題点が発生してきた。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0008] 本発明は上記した問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、新規な収差補正技術を用いて100nm程度の解像度ではあるが超高スループットを得ることができる電子線装置を提供することである。

また、本発明の他の目的は、高スループットで試料の評価を行い、フリンジの電磁場の問題が生じないウィーンフィルタを用いた電子線装置を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、軸上色収差又は球面収差を補正するレンズを適所に配置することにより処理速度を向上させた電子線装置を提供することである。

本発明の別の目的は、微細パターンを評価する際の空間電荷効果の影響を、電子線装置の光路長を短くすることによって低減させるとともに、偏向収差の発生を低減することができるようにした電子線装置及びパターン評価方法を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0009] 上記した目的を達成するために、本発明の、1次電子ビームを試料に照射し、これにより試料から放出される2次電子をビーム分離器で1次電子ビームから分離し、分離された2次電子を2次電子光学系を介して検出するようにした電子線装置においては、ビーム分離器は、磁気偏向器であって、1次電子ビーム及び2次電子の一方に対しては通過する領域が短く、他方に対しては通過する領域が前記した短い領域の2倍以上となるように構成されていることを特徴としている。
- [0010] 上記した本発明の電子線装置において、ビーム分離器は、2つの磁極面を接続する強磁性体と、該強磁性体に巻回した励磁コイルとからなることが好適である。
- また、2次電子光学系は写像投影光学系であり、ビーム分離器は、1次電子ビームを第2の角度偏向させて試料面の法線から小角度傾いた第3の角度で試料上に入射させ、2次電子を偏向する第1の角度がゼロとなるよう構成されていることが好ましい。この場合、ビーム分離器は、2つの磁極面を接続する強磁性体と、該強磁性体に巻回した励磁コイルとからなり、2次電子光学系は、その光軸の周囲に、ビーム分離器により生じる磁界が光軸に侵入するのを防止する軸対称シールドを備えていることが好ましい。
- [0011] 本発明はまた、1次電子ビームを放出する電子銃と、1次電子ビームを偏向する電磁偏向器と、1次電子ビームと、該1次電子ビームが試料に照射された際に該試料から放出される2次電子とを分離するビーム分離器と、2次電子ビームを検出する検出器とを有し、ビーム分離器は、2次電子ビームが該ビーム分離器を走行する距離が、1次電子ビームが該ビーム分離器を走行する距離の3倍となるように構成されていることを特徴とする電子線装置も提供する。該電子線装置においては、電磁偏向器は、1次電子ビームをビーム分離器が偏向する偏向方向と逆方向に偏向するよう設定され、かつ、該電磁偏向器の偏向により該1次電子ビームに生じる偏向色収差と、ビーム分離器の偏向により該1次電子ビームに生じる偏向色収差の絶対値とが等しくなるように設定されていることが好ましい。
- [0012] 本発明はさらに、電子線装置により、試料上に形成されたパターンを評価するための評価方法において、1次電子線を小角度だけ偏向してビーム分離器に入射させる

ステップと、ビーム分離器により、1次電子線を試料に対して垂直方向に偏向させて試料に照射するステップと、ビーム分離器により、試料面から放出された2次電子を大きく偏向して2次電子光学系に導くステップと、検出器により、2次電子光学系を介して受け取った2次電子を検出するステップとを含んでいることを特徴とする評価方法も提供する。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明に係る電子線装置の第1の実施形態を概略的に示す図である。

[図1A]図1に示した電子線装置に具備される収差補正レンズの縦断面図であり、図1Bの線X-Xに沿う断面を示すとともに、これに対応させて図1の収差補正レンズにおける磁界強度及び電界強度の分布を示すグラフを示している。

[図1B]図1に示した電子線装置に具備される収差補正レンズの横断面図であり、図1Aの線Y-Yに沿う断面を示す。

[図2]本発明に係る電子線装置の第2の実施形態を概略的に示す図である。

[図2A]図2に示した電子線装置に具備されるNA開口部材の平面図である。

[図2B]図2に示した電子線装置に具備される検出器のCCD検出器の配列を示す図である。

[図3]本発明に係る電子線装置の第3の実施形態を概略的に示す図である。

[図4A]本発明に係る電子線装置で使用可能なマーカの平面図である。

[図4B]図4Aにおける線Z-Zに沿う断面図である。

[図4C]軸合わせが不適切な場合のマーカ穴の像を示す図である。

[図4D]軸合わせが適切な場合のマーカ穴の像を示す図である。

[図4E]実際のマーカ穴の像を示す図である。

[図4F]代替のマーカの断面図である。

[図5]本発明に係る電子線装置の第4の実施形態を概略的に示す図である。

[図5A]図5に示した電子線装置に具備される電磁偏向器の構成を示す図である。

[図5B]図5に示した電子線装置に具備される電磁偏向器の構成を示す図である。

[図5C]図5に示した電子線装置に具備される電磁偏向器の構成を示す図である。

[図6]本発明に係る電子線装置の第5の実施形態を概略的に示す図である。

[図6A]図6に示した電子線装置に具備される電磁偏向器の構成を示す図である。

[図7]図5及び図6に示した電子線装置に具備される軸上色収差補正レンズの構成を示す断面図である。

[図8]本発明に係る電子線装置の第6の実施形態を概略的に示す図である。

[図9A]本発明に係る電子線装置における最適合焦条件を求める説明図である。

[図9B]本発明に係る電子線装置における最適合焦条件を求める説明図である。

[図10]本発明に係る電子線装置において実行されるパターン評価方法の説明図である。

発明を実施するための最良の形態

[0014] 以下、本発明に係る電子線装置の種々の実施形態について、添付図を参照して説明する。

図1は、本発明に係る電子線装置の第1の実施形態を概略的に示す図である。図1に示すように、電子線装置は、電子銃Gと、電子銃Gから放出された1次電子線を運ぶ電子光学系Aと、電子光学系Aから送られてきた1次電子線を試料Sに照射させるとともに試料Sから放出された2次電子線を1次電子線から分離する電子光学系Bと、分離された2次電子線を運ぶ電子光学系Cと、電子光学系Cからの2次電子線を受け取る検出器Dとを備えている。

[0015] 電子光学系Aは、マルチ開口部材1、コンデンサレンズ2、縮小レンズ3、4、NA開口部材5、収差補正レンズ6、第1走査偏向器7及びビーム分離用プリ偏向器8を備えている。収差補正レンズ6は例えば二段の補正レンズから成り、各補正レンズはウィーンフィルタで構成される。電子銃Gから放出された1次電子線は、マルチ開口部材1の複数の開口を一様に照射する。これにより複数の1次電子線が生成される。生成された複数の1次電子線は、コンデンサレンズ2によって集束され、縮小レンズ3に入射する前にクロスオーバー即ち電子銃が作る光源の像を形成する。

[0016] マルチ開口部材1の像は、縮小レンズ3、4によって縮小されて収差補正レンズ6の物点9に縮小像を作る。NA開口部材5は、縮小レンズ4の手前に配置されており、縮小レンズ3を通過した複数の1次電子線のビーム分解能を確保する。物点9に作られた縮小像は、収差補正レンズ6の中間の点10及び収差補正レンズ6の像点11に等

倍の像を形成する。像点11に集束された複数の1次電子線は、電子光学系Bの対物レンズ(後述する)によって再度集束されて、試料Sの面上に結像される。

[0017] 第1走査偏向器7は、像点11に形成された複数の1次電子線の進行方向を所定の方向に所定の振幅で偏向させ、これによって複数の1次電子線が試料Sの面上を走査する。更に、複数の1次電子線は、電子光学系Bのビーム分離器の中心に入射するように、プリ偏向器8によって進行方向を偏向される。

[0018] 電子光学系Bは、ビーム分離器12、第2走査偏向器13、軸対称電極14、第1MOL (Moving Objective Lens) 偏向器15、第2MOL偏向器16及び対物レンズ17を備えている。対物レンズ17は、例えば、磁気ギャップ18が試料Sの側に位置する電磁レンズである。プリ偏向器8によって偏向された複数の1次電子線は、ビーム分離器12を通過した後、第2走査偏向器13によって更に偏向され、こうして2段の偏向が施された複数の1次電子線のそれぞれが、試料Sの面の異なる位置に結像されて試料Sを走査する。このときの偏向支点は、対物レンズ17で生じる偏向色収差とコマ収差との合計が最小になる位置に設定される。

[0019] 第1MOL偏向器15と第2MOL偏向器16は、電磁偏向器であり、MOL条件に近い条件に設定することによって、偏向収差を更に小さくするよう動作する。MOL条件とは、対物レンズ17の軸上磁場分布の微分に比例する偏向磁場を発生させるための条件である。この場合の偏向支点は、 $-\infty$ に位置する。即ち、複数の1次電子線の主光線は電子光学系Aの光軸Lに平行に入射される。MOL条件に近い条件に設定すると偏向収差が更に小さくなる。これは、このような条件に設定することにより、レンズの軸をビームの位置に移動させることができ、ビームを偏向したときもレンズの軸を主光線が通るので、偏向収差を小さくすることができるからである。すなわち、MOL偏向器15、16は、ビームを走査したときに、ビームの主光線と重なる対物レンズの磁力線が直線となるように対物レンズの軸上磁場分布の磁場に対して偏向磁場をかけている。

[0020] 電子光学系Bを通過して試料Sの面上に結像される複数の1次電子線は、対物レンズ17によって軸上色収差と球面収差とを受ける。しかし、電子光学系Aにおける二段のウィーンフィルタ6が負の軸上色収差と負の球面収差とを作るように動作するので、

対物レンズ17によって作られる軸上色収差と球面収差は、二段のウィーンフィルタ6が作る負の軸上色収差と負の球面収差によって打ち消される。こうして収差が打ち消されるため、NA開口部材5のNA開口を大きな値にしても、縮小レンズ3、4によって複数の1次電子線を小さく絞ることが可能になる。軸対称電極14は、該電極に印加する電圧を変えることにより、対物レンズ17による軸上色収差の程度を調節することができる。

[0021] 第1MOL偏向器15と第2MOL偏向器16は、対物レンズ17の主光線に対する屈折作用を打ち消すように動作する。このため、電子光学系Bで集束された複数の1次電子線によって照射された試料Sの面の異なる位置から放出された複数の2次電子線のうち、試料Sの法線方向に放出された複数の2次電子線の主光線は、対物レンズ17による屈折作用を受けることなく光軸Lに平行に進み、ビーム分離器12により1次電子線の到来方向から離れるように(図1においては左へ偏向されて)、電子光学系Cに入る。なお、プリ偏向器8は静電偏向器であり、ビーム分離器12において複数の1次電子線に発生する偏向色収差を打ち消すように動作する。

[0022] 電子光学系Cは、2次電子像形成レンズ19、収差補正レンズ20、第1拡大レンズ21及び第2拡大レンズ22を備える写像投影型光学系である。なお、収差補正レンズ20は、2次電子ビームの軸上色収差のみを補正すればよいので、4極子の電界と4極子の磁界を発生すれば良く、例えば、4極子のウィーンフィルタであってよい。代わりに、収差補正レンズ20を6極子のウィーンフィルタとし、球面収差のみを補正するようにしてもよい。

[0023] ビーム分離器12で1次電子線と分離された複数の2次電子線は、2次電子像形成レンズ19によって収差補正レンズ20の物点23に像を作る。つまり、収差補正レンズ20は、2次電子像形成レンズ19の像面に配置されている。収差補正レンズ20は、物点23の像を点24に形成する。収差補正レンズ20によって点24に作られた像は、第1拡大レンズ21、第2拡大レンズ22によって拡大され、検出器Dに複数の2次電子線に対応した像を作る。検出器Dは、マルチ検出器であり、入射した複数の2次電子線のそれぞれに対応した信号を生成する。このようにして生成された信号を用いて、処理回路(図示せず)は試料Sの2次元画像を作る。

- [0024] 電子光学系Aの収差補正レンズ6には、要求精度が25nmピクセル寸法の場合、25nm程度の解像度が要求される。そのため、収差補正レンズ6に1次電子線が入る側の端部と収差補正レンズ6から1次電子線が出る側の端部とで発生するフリンジ電場及びフリンジ磁場の影響で収差が発生することが予測される。こうしたフリンジ場の影響を回避するために、収差補正レンズ6として、2分割したウィーンフィルタを用い、その対称性を利用してフリンジ場の影響を打ち消させることが好ましい。図1A及び図1Bは、このようなウィーンフィルタの構成の一例を示す断面図である。なお、図1Aは、該フィルタの軸上電場及び磁場の分布をも示している。
- [0025] 図1A及び図1Bにおいて、ウィーンフィルタ30は、10～20mmの肉厚の円筒であるパーマロイコア31を有する。パーマロイコア31は、磁気回路を形成し、且つウィーンフィルタ30の剛性を高めるために厚く設計されている。図1Bに詳細に示すように、パーマロイコア31の内側の空間には、1次電子線を通過させるための所定の径を有するボア32を中心として、12個の電磁極(即ち、12個の電極兼磁極)331、332、333、・・・、3312が、パーマロイコア31との間にそれぞれ絶縁スペーサ341、342、343、・・・、3412を介して等間隔に配置される。
- [0026] 各絶縁スペーサ341～3412の厚さa(即ち、径方向の幅)は、磁気抵抗が小さく且つ所要の絶縁性が保持されるよう最小限の値に選択される。一方、各絶縁スペーサの周方向の長さbは、図1Bにおいては、絶縁スペーサが光軸から見て磁極片に隠れるように、光軸Lから直視できない値に設定される。しかしながら、絶縁スペーサの周方向の長さbを磁極片の周方向の長さよりも大きくして、放電を防止するようにしてもよい。これらの電磁極331～3312及び絶縁スペーサは、適宜の固定手段35によって、所要の複数の位置においてパーマロイコア31に取り付けられる。なお、図1A及び図1Bは、簡略化のために、固定手段35を1個所しか示していない。固定手段35として締め付けネジを用いた場合、締め付けネジとパーマロイコア31との間を絶縁するためのスペーサ351を設けることが好適である。
- [0027] それぞれの電磁極は、光軸Lに沿って2段に分割され、各電磁極の周囲には励磁コイルが巻かれて同一構造を有している。対向する2つの電磁極、例えば電磁極331、337は、図1Aに示すように、光軸Lに沿って2段に配された上側電磁極331U、3

37Uと下側電磁極331L、337Lを有している。これら上下の電磁極は、接続部331M、337Mで連結された一体構造をしており、電磁極331、337の周囲には、所定の方向に磁界を形成するための励磁コイル331C、337Cが巻回されている。これにより、それぞれの対向する電磁極は、光軸Lに直交する方向に磁場を形成する。接続部331M、337Mは、実質的に磁場及び電場が発生しない程度のボア径を持ち、上側電磁極331U、337Uと下側電磁極331L、337Lとが位置ズレしない一体構造になっている。

[0028] 更に、図1Aに示すように、上側電磁極331U、337Uと下側電磁極331L、337Lとの光軸Lを含む面での断面形状は、台形に形成される。そのため、中央のボア32の径は、光軸Lを挟んで隣り合う電磁極間の最小値hから、光軸Lを挟んで隣り合う接続部間の最大値kまで変化する。その結果、光軸Lを挟んで隣り合う上側電磁極の間及び光軸Lを挟んで隣り合う下側電磁極の間に形成される軸上磁場の強さは、図1Aの右側に示すように、光軸Lの方向に二度、台形に近い形で、最小値と最大値の間で変化する。このように、ウィーンフィルタ30の光軸Lに沿って変化する磁場が1次電子線に及ぼすロレンツ力を打ち消すように、ウィーンフィルタ30の光軸Lに沿って6個の電磁極によって軸上電場が形成される。この軸上電場の分布も図1Aに示す軸上磁場と同一の形になる。

[0029] 収差補正レンズ6をこのように2段に分割した構造にしたことにより、物点9から発散して点10に集束する1次電子線と、点10から発散して像点11に集束する1次電子線との対称性を改善し、フリンジ場による影響を打ち消すことができる。更に、上側電磁極及び下側電磁極の光軸Lを含む面における断面形状を台形とし、ボア32が単調に変化するようにしたので、ウィーンフィルタ30の上端及び下端におけるフリンジ磁場及びフリンジ電場の差を小さくすることができ、これによりウィーン条件への影響が低減される。また、上側と板側が一体になっているので、上側と下側の製作精度の劣化を防止することができる。なお、図1A及び図1Bに示したウィーンフィルタの構成を、以降で説明する他の実施形態に適用してもよいことは勿論である。

[0030] 図2は、本発明に係る電子線装置の第2の実施形態を概略的に示す図である。この実施の形態における電子線装置も、第1の実施の形態と同様に、電子銃G、電子

光学系A、B、C及び検出器Dを備えており、電子銃から放出された電子線は電子光学系A、Bを通過して試料Sを照射し、それによって試料Sから放出された2次電子線は電子光学系Cによって導かれて検出器Dに至る。

[0031] 図2において、電子光学系Aは、軸合わせ偏向器41、コンデンサレンズ42、軸合わせ偏向器43、複数の正方形の開口を有する成形開口部材44、コンデンサレンズ45、軸合わせ偏向器46、成形レンズ47、及び1次電子線軌道調整用偏向器48を備えている。ここで、成形開口部材44に開口が複数あるのは、開口が汚れた場合の交換用及びピクセル寸法を変えたときの異なる寸法のものであって、電子線は1つである。電子銃Gから放出された1次電子線は、光軸Lに沿って進むように軸合わせ偏向器41によって偏向され、次いでコンデンサレンズ42によって集束されて、成形開口部材44の1つの正方形開口を一様に照射し、これによって、正方形の断面形状を有する1次電子線が形成される。正方形断面の1次電子線は、コンデンサレンズ45及び成形レンズ47によって倍率調整され、軸合わせ偏向器46及び軌道調整偏向器48によって、正方形の1次電子線が光軸Lから外れた位置にある開口部材501に向かうよう軌道修正されて、電子光学系Bに入る。1次電子線は、ビームエネルギーが高い場合には、軌道L1を通り、ビームエネルギーが低い場合には、ビーム分離器49による偏向角が大きいので、軌道L2を通るよう制御される。

[0032] 電子光学系Bは、例えば電磁偏向器であるビーム分離器49、NA開口部材50及び複数枚(図2では3枚)の電極を有する対物レンズ51を備える。NA開口部材50は、図2Aに示すように、正方形の穴501と4分割されたリング状の穴502とを有しており、電子光学系Aから送出された正方形の1次電子線は、試料Sの2次光学系の光軸位置に入射するようにビーム分離器49によって進行方向を変更され、NA開口部材50の正方形の穴501を通過した後、対物レンズ51によって所定の寸法に集束されて、試料Sの面上に合焦される。

[0033] 対物レンズ51の3枚の電極のうち、中央電極511は、図2に示すように、円板部分511₁と該円板部分に垂直な円筒部分511₂とを組み合わせた形状をしている。この結果、試料面上での電界強度が小さく、レンズのある光軸上では1次電子線のエネルギーが高くなるので、低収差となる。また、試料Sに近い方の電極512に中央電極511

よりも低い電位を与えることによって、試料面の近傍の電界を、放電を回避することができる値、例えば 1.8 kV/mm 以下にすることができる。更に、中央電極511の電極513側の面は平面であり、それにより、試料Sから遠い方の電極513との間隔を小さくすることができるので、比較的小さい電圧を電極513に与えるだけで、所要の焦点距離を設定することができる。

[0034] 正方形の1次電子線の照射により試料Sから放出された2次電子線は、対物レンズ51によって集束され、NA開口部材50の4分割されたリング状の穴502(図2A)を通過して断面が中空のホロービームとされる。後述するように、電子光学系Cの収差補正レンズによって軸上色収差が補正されるので、リング状の穴502によって大きい開口角のホロービームを作ることができ、それぞれのビームは距離を置くことになるから、相互作用が低減する。このため、空間電荷効果によるボケは小さい。また、1次電子線はリング状の穴502から離れた穴501(図2A)を通過するので、1次電子線による空間電荷が2次電子線のボケを生じさせる量は、無視し得るほど小さい。リング状の穴502によってホロービームとされた2次電子線は、ビーム分離器49によって1次電子線から分離されて電子光学系Cに入射する。

[0035] 電子光学系Cは、静電偏向器52、収差補正レンズ53、補助レンズ54、第1拡大レンズ55、補助レンズ群56、第2拡大レンズ57及び偏向器58を備える。ビーム分離器49で分離された2次電子線は、静電偏向器52により、ビーム分離器49で生じる偏向色収差を補正するよう偏向されるとともに、試料Sに垂直な方向に進むよう進路を偏向されて収差補正レンズ53の物点59に2次電子像を形成する。

[0036] 収差補正レンズ53は、例えば12極のウィーンフィルタであり、第1の実施形態におけるウィーンフィルタ6と同様に、図1A及び図1Bに示したと同様の2段構造をしている。軸上色収差及び球面収差を補正するために、収差補正レンズ53には、ダイポール電磁界がウィーン条件を満たすように与えられ、4極子電磁界によって負の軸上色収差を作り、6極子電磁界と8極子電磁界とで負の球面収差を作るよう制御される。収差補正レンズ53は、非分散となるよう、物点59から発散した2次電子線を中間点60に集束させた後、像点61に2次電子像を形成する。像点61は補助レンズ54の主面に位置する。図2に示すように、収差補正レンズ53の2次電子線の進行方向におけ

る長さは、物点59と像点61との距離よりも小さい。また、物点59からフィルタの一端までの寸法 d_1 は、中間点60からフィルタの対向端までの距離 d_2 、 d_3 及びフィルタの他端から像点61までの距離 d_4 に等しい。

[0037] 上記のように、収差補正レンズ53としてウィーンフィルタを用いると、2次電子線のビーム軌道は軸対称となり、視野が広いため、広がりのある2次電子像であっても、全体を低収差にすることができる。また、視野が広いため、収差補正レンズ53の軸合わせは容易である。

[0038] 補助レンズ54は、2次電子像の結像条件に影響を与えることなく、NA開口部材50のリング状の穴502の像を第1拡大レンズ55の主面に結像させる。第1拡大レンズ55は2次電子の像を拡大し、拡大された像は補助レンズ群56の1つに結像される。さらに、2次電子の像は、第2拡大レンズ57によって更に拡大され、検出器Dに結像される。補助レンズ群56は複数の(図2では3段の)レンズからなるので、ピクセル寸法を変えた場合であっても対応可能である。ピクセル寸法が最小のときは、補助レンズ群56のうちの第2拡大レンズ57に最も近いレンズが使われ、他のレンズは励起されない。このレンズの主面に結像された2次電子像は、第2拡大レンズ57で大きく拡大され、検出器Dに最大の拡大率の2次電子像が形成される。逆に、ピクセル寸法が最大のときには、補助レンズ群56のうちの第2拡大レンズ57から遠いレンズに2次電子像が形成され、検出器Dには同じ寸法の拡大像が形成される。

[0039] 検出器Dを複数のCCD装置を配列した構成とすると、CCDのデータ読み出し時間の方が露光時間よりも長いことによる無駄な待ち時間を生じさせないで済む。例えば、図2Bに示すように、検出器Dを4つのCCD装置62～65を同一面上に配列した構成とした場合、偏向器58は第2拡大レンズ57から出た2次電子線を偏向させ、第2拡大レンズ57によって拡大された2次電子像を4つのCCD装置62～65に順番に結像させる。これにより、CCD装置のデータ読み出し時間が露光時間の4倍であっても、無駄な待ち時間なしに、2次電子像の検出を連続的に行うことができる。

[0040] 次に、図3を用いて、本発明に係る電子線装置の第3の実施形態を概略的に説明する。この第3の実施の形態における電子線装置も、これまで説明した2つの実施形態と同様に、電子銃G、電子光学系A、B、C、及び検出器Dを備えており、更に、検

出器Dからの出力に応じて対物レンズへの印加電位を調整する制御系Eを有する。電子銃Gから放出された電子線は、電子光学系A、Bを通過して試料Sを照射し、それによって試料Sから放出された2次電子線は、電子光学系Cによって導かれて検出器Dに至る。

[0041] 電子光学系Aは、2つのコンデンサレンズ71、72、長方形の開口を持つ開口部材73、2つのレンズ74、75及び入射点調整用の2段の偏向器76を備える。電子銃Gは例えば LaB_6 のカソードを持ち、該カソードから放出された電子線は、2段のコンデンサレンズ71、72によって集束され、開口部材73の長方形の開口を一樣な照射強度で照射する。この開口によって断面長方形に成形された1次電子線は、2段のレンズ74、75によって所望の倍率で縮小又は拡大され、更に、偏向器76によって、電子光学系Bの所定の入射点に入射するよう進行方向を調整される。このような調整が必要なのは、1次電子線のエネルギーが小さい場合にはビーム分離器77での偏向角が大きいため、軌道L3を取るようになるためである。

[0042] 電子光学系Bは、ビーム分離器77と3枚の電極を有する第1対物レンズ78とを備え、ビーム分離器77は例えば電磁偏向器である。偏向器76によって進行方向が調整された1次電子線は、ビーム分離器77の中心から所定の距離だけ離れた点、例えば4mm離れた点に向かって入射し、ビーム分離器77によって角度 β ($< \alpha$)だけ偏向される。 β は例えば23度である。これによって、1次電子線は、試料Sに対して $\alpha - \beta$ の角度を持って第1対物レンズ78に入り、第1対物レンズ78によって集束されるとともに、更に僅かに偏向されて試料Sを照射する。

[0043] 1次電子線の照射によって試料Sから放出された2次電子線は、第1対物レンズ78によって集束され、次いで、ビーム分離器77によって、進行方向を1次電子線から離れるよう偏向されて電子光学系Cに入る。電子光学系Cは、ビーム軌道修正偏向器79、NA開口部材80、3枚の電極を有する第2対物レンズ81、収差補正レンズ82、第1拡大レンズ83、補助レンズ群84及び第2拡大レンズ85を備えている。

[0044] ビーム分離器77によって分離された2次電子線は、ビーム軌道修正偏向器79によって更に偏向されて、試料Sの法線方向と平行な方向に進む。ビーム軌道修正偏向器79も例えば電磁偏向器であり、ビーム分離器77が1次電子線を偏向した角と同じ

角度で且つ逆方向に、即ち $-\alpha$ だけ2次電子線を偏向する。これにより、2次電子線の主光線を試料Sに垂直に進ませるとともに、試料から発散したビームが2段のレンズ間で平行ビームとなるため、偏向色収差を除去することができる。なお、ビーム分離器77及びビーム軌道修正偏向器79における偏向によって非点収差が発生する可能性がある。これを除去するため、これらのビーム分離器には非点収差補正用の電流を重畳することが望ましい。また、ビーム軌道修正偏向器79を、その偏向角の $1/2$ の角度だけ電子光学系Cの光軸L'に対して傾けることにより、ビーム分離器が小口径であっても、歪みを生じなくすることができる。

[0045] ビーム軌道修正偏向器79によって偏向された2次電子線は、NA開口部材80で制限され、第2対物レンズ81によって僅かに縮小された2次電子像を収差補正レンズ82の物点86に形成する。なお、NA開口部材80の光軸L'方向の位置を調整することにより、コマ収差を最小にすることができ、また、倍率色収差も充分小さくすることができる。ここで、第1対物レンズ78と第2対物レンズ81との縮小率を大きくしたとき、2次電子線は実線87で示す経路を進み、第1対物レンズ78と第2対物レンズ81との縮小率を小さくしたときには、2次電子線は点線88で示す経路を進む。

[0046] 収差補正レンズ82の構成は、図1に示す収差補正レンズ6と同様であり、ここでの説明は省略する。収差補正レンズ82は、物点86における2次電子像を像点89に形成し、像点89からの2次電子線は、第1拡大レンズ83、補助レンズ群84及び第2拡大レンズ85によって倍率を調整され、検出器Dの画素ピッチに一致するよう所望の大きさに拡大された像を、検出器Dに形成する。

[0047] 検出器Dからの出力は制御系EのCPU90に供給され、CPU90は、検出器Dの出力を用いて試料面の2次元画像信号を生成する。この2次元画像信号を用いて表示された画像に収差が含まれる場合、その収差を補正するため、CPU90からの指令に基づいて、制御電源91は、第1対物レンズ78及び第2対物レンズ81の各電極に与える電圧を調整する。

[0048] ここで、第1対物レンズ78及び第2対物レンズ81について説明する。第1対物レンズ78は、電極781、782、783を有しており、その中央電極782は、中央に電子線通過用の開口を有する円錐台部分とその周囲の円板部分とからなる。こうした形状にす

ることにより、コマ収差を小さくし、しかも、比較的小さな正の電圧で所望の焦点距離を得ることができる。試料Sに近い方の電極783に与える電圧を低くすることにより、試料面での電界強度を小さくして放電を回避することができる。逆に、電極783に与える電圧を高くすると、対物レンズ78の軸上色収差係数を小さくすることができるので、第1対物レンズ78及び第2対物レンズ81による軸上色収差を、収差補正レンズ82の負の軸上色収差によって打ち消すことが容易になる。また、電極781に与える電圧を例えば±100V程度変化させることにより、試料面の凹凸によるフォーカスのズレをダイナミックに補正することができる。

[0049] 第2対物レンズ81も複数(図3では3枚)の電極を持ち、中央の電極に与える電圧を調整することにより、1次電子線の結像位置86を変えることなく、2次電子像の倍率を調整することができる。この結果を用いて、第1対物レンズ78と第2対物レンズ81の球面収差補正係数或いは軸上色収差補正係数を微調整することもできる。

[0050] ここで、図4A～図4Eを用いて、本発明の電子線装置の第1～第3の実施形態において、ビーム調整のために用いることができるマークについて説明する。図4Aは、3種類の径の異なる穴を有するマーカー板101を示している。図4Aに例示したマーカー板101には、径が最小の小マーカー穴102(3個)、径が中間の中マーカー穴103(3個)、及び径が最大の大マーカー穴104(3個)がそれぞれ行方向に並ぶように形成されており、これらのマーカー穴以外の領域は、2次電子放出率の大きい導電性材料で両面ともコーティングされている。図4Bは、マーカー板101の断面形状を示している。

[0051] このマーカー板101を試料Sと同じ高さの位置に置き、1次電子線を照射して検出器Dによってマーカー穴102、103又は104の2次元像を検出する。このとき検出される像の例を、図4C、図4D及び図4Eに示す。電子銃Gから試料Sを経て検出器Dに至る電子線の光路における補正レンズの軸合わせが適切でない場合には、図4Cに示すようなコマ収差が観察されるので、図4Dに示すような円形の像を得るよう軸合わせを行う必要がある。実際には、図4Eに示すように、マーカー穴102は小さいので、コントラストが極めて低い像となり、収差が検出し難い。一方、マーカー穴104の像はコントラストが大きく且つはっきりしてはいるが、マーカー穴が大きいことによって像

のボケも大きくなり、微妙な収差を見逃す危険性も生じ得る。そこで、最適な穴径を選択すればよい。

[0052] または、別のマーカーとして、図4Fに示すように、マーカー板101'を2次電子放出率の小さい薄膜で作り、マーカー穴102～104の代わりに、重金属のドットによるマーカー105をSi薄膜上に形成したものをを用いてもよい。

[0053] 図5は、本発明に係る電子線装置の第4の実施形態の概略図を示している。この実施形態は、マルチビームSEM型の電子線装置である。該電子線装置においては、電子銃Gから放出された電子線は、複数の開口2-1に照射され、縮小レンズ3-1により位置4-1に縮小像を形成する。そして、非分散のウィーンフィルタ5-1により位置8-1及び9-1に結像され、タブレットレンズ10-1及び17-1でさらに縮小されて、試料S上にマルチビームの縮小像を形成する。タブレットレンズ17-1は、該レンズの試料Sの側に磁気ギャップ19-1を設けた磁気レンズであり、対物レンズとして機能する。

[0054] より詳細に説明すると、ウィーンフィルタ5-1は、入射側及び出射側の2つの領域のボア径6-1が小さく設定されていて該領域で集束作用を行い、中央領域のボア径7-1が大きく設定されてフィルタ作用が行われないうように構成されている。位置9-1の縮小像から発散したビームは、タブレットレンズ10-1により平行ビーム13-1となり、ビーム分離器12-1の所定の位置から入射するように、電磁偏向器11-1により偏向される。平行ビーム13-1は、ビーム分離器12-1により試料Sの表面に対して垂直となるように偏向される。ビーム分離器13-1により偏向された平行ビームは、2段の静電偏向器14-1及び15-1によりラスタスキャンされ、かつ、軸対称電極16-1により低収差化される。ラスタスキャンを行うための2段の静電偏向器14-1及び15-1は、偏向支点と2つの偏向方向とを最適化した条件で駆動され、また、偏向器14-1及び15-1のZ方向(光軸方向)の位置は、後述するように、シミュレーションにより最適化することができる。軸対称電極16-1に試料Sとの間で放電を生じさせない程度の高電圧を印加することにより、低収差化を図ることができる。

[0055] 1次電子ビームの照射により試料Sから放出された2次電子は、静電偏向器15-1及び14-1により光軸方向に偏向されながらビーム分離器12-1に入射する。2次

電子は、該ビーム分離器12-1により、図において右側に偏向されて2次電子光学系の拡大レンズ23-1に向かう。拡大レンズ23-1で拡大された2次電子像は、次の拡大レンズ24-1でさらに拡大され、そして、検出器DにおいてマルチチャネルのSEM像が得られる。

[0056] ビーム分離器12-1は、電磁偏向器で構成されており、図5に示すように、2次電子ビームがビーム分離器12-1内を走行する距離が、1次電子ビームがビーム分離器12-1内を走行する距離の3倍程度となるよう構成されている。したがって、ビーム分離器12-1における磁界を、1次電子ビームを10度程度の小角度だけ偏向するように設定した場合であっても、2次電子ビームは $31.8^\circ (= 3 \times 10 \times \sqrt{4.5/4})$ 程度偏向されるため、1次電子ビームと2次電子ビームとは十分に分離される。これは、ビーム分離器12-1の位置での1次電子ビーム及び2次電子ビームのエネルギーはそれぞれ4.5KeV及び4.0KeVであり、ビーム分離器12-1が電磁偏向器であることから、偏向角がエネルギーの $(1/2)$ 乗に逆比例するためである。上記の式により、2次電子ビームの偏向角度が求められる。

[0057] また、1次電子ビームを10度程度以下の小角度だけ偏向可能なようにビーム分離器12-1を設定することにより、1次電子ビームに比較的小さい収差しか生じないことになる。また、ビーム分離器12-1により1次電子ビームに偏向色収差が生じたとしても、該収差の絶対値と、ビーム分離器12-1による偏向方向と逆方向に偏向する電磁偏向器11-1により生じる偏向色収差の絶対値とを等しく設定することにより、偏向色収差を打ち消すことができる。また、他の偏向収差も小さい。

[0058] なお、2次電子ビームは、偏向収差はあまり問題とならないので、ビーム分離器12-1により大きく偏向しても、問題が生じない。

さらに、ビーム分離器12-1で発生する偏向色収差は偏向器11-1で打ち消されるので、ビーム分離器12-1を試料面と共役の位置に配置する必要がない。そのため、電子光学系設計の自由度が増えて、光路長を大幅に短くすることができ、空間電荷効果を小さくすることができる。

[0059] 図5Aは、図5に示した電子線装置の電磁偏向器11-1及びビーム分離器12-1を、図5の矢印aの方向であって、紙面に平行な方向から見た図を示している。ビーム

分離器12-1は、強磁性体であるパーマロイコア21-1に2つの平行平板からなる磁極面で形成される磁気ギャップ20-1が2カ所形成され、上側のギャップを1次電子ビームのみが通過し、下側のギャップを1次及び2次電子ビームの両方が通過する。22-1及び22'-1は励磁コイルである。

[0060] 図5Bは、電磁偏向器11-1及びビーム分離器12-1を、図5の紙面に垂直な方向(手前側)から見た図である。電磁偏向器11-1を構成する磁気コアは、図5Bの紙面の裏側から手前方向に出て右下方向へ曲げられ、紙面に垂直に向かう。ビーム分離器12-1を構成する紙面の裏側の磁気コアは、紙面の裏側へ出て図の左上側に曲げられ、紙面の裏側から紙面方向に向かう。磁気コアの断面は、図5及び図5Bに示すような、上に凸及び下に凸の形状を備えている。そして、電磁偏向器11-1で紙面の裏側から表側に向かう磁力線が、ビーム分離器12-1で紙面の表側から裏側へ向かうように、励磁コイル22-1が巻かれている。なお、図5Bにおいては、励磁コイル22'-1は、紙面の前面側のコイルのみを示している。図5Bは図5の紙面に直交する上側からみた図であるため、図5の矢印から見たときに左側のコイル、すなわち図5Aのコイル22'-1が図5Bに示されたコイルである。

[0061] ビーム分離器12-1がこのような構成を備えることにより、1次電子ビームを小角度偏向しかつ2次電子を大角度偏向することができ、問題となる1次電子ビームの偏向収差を比較的小さくすることができるとともに、1次電子光学系の光路長を短くすることができる。

[0062] 上記したビーム分離器12-1は、磁気コアに励磁コイルを巻回した構造を有しているが、励磁コイルを巻回する代わりに、永久磁石を用いても良い。図5Cは、永久磁石を用いたビーム分離器を示しており、NSで表した薄い2枚の永久磁石を磁気コアの適宜の位置に配置している。図5Cに示したビーム分離器を用いれば、真空中にコイルを入れる必要がなく、磁場の強さも変動しないので、安定に動作することができる。また、図5A及び図5Bに示したビーム分離器と同様に、1次電子ビームを小角度偏向しかつ2次電子を大角度偏向することができ、1次電子ビームの偏向収差を小さくすることができるとともに、1次電子光学系の光路長を短くすることができる。

[0063] 図6は、本発明に係る電子線装置の第5の実施形態を示しており、この実施形態に

おいては、電子線装置は写像投影型の電子光学系で構成されている。この電子線装置において、電子銃Gから放出された電子線は、長方形開口32-1を一様な強度で照射し、その結果得られた長方形の1次電子ビームは、2段のレンズ33-1及び34-1で縮小率が調整され、電磁偏向器35-1で偏向される。そして、対物レンズ36-1を介して、38-1で示す軌道(例えば、4~15°の範囲)で試料S上に入射される。

[0064] 1次電子ビームの照射により試料Sから放出された2次電子は、対物レンズ36-1を通過し、NA開口40-1で適宜の解像度に制限され、タブレットレンズ42-1で収束されて、軸上色収差補正レンズ44-1の物点43に拡大像を生成する。この像は、軸上色収差補正レンズ44-1により点47-1及び点48-1に像を形成し、非分散のウィーン条件を満たすことになる。次いで、点48-1の像は拡大レンズ49-1及び50-1で2段に拡大され、検出器Dに拡大像を結像し、これにより、2次元像が形成される。

[0065] NA開口40-1の上下には、電磁偏向器35-1の偏向磁場が2次電子ビームの軌道に漏れないようにシールドするためのテーパ付きのパイプ39-1及び41-1が配置されている。該パイプに、レンズ側で径が大きくNA開口側で径が小さいテーパを付けたことにより、2つの静電レンズの特性劣化を防止することができ、また電極のコンパクト化を図ることができる。

[0066] 図6Aは、図6に示した電子線装置の電磁偏向器35-1を、図6の矢印bの方向から見た図を示している。電磁偏向器35-1は、磁気ギャップ53-1をつなぐパーマロイコア54-1を有し、該パーマロイコアには励磁コイル55-1が巻回されている。

電磁偏向器35-1は、約2mmの磁気ギャップ53-1の形状が図6に示すようにビームの入射点及びビームの出射点でビーム軌道に直角になっている。磁気ギャップ53-1をパーマロイコア54-1で結んだ形状を有している。

磁気ギャップから紙面の上側へ延びたパーマロイコア54-1は、光軸を避けて図の右側へ回り、紙面の裏側へ延びている。そして、そこで左へ曲がり、紙面の裏側に位置するギャップに接続されている。

[0067] 第5の実施形態は、図5に示した第4の実施形態と共通の言い方をすれば、ビーム

分離器(すなわち電磁偏向器)35-1を通るビームの光路長が、低収差を必要とする2次電子ビーム側で短く(この例ではゼロ)、低収差をさほど必要としない1次電子ビーム側で長いことを特徴としている。

[0068] 図7は、図5に示した第4の実施形態における軸上色収差補正レンズ5-1及び図6に示した第5の実施形態における軸上色収差補正レンズ44-1の断面図(光軸に直交する1/4断面図)を示している。軸上色収差補正レンズは、中央部で一度結像させることにより非分散の条件を満足している。該軸上色収差補正レンズにおいて、電極兼磁極(電磁極)57-1は、光軸近傍の放射状の面58-1と、励磁コイル59-1が巻回される面64-1とを備えている。面64-1は、外方に向かうに連れて板厚が薄くなっているが、ただし、最外端は、ネジ締めをするために厚くなっている。各面が交差又は接続している部分はすべて曲面として、鋭いエッジが形成されないようにしている。例えば、電磁極57-1の最も光軸に近い部分は0.5R程度、面58-1と面64-1との接続部分は100R程度、電磁極57-1の最外端の左右端は5R程度に設定されている。

[0069] 軸上色収差補正レンズはさらに、各励磁コイル59-1の外側には金属カバーが被覆され該コイルの被膜用絶縁物が光軸方向から見えないようにして、スペーサ56-1の表面が帯電したとしてもその電荷による電界が光軸方向へ漏洩しないように、金属カバーによりシールドしている。隣接する金属カバーの間隔は、放電が回避できる最小の幅に設定されている。電磁極57-1は、位置63-1でコア55-1に周方向で2カ所以上でネジ止めされている。

[0070] 本発明の電子線装置に係る第4及び第5の実施形態においては、上記したように、1次電子ビームと2次電子ビームとを分離するビーム分離器が、低収差を必要とする1次電子光学系側の電子ビーム通過軌道が、2次電子ビーム通過軌道よりも短いため、ビーム分離器で発生する1次電子光学系の収差を小さくすることができる。さらに、ビーム分離器を試料面と共役位置に配置する必要がないため、光路長を大幅に短くすることができ、よって、空間電荷効果を小さくすることができる。

また、写像投影型の電子光学系を有する第5の実施形態においては、2次電子ビームがビーム分離器を通らないので、ビーム分離器で発生する収差を無くすことがで

きる。

[0071] 図8は、本発明に係る電子線装置の第6の実施形態を示す該略図である。この第6の実施形態においては、電子銃Gから放出された電子線は、コンデンサレンズ2-2で集束され、マルチ開口3-2を一様な強度で照射する。マルチ開口3-2を通過してマルチビームとなったビームは、回転調整レンズ4-2と縮小レンズ5-2とで2段に縮小され、位置22-2に縮小像を作る。この位置22-2は軸上色収差補正レンズ6-2の物点になり、このレンズは位置23-2に等倍の負の軸上色収差を持つ像を形成する。この像はさらに、対物レンズ10-2で縮小され、試料S上に縮小像を作る。

[0072] 軸上色収差補正レンズ6-2は、12極の電極兼磁極が放射状に形成されたウィーンフィルタであり、物点22-2から放出されたビームが一度フィルタの中央で結像し、さらに位置23-2で等倍の像を作るように電磁界を与える。これにより、このウィーンフィルタは、非分散即ち、エネルギーの異なるビームも位置23-2で、同一のXY位置に結像する。この条件が非分散ウィーン条件と呼ばれ、電界と磁界が直交するように電磁界が与えられる。さらに、12極子に4極子電界と4極子磁場を与えることによって、負の軸上色収差係数を発生させることができる。すなわち、位置23-2でエネルギーの高いビームが位置23-2の電子銃G側で結像し、エネルギーの低いビームが位置23-2の試料S側に結像する。この位置23-2の像を対物レンズ10-2を介して試料Sに結像させると、対物レンズの正の軸上色収差のため、すべてのエネルギーの電子線が、同じ場所に結像する。定量的には、軸上色収差補正レンズ6-2が作る負の軸上色収差係数の絶対値と、対物レンズ10-2の物点での軸上色収差係数とを一致させると、試料面Sで軸上色収差の無い像が得られる。

[0073] 軸上色収差が有る場合、20mrad以下に制限されていた開口角が、軸上色収差補正をすることにより、30mrad以上と大きくしても25nm以下の解像度が得られ、60mradの開口角でも50nm以下の解像度が得られる。60mradの開口角とすると、20mradの開口角の場合の9倍のビーム電流が得られ、高速評価ができる。

[0074] 図8において、9-2は電磁偏向器から成るビーム分離器であり、電磁偏向器7-2によって偏向色収差が補正される。1次電子線は、静電偏向器8-2、13-2により、試料Sの面上を走査する。パターン評価を行う時、及び、後述するようにフォーカス条

件を変えてZ位置(Z方向位置、すなわち軸線方向位置)を測定する場合は、試料面から38.7mmの位置24-2を偏向中心とした。これは、コマ収差と偏向色収差の和が最小になるように、シミュレーションによって求めた値である。また、後述するように信号波形を取得してZ位置を測定する際は、1次ビームが11-2又は12-2の軌道を取るようにし、17-2又は18-2を偏向中心とした。これらの位置は、試料Sに近い位置である。

[0075] 軸対称レンズ15-2には放電を起さない程度の正の高電圧が印加され、球面収差を小さくする。14-2は、100V前後の電圧で $\pm 50 \mu\text{m}$ 程度のフォーカス位置を調整できるダイナミックフォーカス用の円筒電極である。

[0076] なお、レンズの焦点距離を高速で変化させたい場合、電磁レンズの場合はダイナミックフォーカスコイルを設けて、そのコイル電流を変化させる方法が多々用いられる。100V前後の電圧変化で焦点距離を必要な値だけ変化できれば、より高速でダイナミックフォーカスができる。本実施例では、対物レンズの磁場がゼロでない場所に軸対称電極14-2を設けることによって、フォーカス調整を行っている。すなわち、この軸対象電極14-2に正の電圧を印加すると、該電極を通るビームエネルギーが若干高くなり、焦点距離を少し長くすることができ、逆に負の電圧を与えると集束力が少し強くなり、焦点距離を短くすることができる。

[0077] ビーム分離器9-2で分離された2次電子は、拡大レンズ19-2、20-2で倍率を調整され、検出器(マルチ検出器)Dで検出される。ここでレンズ20-2は回転レンズが使われ、該レンズにより2次電子像の方向と検出器の並び方向が合される。

[0078] 次に、図9A、図9B、及び図10を参照して、本発明に係る電子線装置を用いてパターン評価中に、試料面のZ位置を測定する方法について説明する。なお、以下の説明においては、図8に示した第6の実施形態に関連して説明するが、他の実施形態の電子線装置であっても、同様にZ位置を測定することができることは、言うまでもない。図10において、31-2はダイシングライン、32-2は一つのストライプ、33-2は電子光学系の視野で、例えば $200 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$ のサイズを有する。34-2はダイのパターン領域である。試料Sは矢印cで示したY方向に連続移動している。視野33-2がパターン領域34-2に入ってくると、35-2で示したような2本の幅の異なるX方

向又はY方向パターンが存在する場所へビームを移動させ、そこで、偏向器8-2、13-2により、パターンの直角方向にビームを走査させる。その結果、偏向中心が17-2(図8)で示すように試料Sの面より上にある場合は、ビームの走る方向が実線矢印dで示した方向となり、38-2で示すように、最初に幅広パターンに相当する2次電子信号が得られ、次に幅狭パターンに相当する2次電子信号が得られたとする。この場合、次に偏向中心を18-2(図8)で示すように試料Sの面より下へ移動させ、同じ走査信号を与えると、ビームが走る方向が点線矢印eで示した方向となり、2次電子信号は最初に幅狭パターンに相当する信号が得られ、次に幅広パターンに相当する信号が得られるので、39-2で示した信号波形が得られる。

[0079] 線間隔 l_1 を信号波形の電圧パルス間隔 V_1 又は V_2 で割算した値、即ち走査感度($\mu\text{m}/\text{V}$)を縦軸にプロットすると、図9Bに示したように、直線上に乗る。なお、2段の偏向器8-2、13-2で試料上を走査する場合、上段の偏向器8-2に与える電圧と、下の偏向器13-2に与える電圧比を固定して電圧を変えることによって、偏向中心を固定した状態で走査が行なわれる。偏向中心を変える必要がある場合、この電圧比を変えるが、片側の電圧を固定し、他側の電圧のみ変化させて電圧比を変えとする。走査感度を定義する時、この固定した側の電圧で定義すると、偏向中心を変えても共通に走査感度が定義できる。すなわち、偏向中心を試料から遠くへ設けると走査感度は大きくなり、また、偏向中心を試料より下側に設けると走査感度は負の値になる。図9Bに示した走査感度($\mu\text{m}/\text{V}$)の電圧Vは、偏向中心を変える時に電圧を変えなかった側の偏向器に与える電圧である。

[0080] 走査感度は直線で表されるので、偏向位置は任意の2点でよい。Z位置はこの直線が走査感度0を横切る点である。Z位置と対物レンズ10-2の励起電圧との関係は予め測定しリスト化してあり、したがって、該リストに基づき、Z位置の値から対物レンズの励起電圧を換算することができる。

以上のパターン間隔を測定する方法では、狭い幅の2本パターンが必要である。このようなパターンが無い時は、パターンエッジの信号波形の立ち上がりで測定してもよい。この場合は、以下に述べるように、レンズ条件、すなわち対物レンズ条件を変えて合焦条件を求めればよい。

[0081] 図10の40-2で示したパターンエッジをエッジに直角方向にビームを走査した時の信号波形は、フォーカス条件を3条件変えて信号取得を行うと、41-2、42-2、43-2で示した波形が得られる。横軸をフォーカス条件を与える軸対称電極13-2に印加する電圧とし、縦軸を信号の立ち上がり幅44-2としてプロットすると、図9Aに示したような曲線が得られる。この曲線を2次曲線で近似すれば、信号立ち上がり幅が最も狭い対物レンズの最適電圧値 V_{opt} が得られる。この V_{opt} がZ位置に対応している。

したがって、対物レンズ10-2の電圧値を V_{opt} にして、次の測定までこの対物レンズの条件で評価を行えばよい。すなわち、最小のボケでパターン評価を行うことができる。

[0082] 次に、ステージを連続移動させながら試料の評価を行う場合、何mm間隔でZ位置を測定し、フォーカスを微調整する必要があるかについて述べる。この場合、まず焦点深度を見積る必要がある。図8に関連して説明したように軸上色収差を補正する場合は、30mrad以上の開口角を利用することができる。その場合の焦点深度は、30nmのボケを許容するとして、焦点深度は $30\text{nm} / 30 \times 10^{-3} = 1 \mu\text{m}$ となる。試料載置台或いは基板のZ位置の変動要因は、試料Sの厚みムラの変動と、ステージのZ振動が主要因である。これらのZ位置変動の予測値から、次に示すように、合焦条件を測定する周期或いは測定回数を求める。

[0083] 試料Sの厚みムラの変動は周期が長いので、ステージのZ振動でZ位置測定の周期が決る。ステージをパターン評価を行う時の速度で移動させ、Z方向に感度を有する加速度ピックアップをステージに取り付け、信号波形を振幅モードで測定する。この振幅波形が $1 \mu\text{m}$ 変化するのに要するステージの走行距離を求め、その走行距離より短い間隔でZ位置測定を行い、フォーカス合わせを行えばよい。ステージがローラベアリング等、接触支持方式の場合は、1mm程度の間隔で測定すればよい。また、ステージがエアベアリング等、非接触支持方式の場合は、100mm以上走行しても上下動は $1 \mu\text{m}$ 以下であり、試料の厚み変化の方が大きいので、この場合はダイ毎に測定すればよい。

[0084] 次に、本発明に係る電子線装置を用いて試料の画像を得る際のステージ速度の決

め方について述べる。この場合、条件は以下の通りである。

ビーム数: 16

各ビームの走査ピクセル周波数: 50MHz/pix

走査整定時間: 10 μ s

ストライプ: 200 μ m

ピクセル寸法: 50nm角

Z位置測定周期: 1mm間隔

[0085] 合焦条件測定等の時間は、偏向中心を変えずにレンズ条件を3条件変化させる方法の方が、偏向中心を変える方法より長いので、こちらの条件で見積もる。レンズ電圧の整定は、ダイナミックフォーカス用の電極14-2に印加する電圧を100V程度変えるのみで1msとすると、3条件とVoptにするのと合計で4回と、信号取得等で1msで、合計5msとする。

[0086] 1mmの距離ステージを移動させパターン評価行うのに要する時間は、

$$\begin{aligned} & [(1\text{mm} \times 200\ \mu\text{m}) / (16 \times 50 \times 10^{-9} \times 50 \times 10^{-9})] \times 20 \times 10^{-9}\text{s} \\ & + [(10\ \mu\text{m} \times 100) / (50 \times 10^{-9}\text{m})] \times 20 \times 10^{-9}\text{s} \\ & + [1\text{mm} / (16 \times 50 \times 10^{-9})] \times 10\ \mu\text{s} \\ & + 5\text{ms} \\ & = 0.1\text{s} + 0.004\text{s} + 0.0125\text{s} + 0.005\text{s} \end{aligned}$$

となる。ここで、上記式中、第1項は画素走査時間(1mm $\times$ 200 μ mの面積を16本のビームが走査する時間)、第2項は信号波形取得時間(例えば、図9Aの実施例においては、電圧V1およびV2の値を取得するのにかかる時間)、第3項は走査整定時間(16本のビームが1mm $\times$ 200 μ mの面積を走査するために折り返す回数と折り返しにかかる時間との積)、第4項は焦点算出時間である。

従ってステージ移動速度は、

$$\begin{aligned} & 1\text{mm} / (0.1 + 0.004 + 0.0125 + 0.005)\text{sec} \\ & = 8.51\text{mm/sec} \end{aligned}$$

と算出することができる。

[0087] Z位置測定用の走査時間とZ位置算出時間0.005秒間にステージが移動する距

離は、

$$8.51\text{mm/s} \times 0.005\text{s} = 42.5\text{ }\mu\text{m}$$

となる。したがって、Z位置測定前にビームを42.5 μm 、Y方向(ステージ移動方向)に移動させ、そこでZ位置測定を行うと、Z位置測定が終了するのに0.005秒かかる。そして、その間にステージが42.5 μm 進んでいるから、すぐにパターン評価に入ることができる。

[0088] 従ってY方向の視野寸法は、42.5 μm 以上必要である。この値は、ストライプ幅200 μm の約1/4程度の視野寸法が必要であることを示している。(上記条件に示すように、ステージ速度はストライプ幅の関数である。)このように、Z位置を測定する前に、ストライプ幅の1/4以上、ビームを試料台移動方向へ移動させた後に、Z位置測定を行えばよい。

[0089] このようにすると、Z位置測定が終了した時、被評価パターンがY方向の視野中心に来るので、評価をY方向の視野中心で行うことができる。なお、上記例では、合焦条件測定間隔が1mmの場合についてステージ速度を求めているが、一般のステージの場合のステージ速度は、合焦条件測定間隔分の画素走査時間、信号波形取得時間、走査整定時間、焦点算出時間から求めればよい。

[0090] 従来例においては、一般に、超高精度のステージを用い、ウェーハの厚みむらに相当する試料面のZマップを作ってダイナミックフォーカスを行っている。このような方法では、Zマップの作製時間が必要でありスループットを低下させると共に、ステージのZ位置再現性に高精度が必要でステージが高価になり過ぎるという問題がある。本発明においては、上記したように、パターン評価を行う直前にフォーカス合わせを行うことにより、Zマップの作製を不要としているので、高スループットを実現すると共に、高価なステージを必要とせず、また、軸上色収差を補正して大きい開口角を用いた電子光学系を用いた場合でも、フォーカスずれを少なくして、試料を高精度で評価することができる。

[0091] 半導体ウェーハ検査工程において、本発明の上記した各実施形態に係る電子線装置を用いた場合、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、2次電子画像の像障害が無い状態で高精度に欠陥を検査できるので、製品の歩留向上、欠陥製品

の出荷防止が可能となる。

なお、本発明によるパターン評価は、フォトマスクやレクチル、ウェーハ等の試料の欠陥検査、線幅測定、合わせ精度、電位コントラスト測定等広く試料のパターン評価に適用することができる。

[0092] 以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は、これら実施形態の構成に限定されるものではなく、当業者であれば種々の変形、変更が可能であることが明らかであろう。

請求の範囲

- [1] 1次電子ビームを試料に照射し、これにより試料から放出される2次電子をビーム分離器で1次電子ビームから分離し、分離された2次電子を2次電子光学系を介して検出するようにした電子線装置において、
- ビーム分離器は、磁気偏向器であって、1次電子ビーム及び2次電子の一方に対しては通過する領域が短く、他方に対しては通過する領域が前記した短い領域の2倍以上となるように構成されている
- ことを特徴とする電子線装置。
- [2] 請求項1記載の電子線装置において、
- ビーム分離器は、2つの磁極面を接続する強磁性体と、該強磁性体に巻回した励磁コイルとからなる
- ことを特徴とする電子線装置。
- [3] 請求項1記載の電子線装置において、
- 2次電子光学系は写像投影光学系であり、
- ビーム分離器は、1次電子ビームを第2の角度偏向させて試料面の法線から小角度傾いた第3の角度で試料上に入射させ、2次電子を偏向する第1の角度がゼロとなるよう構成されている
- ことを特徴とする電子線装置。
- [4] 請求項3記載の電子線装置において、
- ビーム分離器は、2つの磁極面を接続する強磁性体と、該強磁性体に巻回した励磁コイルとからなり、
- 2次電子光学系は、その光軸の周囲に、ビーム分離器により生じる磁界が光軸に侵入するのを防止する軸対称シールドを備えている
- ことを特徴とする電子線装置。
- [5] 電子線装置において、
- 1次電子ビームを放出する電子銃と、
- 1次電子ビームを偏向する電磁偏向器と、
- 1次電子ビームと、該1次電子ビームが試料に照射された際に該試料から放出され

る2次電子とを分離するビーム分離器と、

2次電子ビームを検出する検出器と

を有し、ビーム分離器は、2次電子ビームが該ビーム分離器を走行する距離が、1次電子ビームが該ビーム分離器を走行する距離の3倍となるように構成されていることを特徴とする電子線装置。

- [6] 請求項5記載の電子線装置において、電磁偏向器は、1次電子ビームをビーム分離器が偏向する偏向方向と逆方向に偏向するよう設定され、かつ、該電磁偏向器の偏向により該1次電子ビームに生じる偏向色収差と、ビーム分離器の偏向により該1次電子ビームに生じる偏向色収差の絶対値とが等しくなるように設定されていることを特徴とする電子線装置。

- [7] 電子線装置により、試料上に形成されたパターンを評価するための評価方法において、

1次電子線を小角度だけ偏向してビーム分離器に入射させるステップと、

ビーム分離器により、1次電子線を試料に対して垂直方向に偏向させて試料に照射するステップと、

ビーム分離器により、試料面から放出された2次電子を大きく偏向して2次電子光学系に導くステップと、

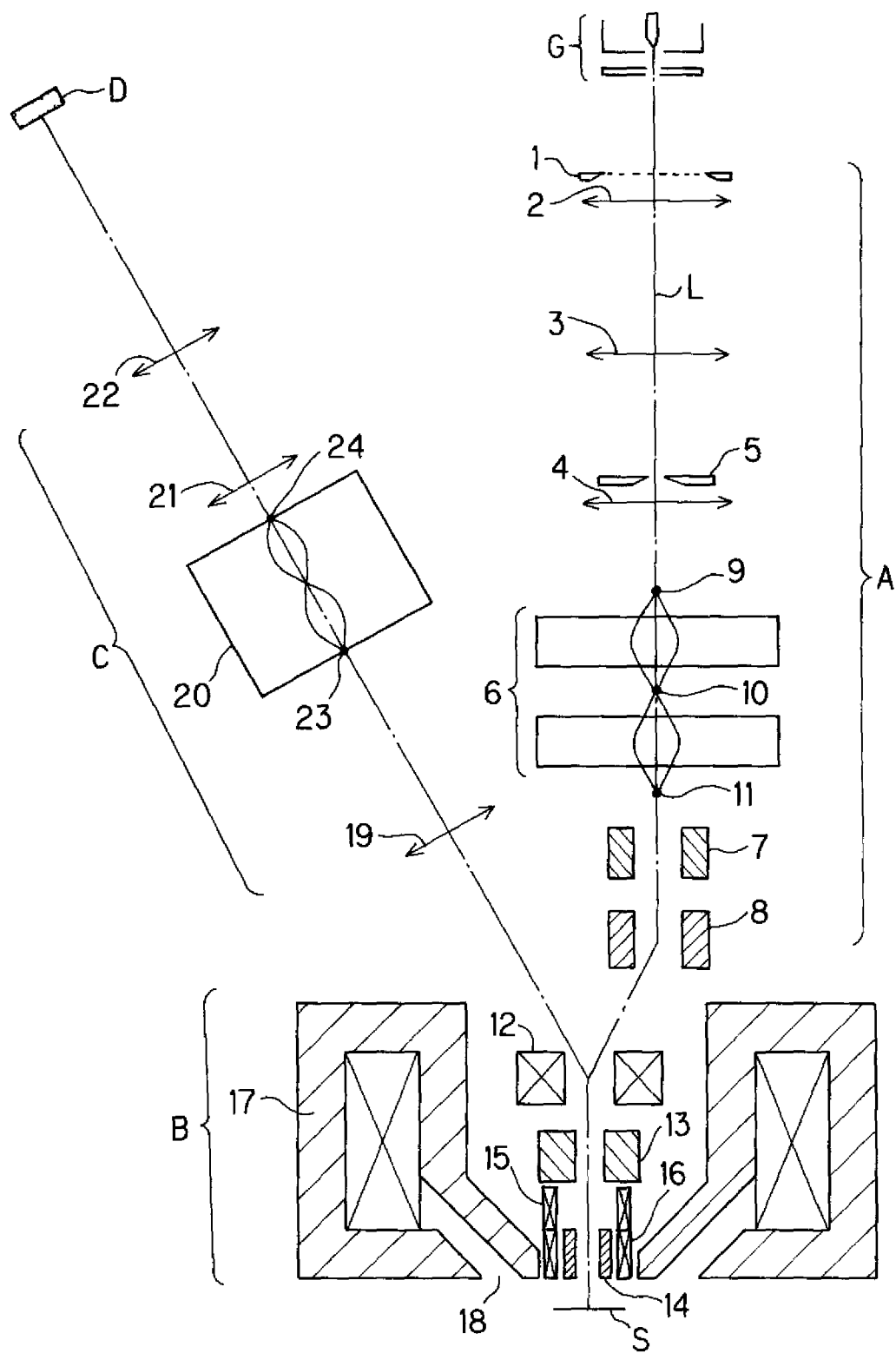
検出器により、2次電子光学系を介して受け取った2次電子を検出するステップとを含んでいることを特徴とする評価方法。

補正書の請求の範囲

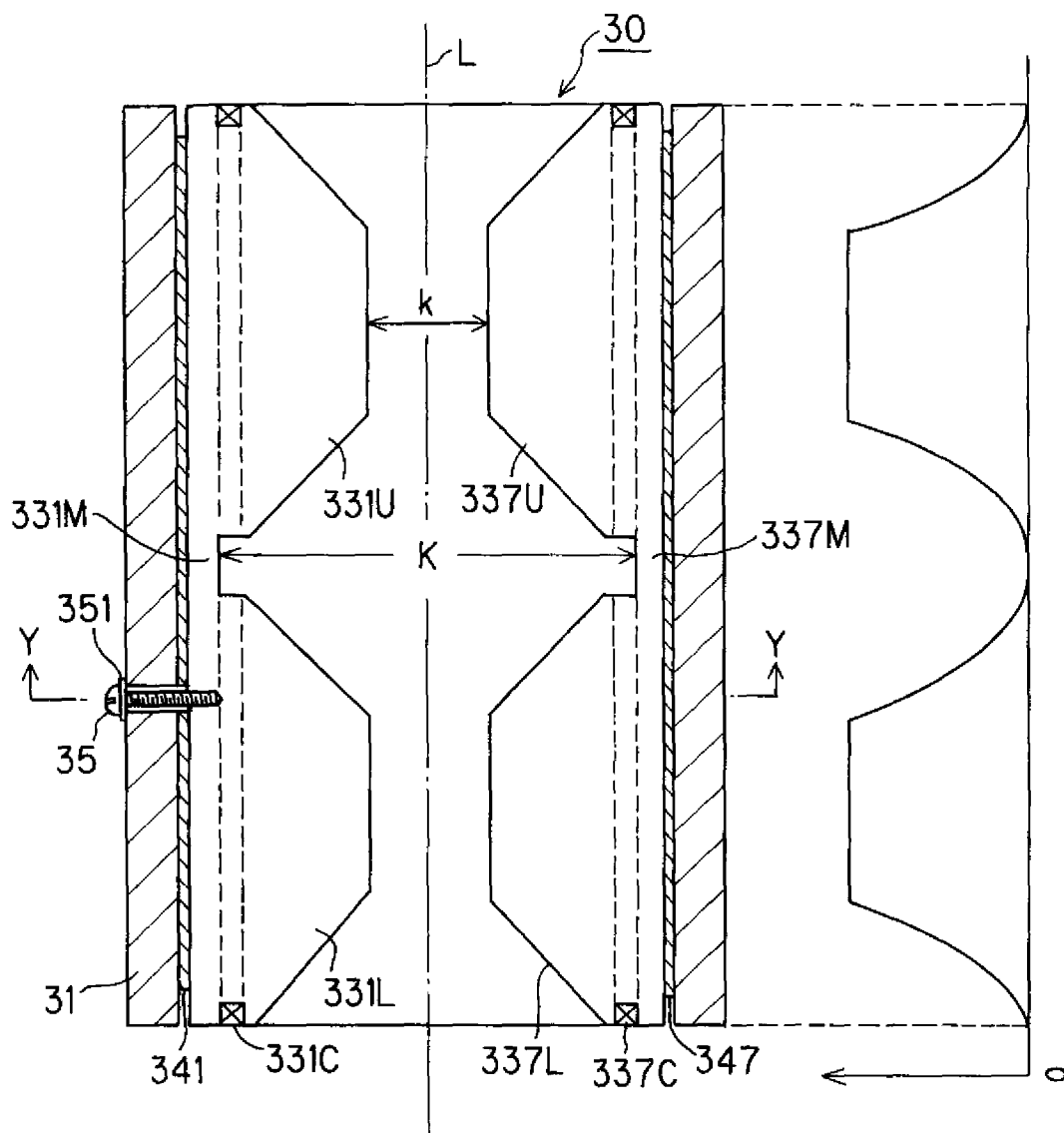
[2006年11月24日 (24. 11. 2006) 国際事務局受理]

- [1] (補正後) 1次電子ビームを試料に照射し、これにより試料から放出される2次電子をビーム分離器で1次電子ビームから分離し、分離された2次電子を2次電子光学系を介して検出するようにした電子線装置において、
- ビーム分離器は、1次電子ビーム又は2次電子の一方が通過する領域が、他方が通過する領域の2倍以上となるように構成されている
- ことを特徴とする電子線装置。
- [2] 請求項1記載の電子線装置において、
- ビーム分離器は、2つの磁極面を接続する強磁性体と、該強磁性体に巻回した励磁コイルとからなる
- ことを特徴とする電子線装置。
- [3] (補正後) 請求項1記載の電子線装置において、
- 2次電子光学系は写像投影光学系であり、
- ビーム分離器は、1次電子ビームを第1の角度偏向させて試料面の法線から第2の角度で傾けた状態で試料面上に入射させ、2次電子ビームの光路長をゼロにすることにより2次電子を偏向する第3の角度がゼロとなるよう構成されている
- ことを特徴とする電子線装置。
- [4] 請求項3記載の電子線装置において、
- ビーム分離器は、2つの磁極面を接続する強磁性体と、該強磁性体に巻回した励磁コイルとからなり、
- 2次電子光学系は、その光軸の周囲に、ビーム分離器により生じる磁界が光軸に侵入するのを防止する軸対称シールドを備えている
- ことを特徴とする電子線装置。
- [5] 電子線装置において、
- 1次電子ビームを放出する電子銃と、
- 1次電子ビームを偏向する電磁偏向器と、
- 1次電子ビームと、該1次電子ビームが試料に照射された際に該試料から放出され

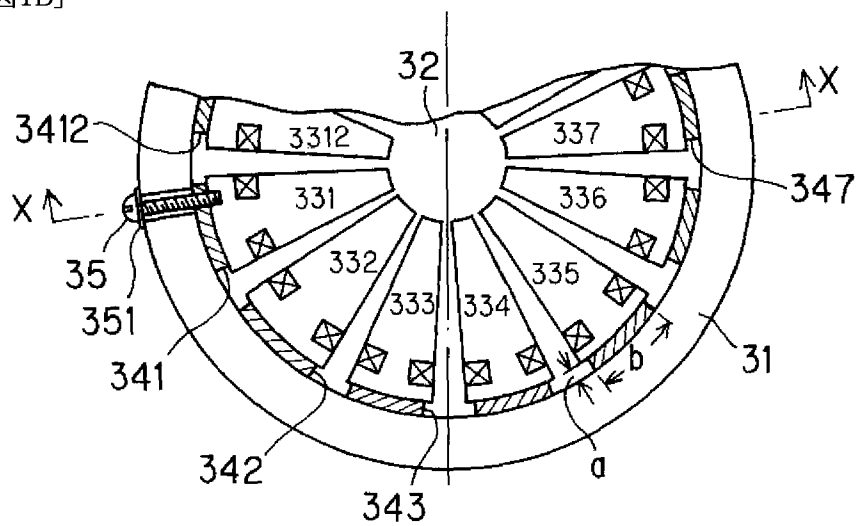
[図1]



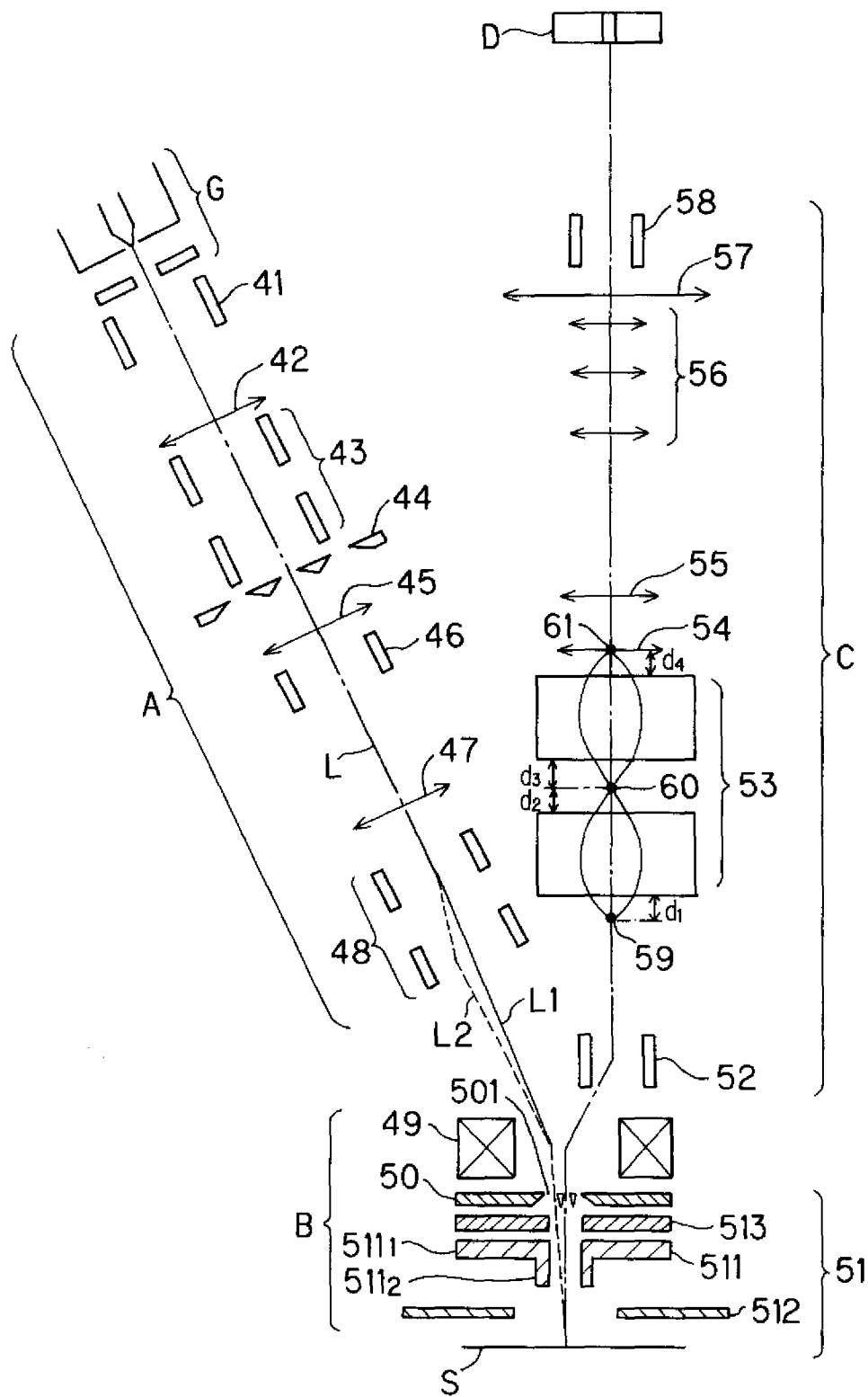
[図1A]



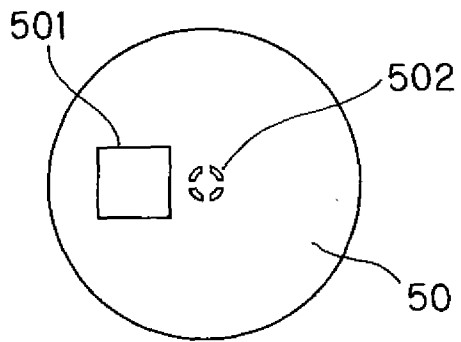
[図1B]



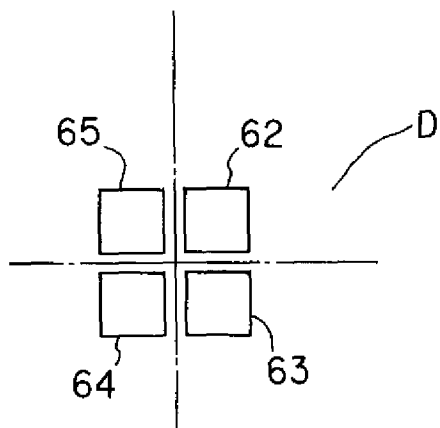
[図2]



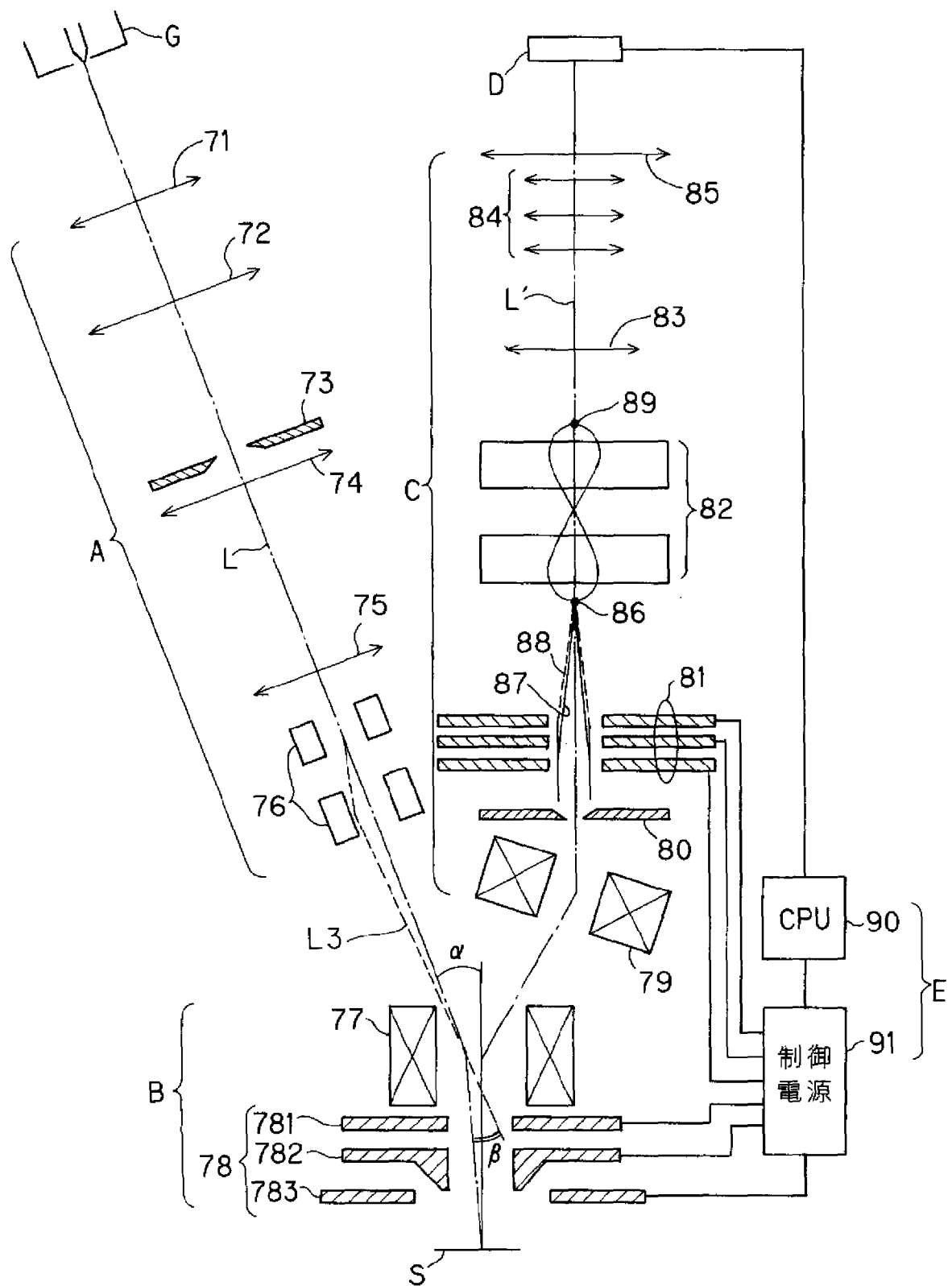
[図2A]



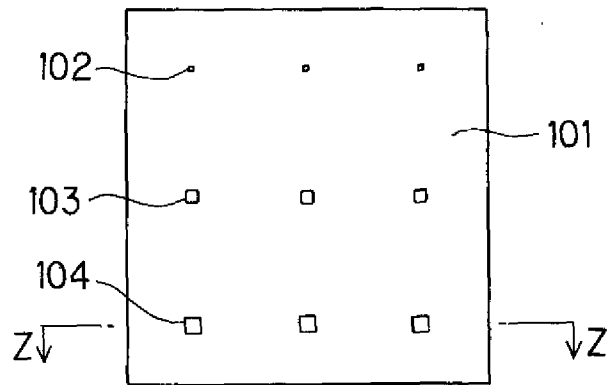
[図2B]



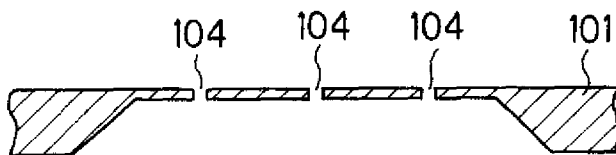
[図3]



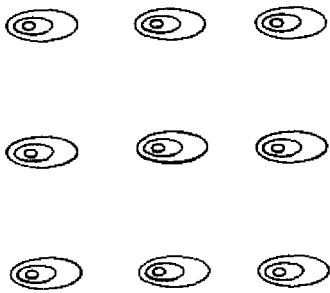
[図4A]



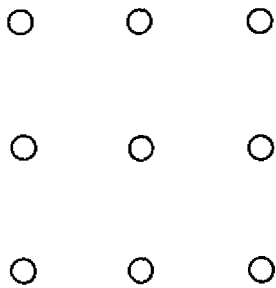
[図4B]



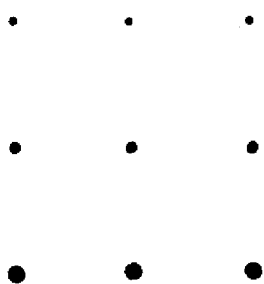
[図4C]



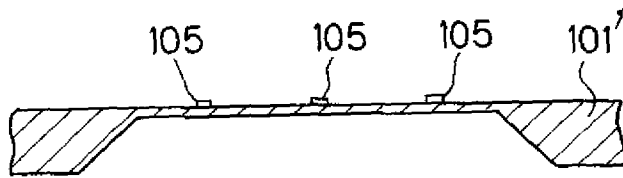
[図4D]



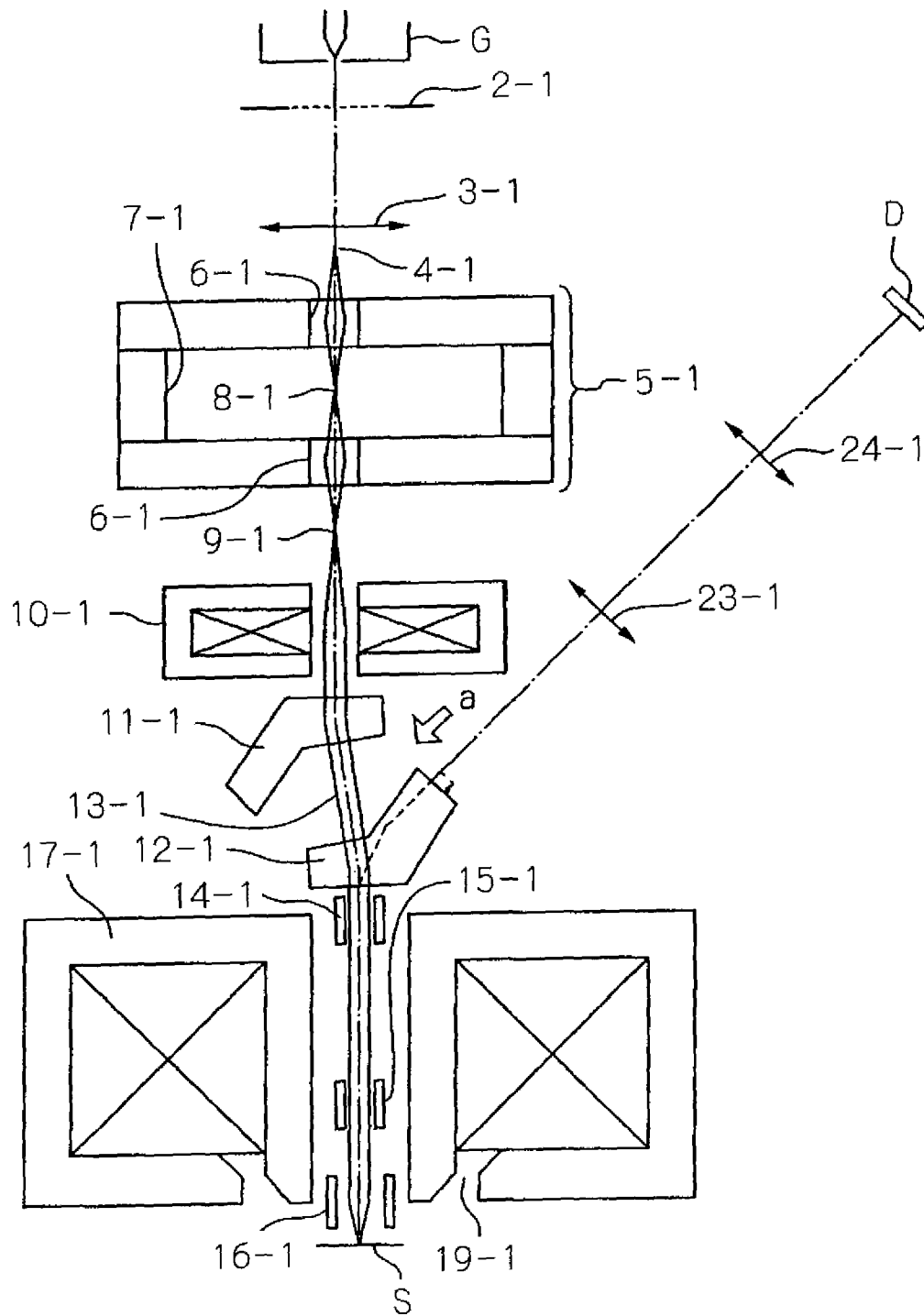
[図4E]



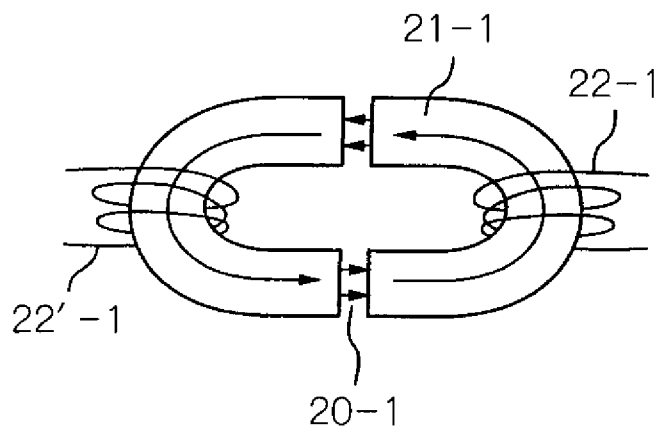
[図4F]



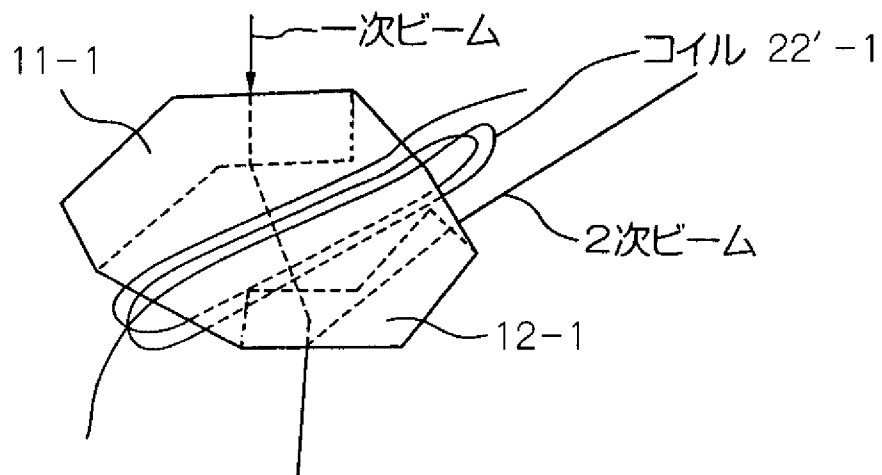
[図5]



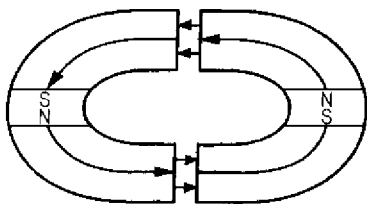
[図5A]



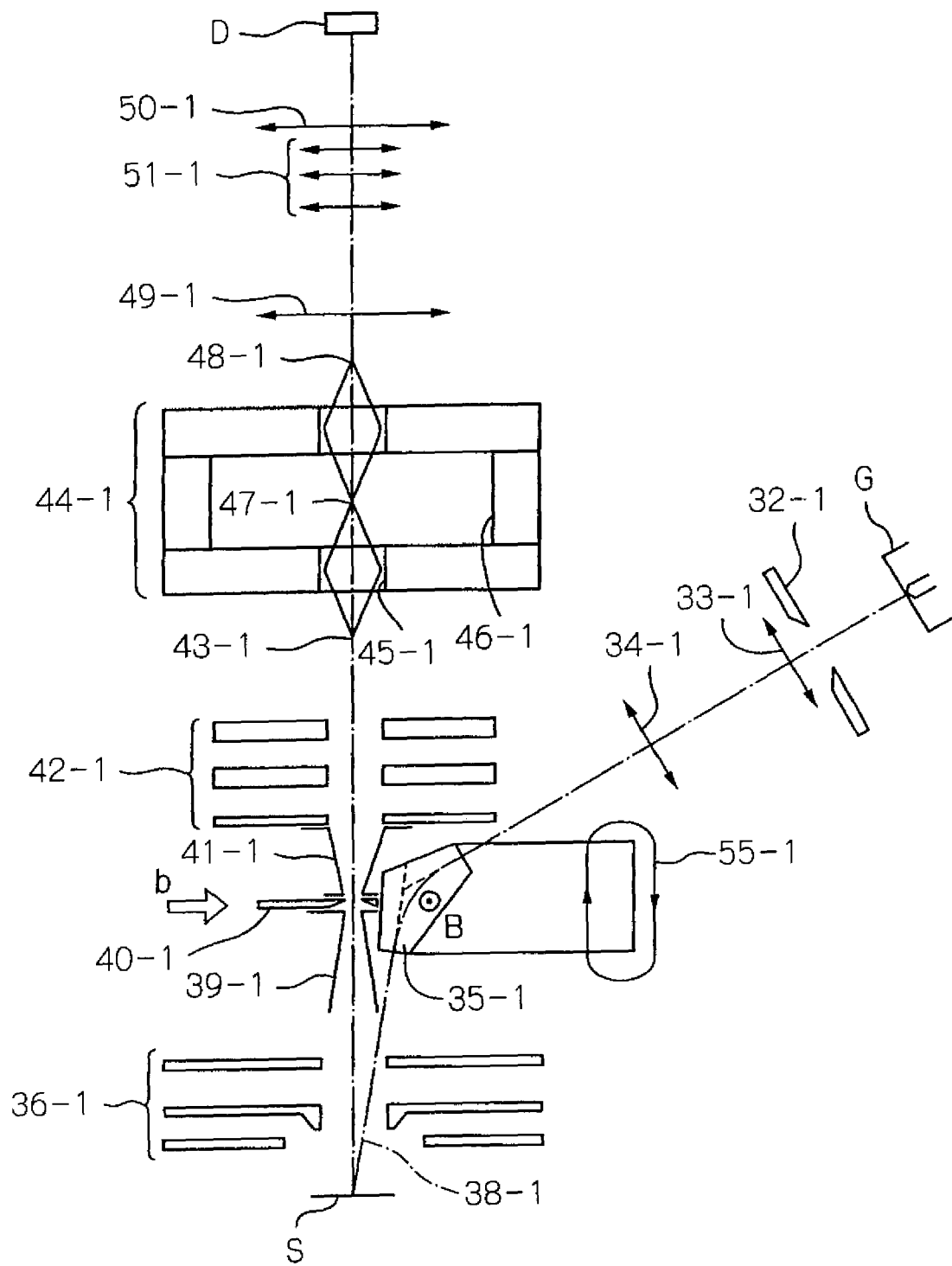
[図5B]



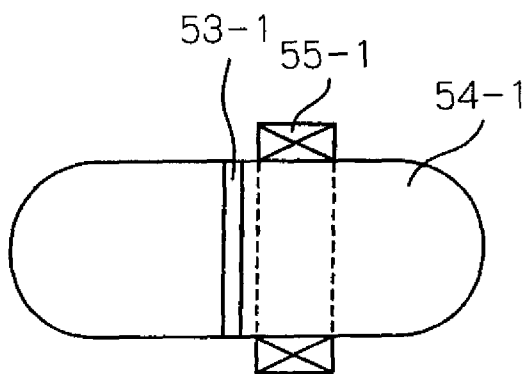
[図5C]



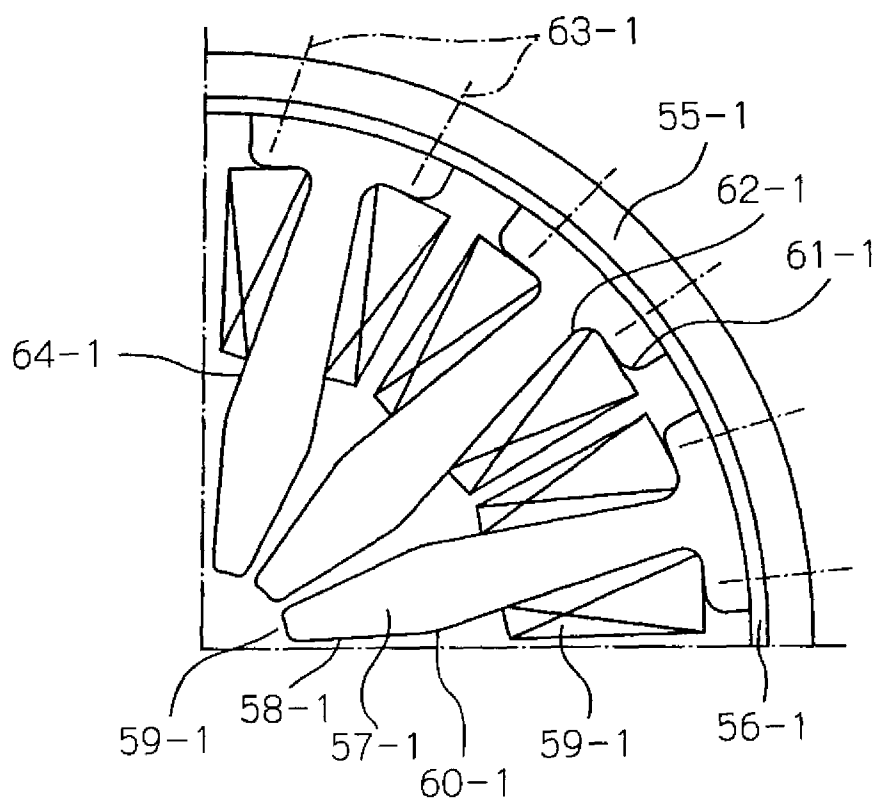
[図6]



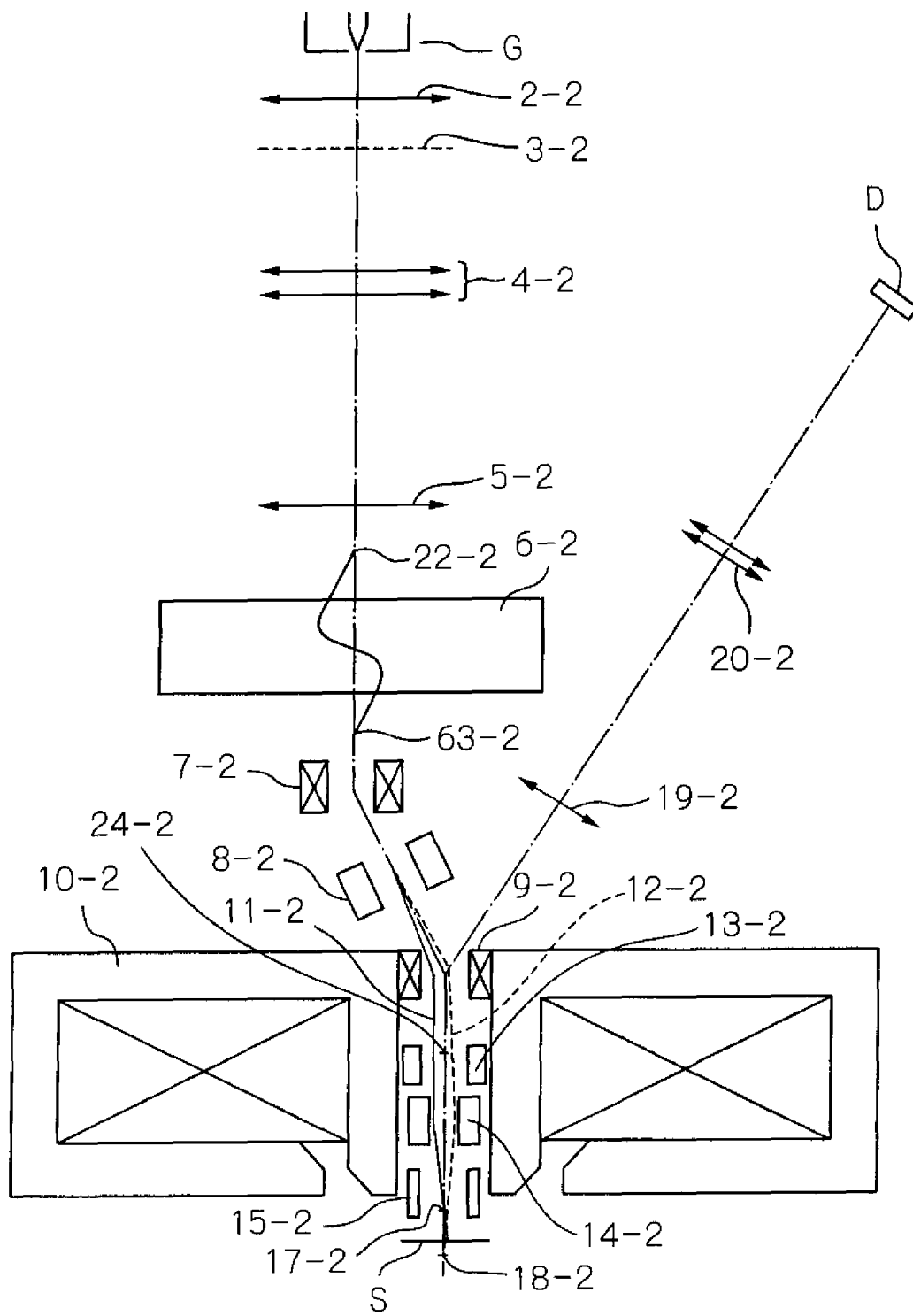
[図6A]



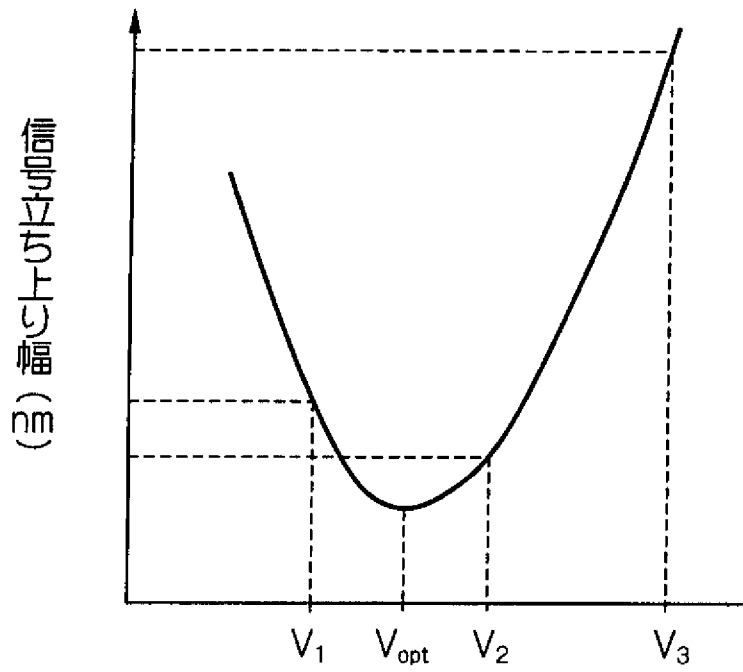
[図7]



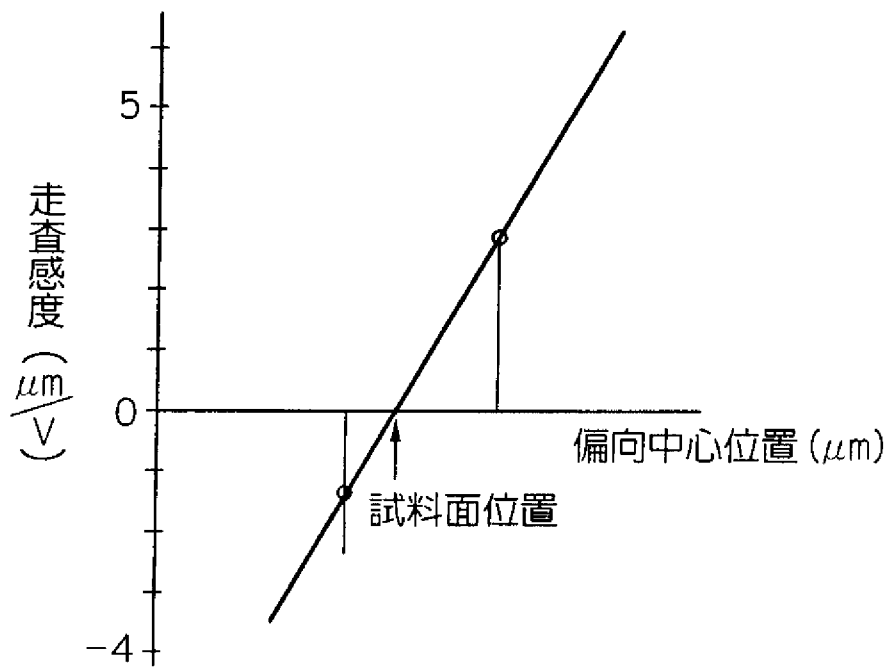
[図8]



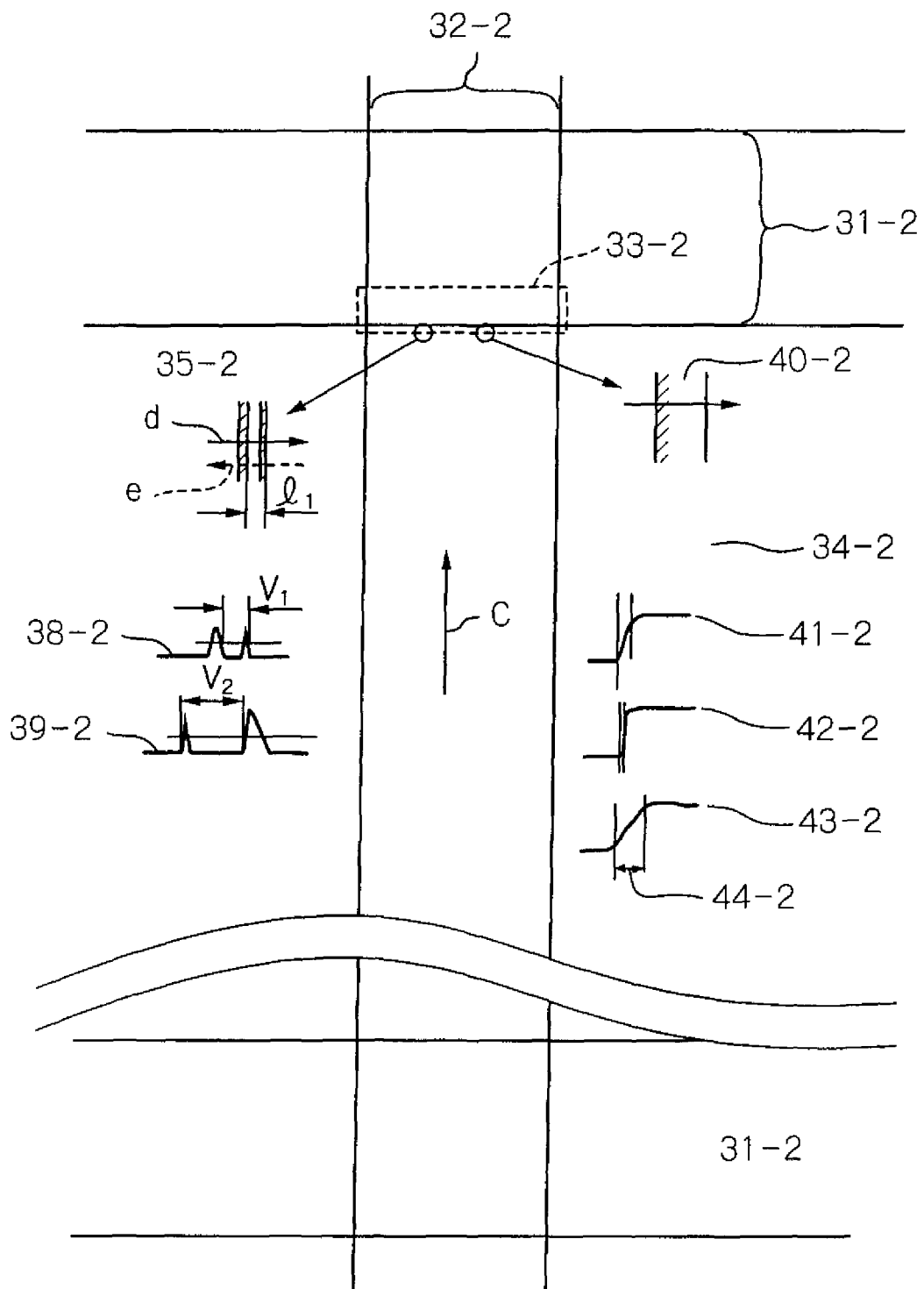
[図9A]



[図9B]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/314571

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/147(2006.01)i, H01J37/153(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)

H01J37/147, H01J37/153, H01J37/28-37/29

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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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 Y A	JP 62-31933 A (CAMECA), 10 February, 1987 (10.02.87), Full text; all drawings (particularly, page 6, upper left column, line 11 to upper right column, line 16; page 10, lower left column, line 8 to lower right column, line 6; Figs. 6, 12A, 12B) & EP 209432 A1 & US 4779046 A & FR 2584234 A1	1, 2, 5, 6 7 3, 4
X A	JP 11-238484 A (Hitachi, Ltd.), 31 August, 1999 (31.08.99), Par. Nos. [0022] to [0023], [0048]; Fig. 2 & US 6310341 B1	1, 2, 7 3-6



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
04 October, 2006 (04.10.06)

Date of mailing of the international search report
10 October, 2006 (10.10.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/314571

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2004-165146 A (LEO Elektronenmikroskopie GmbH), 10 June, 2004 (10.06.04), Full text; all drawings (particularly, Par. Nos. [0013] to [0016]; Fig. 1) & EP 1389793 A2 & US 2004/108457 A1 & DE 10235456 A	1, 2, 5-7 3, 4
X Y	JP 2005-197121 A (Ebara Corp.), 21 July, 2005 (21.07.05), Par. Nos. [0017] to [0018]; Fig. 4 & WO 2005/69345 A1 & US 2005/253066 A	3 4
Y	JP 11-67139 A (Hitachi, Ltd.), 09 March, 1999 (09.03.99), Par. No. [0029]; Figs. 7, 9 & US 6043491 A	4
A	JP 2001-148227 A (Advantest Corp.), 29 May, 2001 (29.05.01), Full text; all drawings & EP 1100111 A1 & US 6509569 B1	1-7
A	JP 9-270241 A (JEOL Ltd.), 14 October, 1997 (14.10.97), Full text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01J37/147(2006.01)i, H01J37/153(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. H01J37/147, H01J37/153, H01J37/28-37/29			
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 0 6 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 6 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 6 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 請求の範囲の番号	
X Y A	JP 62-31933 A（カメカ）1987.02.10, 全文, 全図（特に、第6頁左上欄11行－右上欄16行, 第10頁左下欄8行－右下欄6行, 第6, 12A, 12B図） & EP 209432 A1 & US 4779046 A & FR 2584234 A1	1, 2, 5, 6 7 3, 4	
X A	JP 11-238484 A（株式会社日立製作所）1999.08.31, 段落【0022】－【0023】, 【0048】, 図2 & US 6310341 B1	1, 2, 7 3-6	
☒ 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 0 4 . 1 0 . 2 0 0 6		国際調査報告の発送日 1 0 . 1 0 . 2 0 0 6	
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） 堀部 修平 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3	2 1 9 2 1 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 請求の範囲の番号
Y A	JP 2004-165146 A (エルエーオー エレクトロネンミクロスコー ー ゲーエムベーパー) 2004.06.10, 全文, 全図 (特に、段落【0013】 - 【0016】, 図 1) & EP 1389793 A2 & US 2004/108457 A1 & DE 10235456 A	1, 2, 5-7 3, 4
X Y	JP 2005-197121 A (株式会社荏原製作所) 2005.07.21, 段落【0017】 - 【0018】, 図 4 & WO 2005/69345 A1 & US 2005/253066 A	3 4
Y	JP 11-67139 A (株式会社日立製作所) 1999.03.09, 段落【0029】, 図 7, 9 & US 6043491 A	4
A	JP 2001-148227 A (株式会社アドバンテスト) 2001.05.29, 全文, 全 図 & EP 1100111 A1 & US 6509569 B1	1-7
A	JP 9-270241 A (日本電子株式会社) 1997.10.14, 全文, 全図 (ファ ミリーなし)	1-7