(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
2006 年9 月8 日 (08.09.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/093268 A1

(51) 国際特許分類:
H01J 37/29 (2006.01) *H01J 37/153* (2006.01)
G01N 23/225 (2006.01) *H01J 37/28* (2006.01)
G01R 31/302 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)
H01J 37/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/304088

(22) 国際出願日: 2006 年3 月3 日 (03.03.2006)

(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2005-059504 2005 年3 月3 日 (03.03.2005) JP
特願2005-092297 2005 年3 月28 日 (28.03.2005) JP
特願2005-092314 2005 年3 月28 日 (28.03.2005) 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１１番１号 Tokyo (JP).

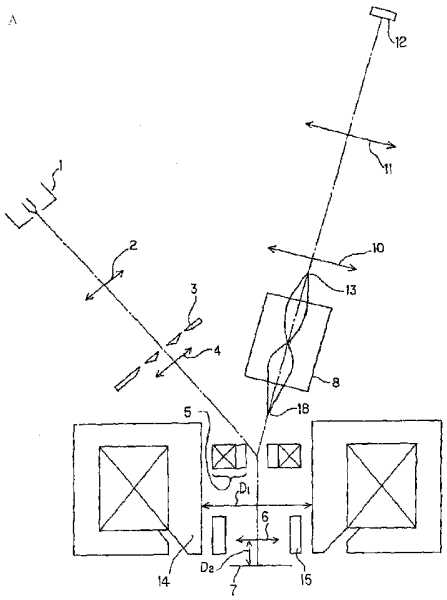
(72) 発明者; および

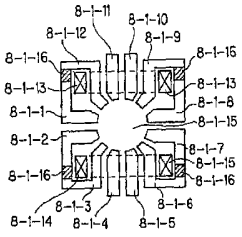
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中筋 護 (NAKASUJI, Mamoru) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 野路 伸治 (NOJI, Nobuharu) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 佐竹 徹 (SATAKE, Tohru) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 村上 武司 (MURAKAMI, Takeshi) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 曽布川 拓司 (SOBUKAWA, Hirosi) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 加賀 徹 (KAGA, Toru) [JP/JP]; 〒1448510

[続葉有]

(54) **Title:** PROJECTION ELECTRON BEAM APPARATUS AND DEFECT INSPECTION SYSTEM USING THE APPARATUS

(54) **発明の名称:** 写像投影型電子線装置及び該装置を用いた欠陥検査システム





(57) **Abstract:** An electron optical system of projection type. An electron beam emitted from an electron gun (1) is applied to a sample (7) through a primary electron optical system. Electrons emitted from the sample are detected by a detector (12) through a secondary electron optical system. A Wien filter (8) composed of a multiple lens for axial chromatic aberration correction is disposed between an expanding lens (10) of the secondary electron optical system and a beam splitter (5) for splitting the beam into a primary electron beam and a secondary electron beam and used to correct the axial chromatic aberration caused by an objective lens (14) having a magnetic gap provided on the sample side and composed of an electromagnetic lens. With this constitution, the axial chromatic aberration can be reduced, the transmittance of the secondary electrons can be increased, and the sample can be evaluated with a high throughput.

[続葉有]

WO 2006/093268 A1

東京都大田区羽田旭町１１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２０６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, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, 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, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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。

(57) 要約:

本発明は、写像投影型の電子光学系に関する。

電子銃(１)から放出された電子ビームは１次電子光学系を介して試料(７)上に照射され、それにより試料から放出された電子が２次電子光学系を介して検出器（１２）によって検出される。軸上色収差補正用の多極子レンズからなるウィーンフィルタ（８）が、２次電子光学系の拡大レンズ（１０）と１次電子ビームおよび２次電子ビームを分離するビーム分離器（５）との間に配置され、磁気ギャップが試料側に設けられた電磁レンズからなる対物レンズ（１４）で生じた軸上色収差をウィーンフィルタで補正する。

当該構成とすることにより、軸上色収差を小さくして、２次電子の透過率を大きくし、高スループットで試料の評価を行うことができる。

明 細 書

写像投影型電子線装置及び該装置を用いた欠陥検査システム

技術分野

[0001] 本発明は、写像投影型の電子線装置及び該装置を用いた欠陥検査システムに関し、より詳細には、半導体ウェーハ等の試料の欠陥検査等を高スループットで行えるようにした、写像投影型の電子光学系を有する電子線装置及び該装置を用いた欠陥検査システムに関する。例えば、本発明は、最小線幅0．25μm以下、好ましくは0．20μm以下のパターンを有する試料の評価を高精度・高スループットで行う電子線装置及びその装置を用いるデバイス製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 一般に、リターディング電圧を印加した試料に一次電子線を照射し、該照射点から放出される2次電子を検出することにより、試料の画像を得るようにした電子線装置において、軸上色収差を小さくするには、試料面と対物レンズとの間に印加される電界強度を大きくする必要がある。しかしながら、軸上色収差を小さくしようとして試料面での電界強度を大きくすると、試料と対物レンズとの間で放電が生じてしまう。このため、上記の電界強度を比較的小さく設定せざるを得ず、結局、軸上色収差が比較的大きいという問題点がある。

[0003] また、電子銃から放出される電子線を矩形に整形して試料に照射し、試料から放出される二次電子を写像投影光学レンズで拡大像を作り、TD1検出器などの検出器で検出させることにより試料像を得る電子線装置が知られている（例えば特開平2004－214044号公報参照））。この装置では試料に照射する際の対物レンズとして静電レンズが用いられてきた（例えば特開平11－132975号公報、再公表特許W02002／045153号公報参照）。また、二次電子の写像投影光学系は、5枚の電極を有する静電レンズを用いていること、さらに、リソグラフィ装置では、MOL（Moving Object Lens）条件を満たす電子光学系も知られている。

[0004] 対物レンズに静電レンズを用いる場合には、静電レンズの中央電極に与える電圧を高くすると放電が生じやすくなる。そこで、低い電圧を採用すると、軸上色収差が大

きくなる。この軸上色収差を小さくするために、電界強度を大きくしょうとすると、試料とレンズの間で放電が起こるという問題があった。いずれにしても、二次電子の透過率を大きくすることが困難な結果となる。

[0005] また、対物レンズに磁気レンズを用いることも公知である(例えば特開平2003－168385号公報、特開平2003－173756号公報参照)。この場合には試料面上で軸上磁場が0でなく、試料から法線方向に放出された二次電子が光軸と交わらず、NA開口を通らないという問題があった。また、MOL方式ではビームを走査する必要があり、検査装置に合いにくいという問題があった。さらに、長方形の視野'では面積の割に光軸からの距離が遠く、非点収差が大きいという問題点があった。また、一次電子線の空間電荷により2次電子線がボケる問題があった。

[0006] このようなことから、電子線装置において、試料と静電レンズ間に放電を起こすことなく、軸上色収差及び諸収差を低くし、又二次電子は光軸と交わりNA開口を通るようにし、二次電子による蔵の拡大率を可変にし、二次電子の透過率を向上させることができ、一次電子の空間電荷効果による二次電子のボケの発生を少なくできる電子線装置及び該装置を用いる半導体デバイスを製造する方法が求められている。

[0007] また、従来、LaB_6カソードを空間電荷制限領域で動作させると、ショット雑音が小さいという長所があるが、その反面、エネルギ幅が大きいため色収差が大きいという問題があった。数nm～1nmの高解像度を得るために、4極子レンズを複数段用いて対物レンズの軸上色収差を補正するようにした技術が、SEM及び透過電子顕微鏡で実用化されている。

[0008] 一方、半導体デバイスの高集積化、パターンの微細化に伴い、高分解能、高スループットの検査装置が要求されている。100nmデザインルールのウェーハ基板の欠陥を調べるためには、100nm以下の線幅を有する配線におけるパターン欠陥やパーティクルの有無、ビアの欠陥及びこれらの電気的欠陥を見る必要があり、したがって100nm以下の分解能が必要であり、デバイスの高集積化による製造工程の増加により、検査量が増大するため、高スループットが要求されている。

[0009] デバイスの多層化が進むにつれて、層間の配線をつなぐビアのコンタクト不良(電気的欠陥)を検出する機能も、検査装置に要求されている。分解能及びコンタクト不

良検査の点では、光方式の欠陥検査装置に代わって、電子線を用いた欠陥検査装置が検査装置の主流になると予想される。ただし、電子線方式欠陥検査装置はスループットの点で光方式に劣るという弱点がある。このため、高分解能、高スループット、且つ電気的欠陥検出が可能な電子線式検査装置の開発が要求されている。

[0010] 光方式での検査装置の分解能は使用する光の波長の1／2が限界であると言われており、実用化されている例での分解能は0．2μm程度である。一方、電子線を使用する方式では、走査型電子線方式（SEM方式）が実用化されており、分解能は0．1μm、検査時間は8時間／枚（200mmウェーハ）である。電子線方式はまた、電気的欠陥（配線の断線、導通不良、ビアの導通不良等）も検査可能であることが大きな特徴であるが、検査速度が非常に遅く、検査速度の速い欠陥検査装置の開発が期待されている。

[0011] さらに、断面が矩形の電子線を試料に照射し、該試料から放出された二次電子を拡大して検出面に結像し、試料表面の検査を行う電子線装置は公知である（例えば特開2002－216694号公報参照）。しかしながら、この種の電子線装置は軸上色収差が大きいので、高分解能の評価を行うために必要なS／N比を得るのには、スループットを大幅に落とさなければならないという問題があった。

[0012] また、複数のビームで試料面を走査し、試料からの二次電子を複数の検出器で検出してスループットを上げる電子線装置も知られている（例えば米国特許第5892224号明細書参照）。しかし、複数のビームを走査するに際して、どのように複数のビームを配置すれば最も効率的に評価を行うことができるかに関しては、これまで解明されてきていなかった。しかも、電子線装置において磁気レンズを対物レンズに用いると、試料から試料面の法線方向に放出された二次電子が光軸と交わらないという問題もある。

[0013] また、軸上入り収差を補正することによって1nm以下の超分解能の象を得ることは公知であったが、収差補正によって分解能を向上させるにではなく、ビーム強度を大きくすることは実施されていなかった。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0014] 本発明は、上記した種々の問題点を解決するためになされたものであり、その一つの目的は、電子線装置において、軸上色収差を小さくして、2次電子の透過率を大きくし、もって、高スループットで試料の評価を行うことができるようにすることである。

[0015] また、本発明の他の課題は、電子銃から放出される電子線をコンデンサーレンズと開口により矩形に整形し、コンデンサーレンズ及び対物レンズにより試料面に合焦し、試料から放出される二次電子を写像投影光学レンズ系で拡大像を作り、TDI(Time Delayed Integration)検出器又はCCD検出器で検出させることにより試料像を得る電子線装置において、一次電子の空間電荷効果による二次電子のボケの発生を少なくでき、試料と静電レンズ間に放電を起こすことなく、軸上色収差を低くし、同時に諸収差も少なくし、また、試料から法線方向に放出される二次電子又は反射電子を光軸と交わりNA開口を通るようにし、二次電子又は反射電子による像の拡大率を可変にし、二次電子の透過率を向上させることができる電子線装置及び該装置を用いる半導体デバイスを製造する方法を提供することである。

[0016] 前記の軸上色収差補正技術は、SEMや透過電子顕微鏡に適用可能であるが、視野が比較的大きい、欠陥検査等のための試料評価装置やリソグラフィ装置に単純には適用できないという問題がある。すなわち、4極子レンズを複数段用いると、軸上色収差を補正できるものの、視野が大きい場合に軸外収差が大きくなってしまう。したがって、視野が比較的大きい欠陥検査装置やリソグラフィ装置に複数段の4極子レンズを単に使用したとしても、軸外収差が生じて得られる画像がぼけてしまうという問題がある。また、リソグラフィ装置では、空間電荷効果のためにスループットが大幅に制限されるという問題もある。

[0017] そこで、本発明の更なる目的は、視野が比較的大きい欠陥検査装置及びリソグラフィ装置において、軸上色収差の補正効果によって、従来例と対比して10～数10nmの解像度で10倍以上のビーム電流を得ることが可能な電子線装置を提供することである。

[0018] 一般に、検査装置は高価であり、またスループットも他のプロセス装置に比べて低いために、現状では重要な工程の後、例えばエッチング、成膜又はCMP(化学機械研磨)平坦化処理後等に使用されている。電子線を用いた走査(SEM)方式の検査

装置は、電子線を細く絞って(このビーム径が分解能に相当する)これを走査してライン状に試料を照射する。一方、ステージを電子線の走査方向に直角の方向に移動させることにより、平面状に観察領域を電子線で照射する。電子線の走査幅は一般に数100μmである。前記細く絞られた電子線(一次電子線と呼ぶ)照射により発生した試料からの二次電子を検出器(シンチレータ+フォトマルチプライヤ(光電子増倍管)又は半導体方式の検出器(PINダイオード型)等)で検出する。照射位置の座標と二次電子の量(信号強度)を合成して画像化し、記憶装置に記憶し、あるいはCRT(ブラウン管)上に画像を出力する。以上はSEM(走査型電子顕微鏡)の原理であり、この方式で得られた画像から工程途中の半導体(通常はSi)ウェーハの欠陥を検出する。

[0019] 検査速度(スループットに相当する)は一次電子線の量(電流値)、ビーム径及び検出器の応答速度で決まる。ビーム径0.1μm(分解能と同じと考えてよい)電流値100nA、検出器の応答速度100MHzが現在の最高値で、この場合で検査速度は20cm径のウェーハ一枚あたり約8時間と言われている。この検査速度が光方式に比べてきわめて遅い(1/20以下)ことが大きな問題点となっている。特に、ウェーハ上に作られた100nm以下のデザイン・ルールのデバイス・パターン、即ち、100nm以下の線幅や直径100nm以下のビア等の形状欠陥や電気的欠陥の検出及び100nm以下のゴミの高速の検出が必要となっている。

[0020] 上で説明したSEM方式の検査装置では、上記の検査速度がほぼ限界と考えられており、更に高速にする、すなわちスループットを上げるためには新しい方式が必要である。この必要を満たすために、断面が長方形の電子線を試料に照射し、該試料から放出される二次電子を写像光学系で拡大して検出する電子線装置が提案されている(例えば特開2002-216694号公報参照)。また、多極子レンズを設けて軸対称レンズの軸上色収差を補正する電子顕微鏡も公知である(例えばD. Ioanoviciv, et al., Rev. Sci. Instrum., Vol. 75, No. 11, Nov. 2004参照)。

[0021] しかしながら、従来から知られている写像型の電子線装置においては、大電流の一次ビームを流すと、電子間の空間電荷効果に起因して写像のボケが大きくなり、高分解能が得られないという問題があった。そこで、本発明の別の目的は、空間電荷効果

に起因する解像度の低下を防止することができる電子線装置及び該装置を用いたデバイス製造方法を提供することにある。

[0022] また、本発明は、被評価パターンが細かくなってもスループットを落とすことなく試料の評価を行うことができる電子線装置及び該装置を用いたデバイス製造方法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

[0023] 上記の諸目的を達成するために、本発明は、

試料の表面を検査するための写像投影型の電子光学系を有する電子線装置であって、

電子ビームを放出する電子銃と、

該放出された電子ビームを試料上に導いて照射する一次電子光学系と、

電子を検出する検出器と、

電子ビームの照射により試料から放出された、試料表面の情報を得た電子ビームを検出器に導く2次電子光学系と

を備え、

一次電子光学系及び2次電子光学系の少なくとも一方は、多極子レンズを含む電子線装置、

を提供する。

[0024] 本発明に係る電子線装置において、多極子レンズは、2次電子光学系の拡大レンズと1次電子ビーム及び2次電子ビームを分離するビーム分離手段との間に配置されていることが好ましい。このとき、試料面に最も近接した対物レンズを、磁気ギャップが試料側に設けられた電磁レンズとし、該電磁レンズで生じた軸上色収差を、2次電子光学系に配置した多極子レンズで補正することができるようにすることが好ましい。

[0025] また、多極子レンズは、1次電子光学系の縮小レンズと1次電子ビーム及び2次電子ビームを分離するビーム分離手段との間に配置されていることが好ましい。このとき、一次電子光学系は、軸対称レンズを含み、該軸対称レンズは、視野端での軸外収差が予め設定した所定値以下となるように設定可能であり、かつ、電磁レンズで構成

され、該レンズのボーア径を視野の最大直径の50倍以上とすることが好ましい。

[0026] さらに、1次電子光学系は、電子銃からの電子ビームをマルチ電子ビームに変換する手段を備え、検出器は、該マルチ電子ビームの試料上の照射点から放出される2次電子ビームであるマルチ電子ビームを個別に検出する検出部を備えていることが好ましい。さらにまた、多極子レンズは、4段の4極子レンズであることが好ましい。

[0027] 本発明はまた、上記した写像投影型の電子光学系を有する電子線装置を備え、試料の表面の欠陥を検査する欠陥検査システムを提供し、該システムは、該電子線装置の検出器により検出した電子に含まれる試料表面の情報に基づいて、試料表面の画像を生成する画像取得手段と、該取得した画像を参照画像と対比して試料表面の欠陥の有無を検査する欠陥評価手段とを備えている。

[0028] 上記した本発明に係る欠陥検査システムにおいて、該システムはさらに、試料を搬送する試料搬送系と、試料を載置する試料載置ユニットと、該試料載置ユニットを2次元移動させるXYステージと、試料載置ユニットとXYステージとを収納し、かつ真空状態に保持するメインチャンバと、メインチャンバと試料搬送系との間にあり、試料を試料搬送系からメインチャンバに移動させるときに、メインチャンバの真空状態を保持させるロードロック室とを備えていることが好ましい。このとき、試料搬送系は、試料へのパーティクルの付着を防止する機能を有する静電チャックを備えていることが好ましい。XYステージは、その少なくとも1軸方向に、差動排気機構を有するエアーベアリングを備えていることが好ましい。

[0029] 本発明に係る写像投影型の電子光学系を有する電子線装置は、上記したように構成されて2段以上のレンズ系で縮小するので、光路長を短く保って、1／100～1／2000の縮小率が得られるため、空間電荷効果を小さくすることができる。

[0030] さらに、多極子レンズを用いて軸上色収差を補正しているので開口角を大きくすることができ、ビーム径を小さく保ってビーム電流が大きい電子ビームを得ることができ、したがって、スループットを向上させることができる。

[0031] また、上記したように、電子線装置のスループットを向上させることができるので、該電子線装置を備えた欠陥検査システムにおいても、同様に、検査のスループットを向上させることができる。

[0032] また、本発明は、以下の点を見出し且つ以下のようにして、前記の課題を解決している。すなわち、電子銃から放出される電子線はコンデンサーレンズと開口により矩形に整形され、偏向器の作用により、E×B分離器より下で、試料から放出される二次電子又は反射電子とずらした軌道を通るようにし、試料から放出される二次電子又は反射電子を写像投影光学レンズ系に入射し、該レンズ系で拡大像を作り、TD1検出器又はCCD検出器で検出させることにより試料像を得る電子線装置において、対物レンズを磁気レンズで構成し、試料と対物レンズ主面間距離を対物レンズのボーア半径より大きくすることにより、軸上色収差を低くし、E×B分離器より下で、試料から放出される二次電子又は反射電子とずらした軌道を通るようにし、その際に放電を回避でき、試料から法線方向に放出された二次電子又は反射電子は光軸と交わり、NA開口を通るようにすることができる。

[0033] 前記電子線装置において、対物レンズを磁気レンズで構成し、磁気ギャップを光軸側とし、対物レンズのボーア径が視野の直径の80倍以上にすることにより収差を少なくし、E×B分離器より下で、試料から放出される二次電子又は反射電子とずらした軌道を通るようにし、対物レンズにより試料面に合焦し、試料から法線方向に放出された二次電子又は反射電子は光軸と交わりNA開口を通るようにすることができる。

[0034] 前記電子線装置において、前記磁気ギャップに関し、その磁気ギャップの近傍には軸対称の円筒電極を設けて、正の高電圧を与え、円筒電極と試料間は放電を回避できる十分な距離を確保するようにしたことにより、軸上色収差を小さくすることができ、試料と対物レンズ間に放電を起こすことなく、その際にE×B分離器より下で、試料から放出される二次電子又は反射電子と同じ通路を通らないようにずらした軌道を通るようにし、試料から法線方向に放出された二次電子又は反射電子は光軸と交わりNA開口を通るようにすることができる。

[0035] 前記電子線装置において、試料から放出される二次電子又は反射電子は、E×B分離器により偏向された後に、写像投影光学レンズ系に入射し、該レンズ系はNA開口をレンズ主面近傍に有する電磁レンズを少なくとも1段は有する構成とすることにより、二次電子又は反射電子の透過率を向上させて、拡大像を得るようにして、電気信号に変換される二次元像データが得られる。

[0036] 前記電子線装置において、写像投影光学レンズ系は、NA開口をレンズ主面近傍に有する電磁レンズを少なくとも1段は有する構成とし、さらに、静電レンズの補助レンズと拡大電磁レンズとを有する構成とし、上記静電レンズは電圧印加可能の電極を2枚以上有し、前段レンズが作る試料像位置を上記補助レンズの主面に結像させる光学系であり、上記静電レンズを駆動する電極を選択することにより、低収差として、二次電子又は反射電子の透過率を向上させて、拡大率を可変にして電気信号に変換される二次元像データが得られる。

[0037] 前記電子線装置において、最終段レンズを5枚の電極を有する静電レンズとし、その中央の電極に与える電圧を、その前後の電極に与える電圧と符号の異なる電圧を与えることにより、拡大率を最大とすることができ、又同じ拡大率での光路長を小さくでき、これを低収差の条件下に行うことができる。

[0038] 前記電子線装置において、対物レンズとして、試料側のボーア径が検出側のボーア径より小さい磁気レンズを用いることにより、試料面の法線方向に放出された二次電子又は反射電子がNA開口を通るようにすることができ、二次電子又は反射電子の透過率を向上させることができる。

[0039] 前記電子線装置において、対物レンズを磁気レンズで構成し、対物レンズの主面を挟んで前後に2段の電磁コイルを設け、これらの偏向器はMOL条件をほぼ満たすようにすることにより、軸上色収差を小さくした状態で、視野を大きくすることができる。

[0040] 前記電子線装置において、像面彎曲収差及び非点収差を補正し、視野の中央部と視野の端とでビーム分解能の差が小さくなるように調整することにより、視野全体で低収差にできるさらに球面収差、非点収差、光軸方向の色収差が発生せず、光の放出方向が1／nに狭くなるボールレンズを使用し、後続の光学レンズで該ボールレンズの放射方向色収差や歪を補正することにより、光学レンズ系も簡単なものにできた。

[0041] 半導体デバイスを製造する方法において、ウェーハを準備し、マスク基板を準備し、マスクを製作し、ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセッシング工程を行い、得られたウェーハを前記のいずれかの電子線装置を用いて評価を行い、前記のウェーハプロセッシング工程と評価の工程を必要な回数繰り返した後、ウェーハを切

断し、デバイスに組み立てる。ここで、高精度で高スループットにウェーハの評価を行うことができる電子線装置を用いることにより製造の歩留まりの向上を期待できる。

[0042] すなわち、本発明によれば、以下の発明が提供される。

[0043] (1)試料から放出される二次電子又は反射電子を写像投影光学レンズ系で拡大像を作り、TD1又はCCD検出器で検出させることにより試料像を得る電子線装置において、電子銃から放出された電子線を開口により矩形に整形し、E×B分離器より下で、試料から放出される二次電子又は反射電子とずらした軌道を通るようにし、対物レンズにより試料面に合焦し、該対物レンズを磁気レンズで構成し、試料と対物レンズ主面間距離を対物レンズのボーア半径より大きくすることを特徴とする電子線装置。

[0044] (2)前記電子線装置において、前記対物レンズのボーア径が視野の直径の80倍以上であるようにすることを特徴とする電子線装置。

[0045] (3)前記磁気レンズに関し、その磁気ギャップの近傍には軸対称の円筒電極を設けて、正の高電圧を与え、円筒電極と試料間は放電を回避できる十分な距離を確保するようにしたことを特徴とする電子線装置。

[0046] (4)前記電子線装置において、試料から放出される二次電子又は反射電子は、E×B分離器により偏向された後に、写像投影光学レンズ系に入射し、該レンズ系はNA開口をレンズ主面近傍に有する電磁レンズを少なくとも1段は有する構成とすることを特徴とする電子線装置。

[0047] 前記写像投影光学レンズ系は、静電レンズの補助レンズと拡大電磁レンズとを有する構成とし、上記静電レンズは電圧印加可能の電極を2枚以上有し、上記レンズ系は前段レンズが作る試料像位置を上記補助レンズの主面に結像させる構成であり、上記静電レンズを駆動する電極を選択することにより拡大率を可変とする電子線装置。

[0048] (6)試料から放出される二次電子又は反射電子を写像投影光学レンズ系で拡大像を作り、TD1又はCCD検出器で検出させることにより試料像を得る電子線装置において、電子銃から放出される電子線を開口により矩形に整形し、E×B分離器より下で、試料から放出される二次電子又は反射電子とずらした軌道を通るようにして、対物レンズにより試料面に合焦し、最終段レンズを少なくとも5枚の電極を有する静電レ

ンズとし、その中央の電極に与える電圧を、その前後の電極に与える電圧と符号の異なる電圧を与えることを特徴とする電子線装置。

[0049] 前記電子線装置において、対物レンズとして、試料側のボーア径が検出側のボーア径より小さい磁気レンズを用いることを特徴とする電子線装置。

[0050] (8)前記電子線装置において、対物レンズを磁気レンズで構成し、対物レンズの主面を挟んで前後に2段の電磁コイルを設け、これらの偏向器はMOL条件をほぼ満たすようにすることを特徴とする電子線装置。

[0051] (9)前記電子線装置において、像面彎曲収差及び非点収差を補正し、視野の中央部と視野の端とでビーム分解能の差を小さくするように調整することを特徴とする電子線装置。

[0052] (10)半導体デバイスを製造する方法において、(イ)ウェーハを準備し、(ロ)マスク基板を準備し、マスクを製作し、(ハ)ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセッシング工程を経て、(ニ)得られたウェーハを前記電子線装置を用いて評価を行い、前記(ハ)及び(二)の工程を必要な回数繰り返し、(ホ)ウェーハを切断し、デバイスに組み立てることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

[0053] 本発明によれば、軸上色収差やその他の収差を小さくすることができ、試料と対物レンズ間に放電を起こすことなく、写像投影光学レンズ系で試料から放出される二次電子又は反射電子の像の拡大率を可変にし、透過率を向上させることができる電子線装置が得られ、その装置を用いて半導体デバイスを製造することができる。

[0054] また、前記の目的を達成するために、本発明は、

電子銃と、

多極子レンズを有する軸上色収差補正手段と、

MOL動作を行う対物レンズと

を備え、分割された視野内領域でMOL動作を行いながら、電子線を試料上に照射することを特徴とする写像投影型の電子線装置、

を提供する。

[0055] 上記電子線装置においては、電子線装置はリソグラフィ装置であり、該装置はさらに、試料上に形成すべきパターンを有するマスク又はレチクルを備えている。他の実

施例では、電子線装置は試料上に形成されているパターンを評価するための試料評価装置である。また、電子線装置は、対物レンズを有し、その内部に、対物レンズの軸上磁場分布の光軸方向に関する微分値に比例する偏向磁界を発生させる偏向器を備えることが好ましい。

[0056] 本発明の写像投影型の電子線装置は、上記したように構成されているので、色収差を補正することができ、色収差を補正すると同じ解像度でNAを大きくすることができるので、ビーム電流を大きくすることができ、高スループットで処理を行うことができる。特に、試料評価装置では、分解能を低下させずに検査速度を高速にすることが重要であるため、本発明は極めて実用的な作用効果を奏することができる。また、リソグラフィ装置に適用した場合には、色収差を補正すると同じ解像度でNAを大きくすることができるので、空間電荷効果を低減させることができ、よりスループットが向上する。

[0057] また、上記の目的を達成するために、本発明は、

矩形状の一次ビームを試料に照射し、該試料から放出される二次電子を電子光学系で検出面に拡大投影して検出する電子線装置において、

前記電子光学系に、前記二次電子を中空状のビームに変形するためのリング状開口を有する開口板を設けたことを特徴とする電子線装置、

を提供する。

[0058] 前記リング状開口の幅は球面収差を無視し得るほど小さいことが好ましい。また、前記電子光学系に、前記二次電子の軸上色収差を補正するための補正レンズを更に設けることが好ましい。

[0059] さらに、前記の目的を達成するために、本発明は、

電子銃から放出された一次ビームを対物光学系を介して試料に照射し、該試料から放出される二次電子を検出する電子線装置において、

前記一次ビームを前記対物光学系を通過する際に中空状のビームに変形して前記試料を照射するとともに、前記二次電子を検出して前記試料の評価を行う評価装置と、

前記一次ビーム又は前記二次電子の軸上色収差を補正する補正レンズと、

を具備することを特徴とする電子線装置、

を提供する。

[0060] 前記電子銃のカソードはリング状のエッジを有することが好ましい。また、前記一次ビームをマルチビームに変形して前記試料に照射させるマルチ開口板を備え、前記二次電子を複数の検出器で検出することが好ましい。

[0061] 上記電子線装置を、

a. ウェーハを用意する工程と、

b. ウェーハ・プロセスを実施する工程と、

c. 前記工程bを経たウェーハを評価する工程と、

d. 前記工程a～cを必要回数だけ反復する工程と、

e. 前記工程d後のウェーハを切断してデバイスに組み立てる工程と、

を具備することを特徴とするデバイス製造方法、

に用いることが好ましい。

[0062] さらに、上記の目的を達成するために、本発明は、

m行n列に配列された複数の一次ビームで試料を走査し、前記試料から放出された二次ビームを検出して前記試料の評価を行う電子線装置であって、

前記走査を行方向に対して1／mに相当する角度だけ傾いた方向にm×n個のビームを同時に走査し、前記走査のラスタ・ピッチを画素寸法の整数倍とすることを特徴とする電子線装置、

を提供する。

[0063] また、本発明は、

試料面に断面矩形の電子線を照射し、該試料から放出される二次電子線を、NA開口板を含む写像投影光学系で拡大し、前記試料の像を得る電子線装置であって、

収差の最小になる位置に、前記NA開口板を配置し又は前記NA開口板の光学的共役面を形成することを特徴とする電子線装置、

を提供する。前記拡大像は正方形であることが好ましい。

[0064] また、本発明は、

複数の一次ビームを試料に照射し、該試料から放出される複数の二次電子線をビーム分離器で前記一次ビームから分離し、拡大光学系で前記複数の二次電子線間の距離を拡大して検出器に入射させる電子線装置であって、

前記複数の一次ビームの軸上色収差を補正する補正レンズを備え、前記ビーム分離器が前記補正レンズと前記試料との間に配置されることを特徴とする電子線装置、を提供する。

[0065] また、本発明は、

一次ビームを断面矩形に成形し且つ対物レンズで集束して試料を照射し、該試料から放出された二次電子線を前記対物レンズで加速・集束し、NA開口板を含む拡大光学系によって拡大してセンサにて検出する電子線装置であって、

前記対物レンズが電磁レンズであり、

前記試料の法線方向に対して指定された方向を中心に放出される前記二次電子線が通過する位置に前記NA開口板の光学的共役面を位置させたことを特徴とする電子線装置、

を提供する。

[0066] 上記の電子線装置を、

a. ウェーハを用意する工程と、

b. ウェーハ・プロセスを実施する工程と、

c. 前記工程bを経たウェーハを評価する工程と、

d. 前記工程a～cを必要回数だけ反復する工程と、

e. 前記工程d後のウェーハを切断してデバイスに組み立てる工程と、

を具備することを特徴とするデバイス製造方法、

に用いることが好ましい。

図面の簡単な説明

[0067] [図1A]本発明の第1の実施形態の電子線装置の電子光学系を示す説明図である。

[図1B]図1に示した電子線装置におけるウィーンフィルタの断面図である。

[図2]本発明の第2の実施形態の電子線装置の電子光学系を示す説明図である。

[図3]本発明の第3の実施形態の電子線装置の電子光学系を示す説明図である。

[図4]図3に示した電子線装置における光路を示す説明図である。

[図5]写像投影型の電子線装置において、軸上色収差を除去したことによる作用効果を説明するためのグラフである。

[図6]本発明の電子線装置を適用可能な試料の欠陥検出システムを示す説明図である。

[図7]図6に示した検査システムの主要構成要素の平面図であって、図6の線B－Bに沿って見た図である。

[図8]図6に示した検査システムのウェーハ搬送箱とローダーとの関係を示す図である。

[図9]図6に示した検査システムのミニエンバイロメント装置を示す断面図であって、図6の線C－Cに沿って見た図である。

[図10]図6に示した検査システムのローダーハウジングを示す図であって、図7の線D－Dに沿って見た図である。

[図11]本発明に係る検査システムに使用される静電チャックを説明する図である。

[図12]本発明に係る検査システムに使用される静電チャックの他の例を説明する図である。

[図13]本発明に係る検査システムに使用される静電チャックのさらに他の例を説明する図である。

[図14]本発明に係る検査システムに使用されるブリッジツールを説明する図である。

[図15]本発明に係る検査システムに使用されるブリッジツールの他の例を説明する図である。

[図16]本発明に係る電子線装置における欠陥検査手順を説明する図である。

[図17]本発明に係る電子線装置における欠陥検査手順を説明する図である。

[図18]本発明に係る電子線装置における欠陥検査手順を説明する図である。

[図19]本発明に係る電子線装置における欠陥検査手順を説明する図である。

[図20]本発明に係る電子線装置における欠陥検査手順を説明する図である。

[図21]本発明に係る電子線装置における欠陥検査手順を説明する図である。

[図22]本発明に係る検査システムにおける制御系の構成を説明する図である。

[図23]本発明に係る検査システムにおけるユーザインターフェースの構成を説明する図である。

[図24]本発明に係る電子線装置におけるユーザインターフェースの構成を説明する図である。

[図25]図15のロードロック室におけるエレベータ機構の構成と動作手順を説明する図である。

[図26]本発明に係る検査システムの電子光学系に適用可能なウェーハのアライメント制御装置の概略説明図である。

[図27]ウェーハのアライメントが必要な理由を説明するための図である。

[図28]ウェーハのアライメント実行状態を説明するための図である。

[図29]ウェーハのアライメント実行後のダイの配列状態のダイマップを示す図である。

[図30]ウェーハのアライメント手順における座標値更新を説明する図である。

[図31]ウェーハのアライメント手順における回転量及びY方向サイズを説明する図である。

[図32]ウェーハのアライメント手順中のフォーカスレシピ作成におけるフォーカス値の補間を説明する図である。

[図33]ウェーハのアライメント手順において生じる誤差を説明する図である。

[図34]半導体デバイスの検査手順の基本的な流れを説明する図である。

[図35]検査対象ダイの設定を示す図である。

[図36]ダイ内部の検査領域の設定を説明する図である。

[図37]半導体デバイスの検査手順を説明する図である。

[図38]半導体デバイスの検査手順を説明する図である。

[図39]検査ダイが1個の場合の走査例及び検査ダイの一例を示す図である。

[図40]半導体バイスの検査手順における、参照画像の生成方法を説明する図である。

[図41]半導体デバイスの検査手順における隣接ダイ比較方法を説明する図である。

[図42]半導体デバイスの検査手順における隣接ダイ比較方法を説明する図である。

[図43]半導体デバイスの検査手順における基準ダイ比較方法を説明する図である。

[図44]半導体デバイスの検査手順における基準ダイ比較方法を説明する図である。

[図45]半導体デバイスの検査手順におけるフォーカスマッピングを説明する図である。

[図46]半導体デバイスの検査手順におけるフォーカスマッピングを説明する図である。

[図47]半導体デバイスの検査手順におけるフォーカスマッピングを説明する図である。

[図48]半導体デバイスの検査手順におけるフォーカスマッピングを説明する図である。

[図49]半導体デバイスの検査手順におけるフォーカスマッピングを説明する図である。

[図50]本発明に係る電子線装置を半導体製造ラインに接続した実施の形態を示す図である。

[図51]本発明に係る電子線装置の第4の実施形態を示す図である。

[図52]本発明に係る電子線装置の第5の実施形態を示す図である。

[図53]半導体デバイスを製造するプロセスを示すフローチャートである。

[図54]図53の半導体デバイスの製造プロセスのうちリソグラフィプロセスを示すフローチャートである。

[図55]図52に示す電子線装置における対物レンズの全体を示す図である。

[図56]本発明に係る電子線装置の第6の実施形態である試料評価装置の電子光学系を示す説明図である。

[図57]本発明に係る電子線装置の第7の実施形態である電子線描画装置の電子光学系を示す説明図である。

[図58]本発明に係る電子線装置の第8の実施形態である試料評価装置の電子光学系を示す説明図である。

[図59]図58に示した試料評価装置における電子ビームの走査方法を示す説明図である。

[図60]本発明に係る電子線装置の第9の実施形態である試料評価装置の電子光学

系を示す説明図である。

[図61]本発明に係る電子線装置の第10の実施形態である転写装置の電子光学系を示す説明図である。

[図62](A)及び(B)は、マルチ光軸の試料評価装置に採用可能な、複数の光軸を有する色収差補正器の構成を示す平面図及び断面図である。

[図63]本発明に係る電子線装置の第11の実施形態である試料評価装置の電子光学系を示す説明図である。

[図64]本発明に係る電子線装置の第12の実施形態である試料評価装置の電子光学系を示す説明図である。

[図65](A)は本発明に係る電子線装置の第13の実施の形態の構成を概略的に示す図であり、(B)は(A)におけるNA開口板の平面図である。

[図66](A)は本発明に係る電子線装置の第14の実施の形態の構成を概略的に示す図であり、(B)は(A)における4軸上色収差補正レンズの構成を説明する図である。

[図67]本発明に係る電子線装置の第15の実施の形態の構成を概略的に示す図である。

[図68]本発明に係る電子線装置の第16の実施の形態の構成を概略的に示す図である。

[図69]図68の電子線装置における試料面を各ビームが照射する位置を示すビーム配置図である。

[図70]本発明に係る電子線装置の第17の実施の形態の構成を概略的に示す図である。

[図71]図70の軸上色収差補正レンズの構成の一例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0068] 図1Aは、本発明の第1の実施形態に係る写像投影型の電子光学系を有する電子線装置の電子光学系を示す説明図である。図1Aに示すように、この電子線装置においては、電子銃1から放出された電子線を、コンデンサレンズ2、成形レンズ4、及びマルチ開口を設けた開口板3を介して矩形に成形し、得られた電子線をE×B分

離器5により試料面7に垂直となるように偏向し、対物レンズ6によって試料面7に合焦することにより、試料面を各電子線により矩形に照射する。一方、この照射により試料面7から放出された2次電子は、対物レンズ6により位置18に拡大像を作り、多極子レンズを含むウィーンフィルタ8により、拡大レンズ10の手前の位置である焦点13に拡大像を形成する。

[0069] このとき、対物レンズ6並びにウィーンフィルタ8により、焦点13の位置を変更せずに、焦点13での軸上色収差を消去することができる。すなわち、軸対称レンズである対物レンズ6は正の軸上色収差を発生させ、ウィーンフィルタ8は負の軸上色収差を発生させるが、これらのレンズ位置及び電極に印加する電圧を調整することにより、正及び負の軸上色収差の絶対値を等しくさせることができる。これにより、対物レンズ6により生じる正の軸上色収差を、ウィーンフィルタ8により生じる負の軸上色収差によりキャンセルすることができる。なお、焦点13における軸上色収差をゼロに近い負の値に調整してもよく、これにより、拡大レンズ10及び11で発生する小さい正の軸上色収差をキャンセルすることができる。

[0070] 焦点13に結像された拡大像は、さらに拡大レンズ10を通過し、拡大レンズ11の手前に拡大像が生成され、そして、拡大レンズ11により、検出器12の検出面に結像させる。検出器12は、形成された拡大像に対応する光信号を生成し、該光信号を光ファイバ(不図示)により8×8又は12×12等のCMOSイメージセンサ(不図示)に伝搬する。CMOSイメージセンサは、光信号を電気信号に変換し、該電気信号は、画像データ処理装置(不図示)により処理される。

[0071] 光学系において軸上色収差が全収差の大部分を占めているが、図1に示した電子線装置においては、焦点13に形成される拡大像を、軸上色収差がほとんどゼロであるか又はわずかに負の値であるように調整することができるため、収差を一定値以下に押さえた状態で開口角を大きくできるので、2次電子の透過率を向上させることができる。

[0072] 図1Aに示した電子線装置においては、軸上色収差を消去又は低減させるだけではなく、軸外収差を低減させるよう構成されている。すなわち、対物レンズ6は、図1Aに示すように、磁気ギャップが試料7-1の側にある磁気レンズ14と、軸対称レンズ15

とで構成され、軸外色収差を低減させるために、磁気レンズ14のボーア径D1を視野直径の50倍以上に設定している。また、対物レンズ6の主面と試料面7の距離D2を、10mm以上に大きく設定することによっても、軸外収差を低減させることができる。

[0073] なお、図1Aに示した電子線装置において、一次電子光学系側である、成形レンズ4とE×B分離器5との間に2段以上の軸合わせ偏向器を配置してもよい。

[0074] 図1Bは、ウィーンフィルタ8の断面図を示している。このウィーンフィルタにおいては、12個の電極8-1-1～8-1-12を光軸8-1-15の周りに配置して、それぞれ独立した電圧を電源から印加可能にしている。参照番号8-1-16は、電極それぞれに独立して電圧を供給するようにするための絶縁スペーサである。そして、コイル8-1-13及び8-1-14に電流を流すことにより、ウィーン条件を満たす磁場を発生することができる。2次電子光学系の像点18-1から出た電子線は、上記の磁場と電極に印加する電圧を適切に設定することにより、ウィーンフィルタ8-1の中央部19-1で結像し、さらにウィーンフィルタ8を出た位置13-1で再度結像する。このように、2回結像させることにより、視野にわたって、3次収差が小さく、軸上色収差が負の値になる。この点については、D.Ionovicin et. al, Rev. Sci. Instrum, Vol.75, No. 11, Nov, 2004に記載されている。

[0075] 図2は、本発明の第2の実施形態に係る写像投影型の2次電子検出系を有する電子線装置の電子光学系を示している。この電子線装置においては、電子銃21から放出された電子線は、コンデンサレンズ23で集束され、マルチ開口を有する開口板25を照射する。これにより分離形成されたマルチビームは、成形レンズ26及び縮小レンズ28を介して第1の縮小像を形成し、さらに対物レンズ34で縮小されて、試料35上に縮小像を形成する。このとき、第1の縮小像の形成位置と対物レンズ34との間には、4段の4極子レンズ30—1－1、30—1－2、31－1－1及び31－12が備えられており、これら4極子レンズにより、対物レンズ34により生じる軸上色収差を補正することができる。

[0076] 試料35から放出された2次電子による電子ビームは、拡大レンズ36の手前に第1の拡大像を形成し、該拡大レンズ36でさらに拡大されて、検出器38の検出面に、試料35上の像の100倍程度の像を形成する。検出器38は、形成された拡大像に対応

する光信号を生成し、該光信号を光ファイバによりPMT（不図示）に伝搬する。PMTは、光信号を電気信号に変換し、該電気信号は、画像データ処理装置（不図示）により処理される。

[0077] なお、図2に示した電子線装置において、1次電子光学系に、4極子レンズの代わりに多極子レンズを含むウィーンフィルタを備えることができる。

[0078] 図3は、本発明の第3の実施形態に係る電子線装置の電子光学系を示している。この電子線装置においては、電子銃41から放出される電子線は、電磁レンズである軸対称レンズ40を介して位置54に縮小画像を形成し、位置54から発散される電子線を、2回集束するウィーンフィルタ42により位置43に結像し、さらに、そこから発散する電子線を、軸対称レンズ44により光軸に平行な電子線とする。この実施形態では、1段の軸対称レンズ44を用いているが、該軸対称レンズは2段以上であってもよい。光軸に平行となった電子線は、偏向器47、電磁偏向器からなるビーム分離器48を介し、またマルチ開口レンズ45を介して、試料46上に複数の電子線として集束される。

[0079] なお、電子銃のクロスオーバのサイズは50μmφ程度であるから、50nmφの電子線を得るためには25nmφのクロスオーバ像を造る必要があり、電子線の径φを約1／2000に縮小する必要があるが、位置54の前段の軸対称レンズ40により1／38程度に縮小し、最終段のマルチ開口レンズ45によりさらに1／60程度に縮小することにより、約1／2000の縮小率が得られ、収差を含めて50nmφのマルチ電子ビームを得ることができる。また、軸対称レンズ44の後段にマルチ開口板53を設ければ開口角が小さくなり、軸上色収差が低減され、1／1800程度の縮小率で50nmφのマルチ電子ビームが得られる。この場合、光路長を短くすることができるので、空間電荷効果によるボケを低減させることができる。

[0080] 第3の実施形態の電子線装置はまた、上記したように、2つの軸対称レンズ40及び44の間に、軸上色収差を補正するためのウィーンフィルタ42を設けている。ウィーンフィルタ42は、図1Bを参照して説明した構成と同様な構成を有し、該ウィーンフィルタにより軸上色収差を補正することにより、マルチ開口板53の口径を大きくすることができるので、電流値の大きいマルチ電子ビームを得ることができる。ウィーンフィルタ

の代わりに、4極子レンズを4段設けてもよい。

[0081] マルチ開口レンズ45は、3枚の金属板を重ねて構成されており、これら金属板を貫通して、図4に示すように、m行n列の開口がマトリクス状に形成されている。中央の金属板には、正の高電圧が印加される。なお、図4に示した開口パターンにおいて、開口径d1と開口ピッチ(隣接する2つの開口の中心間の距離)d2との比d1／d2を2／3～4／5に設定すれば、隣接する開口の影響を受けることがないことが、シミュレーションにより得られた。

[0082] ここで、電子銃41から偏向器47までの光軸と、マルチ開口レンズ45の光軸とは意図的に偏倚させ、偏向器47により、電磁ビーム分離器48の位置に軸あわせを行うようにしている。2つの光軸のオフセット量(2つの光軸間の距離)は、偏向器47の偏向中心と電磁ビーム分離器48の偏向中心との距離をD3とすると、

$$\text{オフセット量} = D3 \cdot \tan^{-1} 15^\circ$$

の関係を満足するように設定する。この例では、電磁偏向器からなるビーム分離器48により偏向量は、1次電子ビームで15°、2次電子で16°偏向させるよう設定したが、これらの以外の値に設定してもよい。

[0083] 電磁偏向器からなるビーム分離器48による2次電子の偏向方向は、一次電子の偏向方向が逆であるから、図で右方向すなわちレンズ45の光軸に関して1次電子ビームの方向とは逆方向となり、2次電子が一次電子ビームから分離される。2次電子ビームは、偏向器47の偏向主面近傍50(図4)に試料像を形成するので、2次電子への偏向色収差が小さい。ビーム分離器48により1次電子ビームと分離された2次電子ビームは、拡大レンズ49を介してエリア検出器51に拡大像を形成して検出される。そして、画像データ処理装置(不図示)により、マルチビームである1次電子ビームの試料46上への照射配置情報を参照して、試料面の画像が合成される。拡大率が不足する場合は、2次光学系の拡大レンズの段数を増大させればよい。

[0084] 図3に示した電子線装置を、該装置における光路を示した図4を参照して、より詳細に説明する。電子銃41が形成するクロスオーバから発散した電子線は、焦点距離の短い軸対称レンズ40により絞りかつ発散角が大きくされて、ウィーンフィルタ42に入射され、ウィーンフィルタ42の中央部43でクロスオーバを形成する。ウィーンフィルタ

42を出ると、位置56においてクロスオーバを形成し、軸対称レンズ44に入射し、該軸対称レンズ44により光軸に平行な並行ビームとなる。

[0085] 並行ビームは、マルチ開口板53のマルチ開口によりビームの開口角が制御されて軸上色収差が小さく保たれる。次いで、電磁偏向器47により15° 偏向され、電磁偏向器からなるビーム分離器48により逆方向に15° 偏向される。これは、これら2つの偏向器に、絶対値が同じで偏向方向が逆の偏向信号を供給することによって行われる。これにより、マルチ電子ビームは、再度、z軸方向すなわち試料46の表面に対して垂直となる。次いで、マルチ電子ビームは、マルチ開口レンズ45を介して試料46に照射されるが、偏向器47及び48による偏向が相互に逆方向で同一角であるため、偏向色収差が発生せず、さらに偏向器47又は48に軸合わせ信号を重畳すれば、該マルチ開口レンズ45とマルチ開口板53のマルチ開口との軸合わせが保持される。

[0086] 試料46から放出された2次電子は、印加されている加速電界で集束され、小さいビーム束になって、対物レンズ45を殆どロスが生じない状態で通過する。そして、電磁偏向器であるビーム分離器48により2次光学系の方向に偏向され、拡大レンズ49に入射する。図4中、試料46からの複数の2次電子ビームの内、マルチ開口レンズ45の中央の1つのレンズに対応する2次電子ビームの軌道を点線で示しているが、該軌道上の2次電子ビームは、ビーム分離器48を通過後に位置50に結像する。そして、拡大レンズ49により検出器51の検出面に拡大像を形成する。検出器51は、形成された拡大像に対応する光信号に生成し、該光信号を光ファイバにより8×8又は12×12等のPMT(不図示)に伝搬する。PMTは、光信号を電気信号に変換し、該電気信号は、画像データ処理装置(不図示)により処理される。

[0087] ウィーンフィルタ42の各電極に印加される電圧及びコイルに流す電流は、クロスオーバ位置54及びウィーンフィルタ42の軸方向位置、補正される軸上色収差の大きさ、ビームエネルギ等を考慮して、シミュレーションの助けを借りて軸上色収差が消えるように設定すればよい。

[0088] 上記の第1～第3の実施形態の電子線装置においては、4極子レンズを4極以外の多極子レンズで構成してもよい。特に、4～12極子レンズを用いることが好適であり、

段数を4段とした場合には、ビーム軌道を前半部と後半部で点対称にして2次の収差発生を防止することができるので、最適である。

[0089] ここで、写像投影型の電子光学系を有する電子線装置において、複数段の多極子レンズを用いて軸上色収差を消去したことによる作用効果を説明する。

[0090] 写像投影型の電子線装置において、クーロン効果によるボケδcは、以下のように表すことができる。

[0091] $\sigma c = I \cdot L / (\alpha \cdot V^{3/2})$

ただし、I:電子ビーム電流

L:光路長

α:開口角

V:電子ビームエネルギ。

[0092] 図5は、試料面上収差(nm)と開口角αとの関係をシミュレーションした結果を示している。このシミュレーションにおいて用いたレンズは、静電レンズ2段を用いたタブレット型であり、倍率色収差を消したレンズである。また、試料面上での電界強度を1．5kV／mm程度となるように、レンズへの印加電圧を設定した。図5に示したシミュレーション結果によれば、軸上色収差を除去すると、開口角αが約3倍に向上できる。写像投影型の電子光学系を有する電子線装置においては、試料面上収差の中では軸上色収差が支配的であり、試料面上収差を一定としたときに、軸上色収差を除去すると、他の収差を除去しなくても開口角αを3倍程度に向上させることができることを示している。

[0093] 上記式において、ボケδcを一定とした場合、開口角αを3倍にすればビーム電流Iも3倍にすることができ、透過率は開口角の2乗であるから9倍となる。したがって、ビーム電流が3倍で透過率が9倍となるから、これらの乗算で表されるスループットすなわち検査速度を27倍に向上させることができる。また、電子銃にLaB_6を使用して第2の実施形態の電子線装置ようにマルチビーム方式にすることにより、検査速度をより向上させることができる。検査速度が大幅に向上することは、写像投影型の電子光学系を有する電子線装置において、極めて重要である。

[0094] なお、SEM(走査型電子顕微鏡)では、多極子レンズの後方に走査偏向器を配置

しているため、偏向器の偏向走査の如何に拘わらず、その前段に配置された多極子レンズにおいては、光軸上のみを電子線が通過している。したがって、多極子レンズにより軸上色収差を補正することが容易であった。これに対して、写像投影型の電子光学系を有する電子線装置においては、光軸上のみならず光軸から離れた位置の像も低収差にする必要があるため、多極子レンズを単に用いるだけでは軸上色収差を補正することが困難であると考えられていた。また、写像投影型の電子光学系を有する電子線装置において生じる収差の大部分が軸上色収差であることが、認識されていなかった。本発明者は、種々のパラメータを用いて実機テスト及びシミュレーションを行うことにより、写像投影型の電子光学系を有する電子線装置においても、多極子レンズを用いて好適に軸上色収差を補正することができることを発見し、これにより、上記したようにスループットを大幅に向上させることができるようにしたものである。

[0095] 次に、本発明に係る電子線装置を組み入れて使用することができる、半導体ウェーハの評価用の検査システムの全体構成について説明する。

[0096] 図6及び図7は、検査システム61の主要な構成要素を示す立面図及び平面図である。検査システム61は、複数枚のウェーハを収納したカセットを保持するカセットホルダ62と、ミニエンバイロメント装置63と、主ハウジング64と、ミニエンバイロメント装置63と主ハウジング64との間に配置されていて、二つのローディングチャンバを画成するローダーハウジング65と、主ハウジング64内に配置され、ウェーハであるウェーハWを載置して移動させるステージ装置66と、ウェーハをカセットホルダ62から主ハウジング64内に配置されたステージ装置66上に装填するローダー67と、主ハウジング64に取り付けられた電子光学系68とを備え、それらは、図6及び図7に示したような位置関係で配置されている。上述した本発明の電子線装置は、電子光学系68として組み入れられる。

[0097] 検査システム61は、また、真空の主ハウジング64内に配置されたプレチャージユニット69と、ウェーハに電位を印加する電位印加機構と、電子ビームキャリブレーション機構と、ステージ装置66上でのウェーハの位置決めを行うためのアライメント制御装置70（図26に図示）を構成する光学顕微鏡206とを備えている。検査システム61はさらに、これらの要素の動作を制御するための制御装置CNLを備えている。

[0098] 以下に、検査システム61の主要な要素（サブシステム）それぞれの構成について、詳細に説明する。

[0099] カセットホルダ62

カセットホルダ62は、複数枚（例えば25枚）のウェーハが上下方向に平行に並べられた状態で収納されたカセットc（例えば、アシスト社製のSMIF、FOUPのようなクローズドカセット）を複数個（この実施形態では2個のカセット）保持するようになっている。このカセットホルダとしては、カセットをロボット等により搬送して自動的にカセットホルダ62に装填する場合には、それに適した構造のものを、また人手により装填する場合には、それに適したオープンカセット構造のものを、それぞれ任意に選択して設置できるようになっている。カセットホルダ62は、この実施形態では、自動的にカセットcが装填される形式であり、例えば昇降テーブル71と、その昇降テール71を上下移動させる昇降機構72とを備えている。カセットcは、昇降テーブル上に図7において鎖線で示した状態に自動的に装填可能であり、装填後、図7において実線で示した状態に自動的に回転され、ミニエンバイロメント装置63内の第1の搬送ユニットの回動軸線に向けられる。また、昇降テーブル71は、図6において鎖線で示した状態に降下される。

[0100] 別の実施形態では、図8に示すように、複数の300mmウェーハWを箱本体73の内側に固定した溝型ポケット（不図示）に収納した状態で収容し、搬送、保管等を行うものである。この基板搬送箱74は、角筒状の箱本体73と基板搬送出入り口ドアの自動開閉装置とに連結されて、箱本体73の側面の開口部を機械により開閉可能な基板搬送出入りドア75と、開口部と反対側に位置し、フィルタ類及びファンモータの着脱を行うための開口部を覆う蓋体76と、ウェーハWを保持するための溝型ポケット77とから構成されている。この実施形態では、ローダー67のロボット式の搬送ユニット78により、ウェーハを出し入れする。

[0101] なお、カセットc内に収納されるウェーハは、半導体製造工程中でウェーハを処理するプロセスの後、若しくはプロセスの途中で行われる。具体的には、成膜工程、CMP、イオン注入等を受けたウェーハ、表面に配線パターンが形成されたウェーハ、又は配線パターンが未だに形成されていないウェーハが、検査のためにカセットc内に収

納される。カセットc内に収容されるウェーハは、多数枚上下方向に隔ててかつ平行に並べて配置されており、カセット中の任意の位置のウェーハを、後述する第1の搬送ユニットで保持できるようにするために、第1の搬送ユニットのアームを上下移動できるようになっている。

[0102] ミニエンバイロメント装置63

図9は、ミニエンバイロメント装置63を図7とは異なる方向から見た立面図である。この図9並びに先の図6及び図7に示したように、ミニエンバイロメント装置63は、雰囲気制御されるミニエンバイロメント空間79を画成するハウジング80と、ミニエンバイロメント空間79内で清浄空気等の気体を循環して雰囲気制御するための気体循環装置81と、ミニエンバイロメント空間79内に供給された空気の一部を回収して排出する排出装置82と、ミニエンバイロメント空間79内に配設されていて試料であるウェーハの粗位置決めを行うプリアライナー83とを備えている。

[0103] ハウジング80は、頂壁85、底壁86及び四周を囲む周壁87を有し、ミニエンバイロメント空間79を外部から遮断する構造になっている。ミニエンバイロメント空間79を雰囲気制御するために、気体循環装置81は、図9に示されるように、ミニエンバイロメント空間79内において、頂壁85に下向きに取り付けられていて、気体(この実施形態では空気)を清浄にして一つ又はそれ以上の気体吹き出し口(図示せず)を通して清浄空気を真下に向かって層流状に流す気体供給ユニット88と、底壁96の上に配置されていて、底に向かって流れ下った空気を回収する回収ダクト89と、回収ダクト89と気体供給ユニット88とを接続して回収された空気を気体供給ユニット88に戻す導管90とを備えている。

[0104] 清浄空気の層流状の下方向の流れすなわちダウンフローは、主に、ミニエンバイロメント空間79内に配置された後述する第1の搬送ユニットによる搬送面を通して流れるように供給され、これにより、搬送ユニットにより発生する恐れのある塵埃がウェーハに付着するのを防止する。ハウジング80の周壁87のうち、カセットホルダ62に隣接する部分には、出入り口91が形成されている。

[0105] 排出装置74は、後に説明する搬送ユニットのウェーハ搬送面より下側の位置で搬送ユニットの下部に配置された吸入ダクト92と、ハウジング80の外側に配置されたブ

ロワー93と、吸入ダクト92とブロワー93とを接続する導管94と、を備えている。この排出装置74は、搬送ユニットの周囲を流れ下り搬送ユニットにより発生する可能性のある塵埃を含んだ気体を、吸入ダクト95により吸引し、導管94及びブロワー93を介してハウジング84の外側に排出する。

[0106] ミニエンバイロメント空間79内に配置されたプリアライナー96は、ウェーハに形成されたオリエンテーションフラット(円形のウェーハの外周に形成された平坦部分を言い、以下においてオリフラと呼ぶ)や、ウェーハの外周縁に形成された一つ又はそれ以上のV型の切欠きすなわちノッチを光学的に或いは機械的に検出し、それに基づいて、ウェーハの軸線O_1-O_1の周りの回転方向の位置を、約±1度の精度で予め位置決めする。プリアライナー96は、ウェーハであるウェーハの座標を決める機構の一部を構成し、ウェーハの粗位置決めを担当する。

[0107] 主ハウジング64

図6及び図7に示したように、ワーキングチャンバ97を画成する主ハウジング64は、ハウジング本体98を備え、そのハウジング本体98は、台フレーム99上に配置された振動遮断装置すなわち防振装置100の上に載せられたハウジング支持装置101によって支持されている。ハウジング支持装置101は矩形に組まれたフレーム構造体102を備えている。ハウジング本体98は、フレーム構造体102上に配設固定されており、フレーム構造体上に載せられた底壁103と、頂壁104と、底壁103及び頂壁104に接続されて四周を囲む周壁105とを備え、ワーキングチャンバ97を外部から隔離している。この実施形態においては、ハウジング98本体及びハウジング支持装置101は、剛構造に組み立てられていて、台フレーム99が設置されている床からの振動がこの剛構造に伝達されるのを、防振装置100で阻止している。ハウジング98の周壁105の内、ローダーハウジング65に隣接する周壁には、ウェーハ出し入れ用の出入り口106が形成されている。

[0108] ワーキングチャンバ97は、汎用の真空装置(図示せず)により、真空雰囲気に保たれる。台フレーム99の下には、検査システム61全体の動作を制御する制御装置2が配置されている。

[0109] なお、検査システム61においては、主ハウジング64を含めて、種々のハウジングを

真空排気しているが、そのための真空排気系は、真空ポンプ、真空バルブ、真空ゲージ、真空配管等から構成され、電子光学系、検出器部、ウェーハ室、ロードロック室等を、所定のシーケンスに従って真空排気を行う。各部においては、必要な真空度を達成するように、真空バルブが制御される。そして、常時、真空度の監視を行い、異常時には、インターロック機能により隔離バルブ等によるチャンバ間又はチャンバと排気系との間の遮断緊急制御を行い、各部において必要な真空度を確保をする。真空ポンプとしては、主排気にターボ分子ポンプ、粗引き用としてルーツ式のドライポンプを使用する。検査場所(電子線照射部)の圧力は、10^{-3}～10^{-5}Pa、好ましくは、その1桁下の10^{-4}～10^{-6}Paが実用的である。

[0110] ローダーハウジング65

図10は、図6とは別の方向から見たローダーハウジング65の立面図を示している。図10並びに図6及び図7に示すように、ローダーハウジング65は、第1のローディングチャンバ107と第2のローディングチャンバ108とを画成するハウジング本体109を備えている。ハウジング本体109は、底壁110と、頂壁111と、四周を囲む周壁112と、第1のローディングチャンバ107と第2のローディングチャンバ108とを仕切る仕切壁113とを有しており、2つのローディングチャンバを外部から隔離している。仕切壁113には、2つのローディングチャンバ間でウェーハWの受け渡しを行うための開口すなわち出入り口114が形成されている。また、周壁112のミニエンバイロメント装置63及び主ハウジング64に隣接した部分には、出入り口115及び116が形成されている。このローダーハウジング65のハウジング本体117は、ハウジング支持装置101のフレーム構造体102上に載置されて支持されている。したがって、このローダーハウジング65にも、床の振動が伝達されない。

[0111] ローダーハウジング65の出入り口115とミニエンバイロメント装置63のハウジング80の出入り口118とは整合されているが、これら出入り口115、118の間には、ミニエンバイロメント空間79とローディングチャンバ107との連通を選択的に阻止するシャッタ装置119が設けられている。また、ローダーハウジング65の出入り口116と主ハウジング64のハウジング本体98の出入り口106とは整合されているが、これら出入り口115、106の間には、ローディングチャンバ108とワーキンググチャンバ97との連通を

選択的に密封阻止するシャッタ装置120が設けられている。更に、仕切壁121に形成された開口には、扉122により開口を閉じて、第1及び第2のローディングチャンバ間の連通を選択的に密封阻止するシャッタ装置123が設けられている。これらのシャッタ装置119、120、122は、閉じ状態にあるとき、各チャンバを気密シールできるようになっている。

[0112] 第1のローディングチャンバ107内には、複数枚(この実施形態では2枚)のウェーハWを上下に隔てて水平に支持するウェーハラック124が配設されている。

[0113] 第1及び第2のローディングチャンバ107、108は、真空ポンプを含む汎用の真空排気装置(図示せず)によって、高真空状態(真空度としては、10^{-5}～10—^{6}Pa)に雰囲気制御される。この場合、第1のローディングチャンバ107を低真空チャンバとして低真空雰囲気に保ち、第2のローディングチャンバ108を高真空チャンバとして高真空雰囲気に保つことにより、ウェーハの汚染防止を効果的に行うこともできる。このような2つのローディングチャンバを備えたローディングハウジング構造を採用することによって、ウェーハWをローディングチャンバからワーキングチャンバ内に遅滞なく搬送することができる。このようなローディングチャンバ構造を採用することによって、欠陥等の検査のスループットを向上させ、更に、保管状態が高真空状態であることを要求される電子源周辺の真空度を、可能な限り高真空状態にすることができる。

[0114] 第1及び第2のローディングチャンバ107、108にはそれぞれ、真空排気配管と不活性ガス(例えば乾燥純窒素)用のベント配管(それぞれ図示せず)が接続されている。これによって、各ローディングチャンバ内の大気圧状態において、不活性ガスベント(不活性ガスを注入して、不活性ガス以外の酸素ガス等が表面に付着するのを防止する)が達成される。

[0115] なお、電子線を使用する主ハウジング30において、電子光学系68の電子源すなわち電子銃として使用される代表的な六硼化ランタン(LaB_6)等は、一度熱電子を放出する程度まで高温状態に加熱された場合には、酸素等に可能な限り接触させないことがその寿命を縮めないために肝要である。主ハウジング64の電子光学系68が配置されているワーキングチャンバにウェーハWを搬入する前段階で、上記のような雰囲気制御を行うことにより、酸素に接触する可能性が低減されるため、電子源の寿命

を縮めてしまう可能性が低くなる。

[0116] ステージ装置66

ステージ装置66は、主ハウジング64の底壁103上に配置された固定テーブル125と、固定テーブル上でY方向(図6において紙面に垂直の方向)に移動するYテーブル126と、Yテーブル上でX方向(図6において左右方向)に移動するXテーブル127と、Xテーブル上で回転可能な回転テーブル128と、回転テーブル128上に配置されたホルダ129とを備えている。該ホルダ129のウェーハ載置面130上にウェーハWを解放可能に保持する。ホルダ129は、ウェーハWを機械的に或いは静電チャック方式で解放可能に把持できる汎用の構造のものでよい。ステージ装置66は、サーボモータ、エンコーダ及び各種のセンサ(図示せず)を用いて、上記した複数のテーブル126～128を動作させることにより、載置面130上でホルダ129に保持されたウェーハWを電子光学系68から照射される電子ビームに対してX方向、Y方向及びZ方向(図6において上下方向)に、更には、ウェーハの支持面に鉛直な軸線の回り方向(θ方向)に、高い精度で位置決めすることができる。

[0117] なお、Z方向の位置決めは、例えばホルダ129上の載置面の位置をZ方向に微調整可能にしておけばよい。この場合、載置面の参照位置を微細径レーザによる位置測定装置(干渉計の原理を使用したレーザ干渉測距装置)によって検知し、その位置をフィードバック回路(不図示)によって制御したり、それと共に或いはそれに代えて、ウェーハのノッチ或いはオリフラの位置を測定して、ウェーハの電子ビームに対する平面位置及び回転位置を検知し、回転テーブル128を微小角度制御可能なステッピングモータなどにより回転させて制御する。ホルダ129を設けずに、回転テーブル128上にウェーハWを直接載置してもよい。ワーキングチャンバ97内での塵埃の発生を極力防止するために、ステージ装置66用のサーボモータ131、132及びエンコーダ133、134は、主ハウジング64の外側に配置されている。

[0118] 電子ビームに対するウェーハWの回転位置やX－Y座標位置を、後述する信号検出系或いは画像処理系に予め入力することによって、信号の基準化を図ることもできる。

[0119] 更に、このホルダに設けられたウェーハチャッキング機構は、ウェーハをチャックす

るための電圧を静電チャックの電極に与えられるようになっていて、ウェーハの外周部の3点（好ましくは周方向に等隔に隔てられた）を押さえて位置決めするようになっている。ウェーハチャック機構は、二つの固定位置決めピンと、一つの押圧式クランクピンとを備えている。クランプピンは、自動チャック及び自動リリースを実現できるようになっており、かつ電圧印加の導通箇所を構成している。

[0120] なお、この実施の形態では、図7の左右方向に移動するテーブルをXテーブルとし、図13の上下方向に移動するテーブルをYテーブルとしたが、同図で左右方向に移動するテーブルをYテーブルとし、上下方向に移動するテーブルをXテーブルとしてもよい。

[0121] ウェーハチャッキング機構

1）静電チャックの基本構造

電子光学系の焦点を試料面に正確にかつ短時間で合わせるために、試料面すなわちウェーハ面の凹凸は極力小さくすることが好ましい。そのため、平面度良く（平面度5μm以下が好ましい）製作された静電チャックの表面にウェーハを吸着することが行われる。

[0122] 静電チャックの電極構造には、単極形と双極形が存在する。単極形はウェーハに予め導通をとり、1つの静電チャック電極との間に高電圧（一般的に数10～数100V程度）を印加することによってウェーハを吸着する方法であり、双極形は、ウェーハに導通をとる必要が無く、2つの静電チャック電極に正負逆の電圧を印加するだけでウェーハを吸着できる。但し、一般的に、安定した吸着条件を得るためには、2つの電極を櫛の歯状に入り組ませた形状にする必要があり、電極形状は複雑になる。

[0123] 一方、試料の検査のためには、電子光学系の結像条件を得るため、あるいは試料面の状態を電子で観察しやすい状態にするために、ウェーハに所定の電圧（リターディング電圧）を印加する必要がある。このリターディング電圧をウェーハに印加すること、及びウェーハ表面の電位を安定させるためには、静電チャックを上記の単極形とすることが必要である。（但し、後述するように導通針でウェーハとの導通をとるまでは、静電チャックを双極形として機能させる必要ある。よって静電チャックは、単極形と双極形の切換可能な構造にしている。）ウェーハの表面の電位が、各検査モードで

所定の値で安定していない場合、結像条件を満足せず、きれいな画像を得ることができない。そのため、リターディング電圧の印加前に、ウェーハの導通確認を確実に行う必要がある。

[0124] したがって、ウェーハに機械的に接触して導通をとらなければならない。ところが、ウェーハに対する汚染防止の要求は厳しくなってきており、ウェーハへの機械的接触を極力避けることが求められ、ウェーハのエッジへの接触が許されない場合がある。このような場合は、ウェーハ裏面にて導通をとらなければならない。

[0125] ウェーハ裏面には、シリコン酸化膜が形成されていることが普通であり、そのままでは導通がとれない。そこで、ウェーハ裏面に、2ケ所以上の針を接触させ、針の間に電圧を印加することによって、酸化膜を局部的に破壊し、ウェーハ母材のシリコンと導通をとることができる。針に印加する電圧は、数百V程度のDC電圧もしくはAC電圧である。また針の材料としては、非磁性で耐摩耗性があり高融点材料であることが求められ、タングステン等が考えられる。またさらに耐久性を持たせるため、あるいはウェーハの汚染防止のために、表面にTiNやダイヤモンドをコーティングすることも有効である。また、ウェーハとの導通がとれたことを確認するために、針の間に電圧を印加し電流計により電流を測定することが有効である。導通確認を行ってから、リターディング電圧を印加することにより、ウェーハ表面を所望の電位とすることができ、結像条件を満足した検査を行うことができる。

[0126] 以上のような背景から作られたのが、図11に示すようなチャッキング機構である。静電チャックには、ウェーハWを安定に吸着するために櫛歯状に入り組んだ形状であることが望ましい電極と、ウェーハ受渡し用の3本のプッシャーピン143と、ウェーハ印加用の2つ以上の導通針144とが設けられている。また、静電チャックの周囲には補正リング141とウェーハ落とし込み機構142が配置される。

[0127] プッシャーピン143は、試料であるウェーハWがロボットハンドによって搬送される際に静電チャック面上から予め突出しており、ロボットハンドの動作によってウェーハWがその上に載置されると、ゆっくりと下降し、ウェーハWを静電チャック上に載せる。ウェーハを静電チャック上から取り出す際には、逆の動作をしてロボットハンドにウェーハWを渡す役割を果たす。プッシャーピン143は、ウェーハの位置がずれたり汚染さ

れることが無いように表面材料を選ばなければならず、シリコンゴム、フッ素ゴム、SiCやアルミナ等のセラミックス、テフロンやポリイミド等の樹脂などを使用することが望ましい。

[0128] プッシャーピン143の駆動機構としては幾つか方法がある。一つは、静電チャックの下部に非磁性アクチュエータを設置する方法である。これは、超音波リニアモータによりプッシャーピンを直接リニア駆動する方法や、回転形超音波モータとボールネジまたはラック&ピニオンギアの組み合わせでプッシャーピンの直線駆動を行う等の方法が有る。この方法は、静電チャックを搭載するXYステージのテーブル上に、プッシャー機構がコンパクトにまとめられる反面、アクチュエータやリミットセンサ等の配線が非常に多くなってしまう。これらの配線はXY動作するテーブルから試料室(メインチャンバ又は主ハウジング)壁面まで繋がるが、ステージの動作に伴って屈曲するため、大きな曲げRを持たせて配設する必要がありスペースをとってしまう。またパーティクル発生源になったり、配線の定期的な交換も必要になるので、使用数は必要最小限にするのがよい。

[0129] そこで別方式として、外部から駆動力を供給する方法もある。ウェーハWを着脱する位置にステージが移動すると、ベローズを介して真空中に突出した軸が、チャンバ外に備えられたエアシリンダで駆動されて、静電チャック下部に設けられたプッシャー駆動機構の軸を押すようになっている。軸はプッシャー駆動機構内部で、ラック・ピニオンまたはリンク機構と繋がっており、軸の往復移動がプッシャーピンの上下動と連動するようになっている。ウェーハWをロボットハンドとの間で受け渡しする際には、コントローラで適切な速度に調整してエアシリンダで軸を真空中に押し出すことによって、プッシャーピン143を上昇させる。

[0130] なお、外部からの軸の駆動源は、エアシリンダに限るものではなく、サーボモータとラック・ピニオンやボールネジの組み合わせでも良い。また、外部からの駆動源を回転軸とすることも可能である。その場合、回転軸は磁性流体シール等の真空シール機構を介し、プッシャー駆動機構は回転をプッシャーの直線運動に変換する機構を内蔵する。

[0131] 補正リング141は、ウェーハ端部の電界分布を均一に保つ作用を持つもので、基

本的にウェーハと同電位を印加する。しかし、ウェーハと補正リング間の微小隙間や、ウェーハと補正リング表面高さの微小な差の影響を打ち消すため、ウェーハ端部電位と若干異なる電位を印加することもある。補正リング141は、ウェーハの半径方向10～30mm程度の幅を持ち、非磁性で導電性の材料、例えば、チタン、リン青銅、TiN又はTiCコーティングしたアルミ等を使用することができる。

[0132] 導通針144はばね145で支持されており、ウェーハが静電チャック上に搭載されると、ばね力でウェーハ裏面に軽く押し付けられる。この状態で、上述した様に電圧を印加することによってウェーハWとの電気的導通をとる。

[0133] 静電チャック本体は、タングステン等の非磁性の平面状電極と、その上に形成された誘電体から成る。誘電体の材料はアルミナ、窒化アルミ、ポリイミド等が使用できる。一般にアルミナ等のセラミックスは体積抵抗率が$10^{14}\Omega$cm程度の完全な絶縁体なので、材料内部での電荷移動は発生せず、吸着力としてクーロン力が作用する。これに対して、セラミックス組成をわずかに調整することによって体積抵抗率を$10^{10}\Omega$cm程度にすることができ、こうすることによって材料内部で電荷の移動が生じるため、ウェーハ吸着力としてクーロン力より強い所謂ジョンソン・ラーベック力が作用する。吸着力が強ければその分、印加電圧を低くすることができ、絶縁破壊に対するマージンを大きくとることができ、かつ安定した吸着力も得やすい。また、静電チャック表面をたとえばディンプル状に加工することによって、静電チャック表面にパーティクル等が付着しても、パーティクルがディンプルの谷部分に落ちる可能性が生じるのでウェーハの平面度に影響を与える可能性が減少する効果も期待できる。

[0134] 以上より、静電チャック材料を、体積抵抗率を$10^{10}\Omega$cm程度に調整した窒化アルミやアルミナセラミックスとし、表面にディンプル状などの凹凸を形成し、その凸面の集合で形成される面の平面度を5μm程度に加工したものが実用的である。

[0135] 2）200／300ブリッジツールのためのチャッキング機構

200mmと300mmの2種類のウェーハを機械的改造無く検査することが装置に求められることがある。その場合、静電チャックは2種類のサイズのウェーハをチャッキングし、かつウェーハ周縁部にウェーハのサイズに合わせた補正リングを載置しなければならない。図11の（A）、（B）及び図12はそのための構造を示している。

[0136] 図11の(A)は静電チャック上に300mmのウェーハWを搭載した状態を示している。ウェーハWのサイズより僅かに大きい(隙間0．5mm程度)内径を持った補正リング141が、静電チャック外周の金属性リング状部品にインローで位置決めされ載置されている。この補正リング141には、ウェーハ落し込み機構142が3ヵ所設けられている。ウェーハ落し込み機構142は、プッシャーピン143の駆動機構と連動した上下駆動機構によって駆動され、補正リング141に設けられた回転軸周りに回転可能に支持されている。

[0137] ウェーハWをロボットハンドから受ける場合、プッシャーピン駆動機構が動作し、プッシャーピン143を上に押上げる。それと適切なタイミングをとって補正リング141に設けられたウェーハ落し込み機構142も、図11の(B)に示すように、駆動力を受けて回転する。するとウェーハ落し込み機構142がウェーハWを静電チャック中心にガイドするテーパ面を形成する。次に、押し上げられたプッシャーピン143にウェーハWが載せられた後、プッシャーピン143を下降させる。ウェーハ落し込み機構142に対する駆動力の作用タイミングをプッシャーピン143の下降と適切に調整することによって、ウェーハWは落し込み機構142のテーパ面によって位置を修正されながら静電チャック上にウェーハWの中心と静電チャックの中心がほぼ一致するように置かれる。

[0138] 落し込み機構142のテーパ面にはテフロン等の低摩擦材、好ましくは導電性のある低摩擦材(例えば、導電性テフロン、導電性ダイヤモンドライクカーボン、TINコーティング)を形成することが望ましい。なお、図中の符号A、B、C、D、Eは電圧を印加するための(後述する)端子であり、144はウェーハWが静電チャック上に載置されたことを検知するウェーハ導通用針で、バネ145によって押し上げられている。

[0139] 図12は、同じ静電チャックに200mmのウェーハWを搭載した状態を示している。静電チャックよりもウェーハ径が小さいため、静電チャック表面が露出してしまうので、静電チャックを完全に隠す大きさを持った補正リング151を搭載している。補正リング151の位置決めは300mm用補正リングの場合と同様である。

[0140] 補正リング151の内周部には段差が設けてあり、静電チャック側のリング状溝151´に収まるようになっている。これは、200mmウェーハを搭載した時に補正リング151の内周とウェーハWの外周との間の隙間から静電チャック表面が見えないように導体

（補正リング151）で隠すための構造である。もし静電チャック表面が見える構造になっていると、電子ビームが照射された際、静電チャック表面に電荷がチャージしてしまい、試料面の電位が乱れてしまうからである。

[0141] 補正リング151の交換は、真空チャンバ内の所定の位置に補正リング交換場所を設けておき、そこから必要な大きさの補正リングをロボットによって搬送して静電チャックに取り付ける（インロー部に挿入する）ことによって行う。

[0142] 200mm用補正リングにも、300mmと同様にウェーハ落し込み機構20・2が設けられている。静電チャック側には、このウェーハ落し込み機構152と干渉しないように逃げが形成されている。静電チャック上へのウェーハの搭載方法は300mmの場合とまったく同様である。なお、符号A、B、C、D、Eは電圧を印加するための端子、153はプッシュピン143と同様のプッシュピン、154はウェーハ導通用針144と同様のウェーハ導通用針である。

[0143] 図13の（A）及び（B）は、300mmウェーハと200mmウェーハの両方に対応することができる静電チャックの構成を概略的に示した図であり、（A）は300mmウェーハを、（B）は200mmウェーハを載置した状態をそれぞれ示している。図13の（A）から理解されるとおり、静電チャックは300mmウェーハを載置することができる広さを持ち、図13の（B）に示すように、静電チャックの中央の部分は200mmウェーハを載置することができる広さであり、それを囲むように、補正リング151の内周部が嵌り込む溝156が設けられる。なお、符号A、B、C、D、Eは電圧を印加するための端子である。

[0144] 図13の（A）及び（B）に示す静電チャックの場合、ウェーハが静電チャックに載置されているかどうか、ウェーハが静電チャックに正しく載置されたかどうか、補正リングがあるかどうか等は、光学的に検出される。例えば、静電チャックの上方に光学センサを設置し、その光学センサから発された光がウェーハによって反射されて再び光学センサへ戻ったときの光路長を検出することによって、ウェーハが水平に載置されたか、傾いて載置されたかが検出できる。また、補正リングの有無は、補正リングが載置されるべき場所の中の適宜の点を斜めに照射する光送信機と、補正リングからの反射光を受光する光受信機とを設けることで検出することができる。更に、200mmウェーハ用の補正リングが載置される場所の適宜の点を斜めに照射する光送信機及び該

補正リングからの反射光を受光する光受信機の組み合わせと、300mmウェーハ用の補正リングが載置される場所の適宜の点を斜めに照射する光送信機及び該補正リングからの反射光を受光する光受信機の組み合わせとを設け、いずれの光受信機が反射光を受信するかを検知することにより、200mmウェーハ用の補正リングと300mmウェーハ用の補正リングのいずれが静電チャックに載置されたかを検出することができる。

[0145] 3)ウェーハチャッキング手順

以上説明した構造をもったウェーハチャッキング機構は、以下の手順でウェーハをチャッキングする。

[0146] (1)ウェーハサイズに合った補正リングをロボットによって搬送し、静電チャックに搭載する。

[0147] (2)ロボットハンドによるウェーハ搬送とプッシャーピンの上下動によって、ウェーハを静電チャック上に載置する。

[0148] (3)静電チャックを双極形で印加(端子C、Dに正負逆の電圧を印加)し、ウェーハを吸着する。

[0149] (4)導通用針に所定電圧を印加して、ウェーハ裏面の絶縁膜(酸化膜)を破壊する。

[0150] (5)端子A、B間の電流を測定して、ウェーハとの導通が取れたかどうか確認する。

[0151] (6)静電チャックを単極形吸着に移行する。(端子A、BをGRD、端子C、Dに同一電圧を印加する)

(7)端子A(又はB)と端子C(又はD)との電位差を保ったまま、端子A(又はB)の電圧を下げ、ウェーハに所定のリターディング電圧を印加する。

[0152] 200／300ブリッジツールのための装置構成

200mmウェーハと300mmウェーハのどちらも機械的改造なしに検査できる装置にするための構成を図14及び図15に示す。以下、200mmウェーハもしくは300mmウェーハの専用装置と異なる点を説明する。

[0153] 200／300mmウェーハ、FOUP、SMIF、オープンカセット等の仕様毎に交換されるウェーハカセットの設置場所21・1には、ユーザ仕様によって決まるウェーハサイ

ズやウェーハカセットの種類に応じたウェーハカセットが設置できるようになっている。大気搬送ロボット21・2は、異なるウェーハサイズに対応できるようなハンドを備え、すなわちウェーハの落し込み部がウェーハサイズに合わせて複数設けられており、ウェーハサイズにあった箇所でハンドに搭載されるようになっている。大気搬送ロボット161はウェーハを設置場所162からプリアライナー163へ送ってウェーハの向きを整えた後、ウェーハをプリアライナー163から取り出して、ロードロック室164内へ送る。

[0154] ロードロック室164の内部のウェーハラックも同様の構造で、ウェーハラックのウェーハ支持部には、ウェーハサイズに合わせた複数の落し込み部が形成されており、大気搬送ロボット161のハンドに搭載されたウェーハは、そのサイズに合った落し込み部に搭載されるようにロボットハンドの高さが調整されてウェーハラック内にウェーハが挿入され、その後、ロボットハンドが下降することによってウェーハ支持部の所定の落し込み部にウェーハが載置される。

[0155] ロードロック室164内のウェーハラックに載置されたウェーハは、次いで、搬送室165内に設置された真空搬送ロボット166によってロードロック室163から取り出されて試料室167内のステージ168上に搬送される。真空搬送ロボット166のハンドも、大気搬送ロボット21・2と同様、ウェーハサイズに合った複数の落し込み部を有している。ロボットハンドの所定の落し込み部に搭載されたウェーハは、ステージ168において、予めウェーハサイズに合った補正リング169を搭載した静電チャック上に載置され、静電チャックで吸着固定される。補正リング169は、搬送室165内に設けられた補正リングラック170上に載置されている。そこで、真空搬送ロボット166はウェーハサイズに合った補正リング169を補正リングラック170から取り出して静電チャック上に搬送し、静電チャック外周部に形成された位置決め用インロー部に補正リング169を嵌め込んでから、ウェーハを静電チャックに載置する。

[0156] 補正リングを交換する時は、この逆の操作を行う。すなわち、ロボット166によって静電チャックから補正リング169を外し、搬送室165内の補正リングラック170に補正リングを戻し、これから検査するウェーハサイズにあった補正リングを補正リングラック170から静電チャックまで搬送する。

[0157] 図14に示す検査装置においては、プリアライナー163がロードロック室164の近く

に配置されているので、ウェーハのアライメントが不十分なためにロードロック室で補正リングが装着できない場合にも、ウェーハをプリアライナーに戻してアライメントし直すことが容易であり、工程での時間のロスを減らせるという利点がある。

[0158] 図15は、補正リングの置き場所を変えた例であり、補正リングラック170は省略されている。ロードロック室171には、ウェーハラックと補正リングラックとが階層的に形成されており、これらはエレベータに設置されて上下動することができる。まず、これから検査するウェーハサイズに合った補正リングを静電チャックに設置するため、真空搬送ロボット166が該補正リングを取出せる位置までロードロック室171のエレベータを移動する。そして補正リングを真空搬送ロボット166で静電チャック上に設置すると、今度は、検査すべきウェーハを搬送できるようにエレベータを操作し、ウェーハを真空搬送ロボット166でウェーハラックから取出した後、静電チャックに載置する。この構成の場合、ロードロック室171にエレベータが必要になるが、真空の搬送室165を小さく形成することができ、装置のフットプリントを小さくする上で有効である。

[0159] 以上のようなアルゴリズムを用いて、比較検査及びアライメントを行う。なお、静電チャック上にウェーハが存在するか否かを検知するセンサは、異なるウェーハサイズのどちらにも対応できる位置に設置されることが望ましいが、それが不可能な場合には、同一の働きをする複数のセンサをウェーハサイズ毎に配置してもよい。

[0160] ここで、欠陥検査全体の手順について説明する。欠陥検査は、図16に示すように、電子光学系の条件設定(撮像倍率などの設定)を行い、電子ビームを照射しながらステージを移動させることでTDIスキャン撮像(図17)を行い、設定された検査条件(アレイ検査条件、ランダム検査条件、検査エリア)に従い、検査専用処理ユニット(IPE)によりリアルタイムで欠陥検査が行われる。

[0161] 検査レシピでは、電子光学系の条件、検査対象ダイ、検査エリア及び検査方法(ランダム/アレイ)などが設定される(図18の(A)、(B))。なお、欠陥検査用に安定した画像を取得するため、位置ズレや速度ムラなどによる撮像画像のブレを抑制するEO補正、理想的なダイマップ上の配置と実際のダイ位置との誤差を吸収するダイ位置補正、有限の測定点で予め測定したフォーカス値を用いウェーハ全領域のフォーカス値を補完するフォーカス調整がリアルタイムで同時に行われる。

[0162] 欠陥検査のスキャン動作において、検査対象ダイの全域を検査する(図19)他に、図20に示すように、スキャン方向と直角方向へのステップ移動量を調整することで間引き検査も可能となる(検査時間の短縮)。

[0163] 検査終了後は、検査結果として欠陥個数、欠陥を含むダイの位置、欠陥サイズ、各ダイ内での欠陥位置、欠陥種別、欠陥画像、比較画像をディスプレイに表示し、これらの情報及びレシピ情報などをファイルへ保存することで過去の検査結果の確認、再現が可能となっている。

[0164] 自動欠陥検査時には各種レシピを選択指定することで、搬送レシピに従ってウェーハがロードされ、アライメントレシピに従ってステージ上でウェーハのアライメントが行われ、フォーカスマップレシピに従ってフォーカス条件の設定が行われ、検査レシピに従って検査が行われ、搬送レシピに従ってウェーハがアンロードされる(図20の(A)、(B))。

[0165] 制御装置CNL

欠陥検査の制御装置CNL(図6)は、図22に示すように複数のコントローラにより構成されている。

[0166] メインコントローラは、装置(EBI)のGUI部/シーケンス動作を司り、工場ホストコンピュータまたはGUIからの動作指令を受け取り、VMEコントローラやIPEコントローラへ必要な指示を与える。メインコントローラには、マン－マシンインターフェースが備えられており、オペレータの操作は、ここを通して行われる(種々の指示/命令、レシピなどの入力、検査スタートの指示、自動と手動検査モードの切り替え、手動検査モード時等の必要な全てのコマンドの入力等)。その他、工場のホストコンピュータとのコミュニケーション、真空排気系の制御、ウェーハの搬送、位置合わせの制御、制御コントローラやステージコントローラへのコマンドの伝達や情報の受け取り等も、メインコントローラで行われる。また、光学顕微鏡からの画像信号の取得、ステージの変動信号を電子光学系にフィードバックさせて像の悪化を補正するステージ振動補正機能、ウェーハ観察位置のZ軸方向(二次光学系の軸方向)の変位を検出して、電子光学系へフィードバツクし、自動的に焦点を補正する自動焦点補正機能を備えている。電子光学系へのフィードバック信号等の授受、及びステージ装置からの信号の授受

はそれぞれ、IPEコントローラ及びステージコントローラを介して行われる。

[0167] VMEコントローラは、装置(EBI)構成機器の動作を司り、メインコントローラからの指示に従い、ステージコントローラやPLCコントローラへ指示を与える。

[0168] IPEコントローラは、メインコントローラからの指示により、IPEノードコンピュータからの欠陥検査情報取得、取得した欠陥の分類及び画像表示を行う。IPEノードコンピュータは、TDIカメラから出力される画像の取得ならびに欠陥検査を行う。電子光学系70の制御、すなわち、電子銃、レンズ、アライナー等の制御等も行う。例えば、照射領域に、倍率が変わったときにも常に一定の電子電流が照射されるように電源を制御すること、各倍率に対応した各レンズ系やアライナーへ自動的に電圧を設定すること等の、各オペレーションモードに対応した各レンズ系やアライナーへの自動電圧設定等の制御(連動制御)を行う。

[0169] PLCコントローラは、VMEコントローラからの指示を受け、バルブ等の機器の駆動及びセンサ情報の取得、常時監視が必要な真空度異常などの異常監視を行う。

[0170] ステージコントローラは、VMEコントローラからの指示を受け、XY方向への移動及びステージ上に設置されたウェーハの回転を行う。特に、ステージコントローラは、X軸方向及びY軸方向のμmオーダーの精密移動(±0.5μm程度の許容誤差)を可能にし、また、誤差精度±0.3秒程度以内で、回転方向の制御(θ制御)も可能にしている。

[0171] このような分散制御系を構成することで、末端の装置構成機器が変更された場合に各コントローラ間のインターフェースを同一に保つことで上位コントローラのソフトウェア及びハードウェアの変更が不要となる。また、シーケンス動作が追加・修正された場合でも上位ソフトウェア及びハードウェアの変更を最小限にとどめることで構成変更への柔軟な対応が可能となる。

[0172] ユーザインターフェース

図23は、ユーザインターフェース部の機器構成を示す。入力部は、ユーザからの入力を受け付ける機器であり、「キーボード」、「マウス」、「JOYパッド」から構成される。表示部は、ユーザへの情報を表示する機器であり、モニタ2台で構成される。モニタ1は、CCDカメラまたはTDIカメラで取得された画像を表示し、モニタ2はGUI表示を

行う。

[0173] なお、検査の進捗状況をリアルタイムで画面上に色別表示するようにしてもよい。どのウェーハが何処にあるかといったウェーハ位置情報や、被検査ウェーハについては、どこまで検査が終了し、どこに欠陥があるか等の情報を色別表示すれば、検査の進捗状況が一目瞭然となる。また、被検査ダイについては、スワース毎に表示するようにしてもよい。

[0174] 本装置では、以下の3つの座標系を規定する。

(1)ステージ座標系[X_S, Y_S]

ステージ位置制御時の位置指示用の基準座標系であり、本装置に1つだけ存在する。

[0175] チャンバ左下隅を原点とし、右方向にX座標値が増加し、上方向にY座標値が増加する。

[0176] ステージ座標系で示される位置(座標値)は、ステージの中心(ウェーハ中心)とする。つまり、ステージ座標系において、座標値[0,0]を指定した場合、ステージ中心(ウェーハ中心)がステージ座標系の原点に重なるように移動する。

[0177] 単位は[μm]とするが、最小分解能はλ／1024(≒0.618[μm])とする。ただし、λは、レーザ干渉計で用いられるレーザの波長(λ≒632.991[μm])である。

(2)ウェーハ座標系[X_W, Y_W]

ウェーハ上の観察(撮像・表示)する位置を指示するための基準座標系であり、本装置に1つだけ存在する。

[0178] ウェーハ中心を原点とし、右方向にX座標値が増加し、上方向にY座標値が増加する。ウェーハ座標系で示される位置(座標値)は、そのとき選択された撮像機器(CCDカメラ、TDIカメラ)での撮像中心とする。

[0179] 単位は[μm]とするが、最小分解能はλ／1024(≒0.618[μm])とする。(λは、上記と同一)

(3)ダイ座標系[X_D, Y_D]

各ダイにおける観察(撮像・表示)位置を規定するための基準座標系であり、ダイ毎に存在する。

[0180] 各ダイの左下隅を原点とし、右方向にX座標値が増加し、上方向にY座標値が増加する。

[0181] 単位は[μm]とするが、最小分解能はλ／1024(≒0．618[μm])とする(λは、上記と同一)。なお、ウェーハ上のダイは、番号付け(ナンバリング)され、番号付けの基準となるダイを原点ダイと呼ぶ。デフォルトではウェーハ座標系原点に最も近いダイを原点ダイとするが、ユーザの指定により原点ダイの位置を選択可能とする。

[0182] 各座標系における座標値と、観察(表示)される位置の関係は、図24のとおりである。

また、ユーザインターフェースにより指示される座標及びステージ移動方向の関係は、以下のとおりである。

(1)ジョイスティック&GUI矢印ボタン

ジョイスティック及びGUI矢印ボタンにより指示される方向は、オペレータが見たい方向とみなし、ステージを指示方向と逆方向に移動させる

例)

指示方向:右・・・・ステージ移動方向:左 (画像が左に移動＝視野が右に移動)

指示方向:上・・・・ステージ移動方向:下 (画像が下に移動＝視野が上に移動)

(2)GUI上で座標を直接入力

GUI上で直接入力される座標は、ウェーハ座標系上でオペレータが見たい場所とみなし、該当ウェーハ座標が撮像画像中心に表示されるようにステージを移動させる。

[0183] 図14に関して説明した装置においては、静電チャックの上に補正リングを載置し、その補正リングの内径に当てはまるようにウェーハを位置決めするという手順が取られている。そこで、図15に示す検査装置においては、ロードロック室22・1でウェーハに補正リングを装着し、補正リングが装着されたウェーハを補正リングごと搬送して試料室21・7へ導入し、ステージ上の静電チャックに装着するという手順が取られる。それを実現する機構として、図25に示す、エレベータを上下させてウェーハを大気搬送ロボットから真空搬送ロボットへ渡すためのエレベータ機構がある。以下、この機構を用いてウェーハを搬送する手順を説明する。

[0184] 図25の(A)に示すように、ロードロック室の中に設けられたエレベータ機構は上下方向に移動可能に設けられた複数段(図では2段)の補正リング支持台を有する。上段の補正リング支持台181と下段の補正リング支持台182とは、第1のモータ183の回転によって昇降する第1の台184に固定され、これによって、第1のモータ183の回転により、第1の台184及び上下の補正リング支持台181、182が上方又は下方に移動することになる。

[0185] 各補正リング支持台にはウェーハのサイズに応じた内径の補正リング185が載置されている。補正リング185は200mmウェーハ用と300mmウェーハ用との、内径が異なる2種類が用意され、これらの補正リングの外径は同じである。このように、同じ外径の補正リングを用いることにより、相互互換性が生まれ、ロードロック室の中に200mm用と300mm用とを自由な組み合わせで載置しておくことが可能になる。つまり、200mmウェーハと300mmウェーハとが混合して流れてくるラインについては、上段を300mm用、下段を200mm用とし、どちらのウェーハが流れてきても検査を行えるよう柔軟に対応することができる。また、同じサイズのウェーハが流れてくるラインであれば、上下の段を200mm用或いは300mm用とし、上下の段のウェーハを交互に検査することができるので、スループットを向上させることができる。

[0186] 第1の台184には第2のモータ186が載置され、第2のモータ186には第2の台187が昇降可能に取り付けられている。第2の台187には上段のウェーハ支持台188と下段のウェーハ支持台189とが固定されている。これにより、第2のモータ186が回転すると、第2の台187と上下のウェーハ支持台188、189とが一体に上方又は下方に移動することになる。

[0187] そこで、図25の(A)に示すように、ウェーハWを大気搬送ロボット161のハンドに載せてロードロック室171に搬入し、次いで、(B)に示すように、第2のモータ186を第1の方向に回転させてウェーハ支持台188、189を上方に移動させ、ウェーハWを上段のウェーハ支持台188の上に載置させる。これによって、ウェーハWを大気搬送ロボット161からウェーハ支持台188へ移す。その後、(C)に示すように大気搬送ロボット161を後退させ、大気搬送ロボット161の後退が完了したところで、(D)に示すように、第2のモータ186を第1の方向とは逆の方向に回転させてウェーハ支持台188、

189を下方へ移動させる。これによってウェーハWは上段の補正リング185に設置される。

[0188] 次いで、(E)に示すように、真空搬送ロボット161のハンドをロードロック室171の中に入れて補正リング185の下側で停止させる。この状態で第1のモータ183を回転させ、(F)に示すように、第1の台184、上下の補正リング支持台181、182、第2のモータ186及び上下のウェーハ支持台188、189を下方へ移動させ、これによって、上段のウェーハ支持台188に載置されていた補正リング185及びウェーハWを真空搬送ロボット161のハンドに載せ、試料室167へ搬入することができる。

[0189] 試料室167での検査が終了したウェーハをロードロック室164へ戻す動作は、上記とは逆の手順で行われ、補正リングと共に真空搬送ロボットによりウェーハ支持台の上に搬入されたウェーハは、補正リング支持台に、次いでウェーハ支持台に移され、最後に大気搬送ロボットに載置されることになる。なお、図25においては、上段におけるウェーハ受け渡し動作を説明したが、大気搬送ロボット161及び真空搬送ロボット166のハンドの高さを調整することにより、下段においても同様の動作が可能である。このように大気搬送ロボット161及び真空搬送ロボット166のハンドの高さを適切に切り換えることにより、一方の段から未検査のウェーハを試料室へ搬入し、次いで検査済みのウェーハを試料室から他方の段へ搬出することを交互に行うことができる。

[0190] ローダー67

ローダー67(図6)は、ミニエンバイロメント装置63のハウジング80内に配置されたロボット式の第1の搬送ユニット78と、第2のローディングチャンバ108内に配置されたロボット式の第2の搬送ユニット78´とを備えている。

[0191] 第1の搬送ユニット78は、駆動部190に関して軸線O_1-O_1の回りで回転可能になっている多節のアーム191を有している。多節のアームとして任意の構造のものを使用できるが、この実施形態では、互いに回動可能に取り付けられた三つの部分を有している。第1の搬送ユニット78のアーム191の一つの部分すなわち最も駆動部190側の第1の部分は、駆動部191内に設けられた汎用構造の駆動機構(図示せず)により、回転可能な軸192に取り付けられている。アーム191は、軸192により軸線O_1-O_1の回りで回動可能であると共に、部分間の相対回転により全体として軸線O_1-

O_1に関して半径方向に伸縮可能である。アーム191の軸192から最も離れた第3の部分の先端には、汎用構造の機械式チャック又は静電チャック等のウェーハ把持用の把持装置194が設けられている。駆動部190は、汎用構造の昇降機構195により上下方向に移動可能である。

[0192] この第1の搬送ユニット78において、カセットホルダ10中に保持された二つのカセットcの内のいずれか一方の方向M1又はM2(図7)に向かって、アーム191が伸び、そして、カセットc内に収容されたウェーハWをアームの上に載せるか又はアームの先端に取り付けたチャック(図示せず)により把持して取り出す。その後、アームが縮み(図7に示した状態)、アームがプリアライナー96の方向M3に向かって伸長できる位置まで回転して、その位置で停止する。するとアームが再び伸びてアームに保持されたウェーハWをプリアライナー96に載せる。プリアライナー96から前記と逆にしてウェーハを受け取った後、アームは更に回転し、第1のローディングチャンバ107に向かって伸長できる位置(向きM4)で停止し、第1のローディングチャンバ107内のウェーハ受け196にウェーハを受け渡す。なお、機械的にウェーハを把持する場合には、ウェーハの周縁部(周縁から約5mmの範囲)を把持する。これは、ウェーハには周縁部を除いて全面にデバイス(回路配線)が形成されており、周縁部以外の部分を把持すると、デバイスの破壊、欠陥の発生を生じさせるからである。

[0193] 第2の搬送ユニット78´も、第1の搬送ユニット78と構造が基本的に同じであり、ウェーハWの搬送を、ウェーハラック124とステージ装置66の載置面上との間で行う点でのみ相違する。

[0194] 第1及び第2の搬送ユニット78、78´は、カセットホルダに保持されたカセットcからワーキングチャンバ97内に配置されたステージ装置66上への及びその逆のウェーハの搬送を、ウェーハをほぼ水平状態に保ったままで行う。そして、搬送ユニット78、78´のアームが上下動するのは、単に、カセットcからのウェーハの取り出し及びそれへの挿入、ウェーハラックへのウェーハの載置及びそこからの取り出し、並びに、ステージ装置66へのウェーハの載置及びそこからの取り出しのときるだけである。したがって、例えば直径30cm等の大型のウェーハであっても、その移動をスムースに行うことができる。

[0195] ここで、上記構成を有する検査システム1において、カセットホルダ62に支持されたカセットcからワーキングチャンバ97内に配置されたステージ装置66までへのウェーハの搬送を、順を追って説明する。

[0196] カセットホルダ62は、前述のように人手によりカセットをセットする場合にはそれに適した構造のものが、また自動的にカセットをセットする場合にはそれに適した構造のものが使用される。この実施形態において、カセットcがカセットホルダ62の昇降テーブル71の上にセットされると、昇降テーブル71は昇降機構72によって降下され、カセットcが出入り口91に整合される。カセットが出入り口91に整合されると、カセットcに設けられたカバー(不図示)が開き、また、カセットcとミニエンバイロメント装置63の出入り口91との間には、筒状の覆いが配置されて、カセット及びミニエンバイロメント空間を、外部から遮断する。なお、ミニエンバイロメント装置63側に出入り口91を開閉するシャッタ装置が設けられている場合には、そのシャッタ装置が動作して、出入り口91を開く。

[0197] 一方、第1の搬送ユニット78のアーム191は、方向M1又はM2のいずれかに向いた状態(この説明では、M1の方向)で停止しており、出入り口91が開くと、アームが伸びてその先端でカセットcに収容されているウェーハのうち1枚を受け取る。

[0198] アーム191によるウェーハの受け取りが完了すると、該アームは縮み、シャッタ装置が動作して出入り口を閉じ(シャッタ装置がある場合)、次に、アーム191は軸線O_1-O_1の回りで回動し、方向M3に向けて伸長できる状態となる。そして、アームが伸びて先端に載せられ或いはチャックで把持されたウェーハをプリアライナー96の上に載せ、該プリアライナーによって、ウェーハの回転方向の向き(ウェーハ平面に垂直な中心軸線の回りの向き)を、所定の範囲内に位置決めする。位置決めが完了すると、第1の搬送ユニット78は、アーム191の先端にプリアライナー96からウェーハを受け取った後にアームを縮ませ、方向M4に向けてアームを伸長できる姿勢になる。すると、シャッタ装置119の扉197が動いて出入り口198、115を開き、アーム191が伸びてウェーハを第1のローディングチャンバ107内のウェーハラック196の上段側又は下段側に載せる。なお、シャッタ装置119が開いてウェーハラック196にウェーハが受け渡される前に、仕切壁121に形成された開口199は、シャッタ装置123の扉1

22により気密状態に閉じられている。

[0199] 上記した第1の搬送ユニット78によるウェーハの搬送過程において、ミニエンバイロメント装置63のハウジング本体84に設けられた気体供給ユニット88からは清浄空気が層流状に流れ(ダウンフローとして)、搬送途中で塵埃がウェーハの上面に付着するのを防止する。搬送ユニット周辺の空気の一部(この実施形態では、供給ユニットから供給される空気の約20%で主に汚れた空気)は、排出装置24の吸入ダクト95から吸引されて、ハウジング外に排出される。残りの空気は、ハウジング本体84の底部に設けられた回収ダクト89を介して回収され、再び気体供給ユニット88に戻される。

[0200] ローダーハウジング65の第1のローディングチャンバ107内のウェーハラック196に第1の搬送ユニット78によりウェーハが載せられると、シャッタ装置119が閉じて、ローディングチャンバ107を密閉する。すると、該ローディングチャンバ107内には空気が追い出されて不活性ガスが充填された後、その不活性ガスも排出されて、ローディングチャンバ107内は真空雰囲気となる。ローディングチャンバ107の真空雰囲気は、低真空度でよい。ローディングチャンバ107の真空度がある程度得られると、シャッタ装置123が動作して、扉122で密閉していた出入り口121を開き、次いで、第2の搬送ユニット108のアーム200が伸びて先端の把持装置でウェーハ受け196から1枚のウェーハを受け取る(先端の上に載せて或いは先端に取り付けられたチャックで把持して)。ウェーハの受け取りが完了するとアームが縮み、シャッタ装置123が再び動作して扉122により出入り口199を閉じる。なお、シャッタ装置123が開く前に、アーム200は予めウェーハラック196の方向N1に向けて伸長できる姿勢になる。また、前記のように、シャッタ装置123が開く前に、シャッタ装置120の扉201により出入り口116、106を閉じて、第2のローディングチャンバ108内とワーキングチャンバ97内との連通を阻止しており、かつ、第2のローディングチャンバ108内は真空排気される。

[0201] シャッタ装置123が出入り口199を閉じると、第2のローディングチャンバ108は再度真空排気され、第1のローディングチャンバ107よりも高真空度で真空にされる。その間に、第2の搬送ユニット78´のアームは、ワーキングチャンバ97内のステージ装置66の方向に向いて伸長できる位置に回転される。一方ワーキングチャンバ97内の

ステージ装置66では、Yテーブル202が、Xテーブル203の中心線X_0-X_0が第2の搬送ユニット78´の回動軸線O_2-O_2を通るX軸線X_1-X_1とほぼ一致する位置まで、図13で上方に移動し、また、Xテーブル203が図2で最も左側の位置に接近する位置まで移動し、この状態で待機している。第2のローディングチャンバ108がワーキングチャンバ97の真空状態と略同じになると、シャッタ装置120の扉201が動いて出入り口116、106を開き、アームが伸びて、ウェーハを保持したアームの先端がワーキングチャンバ97内のステージ装置66に接近する。そして、ステージ装置66の載置面130上にウェーハWを載置する。ウェーハの載置が完了するとアームが縮み、シャッタ装置120が出入り口116、106を閉じる。

[0202] 以上は、カセットc内のウェーハWをステージ装置66の載置面130上に搬送載置するまでの動作に付いて説明した。検査処理が完了したウェーハWをステージ装置66からカセットcに戻すには、前述と逆の動作を行う。また、ウェーハラック196に複数のウェーハを載置しているため、第2の搬送ユニット78´がウェーハラック196とステージ装置66との間でウェーハの搬送を行っている間に、第1の搬送ユニットがカセットcとウェーハラック196との間でウェーハの搬送を行うことができる。したがって、検査処理を効率良く行うことができる。

[0203] プレチャージユニット69

プレチャージユニット69は、図6に示したように、ワーキングチャンバ97内で電子光学系68の鏡筒204に隣接して配設されている。本発明の検査システム1では、ウェーハに電子線を走査して照射することによってウェーハ表面に形成されたデバイスパターン等を検査する形式の装置であるため、ウェーハ材料、照射電子のエネルギ等の条件によって、ウェーハ表面が帯電(チャージアップ)することがある。更に、ウェーハ表面でも強く帯電する箇所、弱い帯電箇所が生じる可能性がある。そして、電子線の照射により生じる二次電子等の情報をウェーハ表面の情報としているが、ウェーハ表面の帯電量にむらがあると、二次電子の情報もむらを含み、正確な画像を得ることができない。

[0204] そこで、この実施形態では、帯電むらを防止するために、プレチャージユニット69が設けられている。該プレチャージユニット69は荷電粒子照射部205を含み、ウェーハ

上に検査のために一次電子を照射する前に、荷電粒子照射部205から荷電粒子を照射することにより、帯電むらを無くす。なお、ウェーハ表面の帯電状態は、電子光学系68を用いて予めウェーハ面の画像を形成し、その画像を評価することで検出することができ、そして、検出された帯電状態に基づいて、荷電粒子照射部205からの荷電粒子の照射を制御する。プレチャージユニット69では、一次電子線をぼかして照射してもよい。

[0205] アライメント制御装置70

アライメント制御装置70は、ステージ装置66を用いてウェーハWを電子光学系68に対して位置決めさせる装置である。アライメント制御装置70は、光学顕微鏡206(図6及び図26)を用いた広視野観察によるウェーハの概略位置合わせである低倍率合わせ(電子光学系によるよりも倍率が低い位置合わせ)、電子光学系68の電子光学系を用いたウェーハの高倍率合わせ、焦点調整、検査領域設定、パターンアライメント等の制御を行うようになっている。なお、このように低倍率でウェーハを検査するのは、ウェーハのパターンの検査を自動的に行うためには、電子線を用いた狭視野でウェーハのパターンを観察してウェーハライメントを行うときに、電子線によるアライメントマークを容易に検出する必要があるからである。

[0206] 光学顕微鏡206は、主ハウジング64内に設けられているが、主ハウジング64内で移動可能に設けられていてもよい。光学顕微鏡206を動作させるための光源(不図示)も主ハウジング64内に設けられている。また高倍率の観察を行う電子光学系は、電子光学系68の電子光学系(一次光学系及び二次光学系)を共用するものである。

[0207] 図26は、アライメント制御装置70の概略構成を示している。ウェーハW上の被観察点を低倍率で観察するには、ステージ装置66のXステージ又はYステージを動かすことによって、ウェーハの被観察点を光学顕微鏡の視野内に移動させる。光学顕微鏡206を用いて広視野でウェーハを視認し、そのウェーハ上の観察すべき位置を、CCD207を介してモニタ208に表示させ、観察位置すなわち被観察点の位置を、おおよそ決定する。この場合、光学顕微鏡206の倍率を低倍率から高倍率に徐々に変化させていってもよい。

[0208] 次に、ステージ装置66を電子光学系68の光軸と光学顕微鏡206の光軸との間隔

δxに相当する距離だけ移動させることにより、光学顕微鏡206を用いて予め決めたウェーハ上の被観察点を電子光学系68の視野位置に移動させる。この場合、電子光学系68の軸線O_3-O_3と光学顕微鏡871の光軸O_4-O_4との間の距離(この実施形態では、X軸方向にのみ両者は位置ずれしているものとするが、Y軸方向に位置ずれしていてもよい)δxは予めわかっているので、その値δxだけ移動させれば、被観察点を視認位置に移動させることができる。電子光学系70の視認位置への被観察点の移動が完了した後、電子光学系により高倍率で被観察点をSEM撮像して画像を記憶したり、モニタ209に表示させる。

[0209] このようにして、電子光学系68によって高倍率でウェーハの観察点をモニタに表示させた後、公知の方法により、ステージ装置66の回転テーブル128の回転中心に関するウェーハの回転方向の位置ずれ、すなわち電子光学系の光軸O_3-O_3に対するウェーハの回転方向のずれδθを検出し、また電子光学系68に関する所定のパターンのX軸及びY軸方向の位置ずれを検出する。そして、その検出値並びに別途得られたウェーハに設けられた検査マークのデータ、或いはウェーハのパターンの形状等に関するデータに基づいて、ステージ装置50の動作を制御してウェーハのアライメントを行う。以下、アライメント手順について、より詳細に説明する。

[0210] ステージ上にロードされたウェーハのダイの配置方向は、TDIカメラのスキャン方向と必ずしも一致しない(図27参照)。これを一致させるためにθステージでウェーハを回転させる操作が必要となり、この操作をアライメントと呼ぶ(図28)。アライメントレシピではステージ上にロードされた後のアライメント実行条件が保存される。

[0211] なお、アライメント実施時にダイの配列を示すダイマップ(図29)が作成され、ダイマップレシピではダイサイズや(ダイの位置を示す起点となる)原点ダイの位置などが保存される。

[0212] アライメント(位置決め)手順としては、始めに光学顕微鏡の低倍にて粗い位置決めを行い、次いで光学顕微鏡の高倍により、最後にEB像により詳細な位置決めを行う。

[0213] A. 光学顕微鏡を用いて低倍にて撮像

(1)＜第1, 2, 3サーチダイ指定及びテンプレート指定＞

（1－1）第1サーチダイ指定及びテンプレート指定

ウェーハ下方に位置するダイの左下隅がカメラ中央付近に位置するようにユーザ操作にてステージを移動し、位置決定後、パターンマッチ用テンプレート画像を取得する。このダイが位置決めの基準となるダイであり、左下隅の座標が特徴点の座標となる。今後、このテンプレート画像でパターンマッチングを行うことにより、基板上の任意のダイの正確な位置座標を測定していく。このテンプレート画像には、サーチ領域内でユニークなパターンとなるような画像を選択しなければならない。

[0214] なお、本実施形態では、左下隅をパターンマッチング用テンプレート画像取得位置としたが、これに限られるものではなく、ダイ内の任意の位置を特徴点として選択してよい。ただし、一般的には、ダイの内部や辺の上にある点よりも、隅の方が座標を特定し易いので、四隅のいずれかを選択するのが好適である。また同様に、本実施例では、ウェーハ下方に位置するダイについてパターンマッチング用テンプレート画像を取得したが、これもアライメントが行い易いように任意のダイを選択しても構わないのは当然である。

[0215] （1－2）第2サーチダイ指定

第1サーチダイの右隣のダイを第2サーチダイとし、第2サーチダイの左下隅がカメラ中央付近に位置するようにユーザ操作にてステージを移動し、位置決定後、上記（1－1）で取得したテンプレート画像を用いて自動でパターンマッチを実行することにより、第1サーチダイで指定したテンプレート画像と一致する第2サーチダイのパターンの厳密な座標値を取得する。

[0216] なお、本実施例では、第1サーチダイの右隣のダイを第2サーチダイとして例を挙げて説明したが、本発明の第2サーチダイはこれに限られるものではないことは勿論である。要は、正確な特徴点の位置座表を把握した基準点からの、行方向のダイの位置関係をパターンマッチングにより正確に把握することができる点を選択すればよいのである。したがって、例えば、第1サーチダイの左隣のダイを第2サーチダイとすることも可能である。

[0217] （1－3）第3サーチダイ指定

第2サーチダイの上隣のダイを第3サーチダイとし、第3サーチダイの左下隅がカメ

ラ中央付近に位置するようにユーザ操作にてステージを移動し、位置決定後、上記（1－1）で取得したテンプレート画像を用いて自動でパターンマッチを実行することにより、第1サーチダイで指定したテンプレート画像と一致する第3サーチダイのパターンの厳密な座標値を取得する。

[0218] なお、本実施例では、第2サーチダイの上隣のダイを第3サーチダイとして例を挙げて説明したが、本発明の第3サーチダイはこれに限られるものではないことは言うまでもない。要は、特徴点の正確な座標を把握したダイを基準として、列方向のダイの特定点の座標の距離を含めた位置関係を把握することができればよいのである。したがって、第1サーチダイの上隣のダイも好適に代替適用可能である。

[0219] （2）＜光顕低倍Y方向パターンマッチング＞

（2－1）第2サーチダイのパターンマッチ座標（X2，Y2）と第3サーチダイのパターンマッチ座標（X3，Y3）の関係より、上隣ダイのパターンへの移動量（dX，dY）を算出する。

[0220] dX＝X3－X2

dY＝Y3－Y2

（2－2）算出した移動量（dX，dY）を用い、第1サーチダイの上隣のダイのパターンが存在する（と予想される）座標（XN，YN）へステージを移動。

[0221] XN＝X1＋dX

YN＝Y1＋dY

ただし、（X1，Y1）は、第1サーチダイのパターンの座標

（2－3）ステージ移動後、光顕低倍にて撮像し、テンプレート画像を用いてパターンマッチを実行することで、現在観察中のパターンの厳密な座標値（XN，YN）を取得し、さらにダイの検出個数（DN）の初期値として1を設定する。

[0222] （2－4）第1サーチダイのパターン座標（X1，Y1）から現在撮像中のパターンの座標（XN，YN）への移動量（dX，dY）を算出する。

[0223] dX＝XN－X1

dY＝YN－Y1

（2－5）算出した移動量（dX，dY）の2倍の移動量（2＊dX，2＊dY）分だけ第1サ

ーチダイを起点としてステージを移動する。

[0224] (2－6)ステージ移動後、光顕低倍にて撮像し、テンプレート画像を用いてパターンマッチを実行することで、現在観察中のパターンの厳密な座標値(XN, YN)を更新し、ダイの検出個数を2倍する。これについては図30を参照。

[0225] (2－7)予め指定されたY座標値を超えるまでウェーハ上部へ向けて(2－4)～(2－6)を繰り返し実行する。

[0226] なお、本実施形態では、精度を高めるため、及び処理回数(繰り返し回数)を低減させ、処理時間を短縮するために、2倍の移動量を繰り返す態様を例にとって説明したが、精度に問題がなく、更に処理時間を短縮させたければ、3倍、4倍というように、2倍以上等の整数倍の高倍率で実行しても構わない。また逆に、問題が無ければ、更に精度を高めるために、固定移動量で移動を繰り返してもよい。これらいずれの場合も、検出個数にもそれを反映させることは言うまでもない。

[0227] (3)＜光顕低倍θ回転＞

(3－1)第1サーチダイのパターン座標(X1, Y1)から最後にサーチしたダイのパターンの厳密な座標値(XN, YN)までの移動量及び、それまでに検出したダイの個数(DN)を用い、回転量(θ)及びY方向ダイサイズ(YD)を算出する(図31参照)。

[0228] $dX = XN - X1$

$dY = YN - Y1$

$\theta = \tan^{-1}(dX / dY)$

$YD = \sqrt{((dX)^2 + (dY)^2)} / DN$

(3－2)算出した回転量(θ)分だけθステージを回転させる。

[0229] B. 光学顕微鏡を用いて高倍にて撮像

(1)光顕低倍の(1)と同様の手順を光顕高倍像を用いて実行する。

[0230] (2)光顕低倍の(2)と同様の手順を光顕高倍像を用いて実行する。

[0231] (3)光顕低倍の(3)と同様の手順を実行する。

[0232] (4)＜光顕高倍θ回転後の許容値チェック＞

(4－1)[第1サーチダイ、光顕高倍のテンプレート指定]

回転後の第1サーチダイの座標(X'1, Y'1)を回転前座標(X1, Y1)及び回転

量(θ)から算出し、座標(X'1, Y'1)へステージを移動、位置決定後、パターンマッチ用テンプレート画像を取得

$$X'1 = x_1 * \cos\theta - y_1 * \sin\theta$$

$$Y'1 = x_1 * \sin\theta + y_1 * \cos\theta$$

(4－2)光顕高倍Y方向パターンマッチング

回転後の第1サーチダイの座標(X'1, Y'1)からdYだけY方向へ移動し、パターンマッチを実行することで現在観察中のパターンの厳密な座標値(XN, YN)を取得する。

[0233] (4－3)回転後の第1サーチダイの座標(X'1, Y'1)から現在撮像中のパターンの座標

(XN, YN)への移動量(dX, dY)を算出する。

[0234] $dX = XN - X'1$

$dY = YN - Y'1$

(4－4)算出した移動量(dX, dY)の2倍の移動量(2＊dX, 2＊dY)分だけ第1サーチダイを起点としてステージを移動する。

[0235] (4－5)ステージ移動後、光顕高倍にて撮像し、テンプレート画像を用いてパターンマッチを実行することで、現在観察中のパターンの厳密な座標値(XN, YN)を更新する。

[0236] (4－6)予め指定されたY座標値を超えるまでウェーハ上部へ向けて(4－3)～(4－5)を繰り返し実行する。

[0237] (4－7)θの回転量を算出

回転後の第1サーチダイの座標(X'1, Y'1)から最後にサーチしたダイのパターンの厳密な座標値(XN, YN)までの移動量を用い、回転量(θ)を算出する。

[0238] $dX = XN - X1$

$dY = YN - Y1$

$\theta = \tan^{-1}(dX / dY)$

(4－8)光顕高倍θ許容値チェック

(4－7)にて算出した回転量(θ)が既定値以下に収まっていることを確認する。収

まっていない場合は、算出した回転量(θ)を用いてθステージ回転後、再度(4－1)～(4－8)を実行する。ただし、規定回数繰り返して(4－1)～(4－8)を実行しても許容範囲内に収まらない場合は、エラー扱いとして処理を中断する。

[0239] C. EB像によるアライメント

(1)＜Yサーチ第1ダイ、EBのテンプレート指定＞

光顕高倍の(1)と同様の手順をEB像を用いて実行する。

(2)＜EB Y方向パターンマッチング＞

光顕高倍の(2)と同様の手順をEB像を用いて実行する。

(3)＜EB θ回転＞

光顕高倍の(3)と同様の手順をEB像を用いて実行する。

(4)＜EB θ回転後の許容値チェック＞

光顕高倍の(4)と同様の手順をEB像を用いて実行する。

(5)必要に応じ、高倍率のEB像を用いて(1)～(4)を実行する

(6)第1サーチダイの座標(X1, Y1)と第2サーチダイの座標(X2, Y2)より、X方向ダイサイズ(XD)の概略値を算出する

$$dX = X2 - X1$$

$$dY = Y2 - Y1$$

$$XD = \sqrt{((dX)^2 + (dY)^2)}$$

D. ダイマップレシピ作成

(1)＜Xサーチ第1ダイ、EBのテンプレート指定＞

ウェーハ左端に位置するダイの左下隅がTDIカメラ中央付近に位置するようにユーザ操作にてステージを移動し、位置決定後、パターンマッチ用テンプレート画像を取得。このテンプレート画像には、サーチ領域内でユニークなパターンとなるような画像を選択しなければならない。

[0240] (2)＜EB X方向パターンマッチング＞

(2－1)X方向ダイサイズ概略値(XD)を用い、Xサーチ第1ダイの右隣のダイのパターンが存在する(と予想される)座標(X1＋XD, Y1)へステージを移動。

[0241] (2－2)ステージ移動後、TDIカメラにてEB像を撮像し、テンプレート画像を用いて

パターンマッチを実行することで現在観察中のパターンの厳密な座標値(XN, YN)を取得し、さらにダイの検出個数(DN)の初期値として1を設定する。

[0242] (2－3)Xサーチ第1ダイのパターン座標(X1, Y1)から現在撮像中のパターンの座標(XN, YN)への移動量(dX, dY)を算出する。

[0243] $dX = XN - X1$

$dY = YN - Y1$

(2－4)算出した移動量(dX, dY)の2倍の移動量(2＊dX, 2＊dY)分だけXサーチ第1ダイを起点としてステージを移動する

(2－5)ステージ移動後、TDIカメラにてEB像を撮像し、テンプレート画像を用いてパターンマッチを実行することで、現在観察中のパターンの厳密な座標値(XN, YN)を更新し、ダイの検出個数を2倍する。

[0244] (2－6)予め指定されたX座標値を超えるまでウェーハ右方向へ(2－3)～(2－5)を繰り返し実行する。

[0245] (3)＜X方向傾きを算出＞

Xサーチ第1ダイのパターン座標(X1, Y1)から最後にサーチしたダイのパターンの厳密な座標値(XN, YN)までの移動量及び、それまでに検出したダイの個数(DN)を用い、ステージ直行誤差(Φ)及びX方向ダイサイズ(XD)を算出する。

[0246] $dX = XN - X1$

$dY = YN - Y1$

$\Phi = \tan^{-1}(dY / dX)$

$XD = \sqrt{((dX)^2 + (dY)^2)} / DN$

(4)＜ダイマップ作成＞

このように、X方向ダイサイズ(XD)を求め、予め回転量(θ)を算出した際に求めたY方向ダイサイズ(YD)と合わせてダイマップ(理想上のダイの配置情報)を作成する。ダイマップにより、ダイの理想上の配置が分かる。一方、異いっさいの基板上のダイは例えばステージの機械的誤差(ガイド等の部品や組み付けの誤差)、干渉計の誤差(例えばミラー等の組み付けの問題による)やチャージアップによる像の歪みの影響を受け、必ずしも利用的な配置には観察することができない場合があるが、この実

際のダイの位置とダイマップ上の理想上の配置との誤差を把握し、この誤差を考慮しこれを自動補正しながら、検査を行っていくようにする。

[0247] E. フォーカスレシピ作成手順

次に、フォーカスレシピの作成手順について説明する。フォーカスレシピは、基板等の試料の平面上の印の位置における最適なフォーカス位置、若しくはフォーカス位置に関する諸条件の情報を表等の所定の形式で記憶したものである。フォーカスマップレシピではウェーハ上の指定位置のみフォーカス条件が設定され、指定位置間のフォーカス値は、直線補完される(図32参照)。フォーカスレシピ作成手順は次のとおり。

[0248] (1)フォーカス測定対象ダイをダイマップから選択する

(2)ダイ内でのフォーカス測定点を設定する

(3)各測定点へステージを移動させ、画像及びコントラスト値を基に、フォーカス値(CL12電圧)の調整を手動で行う。

[0249] アライメント処理にて作成したダイマップは、ウェーハの両端のダイ座標より算出した理想的な位置情報であり、様々な要因によりダイマップ上のダイ位置と実際のダイ位置には誤差が生じる。(図33参照)この誤差分を吸収するためのパラメータを作成する手順をファインアライメントと呼び、ファインアライメントレシピには、ダイマップ(理想上のダイ配置情報)と実際のダイの位置との誤差情報が保存される。ここで設定された情報は、欠陥検査時に使用される。ファインアライメントレシピではダイマップ上で指定されたダイのみ誤差が測定され、指定ダイ間の誤差は、直線補完される。

[0250] F. ファインアライメント手順

(1)ファインアライメント用誤差測定対象ダイをダイマップから指定する

(2)誤差測定対象ダイより基準ダイを選択し、このダイの位置をダイマップとの誤差がゼロの点とする

(3)基準ダイの左下隅をTDIカメラで撮像し、パターンマッチ用テンプレート画像を取得する(ただし、サーチ領域内でユニークなパターンをテンプレート画像として選択する)

(4)近隣の誤差測定対象ダイの左下の(ダイマップ上での)座標(X0, Y0)を取得し

、ステージを移動させる。移動後、TDIカメラで撮像し、(3)のテンプレート画像を用いてパターンマッチを実行することで、厳密な座標値(X, Y)を取得する。

(5)パターンマッチで取得した座標値(X, Y)とダイマップ上の座標値(X0, Y0)の誤差を保存

(6)全ての誤差測定対象ダイについて(4)～(5)を実行する。

[0251] さらに、本発明に係る電子線装置すなわち電子光学系70によって得られたデータを処理して画像データを取得し、得られた画像データに基づいて半導体ウェーハ上の欠陥を検出する欠陥検出について説明する。なお、一般に、電子線を用いた検査装置すなわち電子光学系68は、高価であり、またスループットも他のプロセス装置に比べて低い。そのため、現状では最も検査が必要と考えられている重要な工程(例えばエッチング、成膜、又はCMP(化学機械研磨)平坦化処理等)の後に、また、配線工程ではより微細な配線工程部分、すなわち配線工程の1から2工程、及び前工程のゲート配線工程等に利用されている。特に、デザインルールが100nm以下、即ち，100nm以下の線幅を有する配線や直径100nm以下のビアホール等の形状欠陥や電気的欠陥を見つけてプロセスにフィードバックすることが重要である。

[0252] 上記したように、検査されるウェーハは大気搬送系及び真空搬送系を通して、超精密のステージ装置(X－Yステージ)66上に位置合わせ後、静電チャック機構等により固定される。そして、欠陥検査工程では、光学顕微鏡により、必要に応じて各ダイの位置確認や、各場所の高さ検出が行われ、記憶される。光学顕微鏡は、この他に欠陥等の見たい所の光学顕微鏡像を取得し、電子線像との比較等にも使用される。次に電子光学系の条件設定を行い、電子線像を用いて、光学顕微鏡で設定された情報の修正を行い、精度を向上させる。

[0253] 次いで、ウェーハの種類(どの工程後か、ウェーハのサイズは200mmか300mmか等)に応じたレシピの情報を装置に入力し、以下、検査場所の指定、電子光学系の設定、検査条件の設定等を行った後、画像取得を行いながら通常はリアルタイムで欠陥検査を行う。セル同士の比較、ダイ比較等が、アルゴリズムを備えた高速の情報処理システムにより検査が行われ、必要に応じてCRT等に結果を出力や、メモリへ記憶を行う。

[0254] 欠陥検査の基本的流れを、図34に示す。まずアライメント動作211を含んだウェーハ搬送の後、検査に関係する条件等を設定したレシピを作成する(212)。レシピは被検査ウェーハに最低1種類は必要であるが、複数の検査条件に対応するために、1枚の被検査ウェーハに対して、複数のレシピが存在する場合もある。また同一パターンの被検査ウェーハが複数枚ある場合、一種類のレシピで複数のウェーハを検査する場合もある。図34の経路213は、この様に過去に作成されたレシピで検査する場合、検査動作直前にレシピの作成が不要であることを示している。

[0255] 図34において、検査動作214は、レシピに記載された条件、シーケンスに従い、ウェーハの検査を行う。欠陥抽出は、検査動作中に欠陥を発見する度に即時行われ、以下の動作をほぼ並列的に実行する。

・欠陥分類(215)を行い、結果出力ファイルに抽出欠陥情報と欠陥分類情報を追加する動作

・抽出欠陥画像を画像専用結果出力ファイルもしくはファイルに追加する動作

・抽出欠陥の位置などの欠陥情報を操作画面上に表示する動作

被検査ウェーハ単位で検査が終了すると、次いで、以下の動作をほぼ並列的に実行する。

・結果出力ファイルをクローズして保存する動作

・外部からの通信が検査結果を要求する場合、検査結果を送る動作

・ウェーハを排出する動作。

[0256] 連続的にウェーハを検査する設定がなされている場合、次の被検査ウェーハを搬送して、前記一連の動作を繰り返す。

[0257] 図34におけるレシピ作成においては、検査に関係する条件等の設定ファイルからなるレシピを作成する。該レシピは、保存することも可能であり、該レシピを使用して、検査時もしくは検査前に条件設定を行う。レシピに記載された検査に関係する条件は、例えば、以下の事項を含んでいる。

・検査対象ダイ

・ダイ内部検査領域

・検査アルゴリズム

・検出条件(検査感度等、欠陥抽出に必要な条件)

・観察条件(倍率、レンズ電圧、ステージ速度、検査順序等、観察に必要な条件)。

[0258] 上記した検査条件の内、検査対象ダイの設定は、図35に示すような操作画面に表示されたダイマップ画面に対して、検査するダイをオペレータが指定する。図35の例では、ウェーハ端面のダイ1と前工程で明らかに不良と判定されたダイ2をグレイアウトして検査対象から削除し、残りを検査対象ダイとしている。また、ウェーハ端面からの距離や前工程で検出されたダイの良否情報をもとに、自動的に検査ダイを指定する機能も有している。

[0259] また、ダイ内部の検査領域の設定は、図36に示される様に操作画面に表示されたダイ内部検査領域設定画面に対して、検査領域をオペレータが光学顕微鏡もしくはEB顕微鏡により取得した画像をもとに、マウス等の入力機器で指定する。図36の例では、実線で示した領域221と破線で示した領域222を設定している。

[0260] 領域221は、ダイのほぼ全体を設定領域としている。この場合、検査アルゴリズムは、隣接ダイ比較法とし、この領域に対する検出条件、観察条件の詳細は、別に設定する。領域222は、検査アルゴリズムをアレイ検査としこの領域に対する検出条件及び観察条件の詳細は、別に設定する。すなわち複数の検査領域の設定が可能でかつ、検査領域は、それぞれ独自の検査アルゴリズムや検査感度を条件設定できる。また、検査領域は重ね合わせる事も可能で、同じ領域に対して、異なる検査アルゴリズムを同時に処理することも可能である。

[0261] 図34の検査動作214においては、図37に示すように、被検査ウェーハを走査幅に細分化して走査する。走査幅は、ほぼラインセンサの長さで決まるが、ラインセンサの端部が少し重なる様に設定してある。これは、検出した欠陥を最終的に統合処理する場合に、ライン間の連続性を判断する為や比較検査を行う際に画像アライメントするための余裕を確保するためである。その重ね量は、2048ドットのラインセンサに対して16ドット程度である。

[0262] 走査方向及びシーケンスを、模式的に図38に示す。すなわち、検査時間短縮のために双方向動作(A動作)や、機械制限からの単方向動作(B動作)などが、オペレータより選択できる構成になっている。また、レシピの検査対象ダイ設定を元に、走査量

を減らす動作を自動演算して検査する機能も有している。図39の(A)は検査ダイが1個のみの場合の走査例であり、不要な走査は行わない。

[0263] レシピによって設定される検査アルゴリズムは、セル検査(アレイ検査)とダイ検査(ランダム検査)に大別することができる。

[0264] 図39の(B)に示すように、ダイは、主にメモリに用いられる周期構造をしたセル部231と、周期構造を取らないランダム部232とに分けられる。周期構造をしたセル部231は、比較対象が同じダイの中に複数個あるので、セル検査、すなわち同じダイの中のセル同士で比較を行うことによって検査可能である。一方、ランダム部232は、同じダイの中に比較対象がないので、ダイ検査によってダイ同士の比較を行う必要がある。

[0265] ダイ検査は、比較対象により、さらに以下にように区分される。

・隣接ダイ比較法(Die-to-Die検査)

・基準ダイ比較法(Die-to- Any Die検査)

・CADデータ比較法(Cad Data-to-Any Die検査)

一般にゴールデンテンプレート方式と呼ばれる方式は、基準ダイ比較法及びCADデータ比較法であり、基準ダイ比較法においては、参照ダイをゴールデンテンプレートとし、CADデータ比較法おいては、CADデータをゴールデンテンプレートとする。以下、各検査アルゴリズムの動作を述べる。

[0266] セル検査(アレイ検査)

セル検査は、周期構造の検査に適用される。DRAMセルなどはその一例である。

[0267] 検査は、参照とする参照画像と被検査画像の比較を行い、その差分を欠陥として抽出する。参照画像と被検査画像は、二値化画像でも検出精度を向上するため多値画像でも構わない。

[0268] 欠陥は、参照画像と被検査画像の差分そのものでも良いが、検出した差分の差分量や差分のある画素の合計面積などの差分情報を元にして、誤検出を防ぐための2次的な判定を行っても良い。

[0269] セル検査においては、参照画像と被検査画像の比較は構造周期単位で行われる。すなわちCCDなどで一括取得した画像を読み出しながら1構造周期単位で比較し

ても良いし、参照画像がn個の構造周期単位であれば、n個の構造周期単位を同時に比較できる。

[0270] 参照画像の生成方法の一例を図40に示す、ここでは1構造周期単位で比較する例を述べるので1構造周期単位生成を表す。同じ方法で周期数をnにする事も可能である。

[0271] 前提として図40での検査方向はAである。また周期4を被検査周期とする。周期の大きさはオペレータが画像を見ながら入力するので、図40において周期1～6は容易に認識できる。

[0272] 参照周期画像は、各画素において被検査周期直前の周期1～3を加算し平均して生成する。1～3いずれかに欠陥が存在しても平均処理されるので影響は少ない。この形成された参照周期画像と被検査周期画像4を比較して欠陥の抽出を行う。

[0273] 次に被検査周期画像5を検査する場合、周期2～4を加算平均して参照周期画像を生成する。以下同様に被検査周期画像取得以前に得た画像より、被検査周期画像を生成して検査を連続させる。

[0274] ダイ検査(ランダム検査)

ダイ検査は、ダイの構造に制限されず適用できる。検査は、参照となる参照画像と被検査画像の比較を行い、その差分を欠陥として抽出する。参照画像と被検査画像は、二値化画像でも検出精度を向上するため多値画像でも構わない。欠陥は、参照画像と被検査画像の差分そのものでも良いが、検出した差分の差分量や差分のある画素の合計面積などの差分情報を元にして、誤検出を防ぐため2次的な判定を行っても良い。ダイ検査は参照画像の求め方で分類することができる。以下に、ダイ検査に含まれる隣接ダイ比較法、基準ダイ比較検査法、及びCADデータ比較法について動作を説明する。

[0275] A. 隣接ダイ比較法(Die-Die検査)

参照画像は、被検査画像と隣接したダイである。被検査画像に隣り合った2つのダイと比較して欠陥を判断する。すなわち図41及び図42において、画像処理装置のメモリ241とメモリ242がカメラ243からの経路244に接続するようスイッチ245、246を設定した状況で、以下のステップを有する。

[0276] a)走査方向Sに従いダイ画像1を経路244からメモリ241に格納するステップ。

[0277] b)ダイ画像2を経路244からメモリ242に格納するステップ。

[0278] c)上記b)と同時に経路247からダイ画像2を取得しながら、取得したダイ画像2とダイにおける相対位置が同じであるメモリ241に格納された画像データを比較して差分を求めるステップ。

[0279] d)上記c)の差分を保存するステップ。

[0280] e)ダイ画像3を経路244からメモリ241に格納するステップ。

[0281] f)上記e)と同時に経路247からダイ画像3を取得しながら、取得したダイ画像3とダイにおける相対位置が同じであるメモリ242に格納された画像データを比較して差分を求めるステップ。

[0282] g)上記f)の差分を保存するステップ。

[0283] h)上記d)とg)で保存された結果より、ダイ画像2の欠陥を判定するステップ。

[0284] i)以下連続したダイにおいてa)からh)を繰り返すステップ。

[0285] 設定によって、上記c)、f)において差分を求める前に、比較する2つの画像の位置アライメント:位置差が無くなる様に補正する。または濃度アライメント:濃度差が無くなる様に補正する。もしくはその両方の処理を行う場合がある。

[0286] B. 基準ダイ比較法(Die-Any Die検査)

オペレータにより基準ダイを指定する。基準ダイはウェーハ上に存在するダイもしくは、検査以前に保存してあるダイ画像であり、まず基準ダイを走査もしくは転送して画像をメモリに保存、参照画像とする。すなわち図42と図43を参照して以下に説明するステップを実行する。

[0287] a)オペレータが基準ダイを、被検査ウェーハのダイより、もしくは検査以前に保存してあるダイ画像より選択するステップ。

[0288] b)基準ダイが被検査ウェーハに存在する場合、画像処理装置のメモリ241もしくはメモリ242の少なくとも一方がカメラ243からの経路244に接続するようにスイッチ245、スイッチ246を設定するステップ。

[0289] c)基準ダイが検査以前に保存してあるダイ画像の場合、画像処理装置のメモリ241もしくはメモリ242の少なくとも一方がダイ画像である参照画像を保存してあるメモリ

248からの経路249に接続するようにスイッチ245、246を設定するステップ。

[0290] d)基準ダイが被検査ウェーハに存在する場合、基準ダイを走査して、基準ダイ画像である参照画像を画像処理装置のメモリに転送するステップ。

[0291] e)基準ダイが検査以前に保存してあるダイ画像の場合、走査を必要とせず、基準ダイ画像である参照画像を画像処理装置のメモリに転送するステップ。

[0292] f)被検査画像を順次走査して得られる画像と、基準ダイ画像である参照画像を転送されたメモリの画像と、ダイにおける相対位置が同じである画像データを比較して差分を求めるステップ。

[0293] g)上記f)で得られた差分より欠陥を判定するステップ。

[0294] h)以下連続して図50で示すように基準ダイの走査位置と被検査ダイのダイ原点に対して同じ部分をウェーハ全体について検査し、ダイ全体を検査するまで基準ダイの走査位置を変更しながら上記d)からg)を繰り返すステップ。

[0295] 設定によって、上記f)において差分を求める前に、比較する2つの画像の位置アライメント:位置差が無くなる様に補正する。もしくは濃度アライメント:濃度差が無くなる様に補正する。もしくはその両方の処理を行う場合がある。上記d)もしくはe)において画像処理装置のメモリに蓄えられる基準ダイ画像は、基準ダイ全てでも良いし、基準ダイの一部として更新しながら検査しても良い。

[0296] C. CADデータ比較法(CAD Data-Any Die検査)

CADによる半導体パターン設計工程の出力であるCADデータより参照画像を作成し基準画像とする。基準画像はダイ全体もしくは検査部分を含んだ部分的な物でも良い。また、このCADデータは、通常ベクタデータであり、走査動作によって得られる画像データと等価なラスタデータに変換しないと参照画像として使用出来ない。この様にCADデータ加工作業に関して、以下の変換がなされる。

[0297] a)CADデータであるベクタデータをラスタデータに変換する。

[0298] b)上記a)は、検査時に被検査ダイを走査して得られる画像走査幅の単位で行う。

[0299] c)上記b)は、被検査ダイを走査して得る予定の画像とダイにおける相対位置が同じである画像データを変換する。

[0300] d)上記c)は、検査走査と、変換作業をオーバラップして行う。

[0301] 上記のa)～d)は高速化のために画像走査幅単位の変換を行う例であるが、変換単位を画像走査幅に固定しなくても検査は可能である。

[0302] また、ベクタデータをラスタデータに変換する作業に付加機能として、以下の少なくとも1つを有する。

[0303] a)ラスタデータの多値化機能

b)上記a)に関し、多値化の、階調重み、オフセットを検査装置の感度を鑑みて設定する機能

c)ベクタデータをラスタデータに変換した後で、膨張、収縮など画素を加工する画像処理を行う機能。

[0304] 図42の装置において実行される、CADデータ比較法による検査ステップを示す。

[0305] a)計算機1でCADデータをラスタデータに変換しかつ上記付加機能で参照画像を生成してメモリ248に保存するステップ。

[0306] b)画像処理装置のメモリ241もしくはメモリ242の少なくとも一方がメモリ248からの経路249に接続するようにスイッチ245、246を設定するステップ。

[0307] c)メモリ248の参照画像を画像処理装置のメモリに転送するステップ。

[0308] d)被検査画像を順次走査して得られる画像と、参照画像が転送されたメモリの画像と、ダイにおける相対位置が同じである画像データを比較して差分を求めるステップ。

[0309] e)上記d)で得られた差分より欠陥を判定するステップ。

[0310] f)以下連続して図44で示すように基準ダイの走査位置を参照画像とし被検査ダイの同じ部分をウェーハ全体検査し、ダイ全体を検査するまで基準ダイの走査位置を変更しながら上記a)からe)を繰り返すステップ。

[0311] 設定によって、上記d)において差分を求める前に、比較する2つの画像の位置アライメント、すなわち位置差が無くなる様に補正する。もしくは、濃度アライメント、すなわち濃度差が無くなる様に補正する。もしくはその両方の処理を行う場合がある。また、c)において画像処理装置のメモリに蓄えられる基準ダイ画像は、基準ダイ全てでも良いし、基準ダイの一部として更新しながら検査しても良い。

[0312] これまで、周期構造を検査するアレイ検査(セル検査)とランダム検査とのアルゴリズ

ムを説明してきたが、セル検査とダイ検査を同時に行うことも可能である。つまり、セル部とランダム部とを分けて処理し、セル部ではダイ内でセル同士の比較を行うと同時に、ランダム部では、隣接するダイ、基準ダイ又はCADデータとの比較を行っていく。このようにすると、検査時間を大幅に短縮でき、スループットが向上する。

[0313] なお、この場合には、セル部の検査回路は別々に独立して備えるのが好適である。また、同時に検査を行わないのであれば、1つの検査回路を有し、セル検査用とランダム検査用のソフトを切換可能に設定しておき、ソフトの切換で比較検査を実行することも可能である。つまり、パターンの検査を複数の処理のアルゴリズムを適用して処理する場合には、それらのアルゴリズムは別回路を用意して同時に処理してもよいし、それらに対応するアルゴリズムを設けて1つの回路で切り換えて処理するようにしてもよい。いずれにせよ、セル部の類型が複数であり、それらは各々のセル同士で比較を行い更にランダム部についてダイ同士又はダイとCADデータで皮革を行うような場合にも、適用可能である。

[0314] フォーカス機能の基本的流れを、図45に示す。まずアライメント動作を含んだウェーハ搬送の後、検査に関係する条件等を設定したレシピを作成する。このレシピの1つとしてフォーカスマップレシピがあり、ここで設定されたフォーカス情報に従い、検査動作及びレビュー動作時にオートフォーカスが行われる。以下、フォーカスマップレシピの作成手順及びオートフォーカスの動作手順を説明する。

[0315] フォーカスマップレシピは、以下の例においては独立的な入力画面を有しており、オペレータが次のステップを実行することによりフォーカスレシピを作成する。このような入力画面を、別の目的で設けられた入力画面に付加してもよい。

[0316] a)フォーカス値を入力するダイ位置やダイの中のパターン等、フォーカスマップ座標を入力するステップ。図46のスイッチ251。

[0317] b)フォーカス値を自動測定する場合に必要な、ダイパターンを設定するステップ。このステップはフォーカス値を自動測定しない場合、スキップできる。

[0318] c)上記a)で決められたフォーカスマップ座標のベストフォーカス値を設定する、ステップ。

[0319] この中で、a)のステップではオペレータが任意のダイを指定する事もできるが、全て

のダイの選択や、n個毎のダイの選択などの設定も可能である。また入力画面はウェーハ内のダイ配列を模式的に表現した図でも、実画像を使った画像でもオペレータが選択できる。

[0320] この中で、c)のステップではオペレータがマニュアルでフォーカス用電極の電圧値に連動したフォーカススイッチ252で設定するモード(図46のスイッチ253)。自動的にフォーカス値を求めるモードモード(図46のスイッチ254)で選択・設定する。

[0321] 上記c)のステップで自動的にフォーカス値を求める手順は、例えば図47において

a)フォーカス位置Z=1の画像を求めそのコントラストを計算する。

[0322] b)上記a)をZ=2, 3, 4でも行う。

[0323] c)上記a)、b)で得られたコントラスト値から回帰させコントラスト関数を求める(図48)

d)コントラスト関数の最大値を得るZを計算で求め、これをベストフォーカス値とする。

[0324] 例えば、フォーカス値を自動測定する場合に必要なダイパターンは図48の様なライン&スペースが選択された場合、良い結果を示すが、コントラストは白黒パターンがあれば形状によらず計測できる。

[0325] a)からd)を行うことで1点のベストフォーカス値が求まる。この時のデータ形式は(X, Y, Z) X、Y:フォーカスを求めた座標、Z:ベストフォーカス値のセットであり、フォーカスマップレシピで決められたフォーカスマップ座標数(X, Y, Z)が存在することになる。これをフォーカスマップレシピの一部でフォーカスマップファイルと呼ぶ。

[0326] フォーカスマップレシピから、画像を取得する検査動作、レビュー動作時にフォーカスをベストフォーカスに設定する方法は次のステップでなされる。

[0327] a)フォーカスマップレシピの作成時に作成されたフォーカスマップファイル1を元に位置情報をさらに細分化して、この時のベストフォーカスを計算で求め細分化したフォーカスマップファイル2を作成する。

[0328] b)上記a)の計算は、補間関数で行う。

[0329] c)上記b)の補間関数は、リニア補間やスプライン補間等でフォーカスマップレシピの作成時にオペレータにより指定される。

[0330] d)ステージのXY位置を監視して、現在のXY位置に適したフォーカスマップファイル2に記載されたフォーカス値にフォーカス用電極の電圧を変更する。

[0331] さらに具体的に説明すると、図49において、黒丸がフォーカスマップファイル1のフォーカス値、白丸がフォーカスマップファイル2のフォーカス値である。

1. フォーカスマップファイルのフォーカス値の間をフォーカスマップファイルのフォーカス値で補間している。

2. 走査に従いフォーカス位置Zを変化させベストフォーカスを維持している。この時フォーカスマップファイル(白丸)の間は、次の変更する位置まで値が保持されている。

[0332] 図50は、本発明に係る電子線装置を使用した半導体製造プラントの例を示す。図50において、電子線装置は参照番号261で示されており、該装置で検査されるウェーハのロット番号、製造に経由した製造装置履歴等の情報は、SMIFまたはFOUP262に備えられたメモリから読み出されるか、または、そのロット番号を、SMIF、FOUP262又はウェーハカセットのID番号を読み取ることにより、認識できるようになっている。ウェーハの搬送中は、水分の量をコントロールしてメタル配線の酸化等を防止している。

[0333] 欠陥検査装置261の欠陥検出制御用のPC263は、生産ラインの情報通信ネットワーク264に接続されており、このネットワーク264を介して、生産ラインを制御している生産ラインコントロールコンピュータ265、各製造装置266、及び別の検査システムに、被検査物であるウェーハのロット番号などの情報とその検査結果を送ることができる。製造装置266には、リソグラフィー関連装置例えば露光装置、コーター、キュア装置、デベロッパ等、又は、エッチング装置、スパッタ装置及びCVD装置などの成膜装置、CMP装置、各種計測装置、他の検査装置等が含まれる。

[0334] 図51は、本発明に係る電子線装置の第4の実施形態の全体を示す図である。この図により本発明を説明する。

[0335] 電子銃271は、電子放出能を有するランタンヘキサボライド(以下、LaB6という)により構成されるカソードと、電極が光軸と直角なウェ」ネルト電極、及びアノードから構成されている。カソードを空間電荷制御領域で動作させることにより、ショット雑音を低

減させて使用することができる。

[0336] 電子銃から放出された電子線は・電磁レンズで構成されるコンデンサーレンズ272で集束され、成形開口273より電子銃側の点に、クロスオーバを形成する。クロスオーバから発散した電子線は、成形開口273を一様な強度で照射することができる。この照射強度が小さ過ぎる場合には、クロスオーバ像を成形開口273側に近づけることにより、照射強度を上げることができる。又、照射強度が一様な領域が狭い場合には、クロスオーバ位置をより電子銃側に近づければよい。

[0337] 成形開口273の作用により長方形状に成形された電子線は、電磁レンズで構成されるコンデンサーレンズ274と対物レンズ279により縮小され、試料面282に合焦され、成形像を形成する。コンデンサーレンズ274の下には、一次ビーム軌道調整用偏向器275が設けられている。

[0338] 成形開口273の手前で形成されるクロスオーバ像は、コンデンサーレンズ274により対物レンズ279の主面に結像され、成形像とクロスオ」バ像との分離を確実にしてい乱成形開口273が複数個設置されている理由は、汚れた場合の交換と画素寸法を変えるときに、それに応じて照射領域を変化させるためである。

[0339] 成形開口の寸法を変化させたときには、コンデンサーレンズ274の励磁も変化させる。例えば、小さい成形開口の場合には、クロスオーバ像を成形開口273に近づけて電流密度を向上させる。このように調整すると、クロスオーバ像は対物レンズ279の主面から外れることになるが、このずれをレンズ274の励磁を変化させることにより補正するコンデンサーレンズ272及び274を電磁レンズとすることにより、一次電子線のエネルギーを変化させたとき、電源電流を大きく変化させる必要はなく、静電レンズを用いるときより電源への負担は小さくて済む。

[0340] コンデンサーレンズ274の後に電磁偏向器175を2段で設ける。その結果、E×Bの静電偏向器276、E×Bの電磁偏向コイル277及びE×Bの偏向器用コア278から構成されているE×B分離器から下で、1次電子線ビームは二次電子線ビームと同じ通路を通らず、ずらした軌道を通るように調整することができる。

[0341] 試料からの二次電子をE×B分離器の静電偏向器276によりα、電磁偏向器で－2α偏向させる。この場合には、静電偏向量が電磁偏向量の半分で方向が逆である

から、E×B分離器の最大の収差である偏向色収差が殆どない設計とすることができる。1次電子は二次電子より僅かにエネルギーが高いので、左側へ2，8α偏向され、試料282に入射する。なお、符号は図で左へ偏向する方向を正とした。

[0342] 対物レンズのボーア半径283（対物レンズの中心にある円筒部分の内側直径である）と、試料と対物レンズ主面間距離284を、対物レンズのボーア半径より大きくすることが重要である。その結果、試料から法線方向に放出された二次電子は光軸と交わり、NA開口を通るようにすることができる。レンズギャップが試料側にある対物レンズの場合も、レンズのボーア半径より、試料と対物レンズ磁極の最下部間距離を大きくすることにより同様の効果が得られる。

[0343] 対物レンズ279のレンズギャップ280は、2mm以下と小さくし、ボーア径を20mmφと大きくする。そして、通常の磁気レンズ、即ち磁気ギャップ280が光軸側にあるレンズとする。この場合には、視野が200μmであったので、20mmのボア径としたが、視野の最大直径の80倍以上をボーア径とすることにより、試料から法線方向に放出された二次電子又は反射電子は光軸と交わりNA開口を通るようにすることができる。但し、ここで視野の直径は上記矩形の試料面での像の対角線の長さとする。

[0344] 高次の倍率と回転の色収差（R3△V／Vに比例するボケ）が大きくならないようにするためにも、試料282とレンズギャップ280の中心までのZ方向寸法をボーア半径より大きくなるようにする。また、レンズギャップ280近傍には、軸対称の円筒電極281を設け、この円筒電極281に正の高電圧を与えることによって、軸上色収差を小さくすることができるこの円筒電極281と試料282の間は、放電を回避するために十分な距離を確保す乱料と対物レンズ間に放電を起こすことなく、対物レンズの軸上色収差を小さくできる。

[0345] 二次電子又は反射電子像は対物レンズ279で5倍前後に拡大され、電磁レンズ285及び286でさらに5倍、10倍に拡大され、合計250倍に拡大され、シンチレータ287上に拡大像を作り、その像は光学レンズ系により倍率調整をされ、TDI検出器又はCCD検出器で検出させ電気信号に変換され、信号処理回路で二次元像データが作成される。

[0346] 電極288、289、290、291は静電レンズを構成し、対物レンズが作るクロスオーバ

の像をレンズ285のほぼ主面に作る補助レンズの作用をもつ。このレンズのためにレンズ285位置ではビーム束が小さく、低収差とすることができる。また、対物レンズ279による試料像は、この静電レンズの主面に形成される。したがって、この静電レンズは拡大率には影響を与えない。同様に、レンズ285が作る試料像は、補助レンズ292の主面に形成され、その像はレンズ286で、シンチレータ287面上に結像される。レンズ285の主面に作られているクロスオーバ像は、補助レンズ292でレンズ286の主面に形成され、レンズ286でのビーム束を小さくし、収差低減が行われる。

[0347] 高スループット低精度モードと低スループット高精度モードの画像形成を切り換えるには、照射面積の可変と拡大倍率の可変が必要である。前者は、成形開口273をモードに合った寸法のものに切り換えればよい。後者の拡大率の可変には、電極290にレンズ電圧を与え、電極288、289、291を接地することと、レンズ279の励磁を弱めにして、第1拡大像を290の電極位置に合わせれば、高倍率を得ることができる。電極289にレンズ電圧を与え、第1拡大像を電極289の位置に合わせれば、低倍像を得ることができる。電極288、291は常に接地されているから、絶縁する必要はない。

[0348] 二次光学系のNA開口293は、電磁レンズ285の主面に設ける。レンズ272、274、286、292は、収差と無関係であるから、静電でも電磁でもよいが、4KeV程度のビームエネルギーでは、電磁レンズの方が焦点距離を短くすることが容易であり、レンズの焦点距離を実用的な駆動電源により短くできるので、鏡筒長を短くすることができ、空間電荷効果によるビームボケを小さくすることができる。

[0349] 図52は、本発明に係る電子線装置の第5の実施形態における電子光学系を示す図である。

[0350] 電子銃は、LaB6により構成されるカソード301と、電極が光軸と直角なウェーネルト電極302、及びアノード303から構成されている。カソードを空間電荷制御領域で動作させることにより、ショット雑音をショットキーカソードやFEガンに比較して数分の1に減少させる。

[0351] 電子銃から放出された電子線は、軸合わせ偏向器304で軸合わせが行われて電磁レンズで構成されるコンデンサーレンズ305に入る。コンデンサーレンズ305により

集束された電子線は、成形開口308より電子銃側の地点に、クロスオーバを形成する。クロスオーバから発散した電子線は、成形開口308を一様な強度で照射することができる。成形開口308により長方形に成形された電子線は成形レンズ309と対物レンズ314により縮小され、試料面313に成形像を作る。成形開口308により長方形に成形された電子線は成形レンズ309と対物レンズ314により縮小され、試料面313に成形像を作る。その際に、成形開口308の手前で作られたクロスオーバ像は、成形レンズ309で対物レンズ314に結像され、成形像とクロスオーバ像の分離を確実にしている。

[0352] 成形開口308が複数個設置されている理由は、汚れた場合の交換と画素寸法を変えたときに、それに応じて照明領域を変化させるためである。成形開口寸法を変えたときは、コンデンサーレンズの励磁を変え、例えば、小さい成形開口の場合はクロスオーバー像を成形開口308に近づけ電流密度が向上するようにした。このように調整したときは、クロスオーバー像が対物レンズ主面から外れることになるが、大きな問題とならない。

[0353] 一次電子線のエネルギーを変えるときは、レンズの励磁条件を変える必要があるが、コンデンサーレンズ305と成形レンズ309を電磁レンズとしたので、電源電流を大きく変化させる必要がないため、静電レンズを用いた場合に比較して電源への負担は少ない。

[0354] 成形レンズ309の下には、2段の偏向器310、311を設け、電子ビームの主光線の軌道を312で示したように、二次電子又は反射電子線の主光線の軌道から外れた軌道を通るようにする。成形開口308と成形レンズ309への軸合わせは、2段の静電偏向器306、307を用いて行い、この2段の静電偏向器の偏向比は2種類に設定することができ、具体的には、(1)2段の偏向器の偏向支点を成形開口308に一致させる設定と、(2)成形レンズ309のレンズ主面に一致させる設定である。いずれかの設定を選べば、相互に影響を与えないようにして軸あわせを行うことができる。なお、対物レンズ314については、図55により説明する。

[0355] ここで、視野を分割して副視野毎に試料像を取る場合と、偏向器なしで一括して試料像を取る場合の2つの場合について述べる。偏向器なしで一括して試料像を取る

場合には、視野端から法線方向に放出された二次電子又は反射電子がNA開口を通らない問題を解決しなければならない。対物レンズとして、試料側のボーア径が小さい磁気レンズを用いることにより、二次電子又は反射電子がNA開口を通るようにすることができ、二次電子又は反射電子の透過率を向上させることができ凱本発明では、下側磁極のボーア径を、上側磁極のボーア径より小さくする。理想的には、上側磁極のボーア径を下側磁極のボーア径の1．5倍にするのがよい。下側磁極のボーア径を8mm半径とし、試料と対物レンズ主面間距離を10mmとするシュミレーションの結果、試料面の法線に対して8度傾いた方向へ放出される二次電子が光車由と交わることが分かっている口したがって、余弦則で出る二次電子の内8度を中心とした成分が通ることになる。

[0356] 一方、視野を分割して副視野毎に試料像を取る分割写像方式では、視野を4～20個の副視野に分割し、偏向器その他を用いて電子ビームの収差を補正して、低収差条件で試料像を取得することができ乱この場合に、副視野は正方形か視野の長手方向にわずかに短い正方形に近い長方形がよい。

[0357] レンズの光軸から離れた場所を通るようにして電子ビームが収差を受けないようにする手法としてMOL法がリソグラフィの分野で知られている。

[0358] ここで図55により対物レンズについて説明すると、レンズ磁場344をはさんで上側偏向器342と下側偏向器341を配置し、例えば、光軸より右側を通る電子線に対しては下の偏向磁界が作る346の向きの偏向磁界、上の偏光器が作る偏向磁界は347の向きの偏向磁界となるようにすればよい。量的には、対物レンズ314の軸上磁場分布のZに関する微分値に比例する偏向磁界が生じるようにすればよい。対物レンズ314の軸上磁力分布は、対物レンズ磁場344の位置で最大値であり、それより上側ではZに関する微分は正の値としたとき、下側では負の値となる。対物レンズを磁気レンズで構成し、対物レンズの主面を挟んで前後に2段の電磁コイルを設け、これらの偏向器はMOL条件をほぼ満たすようにすることにより、軸上色収差を小さくした状態で、視野を広くできる。

[0359] したがって、MOL条件を満たす偏向コイルは、図55に示したように、レンズ主面をはさんで上下に2つの偏向コイル341、342を設け、上側偏向コイル342はピークの

値が小さく、半値幅の大きいコイルとし、下側偏向コイルはピーク値が大きく、半値幅の小さいコイルとすればよい。

[0360] 偏向コイルの外側の強磁性体343は、少なくとも表面にフェライトを貼り付けることにより高周波での応答をよくする必要がある。また、ライナーチューブ(真空壁)315は、セラミックスなどの絶縁物の表面を導体でコーティングするものがよい。真空中に収納する必要がある偏向コイル341は、表面を金属コーティングする軸対称電極345の内部に収納することがよい。図55の場合には、軸対称電極345のコーティング部に正の高圧を印加すると、軸上色収差を小さくすることができるメリットがある。

[0361] 試料からの二次電子又は反射電子は、対物レンズを通過して、E×B分離器(E×B分離器の静電偏向器320及びE×B分離器の電磁偏向器321で構成される)により偏向される。図の右側へ10度傾いた方向に二次光学系の光軸がある。二次電子又は反射電子は、静電偏向器320で、10度左へ偏向され、電磁偏向器321で右側へ20度偏向される力を受けるので、差し引き10度右側へ偏向される。ここで静電偏向量が電磁偏向量の半分で方向が逆であるから、E×B分離器の最大の収差である偏向色収差がほとんどない設計とすることができる。

[0362] 補助レンズ326の作用は、試料からほぼ垂直に放出された二次電子又は反射電子がE×B分離器の少し手前で形成されるクロスオーバ像を集束して拡大レンズ327の主面に結像させる作用を行わせる。

[0363] 対物レンズ314による試料像を補助レンズ326の3つの電極のどの位置を選ぶかということで、得られる拡大像はそれに応じて3種類が得られる。例えば、試料像の位置を下から2番目の電極位置に形成したときには、拡大率は最も小さいものとな凱この場合には静電レンズの駆動電源325からの電圧は、この電極に与えられ、他の電極は切り換えスイッチ324により全て接地されている。この第1像は拡大レンズ327で拡大され、最終段の拡大レンズ338の第2電極位置に拡大像を作り、下から4段目の電極により与えられた負電圧によるレンズ作用で更に拡大され、溶融石英のボールレンズ335の平面部に塗布されるシンチレータ面に最終像を作る。

[0364] 拡大レンズ327の主面はNA開口328を有し、収差と二次電子透過率との妥協点を決めている。NA開口328は、数10μm～100μm前後の寸法である。補助レンズ

326の収差は全く問題にならない。これは、試料像に対しては電極位置が像面であるからレンズ作用がなく収差を発生させないのである。したがって、電源325は負電圧とする。数kVの負電圧で合焦されるので、絶縁構造は簡単な構造でよい。

[0365] 最終段レンズを5枚の電極を有する静電レンズとし、その中央の電極に与える電圧を、その前後の電極に与える電圧と符号の異なる電圧を与えることにより、拡大率を最大とすることができ、又場合によってはレンズ間の光学距離を機械的な寸法より小さくでき、これを低収差の条件下に行うことができる。そして、二次電子又は反射電子像の拡大率を向上させることができる。

[0366] 最大の拡大率を得るには、電源の切り換えスイッチ323より下から4番目の電極に電圧が与えられ、試料像はこの電極位置に結像される。このときには、他の電極は全て接地される。この場合は、対物レンズの像点が大きくなり、拡大レンズ327の物点が小さくなるので、拡大率は最大となる。

[0367] 最終レンズ330の設計上注意する点は、以下の2点である。

[0368] (1)補助レンズ位置での電極のボーア径が、ここでの第2像の直径より十分大きくすること、及び(2)ここでの拡大像をあまり大きくしないで、その代わりに拡大率を大きくするために、補助レンズ主面と拡大レンズ主面間距離を小さくすることである。当然その条件でこの主面間距離に対応する短い焦点距離を得る必要がある。

[0369] 補助レンズの焦点距離と拡大レンズの焦点距離とを短くするために、本発明の場合には3番目の電極に2番目や4番目の電極に与える電圧と逆符号の電圧331を与えるようにする。こうすることにより、通常のようにしこの電極を接地する場合に較べて、2番目と3番目の電極間電界強度が大きくなり、大きなレンズ作用を得ることができる。同時に正の電圧が与えられた電極側のレンズ作用が強くなることによりレンズ主面がこの電極側に移動するために2つのレンズ間の光学的距離が小さくなる利点もある。

[0370] また、拡大レンズ側を負電圧駆動にした場合と正電圧駆動にした場合とで、収差を比較した結果、両者の収差に優位差はない。拡大レンズを電磁レンズにした場合は、歪収差が静電レンズにした場合に比べて大きかったが、レンズ327は、NA開口を主面に配置する必要があったので、電磁レンズを用いるものである。このレンズが作る像はまだ小さいので、歪収差係数は大きいが、歪の値は問題とならない値(画素の

1／10以下）とすることができる。

[0371] 静電レンズである補助レンズ326と電磁レンズ327への軸合わせは、E×B分離器と軸合せ偏向器322とで、偏向中心を補助レンズ326に合わせたり、電磁レンズ327に合わせたりして行う。拡大レンズ330のベアへの軸合せは、軸合せ偏向器329で行う。軸合せ334は、シンチレータ336へのためのものである。

[0372] 像面湾曲収差及び非点収差を補正し、視野の中央部と視野の端とでビーム分解能の差が小さくなるように調整することにより、視野全体を低収差にできる。ボールレンズ335は、球の中心と平面間距離が球の半径の1／n（nは材料の屈折率であり、溶融石英の場合は2．1）とした。この条件の場合は、アプラナティックハィパーヘミスフェアと呼ばれ、球面収差、非点収差、光軸方向の色収差が発生せず、光の放出方向が1／nに狭くなり、光学レンズ338から見たシンチレータの見かけ寸法がn^2倍になる利点がある。光学レンズ338でボールレンズのその他の色収差や歪を補正すれば、光学レンズ338のfナンバーが大きくても、光レンズ系の透過率を大きくすることができる。このレンズの解像度がわるくても、実際のシンチレータ像がn^2倍であるから、問題はなく、光学レンズ338はfナンバーが大きいので、簡単なレンズでよい。

[0373] 前記の電子線による検査機能を有する電子線装置を、半導体デバイス製造工程におけるウェーハの評価に適用することができる。半導体デバイス製造工程の一例を図53のフローチャートによって以下説明する。

[0374] （1）ウェーハを準備するウェーハ製造工程（又はマスクを準備する準備工程）（ステップ400）

（2）露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）（ステップ401）

（3）ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセッシング工程（ステップ402）

（4）ウェーハ上に形成されたチップを1個づつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程（ステップ403）

（5）組み立てられたチップを、本発明の電子線装置を用いて欠陥を検査する検査工程（ステップ404）

（6）前記（2）及び（3）の工程を必要に応じて繰り返し行う工程

(7)ウェーハを切断し、デバイスに組立てる工程。

[0375] これらの工程は、更に幾つかのサブ工程からなっている。これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウェーハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウェーハ上に順次積層し、メモリーやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウェーハプロセッシング工程は以下の各工程を含む。

[0376] (イ)絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を改正する薄膜形成工程(CVDやスパッタリング等を用いる)

(ロ)形成された薄膜層やウェーハ基板を酸化する酸化工程

(ハ)薄膜層やウェーハ基板などを選択的加工するためにマスク(レチクル)を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィー工程

(ニ)レジストパターンにしたがって、薄膜層や基板を加工するエッチング工程(例えば、ドライエッチング技術を用いる)

(ホ)イオン・不純物注入拡散工程

(ヘ)レジスト剥離工程

(ト)加工されたウェーハを、本発明の電子照射線装置により検査する検査工程なお、ウェーハプロセッシング工程は、必要な層数だけ繰り返し行い、設計どおり動作する半導体デバイスを製造する。

[0377] 上記ウェーハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を図54のフローチャートに示す。このリソグラフィー工程は以下の工程を含む。

[0378] (a)前段の工程で回路パターンが形成されたウェーハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程(ステップ405)。

[0379] (b)レジストを露光する露光工程(ステップ406)

(c)露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程(ステップ407)

(d)現像されたパターンを安定化させるためにアニール工程(ステップ408)。

[0380] 以上の半導体デバイス製造工程、ウェーハプロセッシング工程、リソグラフィー工程には周知の工程が適用される。前記(ト)のウェーハ検査工程において、本発明の上

記実施形態に係る電子線装置を用いた場合、試料と対物レンズの間の放電を起こすことなく2次電子の透過率を向上することができるので、効率良く高精度の検査が可能となり、製品の歩留りを向上させることができる。

[0381] 図56は、本発明に係る電子線装置の第6の実施形態である欠陥検査装置等の試料評価装置の電子光学系を示す説明図である。図56に示すように、本発明の試料評価装置においては、電子銃501から放出された電子線を、コンデンサレンズ502で集束し、正方形等の矩形の開口503を介して矩形に成形し、得られた矩形電子線を、照射レンズ504、対物レンズ505を介して試料506の表面に照射する。このとき、対物レンズ505の内部に配置されたE×B分離器509により、矩形電子線を偏向して試料面に垂直に照射されるようにする。また、偏向器519及び520により、矩形電子線が視野内を移動するように、該矩形電子線を偏向する。

[0382] 一方、この照射により試料506から放出された2次電子は、対物レンズ505で集束され、軸合わせ偏向器511の近傍に拡大像を形成し、色収差補正器512を介して色収差が補正された像を、拡大レンズ513の手前に形成する。この実施形態では、色収差補正器512は、4極子レンズを4段重ねて構成されている。そして、拡大レンズ513により、拡大レンズ514の手前に拡大像を形成し、拡大レンズ514によりシンチレータ516の面に拡大像を形成する。このとき、偏向器519及び520により矩形電子線が視野内を移動するのに同期して、偏向器515により、シンチレータ516の対応する検出面に拡大像が形成されるように偏向する。

[0383] シンチレータ516は、マトリックス状に配置された複数の検出面を有しており、各検出面が1つの副視野に対応する。一次電子線が正方形に成形される場合には、シンチレータ516は、例えば4行4列に配置された16個の検出面を備えている。シンチレータ516の各検出面により検出された画像データは、512×512個の画素のCCD検出器(又はMOSイメージセンサ)群517に転送され、電気信号に変換される。

[0384] 対物レンズ505の内部には、MOL(Moving Objection Lens)偏向器7及び軸対称電極508が配置されている。電子線は、光軸から離れるほど収差が大きくなるが、これら偏向器及び軸対称電極により適切な電界又は磁界を与えることにより、対物レンズの軸の平行移動ができるので、広い視野を得ることが可能となる。MOL偏向器50

7は、光軸以外の視野からの2次電子の収差を小さくするための磁場を生成する。ここで、試料506から放出される2次電子はエネルギ幅を有するため、対物レンズを通過した2次電子像の軸上色収差が大きい。この軸上色収差を色収差補正器512により生じる軸上色収差で補正する。色収差補正器512による負の色収差と、対物レンズ505により生じる正の色収差の絶対値が等しくなるように、軸対称電極508に印加する電圧を調整する。

[0385] 本発明においては、このように軸上色収差を補正することにより、光軸近くの収差が小さくなる。また、軸外収差を補正するため、視野を複数の副視野に分割し、MOL偏向器を用いたことにより、CMOSイメージセンサが使用可能となり、高スループットの評価を行うことができる。

[0386] なお、対物レンズ505は、ボーア径Dが視野の直径の50倍以上となるように構成され、また、軸上色収差を小さくするために磁気ギャップ518が試料506側に設けられている。

[0387] 図57の(A)及び(B)は、本発明に係る電子線装置の第7の実施形態である電子線描画装置の電子光学系を示す説明図である。該装置において、図57の(A)に示すように、電子銃531から放出された電子線は、2つのコンデンサレンズ532及び533により一様照射領域が調整され、正方形等の矩形開口534に照射される。この矩形開口により成形された矩形電子線は、成形レンズ535によりキャラクタマスク536に結像される。キャラクタマスク536には、描画したいダイに配置されるべき回路パターンの拡大透過マスクが複数設けられている。偏向器546により矩形電子線を偏向することにより、キャラクタマスク536上の回路パターンのマスクが選択され、かつ、偏向器547により偏向することにより、矩形電子線が元の光軸に戻される。

[0388] パターン化された矩形電子線は、成形レンズ537及び縮小レンズ538を介して縮小され、色収差補正器539の手前に選択された回路パターンの縮小像を形成し、電磁レンズで構成された対物レンズ540を介して試料545上に縮小像を形成する。対物レンズ540の内部には、視野内の描画したい位置に回路パターン像を移動し、かつ偏向収差を小さくするための偏向器541～544が配置されている。なお、軸外収差は対物レンズ540の内部に設けられた電磁偏向器431～544の組み合わせで、

小さくすることができる。

[0389] このように、図57に示した電子線描画装置によれば、軸上色収差は色収差補正器539により補正することができ、軸外収差は対物レンズ540及び電磁偏向器541～544により補正することができる。したがって、NA開口550の開口角を大きくすることができるため、空間電荷効果を小さくすることができる。したがって、大きいビーム電流で描画を行うことができるので、高スループットでLSIパターン等を試料上に描画することができる。

[0390] なお、縮小レンズ538により形成される縮小像を、色収差補正器539の手前に形成し、該色収差補正器539が形成する像を、対物レンズ540による縮小率が約1となるような位置549に形成することが好ましい。

[0391] また、図57の(A)において、NA開口550を円形穴ではなく、図57の(B)に示すように、ドーナツ型とすることもできる。なお、従来、ドーナツ型開口は開口角が大きくなるため軸上色収差が大きくなり、そのため、従来はドーナツ型開口を使用していなかった。本発明においては、軸上色収差を補正器で補正することにより、大きい開口角のドーナツ型NA開口を使用することができ、その結果、空間電荷効果を小さくし、大きいビーム電流を用いることができる。

[0392] 図58は、本発明の電子線装置の第8の実施形態である試料評価装置を示している。この装置においては、電子銃561から放出された電子線をコンデンサレンズ562で集束し、複数の開口が設けられたマルチ開口板563の手前にクロスオーバを形成する。そして、クロスオーバから発散する電子線をマルチ開口に照射し、縮小率及び回転角を調整可能なレンズ564及び565により縮小像を位置Pに形成し、色収差補正器568及び電磁レンズである対物レンズ571を介して縮小像を試料574上に形成する。このとき、静電偏向器569及び575により、電子線を試料574上に走査させる。視野の光軸から離れた位置を走査する際の色収差を小さくするために、対物レンズ571のボーア径Dを、視野の50倍以上に設定することが好ましい。

[0393] この第8の実施形態においては、電子銃561はLaB_6を使用して構成することが好ましい。また、より広い視野を走査するために、電磁偏向器572及び573を設けている。これら電磁偏向器572及び573はMOL条件を満足している。すなわち、対物レ

ンズ571の軸上磁場分布は、磁気ギャップの中心にピークを持つガウス分布に近似する関数で表される。したがって、そのz軸方向すなわち光軸方向の微分すなわち変化分dzを見ると、磁気ギャップの中心で0となり、その上下で符号が逆の関数となる。その微分関数に比例するように、偏向器572及び573により生成される偏向磁場を調整すればよい。ただし、対物レンズ571のコアの内側面にフェライトのパイプ577を貼り付ける必要がある。

[0394] 試料574から放出されたマルチビームの2次電子線は、正の電圧が印加された軸対称電極576と、負の電圧が印加された試料574の面とが生成する加速電界により加速され、対物レンズ571を通過する。そして、対物レンズ571を通過する直前で、該対物レンズの内部上端に配置されたビーム分離器570により、走査方向と直交する方向（図の右側方向）に偏向され、拡大レンズ578及び580により拡大像をFOP（ファイバオプティカルプレート）板581のシンチレータ塗布面に結像される。FOP板581は、単なる板ではなく、FOPを構成している光ファイバーが分離した状態でそれぞれがPMT582に1対1で接続され、PMT582により光信号に変換される。

[0395] このように、試料から放出されたマルチビームである2次電子線は、1対1でPMT582に入力されるので、クロストークの問題を回避することができる。また、試料上に周期的なライン＆スペースパターンが形成されている場合、各PMT582から得られる信号は、参照番号583～585で示すように、高強度と低強度とが反復する周期波形となる。この周期波形は径583～585を観測して、これらのコントラストとオフセット値がほぼ同一となるように、PMT582及びその増幅器を調整する。

[0396] 図58に示した実施形態において、一次電子線のビーム分離器570による偏向色収差については、色収差補正器568が形成する像と静電偏向器569との間の距離D1が、静電偏向器569と電磁偏向器570の間の距離D2と等しくなるように設定することにより、2つの偏向器によって生じる偏向収差が相互にキャンセルされるため、1次電子線に偏向色収差は発生しない。また、2次電子像を電磁偏向器570の近傍に結像させるように設定することにより、2次電子像への偏向色収差も小さくすることができる。

[0397] 光軸から遠く離れた位置を走査したときに生じる像面湾曲は、回転レンズ564及び

565の内部の軸対称電極566及び567に印加する電圧を調整することにより、補正することができる。軸対称電極566及び567への印加電圧の変更により、電子線の回転もダイナミックに補正することができる。なお、回転レンズ564及び565は、軸上磁場の方向が互いに逆である既知のレンズである。色収差補正器568は、4段の4極子レンズを、2回対称収差、4回対称収差、コマ収差が発生しないように配置する。ビーム収差を観察しながら、色収差がゼロとなるように電極576に印加する電圧を調整する。

[0398] ここで、図59を参照して、図58に示したようなマルチビームを用いた試料評価装置において、試料面の画像を得る場合の方法について説明する。なお、図59は、試料面を模式的に示しており、x－y座標系のy軸方向はステージ連続移動方向であり、x軸方向は電子ビームの走査方向である。また、この例においては、マルチビームを6行5列に形成したものとする。

[0399] マルチビームが6行5列の場合、マルチビームの行をy座標（従って、列をx座標）に関して$\sin^{-1}(1/5)$だけ傾けることによって、マルチビーム走査時のラスタピッチを等しくすることができる。なお、ラスタピッチを画素の整数倍に設定すればよいが、光軸から一定の距離内で、できるだけ多くのマルチビームを使用するためには、ラスタピッチと画素寸法とを等しく設定することが好適である。n行m列（行はy軸方向に近接、列はx軸方向に近接）の場合は、m≦nであることが好適であり、ビーム間隔は、n×画素寸法／$\cos[\sin^{-1}(1/n)]$となる。ビームを直交するマトリックス状に配置すれば、最も多くのビームを単位面積内に配置することができるが、走査したときにラスタピッチが同一となるようにすれば、必ずしも直交配置する必要がない。

[0400] セル対セルの検査を行う際に図59に示すようなラスタ走査を行ったとき、同じビームの同じ走査で得られるセル内の同一位置597、598、599（又は、600、601、602）の信号同士を比較して欠陥検査等の評価を行う。

[0401] ダイ対ダイの検査を行う場合には、異なるダイ同士の同じy座標の位置の信号同士を比較して評価を行えばよい。異なるダイの同じy座標で同じ電子ビームからの信号同士を比較しても良い。

[0402] また、1走査分あるいは1セル分の2次元パターンを作成し、セル対セル検査では、

走査方向すなわちx軸方向の2次元パターンで比較評価を行い、ダイ対ダイ検査では、ステージ移動方向すなわちy軸方向のダイのデータ同士を比較評価することが好適である。

[0403] 図60は、本発明に係る電子線装置の第9の実施形態である試料評価装置の電子光学系を示す説明図である。この装置においては、電子銃611から放出された電子線はコンデンサレンズ612により集束され、開口板613に形成された正方形等の矩形の開口により矩形電子線に成形され、成形レンズ614及びユニポテンシャルレンズである対物レンズ617を介して試料618に照射される。

[0404] この照射により試料618から放出された2次電子は、対物レンズ617で加速され、ビーム分離器616により一次電子線と分離される。そして、静電偏向器619で垂直方向に偏向され、色収差補正器620の手前の位置621に結像し、色収差補正器620の像を拡大レンズ622、623により2段階で拡大して検出器624の検出面に像を結ぶ。

[0405] ここで、ビーム分離器616は純粋な電磁偏向器であり、2次電子線を偏向するための静電偏向器619の偏向量と同一の偏向量となるように設定し、かつ位置621及び偏向器619の間の距離と静電偏向器619及びビーム分離器616の間の距離を等しく設定することにより、偏向色収差は発生しない。また、対物レンズ617を単レンズで構成しても、NA開口625の位置を最適化することで、軸外色収差を無視できる程度に小さくすることができる。さらに、ビーム分離器616を図56に示した実施形態と同様なE×B分離器とし、偏向器619を電磁偏向器とすることもできる。

[0406] 視野内で矩形電子ビームを移動させたとき、電圧源626から対物レンズ617の上側電極又は下側電極に印加する電圧を調整することにより、像面湾曲を補正することができる。上側電極は、アースに近い電圧であるから、この像面湾曲を補正するレンズを0Vを中心とする電圧で駆動すればよいので、高速駆動が可能となる。軸上色収差は、シミュレーションにより得られる値と実際に生じる値とが僅かではあるが相違する場合がある。この相違は、対物レンズ617の中央電極627に印加される電圧と、その上下のいずれかの電極に印加される電圧とを調整することにより、ゼロにすることができ、これにより、色収差の補正をより確実にすることができる。

[0407] 図61は、本発明に係る電子線装置の第10の実施形態の転写装置の電子光学系を示す説明図である。電子銃は、加熱装置631、リング状カソード632、ウエーネルト633、アノード634で構成されている。電子銃により形成されるクロスオーバは、2段のコンデンサレンズ635及び636で拡大され、レチクル637上の1つの副視野を照射する。レチクル637で成形された電子線は、軸対称の磁気タブレットレンズ638及び640（640は対物レンズ）により、像面641の面上に1／4の縮小像（レチクルの1／4）を生成する。カソード像を対物レンズ640のバックフォーカル面642に結像させることによって、ホロービームとすることができ、球面収差を小さくすることができる。

[0408] レンズ638及び640の内部に配置された偏向器644及び643は、軸外収差を補正するための偏向器である。これら偏向器により、軸外収差を極めて小さくすることができ、また、球面収差はホロービームにより小さくすることができるため、軸上色収差が主な収差となる。本実施形態においては、この軸上色収差を、軸上色収差補正器639を設けることによって補正している。これにより、開口角を大きくしても像がぼけずに転写を行うことができ、スループットも向上する。開口角を10～11mradとしたホロービームとすることが好適である。これは、開口角がα1～α2（mrad）のホロービームである場合、α1≧10mradでかつα2－α1≦1mradに設定すると、空間電荷効果が小さくなり、大きい電流密度で転写ができるからである。軸上色収差補正器639は、図61に示すように、像面641の下方に配置され、像面641の像をこの収差補正レンズ639により試料面645に結像するようにすればよい。

[0409] 補正レンズ639は、図61の（B）に示したように、12分割された電極と磁極を持つウィーンフィルタであり、軌道639－1に示したように2回結像することにより、余分な収差を発生せずに負の収差を発生させる。参照番号639－2は、絶縁用のスペーサである。

[0410] 図62は、図56～58、図60及び図61に示したような光学系を複数有する装置、すなわち複数の光軸を有する電子線装置に組み込むことができる色収差補正器の1段の収差補正レンズ系の構造を示しており、図62の（A）及び（B）はそれぞれ、平面図及び断面図である。この例においては、2列m行に光軸が並べられている場合であり、1枚のセラミック基板に1段の4極子レンズが形成される。この1段の4極子レンズを

製造する場合、まず、セラミック基板の対向する2つの長縁にリブ664を形成し、光軸659～662のそれぞれの周囲に放射状に4本の溝を形成し、それぞれの電極651～654を形成する。次いで、全体にNiPの無電界メッキを施し、さらにAuメッキを施してコーティングを形成する。そして、図62の(A)に斜線で示した部分のコーティングを除去し、(B)に示したように、リード線をリブ664の側面部に(図面に垂直な方向)に接続する。また、穴663を、対向する2つの短縁に形成する。このようにして4極子レンズを4枚形成し、これら4枚を穴663が一致するように重畳し結合することにより、対応する光軸が一致するように組み立てる。このようにして製造された色収差補正器は、図56～58及び図60に示したような鏡筒とマルチ鏡筒とした電子線装置の色収差補正器として採用することができる。電極651～654の光軸659～662に対向している面は、双曲面の一部を形成している。

[0411] 図63は、本発明に係る電子線装置における第11の実施形態の試料評価装置の電子光学系を示している。この装置においては、偏向色収差を無くすことができるようにしている。電子銃671からの電子線は、一次光学系672に含まれるコンデンサレンズ673で位置674に結像され、該像を対物レンズ677で試料678上に結像する。このとき、電子線を静電偏向器675で偏向しかつ電磁偏向器676で試料678の面に垂直となるよう偏向するが、結像位置674と静電偏向器675の距離D3と、静電偏向器675と電磁偏向器676の距離D4を等しく設定している。これら距離を等しく設定することにより、2つの偏向器によって発生する偏向収差を相互にキャンセルすることができ、全体として偏向収差をゼロとすることができる。電磁偏向器676は、2次電子線を2次光学系679に向けるビーム分離器としても機能するが、ビーム分離器を電磁偏向器単独で構成することができるので、構造が単純になる。なお、図63に示した第11の実施形態においても、第6～第10の実施形態と同様に、軸上色収差補正器を備えても良い。

[0412] 図64は、本発明に係る電子線装置における第12の実施形態の試料評価装置の電子光学系を示している。この装置においては、3つの偏向器を用いて偏向色収差をゼロとするようにしている。図64において、電子銃671からの電子線は、一次光学系672に含まれるコンデンサレンズ673で位置674に結像され、該像を対物レンズ6

77で試料678上に結像する。このとき、電子線を第1～第3の偏向器680～682で偏向することにより、試料678の面に垂直となるよう偏向する。第1の偏向器680は、静電偏向器であっても電磁偏向器であってもよいが、静電偏向器であるとして説明する。第2の偏向器681は電磁偏向器であり、第3の偏向器682も電磁偏向器である。

[0413] 図64に示すように、第1～第3の偏向器680～682による偏向量をそれぞれβ、γ、αとし、位置674と第1の偏向器680との距離をD5とし、位置674と第2の偏向器681との距離をD6とし、第2の偏向器681と第3の偏向器682との距離をD7とする。

[0414] 電子銃671から垂直に放出された電子線を、試料678の面に垂直に入射させるためには、

$$\alpha = \gamma - \beta \qquad (1)$$

を満足する必要がある。

[0415] 一方、3つの偏向器により生じる偏向色収差がゼロとなるためには、

$$-2\beta \cdot D5 + \gamma \cdot D6 - \alpha \cdot D7 = 0 \qquad (2)$$

を満足する必要がある。

[0416] 上記式(1)及び(2)から、α：β：γの比を計算することができる。例えば、D5＝0の場合には、γ・D6＝α・D7であり、

$$\alpha / \gamma = D6 / D7 \qquad (3)$$

が得られる。式(3)を式(1)に代入すると、

$$\beta / \gamma = 1 - D6 / D7 \qquad (4)$$

が得られる。

[0417] このように、結像位置674及び第1～第3の偏向器680～682の位置及び偏向角を調整することにより、式(1)及び式(2)を満足させることができるため、試料678に一次電子線を垂直に入射できるとともに、偏向色収差をゼロにすることができる。

[0418] ビーム分離器により、1次電子線を小さく偏向し、2次電子ビームを大きく偏向すると、1次電子ビームに偏向色収差以外の収差が生じないので有利である。こうした実施形態を図64の(B)に示す。ビーム分離器682をE×B分離器とし、上記した式(1)～(4)と同様な方程式を解けば、αが小さくβが大きい条件が得られ、1次電子ビーム

を大きく偏向することなく2次電子ビームを大きく偏向し、しかも偏向色収差を0にすることができる。

[0419] なお、図64に示した第12の実施形態においても、第6～第10の実施形態と同様に、軸上色収差補正器を備えても良い。

[0420] ところで、電子線を用いた試料検査装置においては、分解能が必ずしも重要ではなく(走査顕微鏡の1／50～1／20程度でよい)、ビーム電流を増大させて検査速度を向上させることが重要となる。本発明のように多段の多極子レンズを用いることにより、ビーム電流を約10倍にすることができ、よって検査速度を約10倍向上させることができる。以下、これについて詳細に説明する。

[0421] 第6～第12の実施形態のような写像方式の電子線装置においては、ビーム電流を制限しているのはクーロン効果である。クーロン効果によるボケをδcとすると、

$$\delta c = I \cdot L / (\alpha \cdot V^{3/2}) \qquad (5)$$

ただし、I:ビーム電流

L:鏡筒長

α:開口角

V:電子ビームエネルギ

で表される。

[0422] 一方、写像方式の電子線装置においては、収差の内、軸上色収差が支配的(他の収差に比べて1桁以上大きい)であり、それ以外の収差はレンズ構成の工夫によって十分小さく抑えることができる。したがって、軸上色収差をゼロとすることにより収差を約1／10に低減することができ、それに反比例して開口角αを約10倍大きくすることができる。よって、式(5)から、ビーム電流を約10倍にしてもボケが増大することがなく、ボケを増大させずに検査速度を向上させることができる。

[0423] すなわち、ビーム電流Iにより1つの画素を走査する時間をt、電子の電荷をq、画素あたりの2次電子検出量をN個、2次電子放出率をηとすると、式

$$N = I \cdot \eta \cdot t / q$$

が成立する。ショット雑音より十分に大きい信号を得るためには、Nを一定値以上に大きくする必要があるが、ビーム電流Iが大きくなれば時間tが小さくなっても一定のN

値を得ることができる。したがって、走査時間を短くすることができるので、検査速度を向上させることができる。

[0424] また、図58に示した、1つの電子銃から放出される電子線をマルチ開口板によりマルチビームにしている第8の実施形態においては、電子銃としてLaB_6を使用した熱電子放出方式を採用することが好ましいが、このタイプの電子銃は、ショットキータイプの電子銃に対比して、色収差が約5倍大きい。これは、電子銃における色収差は、電子銃からの電子のエネルギ幅に依存し、エネルギ幅がショットキータイプの電子銃では0．6eVであるのに対し、LaB_6熱電子放出タイプでは3eVであって前者の5倍となっているからである。

[0425] したがって、第8の実施形態においては、色収差をゼロとすることができるようにしたことにより、色収差補正機能を備えていない装置に比べて、検査速度を5倍向上させることができる。さらに、シングルビーム又はマルチビームの写像投影型の鏡筒を複数並べた電子線装置においても、本発明の技術思想を適用すれば、検査速度を大幅に向上させることができることは言うまでもない。

[0426] 以上説明したように、本発明の技術思想を試料評価装置及びリソグラフィ装置に適用した場合には、色収差を補正することができるのでビーム径を大きくすることができ、よって高スループットで処理を行うことができる。また、試料評価装置に適用した場合には、空間電荷効果を低減させることができるので、よりスループットが向上する。

[0427] 図65の(A)は、本発明に係る電子線装置の第13の実施の形態の構成を概略的に示す図である。同図において、電子線装置は、電子銃691、一次電子光学系692、ビーム分離系693、対物光学系694、二次電子光学系695及び二次電子検出系696を備えている。

[0428] 電子銃691から放出された電子線は、一次電子光学系692における第1のコンデンサ・レンズ697及び第2のコンデンサ・レンズ698とによって拡大されて、長方形の成形開口を有する開口板699を照射する。これによって、断面が長方形の一次ビームが形成される。この長方形断面の一次ビームを成形レンズ700によってビーム成形し、倍率可変レンズ701によって拡大率を調整してからビーム分離系693に入射させる。ビーム分離系693は、例えば、静電偏向器702と電磁偏向器703とを備えたE×

B分離器である。ビーム分離系693に入射した一次ビームはその進行方向を試料Wに垂直な方向へと変える。

[0429] ビーム分離系693によって進行方向を試料Wに垂直な方向へ変更された一次ビームは対物光学系694に入る。対物光学系694は、リング状の開口と一次ビームが通る矩形状の開口とを有するNA開口板704、ダイナミック・フォーカス用電極705、高電圧印加電極706及び対物レンズ電極707を備えている。NA開口板704は、図65の(B)にその平面図を示すように、同一円周上に配列されてリング状の開口を作る複数個の(図65の(B)においては4個の)細長い穴715、716、717、718と、一次ビームを通過させるための矩形の穴719とを有する。ビーム分離系693を通過した長方形断面の一次ビームは矩形の穴719を通るよう偏向される。その後、一次ビームはダイナミックフォーカス用電極705、高電圧印加電極706及び対物レンズ電極707によって試料Wに合焦され、試料Wの試料面を照射する。

[0430] 断面長方形の一次ビームによって照射された試料Wから放出された二次電子は対物レンズ電極707が作る高電圧によって加速且つ収束されてNA開口板704の位置で二次電子の光軸と交わり、位置Pに拡大像を形成する。このNA開口板704が設けられた位置は、シミュレーションにより確認されたところによると、コマ収差と倍率色収差との合計が最小になる位置である。従来のNA開口板は1個の円形の穴が形成されたものであったが、空間電荷効果のために像のボケが増加するという問題があった。そこで、本発明においては、二次電子をNA開口板704のリング状の穴715～718により中空状のビームとし、該ビームのみを検出系696の方へ向かわせる。NA開口板704の穴715～718の幅Dは小さいので、二次電子光学系695での球面収差は十分小さい。しかし、このような電子線装置において大きい開口角のビームを利用するので、軸上色収差が大きな問題となり得る。そこで、ビーム分離系693によって一次電子と分離されて検出系696へ向かう中空状の二次電子は二次電子光学系695の複数段(この実施の形態においては4段)の四極子レンズで構成された軸上色収差補正レンズ708によって軸上色収差の補正がなされる。

[0431] 軸上色収差補正された二次電子は、軸上色収差補正レンズ708の像点709に配置された補助レンズ710とその下流側に配置された拡大レンズ711とによって拡大さ

れ、更に、その下流側の補助レンズ712及び拡大レンズ713によって拡大される。補助レンズ712は拡大レンズ713の主面にNA開口板704のリング状の穴715～718の縮小された像を形成する。こうして形成された二次電子像は拡大レンズ713で拡大され、拡大された像を検出系696のMCP(マイクロチャンネル・プレート)714に結像する。検出系696は拡大レンズ713によって投影された像を用いて試料Wの欠陥を評価するのに用いられる。

[0432] 図66の(A)は、本発明に係る電子線装置の第14の実施の形態の構成を概略的に示す図であり、第1の実施の形態と同様に、電子線装置は電子銃721、一次電子光学系722、ビーム走査・分離系723、対物レンズ724、二次電子光学系725及び二次電子検出系726を備えている。図66において、電子銃721はカソード731とウェーネルト電極732とを備え、カソード731は、図示のとおり、LaB_6単結晶からなる円筒状の材料の一方の端面にリング状のエッジを形成した形状をしている。このため、カソード731からは断面が中空状の電子線が放出される。ウェーネルト電極732はカソード731を取り囲み、該電極には、一次電子光学系2の第1のコンデンサ・レンズ733との間にクロスオーバー像C1を形成するような電圧が加えられる。

[0433] 一次電子光学系722は第1及び第2のコンデンサ・レンズ733、734、マルチ開口板735、縮小レンズ736及び軸上色収差補正レンズ737を備えている。電子銃721によって形成されたクロスオーバー像C1は拡大レンズである第1のコンデンサ・レンズ733及び第2のコンデンサ・レンズ734によって2段に拡大され、マルチ開口板735を一様に照射する。なお、第2のコンデンサ・レンズ734は、マルチ開口板735が広く且つ一様に照射されるよう、コンデンサ・レンズ734のクロスオーバー像C2がマルチ開口板735よりも少しコンデンサ・レンズ734側に来るよう励起を調整される。マルチ開口板735でマルチビームとされた一次ビームは縮小レンズ736で縮小され、軸上色収差補正レンズ737によって負の軸上色収差を有した状態でビーム走査・分離系723に入る。

[0434] ビーム走査・分離系723は走査偏向器738と電磁偏向器739と静電偏向器740とを備え、負の軸上色収差を持った一次ビームは走査偏向器738によって進行方向を電磁偏向器739へ向かうように変更され、更に、電磁偏向器739によって試料Wに

垂直に入射するよう進行方向を変えられる。このとき、ビーム走査・分離系723において一次ビームに偏向色収差が生じる可能性がある。そこで、走査偏向器738を軸上色収差補正レンズ737のクロスオーバー像C3とビーム走査・分離系723との中点に配置し、走査偏向器738と電磁偏向器739とで一次ビームを互いに逆方向に同一角度だけ偏向することによって、偏向色収差を補正するようにしている。上記負の軸上色収差を持ったビームは対物レンズの持つ正の軸上色収差で打ち消され、軸上色収差は補正される。静電偏向器740は試料上でマルチビームを走査するために使用される。

[0435] ここで、図66の(B)を用いて軸上色収差補正レンズ737について説明する。この補正レンズ737はウィーンフィルタとも呼ばれ、端面から放出されたビームを2回集束させるが、クロスオーバー像C3では非分散となって負の軸上色収差を発生させる。図66の(B)は補正レンズ737の断面のうち1／4の部分だけを示している。ここから分かるように、補正レンズ737は十二極であり、二極子場でウィーン条件を満たさせ、四極子電場・磁場によって軸上色収差を負にするのみでなく、六極子場の電場・磁場を印加することによって負の球面色収差をも発生させることで」、主に対物レンズ742で生じる球面収差を一部補正することができる。球面収差の方が大きい場合には、球面収差の大部分と軸上色収差の一部を補正するようにしてもよい。

[0436] 十二極の電極746はパーマロイBで作られ、コイル747に電流を流すことによって二極子、四極子、六極子磁場を発生させる。図中、参照数字749はパーマロイ製のコアを示しており、748は各電極を絶縁するためのスペーサである。

[0437] ビーム走査・分離系723を通過した一次ビームは対物光学系724におけるNA開口板741にカソード31の像を結ぶ。これは、縮小レンズ736を調整することにより実現される。そのため、NA開口板741は中空状のビームを通すのに十分大きな穴を有する。マルチ開口板735で成形され且つ縮小レンズ736で縮小されたマルチビームは更に対物レンズ742によって縮小された後、試料Wを照射する。この場合、走査偏向器738と補助偏向器740とに走査信号を与えることにより、試料Wの試料面上を一次ビームで走査することができる。このときの偏向支点はNA開口板41の開口位置である。

[0438] 一次ビームの照射によって試料Wから二次ビームがマルチビームとして放出される。放出された二次ビームは、対物レンズ742の高電圧で加速されてからNA開口板741の開口を通過し、電磁偏向器739によって一次ビームから分離されて二次電子光学系725の方へ進行する。二次電子光学系725は複数段(この実施の形態においては2段)の拡大レンズ743、744を備え、これらの拡大レンズ743、744によって二次ビームは拡大されて検出系726のマルチ検出器745に結像する。このとき、拡大レンズ743、744をズームレンズとすることにより、マルチ検出器745を構成する複数の検出器相互の間隔と二次ビームをなすマルチビームの像相互の間隔とを正確に一致させることができるばかりでなく、二次ビームが試料Wを照射する単位面積即ち画素の寸法を2倍、4倍、1／2倍、1／4倍等に変化させたときにも検出器の間隔を変えることなく二次ビームの検出が可能である。

[0439] 図67は、本発明に係る電子線装置の第15の実施の形態の構成を概略的に示す図であり、電子線装置は電子銃751、一次電子光学系752、ビーム走査・分離系753、対物光学系754及び二次電子検出系756を備えている。

[0440] 電子銃751は、カソード761とウェーネルト電極762とアノード763を備え、カソード761は、図示のとおり、LaB_6単結晶からなる円筒状の材料の一方の端面にリング状のナイフエッジを形成するよう研磨された形状をしている。ナイフエッジが作るリングの直径は例えば0．6mmである。これにより、カソード761から中空状の電子線が放出される。カソード761の周囲はウェーネルト電極762によって取り囲まれ、ウェーネルト電極762は、カソード761の後方に虚のクロスオーバー像C4が形成されるよう、カソード761に対して負にバイアスされる。カソード761のナイフエッジが形成された端面に対向するウェーネルト電極762の面は、カソード761から放出された一次ビームを通過させるための穴が形成された平面状の電極となっている。この穴の直径は例えば3mmであり、カソード761の先端即ちナイフエッジの先端とウェーネルト電極762の平面状の電極との間隔は例えば300μmである。

[0441] 電子銃751から出射された一次ビームは、第1の縮小レンズ764、第2の縮小レンズ765及び軸上色収差補正レンズ766を備えた一次電子光学系2によって処理されてビーム走査・分離系753に入る。これについて詳述すると、虚のクロスオーバー像

C4は第1の縮小レンズ764及び第2の縮小レンズ765によって縮小され、第2の縮小レンズ765はクロスオーバー像C5を形成する。軸上色収差補正レンズ766は第1の四極子レンズ767、第2の四極子レンズ768、第3の四極子レンズ769、第4の四極子レンズ770、第1の四極子磁気レンズ771及び第2の四極子磁気レンズ772とを備えており、クロスオーバー像C5の軸上色収差補正されたクロスオーバー像C6を形成する。こうしてクロスオーバー像C6を形成した一次ビームはビーム走査・分離系753に入る。

[0442] ビーム走査・分離系753は走査偏向器773、電磁偏向器774及び静電偏向器775を備え、一次ビームは走査偏向器773によって進行方向を変えられ、更に電磁偏向器774によって試料Wに垂直に入射するよう進行方向を変えられる。このとき、ビーム走査・分離系753によって一次ビームに偏向色収差が生じる可能性がある。そこで、走査偏向器773を軸上色収差補正レンズ766のクロスオーバー像C6とビーム走査・分離系753との中点に配置し、走査偏向器773と静電偏向器775とで一次ビームを互いに逆方向に同一角度だけ偏向することにより偏向色収差を補正するようにしている。

[0443] ビーム走査・分離系753を通過した一次ビームは、対物光学系4のNA開口板776にカソード761の像を結ぶ。これは、縮小レンズ765を調整することにより実現される。カソードの像をNA開口板776に結像させることにより、NA開口板776の位置では一次ビームは中空状になっている。負の軸上色収差を有するクロスオーバーはNA開口板の位置で中空状のビームとなり、対物レンズ777によって縮小された後、試料Wを照射する。このとき、カソード761の像に対して試料Wから見た開口角が例えば100mradになるよう、一次電子光学系752の設計がなされることが好ましい。この100mradという開口角は、一次ビームが中実ビームであれば球面収差が問題になるが、本発明においては一次ビームは中空状なのでリング幅が狭ければ、球面収差を無視することができる。

[0444] なお、虚のクロスオーバーC4は2段の縮小レンズ764、765及び対物レンズ777によって例えば1／1000程度に縮小される。ここで、走査偏向器773と静電偏向器775とに走査信号を与えることにより、試料Wの試料面上を一次ビームで走査することが

でき、このときの偏向支点はNA開口板776の開口位置である。

[0445] 一次ビームの照射によって試料Wから放出された二次電子は対物レンズ777の高電圧で加速されてNA開口板776の開口を通過し、ビーム走査・分離系753によって一次ビームから分離されて検出系756に入る。検出系756としては例えばSE検出器778を使用することができる。

[0446] 以上説明したところから理解されるように、第13～第15の実施の形態においては、試料W上でのビームは軸上色収差を補正され、空間電荷効果によるボケも小さいので、大きいビーム電流で小さいビーム径のビームを形成することができる。

[0447] なお、図53及び図54に示す製造工程に、図56～図70により説明した電子線装置を利用することによって、デバイスを製造することができる。すなわち、本発明に係る電子線装置をステップ403のチップ検査工程に対して用いて欠陥検査を行うと、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループット良く検査を行うことができ、全数検査が可能となるばかりでなく、製品の歩留まりを向上させ、欠陥製品の出荷を防止することが可能になる。

[0448] 以上、説明したところから理解されるように、本発明は、リング状の開口を有する開口板を設けたことによって一次ビームを中空状に生成したため、空間電荷効果の影響が低減されるという効果を奏する。

[0449] 図68は、本発明に係る電子線装置の第16の実施の形態の構成を概略的に示す図で、この電子線装置は電子線放出部781、一次電子光学系782、ビーム分離系783、対物光学系784、二次電子光学系785及び検出系786を備えている。電子放出部781は電子銃790を備え、電子銃790は単結晶LaB6カソードを有し、空間電荷制限条件で動作する。

[0450] 電子銃790から放出された一次ビームは一次電子光学系782に入る。一次電子光学系782はコンデンサ・レンズ791、マルチ開口板792、回転補正レンズ793、NA開口板794、縮小レンズ795及び軸上色収差補正レンズ796を備えており、電子銃790からの一次ビームはコンデンサ・レンズ791によって集束され、複数の穴を有するマルチ開口板792を一様に照射する。マルチ開口板792によってマルチビームとされた電子線は、コンデンサ・レンズ791及び回転補正レンズ793によってクロスオー

バーをNA開口板794に結ぶ。コンデンサ・レンズ791と回転補正レンズ793により、上記クロスオーバーをNA開口板794に固定した状態でマルチ開口板792を照射する領域を調整し、或いはマルチ開口板792を照射する電流密度を調整することができる。

[0451] NA開口板794を通過したマルチビームは縮小レンズ795によって縮小されて点797にマルチ開口板792の像を形成する。この像は、軸上色収差補正レンズ796により、負の軸上色収差を有するマルチ開口板792の像798となる。像798を形成したマルチビームは静電偏向器799、電磁偏向器800及び静電偏向器801を備えたビーム分離系783によって進行方向を試料Wに垂直な方向へ変更され、更に、対物レンズ802によって集束されて試料Wに最終像を形成する。なお、上記の負の軸上色収差は対物レンズ(後述する)の正の軸上色収差によって打ち消されるので色収差はなくなる。

[0452] 軸上色収差補正レンズ796は複数段、例えば4段の四極子レンズQL1、QL2、QL3、QL4と磁気四重極子803、804とを備えており、縮小レンズ795や対物レンズ802によって発生された軸上色収差を四極子レンズQL1～QL4と磁気四重極子803、804とによって打ち消すよう設計されている。また、マルチビームによる試料Wの走査は2段の静電偏向器799、801が担当し、特に、静電偏向器799に与える走査信号と静電偏向器801に与える走査信号との比を最適化することによって偏向支点を最適化することにより、走査時の収差を低減することができる。ここで、ビーム分離器の偏向色収差は、マルチ開口板792の縮小された像798と静電偏向器799との距離を、像798と電磁偏向器800との距離の半分にすることにより、ほぼ完全に補正することができる。

[0453] 試料Wの走査点から放出された二次電子群は対物レンズ802の高電圧によって加速され、電磁偏向器800によって一次ビームと分離されて二次電子光学系785に入射する。二次電子光学系785は拡大レンズ805と回転補正レンズ806、807とを備える。電磁偏向器800によって分離された二次電子線は拡大レンズ805によって拡大され、更に回転補正レンズ806、807で拡大されて検出系6に拡大像を形成する。検出系786は複数の検出器が同一面上に配列されたマルチ検出器808であって、こ

れにより、マルチビームをなす各ビームを独立に各検出器で検出することができる。回転補正レンズ806、807は電流制御タイプであり、互いに逆方向の光軸上磁場を発生するよう電流が制御される。

[0454] 図69は、図68におけるマルチ開口板792によって一次ビームから形成されたマルチビームによって照射される試料W上の領域にどのようにビームが配置されるかを示すビーム配置図であり、それぞれのビームの位置は黒丸で示される。図69において、円811によって囲まれる領域は電子銃790から放出されたビームによってマルチ開口板792が一様に照射される領域、又は、光学系の収差が指定された値以下になる領域であって、その直径d1は例えば4μmである。この領域は、具体的には、光軸上のビーム強度に対して90%以上のビーム強度が得られる領域である。

[0455] 90%以上の強度で領域を照射するのは、マルチビームの強度がそろっていないと画像形成に支障があることである。更に、全てのマルチビームを細く絞るために光学系の収差を予め決められた値以下にする必要がある。また、軸上色収差を補正レンズによって補正することができることは公知であるが、光学系は軸対称ではないので軸外収差も多いものと予測される。そこで、軸上色収差補正レンズ796の軸外収差が所定の閾値より小さい領域を円811としてもよい。実際には、これらの条件が満たされねばならない。

[0456] 図に示すとおり、直交する2つの軸X、Yを持つ座標を領域上に取ると、マルチビームはXY平面上にm行n列のマトリクス状に配置される(ただし、m及びnは正の整数で、mはX軸方向の、nはY軸方向のビーム数である)。列の相互間隔d2は例えば403nmである。これにより、領域811内にm×n個のビームが作られる。そこで、試料WをX軸方向に走査する際、走査方向をX軸に対して$\sin^{-1}(1/m)$だけ傾けることによって、Y軸へ投影したときの各ビーム間の距離d3を全て等しくすることができる。例えばm=8とすると$\sin^{-1}(1/8)$=7.18度であり、d3は例えば50nmである。こうしてX軸方向へ走査したときのラスタ・ピッチ、すなわち、1つのビームが試料Wを走査する際の隣り合う軌跡間の距離を1個の画素の寸法と等しく又はその整数倍にすることにより、マルチチャンネルのSEM像を無駄なく形成することができる。

[0457] ビーム間隔d2は画素寸法×m/cos($\sin^{-1}(1/m)$)となり、mが大きいと分母は1

に近くなってビーム間隔は画素寸法のm倍になる。ここで、mが大きくなると、ビーム間隔が広がってしまい、一定の収差に収まる円内に多くのビームを配置するのには不利となる。逆に、二次電子線のビーム間隔が大きい方が、マルチ検出器808によるビームの検出は容易になる。こうした意味で、ビーム数を優先させるならば，m＜nとするのがよく、逆に、ビームの検出し易さを優先させるならm＞nとするのがよい。

[0458] なお、m≠nである場合であっても、図69に示すように、追加のビーム812～821をm行n列のマトリクス配置の外側に更に配置しても、ラスタ間隔を等しくすることができる。

[0459] 以上詳述したように、本発明の第16の実施の形態においては、軸上色収差補正レンズ796の使用によって一次ビームの軸上色収差を補正するので、スループットを大きくしても高分解能での評価を行うために必要なS／N比を得ることができる。加えて、電磁偏向器800をマルチ開口板792の縮小像798と対物レンズ802との間に配置したので、一次ビームと二次電子群とが共通に通過する距離が短縮され、二次ビームが一次ビームに与える空間電荷効果が低減されて、多数の細く絞ったビームで試料Wを走査することができる。

[0460] 次に、図70により、本発明に係る電子線装置の第17の実施の形態を説明する。この実施の形態においても、電子線装置は電子線放出部831、一次電子光学系832、ビーム分離系833、対物光学系834、二次電子光学系835及び検出系836を備える。電子線放出部831の電子銃840から放出された電子線は一次電子光学系832のコンデンサ・レンズ841で集束されて成形開口板842を一様な強度（例えば、強度不均一性20％以内）で照射する。これにより、成形開口板842を通過した電子線は断面が矩形のビームに成形される。

[0461] こうして断面矩形とされた一次ビームは、一次電子光学系832を更に構成する回転補正レンズ843、844、成形レンズ845及び軸合わせ偏向器846、847を通ってビーム分離系833に入る。ビーム分離系833は電磁偏向器848を備え、電磁偏向器848によって、一次電子光学系832を通過してきた一次ビームの進行方向は試料Wに垂直な方向へ変えられる。電磁偏向器848によって進行方向を変えられた一次ビームは対物レンズ系834のNA開口板849に設けた一次ビーム用の開口を通過し、対物

レンズ850によって集束されて試料Wに結像される。

[0462] なお、軸合わせ偏向器846、847は、一次ビームとそれの照射によって試料Wから放出された二次ビームとが電磁偏向器848と試料Wとの間で別個の軌道を取るようずらすために設けられている。図70において、点線851は、これらの軸合わせ偏向器846、847によってずらされた一次ビームの軌道を示している。図では、二次電子の軌道は横方向に拡大して表示されているので、二次電子の内部を一次電子が通っているように見えるが、実際は一次ビームは二次ビームの外側を通る。また、図70に示すように、成形開口板842に複数の開口が設けられているのは、照射電圧を変えるため加速電圧を変えたことによる倍率の変化を補うためである。さらに、2つの回転補正レンズ843、844は、成形開口板842によって断面矩形とされた一次ビームが一次電子光学系832の各種レンズによる加速電圧を変えたことによる回転角が変わるので、その回転量を補正するために用いられている。

[0463] 一次ビームの照射によって試料Wから放出された二次ビームは対物レンズ850及びNA開口板849を通過し、電磁偏向器848によって一次ビームから分離され、ビーム分離系833の静電偏向器852によって偏向されて点853に拡大像を形成する。静電偏向器852は、電磁偏向器848によって生じた偏向色収差を補正するために、電磁偏向器848と同じ角度だけ逆方向に偏向するために設けられている。偏向色収差を補正するため、点853と電磁偏向器848との間の距離は、点853と静電偏向器852との間の距離の2倍に設定される。

[0464] 対物レンズ849によって点853に拡大像を形成した二次ビームは、非分散のウィーンフィルタからなる軸上色収差補正レンズ854によって軸上色収差補正され、補助レンズ855の主面に結像される。そこで、補助レンズ855はNA開口板849の像を拡大レンズ856の主面に像857として結像させ、これによって、拡大レンズ856でのビームの広がりを小さくし、拡大レンズ856で発生する歪み収差を小さくする。NA開口板849の像857は2段の拡大レンズ856、858によって拡大されて検出系836のMCP（マイクロチャンネル・プレート）859に拡大像を作る。こうして、試料Wの像が検出される。なお、拡大レンズ856による拡大像の像点に補助レンズ860が配置される。補助レンズ860は、NA開口板849の像857を拡大レンズ858の主面に形成する機能

を有する。

[0465] ここで、軸上色収差補正レンズ854について説明する。この補正レンズ854はウィーンフィルタとも呼ばれ、端面から放出されたビームを2回集束させるが、2つ目のクロスオーバー像では非分散となって負の軸上色収差を発生させる。図71は補正レンズ854の断面のうち1／4の部分だけを示している。ここから分かるように、補正レンズ854は十二極であり、二極子の電磁場でウィーン条件を満たさせ、四極子電場・磁場によって軸上色収差を負にするのみでなく、六極子場の電場・磁場を印加することによって負の球面色収差をも発生させることで、主に対物レンズ850で生じる球面収差を一部補正することができる。十二極の電極854－1はパーマロイBで作られ、コイル854－2に電流を流すことによって二極子、四極子、六極子磁場を発生させる。図中、参照数字854－3はパーマロイ製のコアを示しており、854－4は各電極を絶縁するためのスペーサである。

[0466] 上記のとおり、二次電子光学系5においては、二次ビームの軸上色収差補正がなされているので、NA開口板849を大きくしても、収差は小さくなり、大きい開口角の二次ビームがNA開口板849を通過することができる。したがって、二次ビームの透過率が大きく、画素当たり多くの二次ビームがMCP859に入るので、高速で画像処理を行うことができるという利点がある。

[0467] 図70において、符号857は、NA開口板849を拡大レンズ856の主面に結像させた像を示している。NA開口板849の光学的共役面857の位置は、補助レンズ855の焦点距離を調整することによって、二次ビームの光軸に沿う任意の位置に設定することができる。こうした設定を行っても、補助レンズ855の主面には、軸上色収差補正された二次ビームの像が形成される。NA開口板849の位置を設計するのは、視野の端から放出された二次ビームと光軸近くから放出された二次ビームとが光軸と交わる位置が僅かに異なることを利用する。視野の端から出た二次ビームが光軸と交わる位置にNA開口板849が位置するよう設計することにより、視野の端から出た二次電子線に基づく信号を強めることができ、これにより、電子銃が視野の端でのビーム電流密度を大きくすることができないという問題を一部解決することができる。

[0468] 一方、視野の形状に関しては、軸上色収差補正レンズ854は視野を大きくすること

ができない。このため、一次ビームによって試料Wの面を円形に照明するようにし、MCP859は例えば2048×2048画素の正方形の検出面を持つことが好ましい。

[0469] 上記の2つの実施の形態において、対物レンズ802、850が電磁レンズである場合には、試料Wの法線方向に放出された二次電子線は光軸と交わらない。しかし、法線方向に対して8．5度傾いた方向に放出された二次電子線は光軸と交わることがシミュレーションによって判明した。二次電子線は余弦法則に従って放出されるので、8．5度傾いた方向に放出された二次電子線の強度はcos8．5＝0．9であって、光軸方向に放出される二次電子線と大差ない。したがって、本発明においては、試料Wの法線方向から8．5度傾いた方向に放出される二次電子線を利用することにより、所期の動作を行うことができる。

[0470] 以上、本発明に係る電子線装置及び該装置を使用した半導体デバイス製造方法について説明してきたが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではなく、当業者にとって自明なように、種々の修正及び変更が可能である。例えば、検出系6に用いる検出器として、MCPやマルチ検出器のような面センサに代えて線センサを用いても良い。本発明においては、一次電子光学系又は二次電子光学系に軸上色収差補正レンズを設けたので、スループットを大幅に向上させ、高分解能での試料評価を行うことができる。軸上色収差補正レンズの視野は比較的狭いが、二次元的な広がりを持つ、例えば正方形の視野を用いることにより、試料の二次元像を効率よく得ることができる。また、一次ビームと二次ビームとが共に通る距離が短いため、空間電荷効果による影響が緩和されるという効果も奏される。

[0471] 以上、本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明の技術思想から離れることなく、これら実施態様の変形、変更が可能であることは明らかであろう。

請求の範囲

[1] 試料の表面を検査するための写像投影型の電子光学系を有する電子線装置において、

電子ビームを放出する電子銃と、

該放出された電子ビームを試料上に導いて照射する一次電子光学系と、

電子を検出する検出器と、

電子ビームの照射により試料から放出された、試料表面の情報を得た電子ビームを検出器に導く2次電子光学系と

を備え、

一次電子光学系及び2次電子光学系の少なくとも一方は、多極子レンズを含んで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、多極子レンズは、2次電子光学系の拡大レンズと1次電子ビーム及び2次電子ビームを分離するビーム分離手段との間に配置されていることを特徴とする電子線装置。

[3] 請求項2記載の電子線装置において、試料面に最も近接した対物レンズを、磁気ギャップが試料側に設けられた電磁レンズとし、該電磁レンズで生じた軸上色収差を、2次電子光学系に配置した多極子レンズで補正することができるようにしたことを特徴とする電子線装置。

[4] 請求項1記載の電子線装置において、多極子レンズは、1次電子光学系の縮小レンズと1次電子ビーム及び2次電子ビームを分離するビーム分離手段との間に配置されていることを特徴とする電子線装置。

[5] 請求項4記載の電子線装置において、

一次電子光学系は、軸対称レンズを含み、

該軸対称レンズは、視野端での軸外収差が予め設定した所定値以下となるように設定され、かつ、電磁レンズで構成され、該レンズのボーア径を視野の最大直径の50倍以上とした

ことを特徴とする電子線装置。

[6] 請求項1記載の電子線装置において、

1次電子光学系は、電子銃からの電子ビームをマルチ電子ビームに変換する手段を備え、

検出器は、該マルチ電子ビームの試料上の照射点から放出される2次電子ビームであるマルチ電子ビームを個別に検出する検出部を備えている

ことを特徴とする電子線装置。

[7] 請求項1記載の電子線装置において、多極子レンズは、4段の4極子レンズであることを特徴とする電子線装置。

[8] 試料の表面の欠陥を検査する欠陥検査システムにおいて、

請求項1記載の写像投影型の電子光学系を有する電子線装置と、

該電子線装置の検出器により検出した電子に含まれる試料表面の情報に基づいて、試料表面の画像を生成する画像取得手段と、

該取得した画像を参照画像と対比して試料表面の欠陥の有無を検査する欠陥評価手段と

を備えていることを特徴とする欠陥検査システム。

[9] 請求項7記載の欠陥検査システムにおいて、該システムはさらに、

試料を搬送する試料搬送系と、

試料を載置する試料載置ユニットと、

該試料載置ユニットを2次元移動させるXYステージと、

試料載置ユニットとXYステージとを収納し、かつ真空状態に保持するメインチャンバと、

メインチャンバと試料搬送系との間にあり、試料を試料搬送系からメインチャンバに移動させるときに、メインチャンバの真空状態を保持させるロードロック室と

を備えていることを特徴とする欠陥検査システム。

[10] 請求項9記載の欠陥検査システムにおいて、試料搬送系は、試料へのパーティクルの付着を防止する機能を有する静電チャックを備えていることを特徴とする欠陥検査システム。

[11] 請求項7記載の欠陥検査システムにおいて、XYステージは、その少なくとも1軸方向に、差動排気機構を有するエアーベアリングを備えていることを特徴とする欠陥検査

システム。

[12] 試料から放出される二次電子又は反射電子を写像投影光学レンズ系で拡大像を作り、TD1又はCCD検出器で検出させることにより試料像を得る電子線装置において、電子銃から放出された電子線を開口により矩形に整形し、E×B分離器より下で、試料から放出される二次電子又は反射電子とずらした軌道を通るようにし、対物レンズにより試料面に合焦し、該対物レンズを磁気レンズで構成し、試料と対物レンズ主面間距離を対物レンズのボーア半径より大きくすることを特徴とする電子線装置。

[13] 前記電子線装置において、前記対物レンズのボーア径が視野の直径の80倍以上であるようにすることを特徴とする、請求項12記載の電子線装置。

[14] 前記磁気レンズに関し、その磁気ギャップの近傍には軸対称の円筒電極を設けて、正の高電圧を与え、円筒電極と試料間は放電を回避できる十分な距離を確保するようにしたことを特徴とする請求項12又は13記載の電子線装置。

[15] 前記電子線装置において、試料から放出される二次電子又は反射電子は、E×B分離器により偏向された後に、写像投影光学レンズ系に入射し、該レンズ系はNA開口をレンズ主面近傍に有する電磁レンズを少なくとも1段は有する構成とすることを特徴とする請求項12から14のいずれか記載の電子線装置。

[16] 前記写像投影光学レンズ系は、静電レンズの補助レンズと拡大電磁レンズとを有する構成とし、上記静電レンズは電圧印加可能の電極を2枚以上有し、上記レンズ系は前段レンズが作る試料像位置を上記補助レンズの主面に結像させる構成であり、上記静電レンズを駆動する電極を選択することにより拡大率を可変とする請求項12から15のいずれか記載の電子線装置。

[17] 試料から放出される二次電子又は反射電子を写像投影光学レンズ系で拡大像を作り、TD1又はCCD検出器で検出させることにより試料像を得る電子線装置において、電子銃から放出される電子線を開口により矩形に整形し、E×B分離器より下で、試料から放出される二次電子又は反射電子とずらした軌道を通るようにして、対物レンズにより試料面に合焦し、最終段レンズを少なくとも5枚の電極を有する静電レンズとし、その中央の電極に与える電圧を、その前後の電極に与える電圧と符号の異なる電圧を与えることを特徴とする電子線装置。

[18] 前記電子線装置において、対物レンズとして、試料側のボーア径が検出側のボーア径まり小さい磁気レンズを用いることを特徴とする請求項17記載の電子線装置。

[19] 前記電子線装置において、対物レンズを磁気レンズで構成し、対物レンズの主面を挟んで前後に2段の電磁コイルを設け、これらの偏向器はMOL条件をほぼ満たすようにすることを特徴とする請求項17又は18記載の電子線装置。

[20] 前記電子線装置において、像面湾曲収差及び非点収差を補正し、視野の中央部と視野の端とでビーム分解能の差を小さくするように調整することを特徴とする請求項6から8のいずれか記載の電子線装置。

[21] 半導体デバイスを製造する方法において、(イ)ウェーハを準備し(ロ)マスク基板を準備し、マスクを製作し、(ハ)ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプ□セッシング工程を経て、(ニ)得られたウェーハを請求項12から20のいずれか記載の前記電子線装置を用いて評価を行い、前記(ハ)前記(ニ)のステップを必要な回数繰り返し、(ホ)ウェーハを切断し、デバイスに組み立てることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

[22] 写像投影型の電子線装置において、

電子銃と、

多極子レンズを有する軸上色収差補正手段と、

MOL動作を行う対物レンズと

を備え、分割された視野内領域でMOL動作を行いながら、電子線を試料上に照射することを特徴とする電子線装置。

[23] 請求項22記載の電子線装置において、電子線装置はリソグラフィ装置であり、該装置はさらに、試料上に形成すべきパターンを有するマスク又はレチクルを備えていることを特徴とする電子線装置。

[24] 請求項22記載の電子線装置において、電子線装置は試料上に形成されているパターンを評価するための試料評価装置であることを特徴とする電子線装置。

[25] 請求項22記載の電子線装置において、該装置はさらに、対物レンズを有し、その内部に、対物レンズの軸上磁場分布の光軸方向に関する微分値に比例する偏向磁界を発生させる偏向器を備えていることを特徴とする電子線装置。

[26] 矩形状の一次ビームを試料に照射し、該試料から放出される二次電子を電子光学系で検出面に拡大投影して検出する電子線装置において、

前記電子光学系に、前記二次電子を中空状のビームに変形するためのリング状開口を有する開口板を設けたことを特徴とする電子線装置。

[27] 前記リング状開口の幅が球面収差を無視し得るほど小さいことを特徴とする、請求項26に記載の電子線装置。

[28] 前記電子光学系が、前記二次電子の軸上色収差を補正するための補正レンズを更に備えることを特徴とする、請求項26又は27に記載の電子線装置。

[29] 電子銃から放出された一次ビームを対物光学系を介して試料に照射し、該試料から放出される二次電子を検出する電子線装置において、

前記一次ビームを前記対物光学系を通過する際に中空状のビームに変形して前記試料を照射するとともに、前記二次電子を検出して前記試料の評価を行う評価装置と、

前記一次ビーム又は前記二次電子の軸上色収差を補正する補正レンズと、

を具備することを特徴とする電子線装置。

[30] 前記電子銃のカソードが、リング状のエッジを有するカソードを備えることを特徴とする、請求項29に記載の電子線装置。

[31] 前記一次ビームをマルチビームに変形して前記試料に照射させるマルチ開口板を更に備え、前記二次電子を複数の検出器で検出することを特徴とする、請求項29又は30に記載の電子線装置。

[32] 請求項26～31のいずれか一つに記載の電子線装置を用いてデバイスを製造する方法であって、

a. ウェーハを用意する工程と、

b. ウェーハ・プロセスを実施する工程と、

c. 前記工程bを経たウェーハを評価する工程と、

d. 前記工程a～cを必要回数だけ反復する工程と、

e. 前記工程d後のウェーハを切断してデバイスに組み立てる工程と、

を具備することを特徴とするデバイス製造方法。

[33] m行n列に配列された複数の一次ビームで試料を走査し、前記試料から放出された二次ビームを検出して前記試料の評価を行う電子線装置であって、

前記走査を行方向に対して1／mに相当する角度だけ傾いた方向にm×n個のビームを同時に走査し、前記走査のラスタ・ピッチを画素寸法の整数倍とすることを特徴とする電子線装置。

[34] 試料面に断面矩形の電子線を照射し、該試料から放出される二次電子線を、NA開口板を含む写像投影光学系で拡大し、前記試料の像を得る電子線装置であって、

収差の最小になる位置に、前記NA開口板を配置し又は前記NA開口板の光学的共役面を形成することを特徴とする電子線装置。

[35] 前記拡大像が正方形であることを特徴とする、請求項34に記載の電子線装置。

[36] 複数の一次ビームを試料に照射し、該試料から放出される複数の二次電子線をビーム分離器で前記一次ビームから分離し、拡大光学系で前記複数の二次電子線間の距離を拡大して検出器に入射させる電子線装置であって、

前記複数の一次ビームの軸上色収差を補正する補正レンズを備え、前記ビーム分離器が前記補正レンズと前記試料との間に配置されることを特徴とする電子線装置。

[37] 一次ビームを断面矩形に成形し且つ対物レンズで集束して試料を照射し、該試料から放出された二次電子線を前記対物レンズで加速・集束し、NA開口板を含む拡大光学系によって拡大してセンサにて検出する電子線装置であって、

前記対物レンズが電磁レンズであり、

前記試料の法線方向に対して指定された方向を中心に放出される前記二次電子線が通過する位置に前記NA開口板の光学的共役面を位置させたことを特徴とする電子線装置。

[38] 請求項33～37のいずれか一つに記載の電子線装置を用いてデバイスを製造する方法であって、

a. ウェーハを用意する工程と、

b. ウェーハ・プロセスを実施する工程と、

c. 前記工程bを経たウェーハを評価する工程と、

d. 前記工程a～cを必要回数だけ反復する工程と、

e. 前記工程d後のウェーハを切断してデバイスに組み立てる工程と、

を具備することを特徴とするデバイス製造方法。

１次電子光学系は、電子銃からの電子ビームをマルチ電子ビームに変換する手段を備え、

検出器は、該マルチ電子ビームの試料上の照射点から放出される２次電子ビームであるマルチ電子ビームを個別に検出する検出部を備えている

ことを特徴とする電子線装置。

[7] 請求項１記載の電子線装置において、多極子レンズは、４段の４極子レンズであることを特徴とする電子線装置。

[8] 試料の表面の欠陥を検査する欠陥検査システムにおいて、

請求項１記載の写像投影型の電子光学系を有する電子線装置と、

該電子線装置の検出器により検出した電子に含まれる試料表面の情報に基づいて、試料表面の画像を生成する画像取得手段と、

該取得した画像を参照画像と対比して試料表面の欠陥の有無を検査する欠陥評価手段と

を備えていることを特徴とする欠陥検査システム。

[9] （補正後）請求項８記載の欠陥検査システムにおいて、該システムはさらに、

試料を搬送する試料搬送系と、

試料を載置する試料載置ユニットと、

該試料載置ユニットを２次元移動させるＸＹステージと、

試料載置ユニットとＸＹステージとを収納し、かつ真空状態に保持するメインチャンバと、

メインチャンバと試料搬送系との間にあり、試料を試料搬送系からメインチャンバに移動させるときに、メインチャンバの真空状態を保持させるロードロック室とを備えていることを特徴とする欠陥検査システム。

[10] 請求項９記載の欠陥検査システムにおいて、試料搬送系は、試料へのパーティクルの付着を防止する機能を有する静電チャックを備えていることを特徴とする欠陥検査システム。

[11] （補正後）請求項８記載の欠陥検査システムにおいて、ＸＹステージは、その少なくとも１軸方向に、差動排気機構を有するエアーベアリングを備えている

ことを特徴とする欠陥検査システム。

[12] （補正後） 試料から放出される二次電子又は反射電子を写像投影光学レンズ系で拡大像を作り、ＴＤＩ又はＣＣＤ検出器で検出させることにより試料像を得る電子線装置において、電子銃から放出された電子線を開口により矩形に整形し、Ｅ×Ｂ分離器より下で、試料から放出される二次電子又は反射電子とずらした軌道を通るようにし、対物レンズにより試料面に合焦し、該対物レンズを磁気レンズで構成し、試料と対物レンズ主面間距離を対物レンズのボーア半径より大きくすることを特徴とする電子線装置。

[13] 前記電子線装置において、前記対物レンズのボーア径が視野の直径の８０倍以上であるようにすることを特徴とする、請求項１２記載の電子線装置。

[14] （補正後） 前記磁気レンズに関し、その磁気ギャップの近傍には軸対称の円筒電極を設けて、正の高電圧を与え、円筒電極と試料間は放電を回避できる十分な距離を確保するようにしたことを特徴とする、請求項１２又は１３記載の電子線装置。

[15] （補正後） 前記電子線装置において、試料から放出される二次電子又は反射電子は、Ｅ×Ｂ分離器により偏向された後に、写像投影光学レンズ系に入射し、

該レンズ系はＮＡ開口をレンズ主面近傍に有する電磁レンズを少なくとも１段は有する構成とすることを特徴とする、請求項１２から１４のいずれか記載の電子線装置。

[16] （補正後） 前記写像投影光学レンズ系は、静電レンズの補助レンズと拡大電磁レンズとを有する構成とし、上記静電レンズは電圧印加可能の電極を２枚以上有し、上記レンズ系は前段レンズが作る試料像位置を上記補助レンズの主面に結像させる構成であり、上記静電レンズを駆動する電極を選択することにより拡大率を可変とする、請求項１２から１５のいずれか記載の電子線装置。

[17] （補正後） 試料から放出される二次電子又は反射電子を写像投影光学レンズ系で拡大像を作り、ＴＤＩ又はＣＣＤ検出器で検出させることにより試料像を得る電子線装置において、

電子銃から放出される電子線を開口により矩形に整形し、Ｅ×Ｂ分離器より下

で、試料から放出される二次電子又は反射電子とずらした軌道を通るようにして、対物レンズにより試料面に合焦し、最終段レンズを少なくとも５枚の電極を有する静電レンズとし、その中央の電極に与える電圧を、その前後の電極に与える電圧と符号の異なる電圧を与えることを特徴とする電子線装置。

[18] （補正後） 前記電子線装置において、対物レンズとして、試料側のボーア径が検出側のボーア径より小さい磁気レンズを用いることを特徴とする、請求項１７記載の電子線装置。

[19] （補正後） 前記電子線装置において、対物レンズを磁気レンズで構成し、対物レンズの主面を挟んで前後に２段の電磁コイルを設け、これらの偏向器はＭＯＬ条件を満たすようにすることを特徴とする、請求項１７又は１８記載の電子線装置。

[20] （補正後） 前記電子線装置において、像面湾曲収差及び非点収差を補正し、視野の中央部と視野の端とでビーム分解能の差を小さくするように調整するこ とを特徴とする、請求項６または７に記載の電子線装置。

[21] （補正後） 半導体デバイスを製造する方法において、

（イ）ウェーハを準備し、

（ロ）マスク基板を準備し、マスクを製作し、

（ハ）ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセッシング工程を経て、

（ニ）得られたウェーハを請求項１２から２０のいずれか記載の前記電子線装置を用いて評価を行い、前記（ハ）及び前記（ニ）のステップを必要な回数繰り返し、

（ホ）ウェーハを切断し、デバイスに組み立てる

ことを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

[22] 写像投影型の電子線装置において、

電子銃と、

多極子レンズを有する軸上色収差補正手段と、

ＭＯＬ動作を行う対物レンズと

を備え、分割された視野内領域でＭＯＬ動作を行いながら、電子線を試料上に照

射することを特徴とする電子線装置。

[23] 請求項２２記載の電子線装置において、電子線装置はリソグラフィ装置であり、該装置はさらに、試料上に形成すべきパターンを有するマスク又はレチクルを備えていることを特徴とする電子線装置。

[24] 請求項２２記載の電子線装置において、電子線装置は試料上に形成されているパターンを評価するための試料評価装置であることを特徴とする電子線装置。

[25] 請求項２２記載の電子線装置において、該装置はさらに、対物レンズを有し、その内部に、対物レンズの軸上磁場分布の光軸方向に関する微分値に比例する偏向磁界を発生させる偏向器を備えていることを特徴とする電子線装置。

[26] 矩形状の一次ビームを試料に照射し、該試料から放出される二次電子を電子光学系で検出面に拡大投影して検出する電子線装置において、

前記電子光学系に、前記二次電子を中空状のビームに変形するためのリング状開口を有する開口板を設けたことを特徴とする電子線装置。

[27] 前記リング状開口の幅が球面収差を無視し得るほど小さいことを特徴とする、請求項２６に記載の電子線装置。

[28] 前記電子光学系が、前記二次電子の軸上色収差を補正するための補正レンズを更に備えることを特徴とする、請求項２６又は２７に記載の電子線装置。

[29] 電子銃から放出された一次ビームを対物光学系を介して試料に照射し、該試料から放出される二次電子を検出する電子線装置において、

前記一次ビームを前記対物光学系を通過する際に中空状のビームに変形して前記試料を照射するとともに、前記二次電子を検出して前記試料の評価を行う評価装置と、

前記一次ビーム又は前記二次電子の軸上色収差を補正する補正レンズと、

を具備することを特徴とする電子線装置。

[30] 前記電子銃のカソードが、リング状のエッジを有するカソードを備えることを特徴とする、請求項２９に記載の電子線装置。

[31] 前記一次ビームをマルチビームに変形して前記試料に照射させるマルチ開口板を更に備え、前記二次電子を複数の検出器で検出することを特徴とする、請求項

２９又は３０に記載の電子線装置。

[32] （補正後） ａ．ウェーハを用意する工程と、

ｂ．ウェーハ・プロセスを実施する工程と、

ｃ．前記工程ｂを経たウェーハを請求項２６～３１のいずれか一つに記載の電子線装置を用いて評価する工程と、

ｄ．前記工程ａ～ｃを必要回数だけ反復する工程と、

ｅ．前記工程ｄ後のウェーハを切断してデバイスに組み立てる工程と、

を具備することを特徴とするデバイス製造方法。

[33] （補正後） ｍ行ｎ列に配列された複数の一次ビームで試料を走査し、前記試料から放出された二次ビームを検出して前記試料の評価を行う電子線装置であって、

前記走査を行方向に対して$\sin^{-1}(1/m)$に相当する角度だけ傾いた方向にｍ×ｎ個のビームを同時に走査し、前記同時に走査するビーム間のラスタ・ピッチを画素寸法の整数倍とすることを特徴とする電子線装置。

[34] 試料面に断面矩形の電子線を照射し、該試料から放出される二次電子線を、ＮＡ開口板を含む写像投影光学系で拡大し、前記試料の像を得る電子線装置であって、

収差の最小になる位置に、前記ＮＡ開口板を配置し又は前記ＮＡ開口板の光学的共役面を形成することを特徴とする電子線装置。

[35] 前記拡大像が正方形であることを特徴とする、請求項３４に記載の電子線装置。

[36] 複数の一次ビームを試料に照射し、該試料から放出される複数の二次電子線をビーム分離器で前記一次ビームから分離し、拡大光学系で前記複数の二次電子線間の距離を拡大して検出器に入射させる電子線装置であって、

前記複数の一次ビームの軸上色収差を補正する補正レンズを備え、前記ビーム分離器が前記補正レンズと前記試料との間に配置されることを特徴とする電子線装置。

[37] 一次ビームを断面矩形に成形し且つ対物レンズで集束して試料を照射し、該試料から放出された二次電子線を前記対物レンズで加速・集束し、ＮＡ開口板を含む拡大光学系によって拡大してセンサにて検出する電子線装置であって、

前記対物レンズが電磁レンズであり、

前記試料の法線方向に対して指定された方向を中心に放出される前記二次電子線が通過する位置に前記ＮＡ開口板の光学的共役面を位置させたことを特徴とする電子線装置。

[38] （補正後） ａ．ウェーハを用意する工程と、

ｂ．ウェーハ・プロセスを実施する工程と、

ｃ．前記工程ｂを経たウェーハを請求項３３～３７のいずれか一つに記載の電子線装置を用いて評価する工程と、

ｄ．前記工程ａ～ｃを必要回数だけ反復する工程と、

ｅ．前記工程ｄ後のウェーハを切断してデバイスに組み立てる工程と、

を具備することを特徴とするデバイス製造方法。

補正書の請求の範囲

[2006年7月18日（18．07．2006）国際事務局受理]

システム。

[12] 試料から放出される二次電子又は反射電子を写像投影光学レンズ系で拡大像を作り、TDI又はCCD検出器で検出させることにより試料像を得る電子線装置において、電子銃から放出された電子線を開口により矩形に整形し、E×B分離器より下で、試料から放出される二次電子又は反射電子とずらした軌道を通るようにし、対物レンズにより試料面に合焦し、該対物レンズを磁気レンズで構成し、試料と対物レンズ主面間距離を対物レンズのボーア半径より大きくすることを特徴とする電子線装置。

[13] 前記電子線装置において、前記対物レンズのボーア径が視野の直径の80倍以上であるようにすることを特徴とする、請求項12記載の電子線装置。

[14] 前記磁気レンズに関し、その磁気ギャップの近傍には軸対称の円筒電極を設けて、正の高電圧を与え、円筒電極と試料間は放電を回避できる十分な距離を確保するようにしたことを特徴とする請求項12又は13記載の電子線装置。

[15] 前記電子線装置において、試料から放出される二次電子又は反射電子は、E×B分離器により偏向された後に、写像投影光学レンズ系に入射し、該レンズ系はNA開口をレンズ主面近傍に有する電磁レンズを少なくとも1段は有する構成とすることを特徴とする請求項12から14のいずれか記載の電子線装置。

[16] 前記写像投影光学レンズ系は、静電レンズの補助レンズと拡大電磁レンズとを有する構成とし、上記静電レンズは電圧印加可能の電極を2枚以上有し、上記レンズ系は前段レンズが作る試料像位置を上記補助レンズの主面に結像させる構成であり、上記静電レンズを駆動する電極を選択することにより拡大率を可変とする請求項12から15のいずれか記載の電子線装置。

[17] 試料から放出される二次電子又は反射電子を写像投影光学レンズ系で拡大像を作り、TD1又はCCD検出器で検出させることにより試料像を得る電子線装置において、電子銃から放出される電子線を開口により矩形に整形し、E×B分離器より下で、試料から放出される二次電子又は反射電子とずらした軌道を通るようにして、対物レンズにより試料面に合焦し、最終段レンズを少なくとも5枚の電極を有する静電レンズとし、その中央の電極に与える電圧を、その前後の電極に与える電圧と符号の異なる電圧を与えることを特徴とする電子線装置。

[18] 前記電子線装置において、対物レンズとして、試料側のボーア径が検出側のボーア径まり小さい磁気レンズを用いることを特徴とする請求項17記載の電子線装置。

[19] 前記電子線装置において、対物レンズを磁気レンズで構成し、対物レンズの主面を挟んで前後に2段の電磁コイルを設け、これらの偏向器はMOL条件をほぼ満たすようにすることを特徴とする請求項17又は18記載の電子線装置。

[20] 前記電子線装置において、像面湾曲収差及び非点収差を補正し、視野の中央部と視野の端とでビーム分解能の差を小さくするように調整することを特徴とする請求項6から8のいずれか記載の電子線装置。

[21] 半導体デバイスを製造する方法において、(イ)ウェーハを準備し(ロ)マスク基板を準備し、マスクを製作し、(ハ)ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセッシング工程を経て、(ニ)得られたウェーハを請求項12から20のいずれか記載の前記電子線装置を用いて評価を行い、前記(ハ)前記(ニ)のステップを必要な回数繰り返し、(ホ)ウェーハを切断し、デバイスに組み立てることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

[22] 写像投影型の電子線装置において、

電子銃と、

多極子レンズを有する軸上色収差補正手段と、

MOL動作を行う対物レンズと

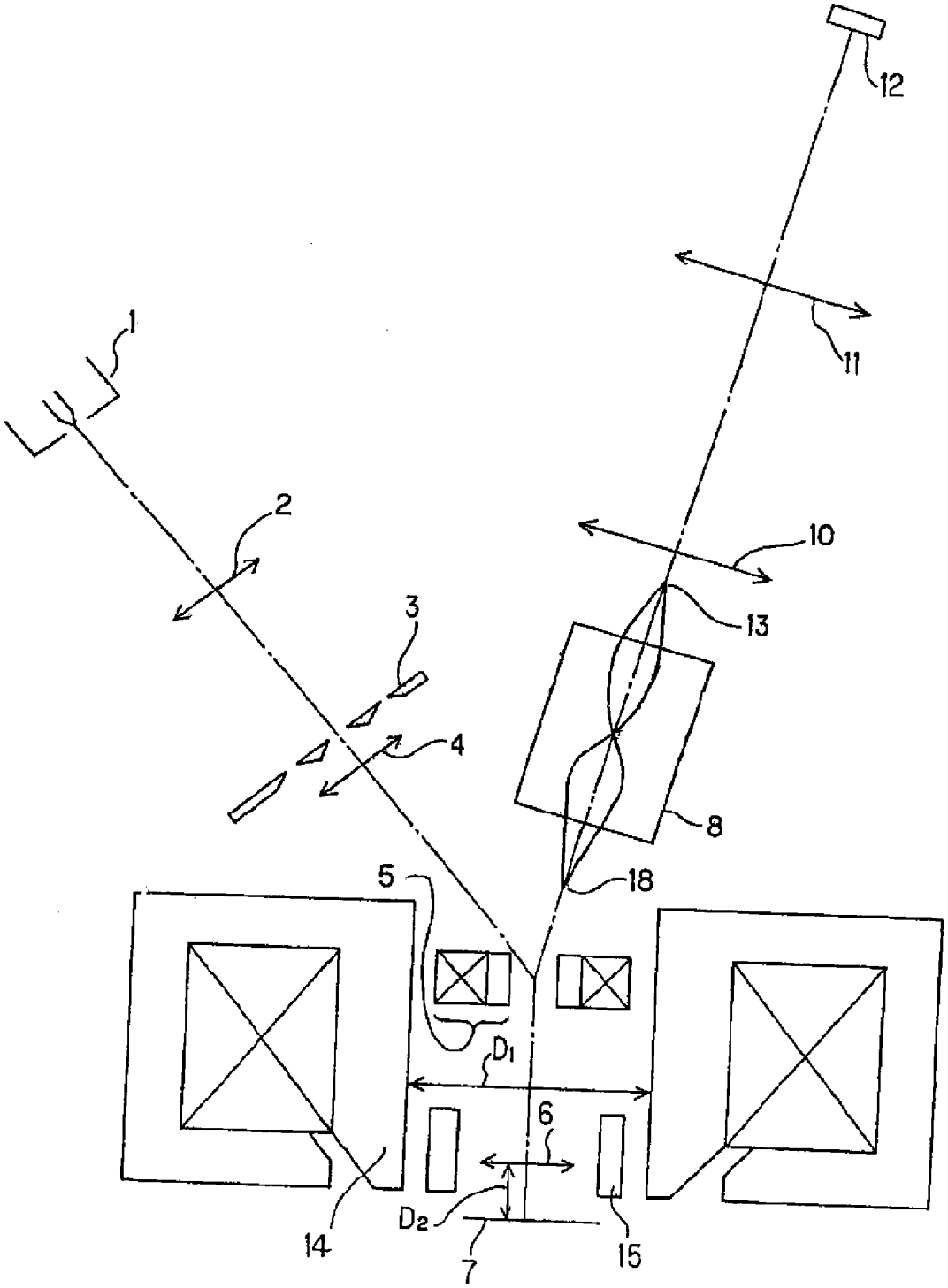
を備え、分割された視野内領域でMOL動作を行いながら、電子線を試料上に照射することを特徴とする電子線装置。

[23] 請求項22記載の電子線装置において、電子線装置はリソグラフィ装置であり、該装置はさらに、試料上に形成すべきパターンを有するマスク又はレチクルを備えていることを特徴とする電子線装置。

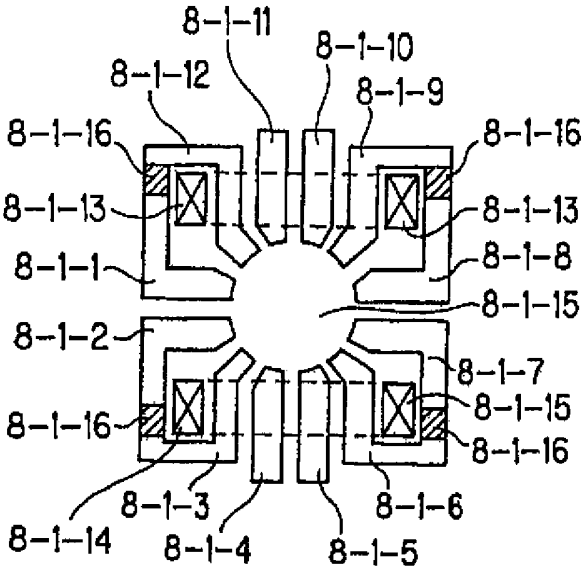
[24] 請求項22記載の電子線装置において、電子線装置は試料上に形成されているパターンを評価するための試料評価装置であることを特徴とする電子線装置。

[25] 請求項22記載の電子線装置において、該装置はさらに、対物レンズを有し、その内部に、対物レンズの軸上磁場分布の光軸方向に関する微分値に比例する偏向磁界を発生させる偏向器を備えていることを特徴とする電子線装置。

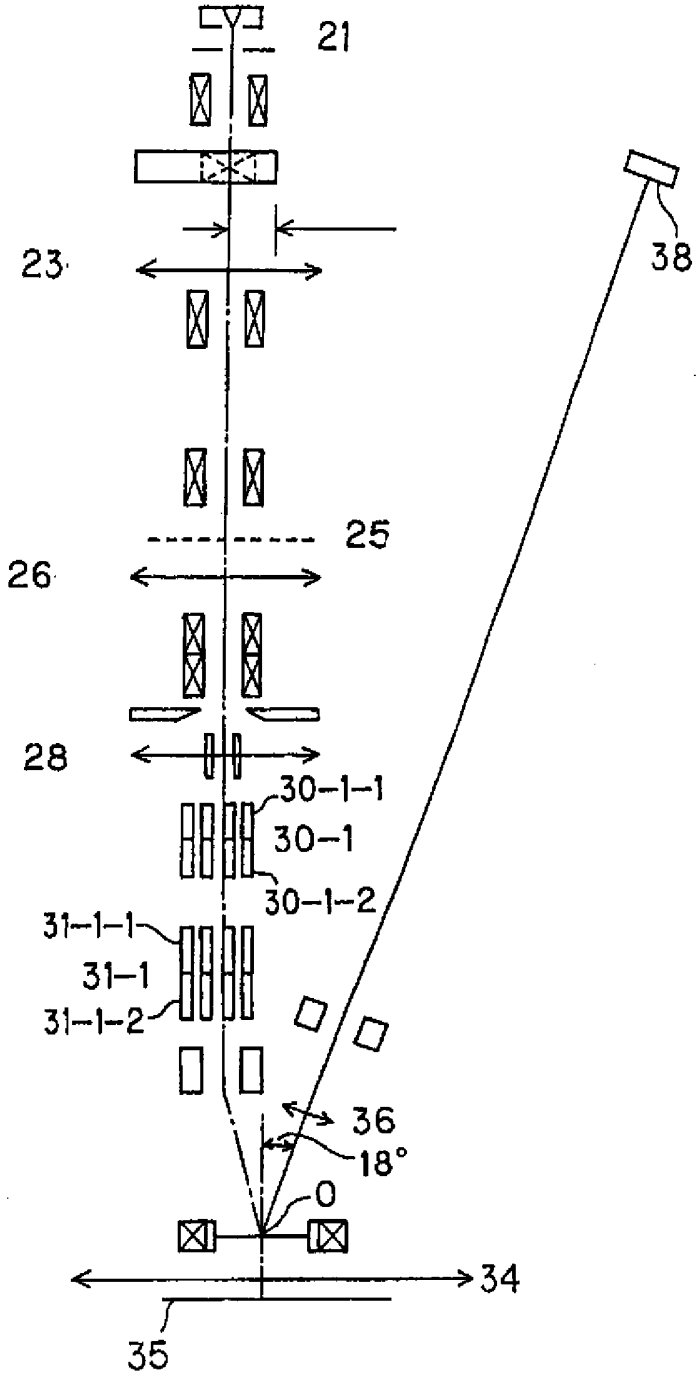
[図1A]



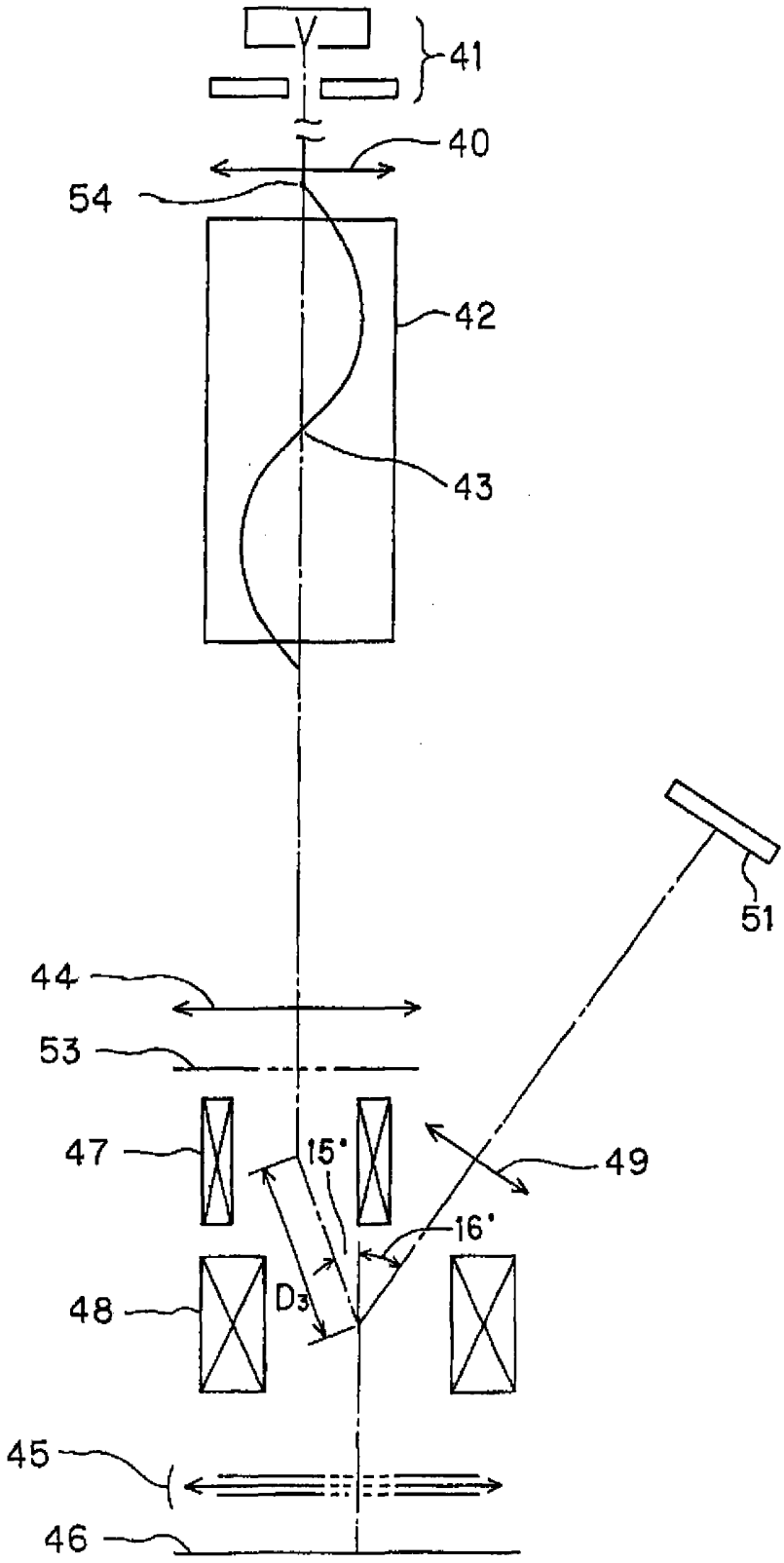
[図1B]


8-1-11
8-1-10
8-1-12
8-1-9
8-1-16
8-1-16
8-1-13
8-1-13
8-1-1
8-1-8
8-1-15
8-1-2
8-1-7
8-1-15
8-1-16
8-1-16
8-1-3
8-1-6
8-1-14
8-1-4
8-1-5

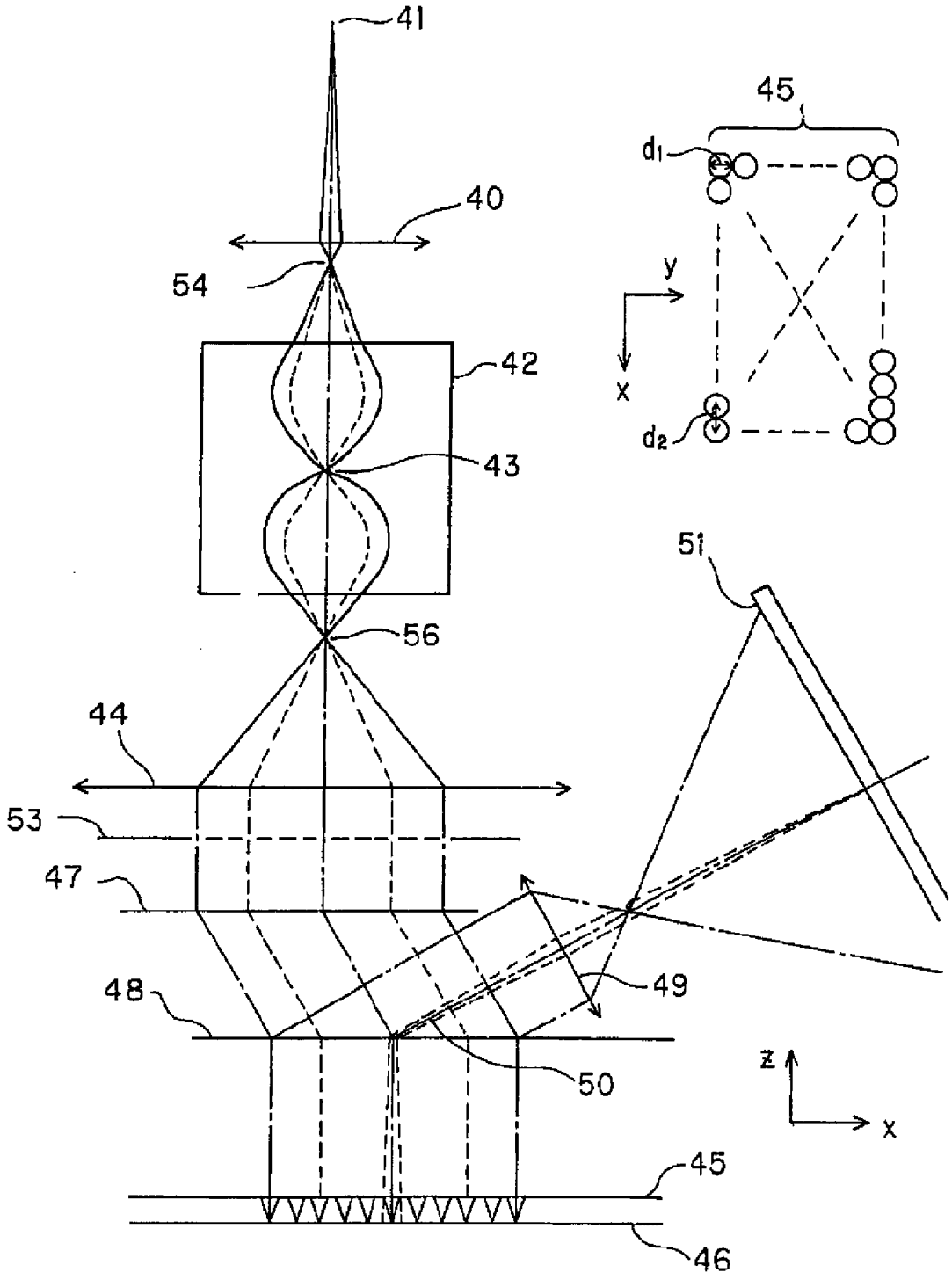
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

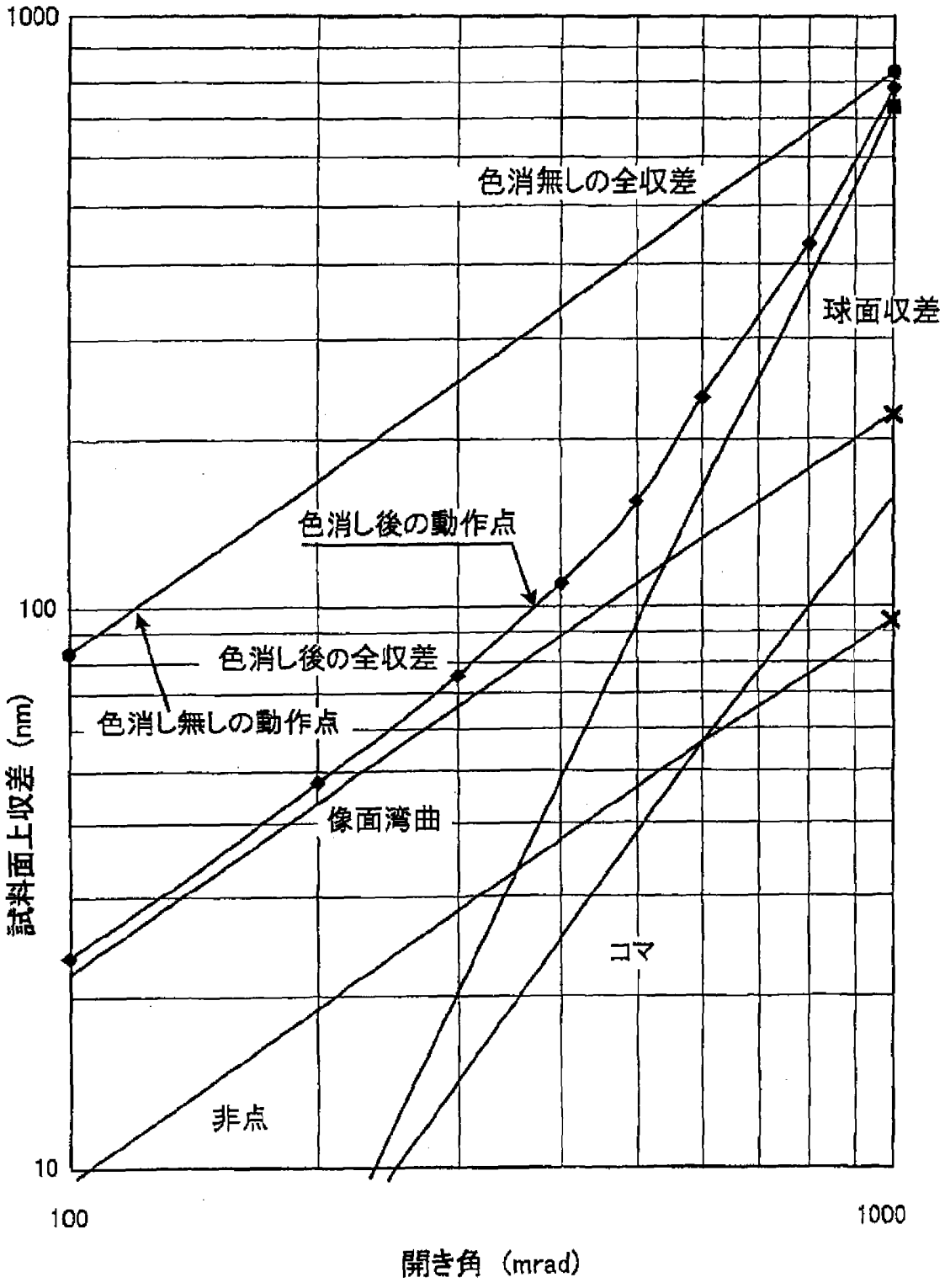

1000
100
10
100
1000
色消無しの全収差
球面収差
色消し後の動作点
色消し後の全収差
色消し無しの動作点
像面湾曲
コマ
非点
結像面上収差 (μm)
開き角 (mrad)

図 6

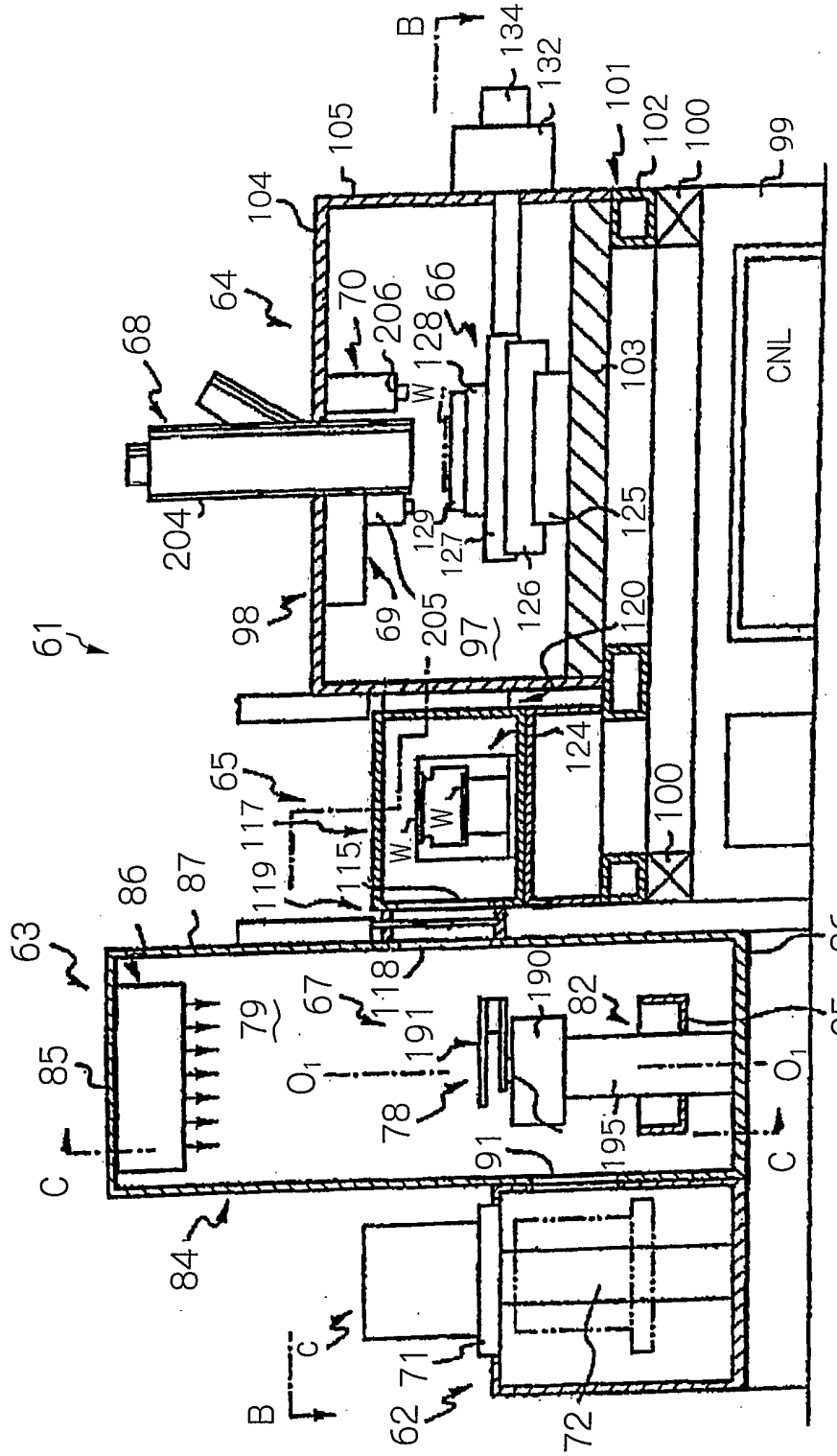
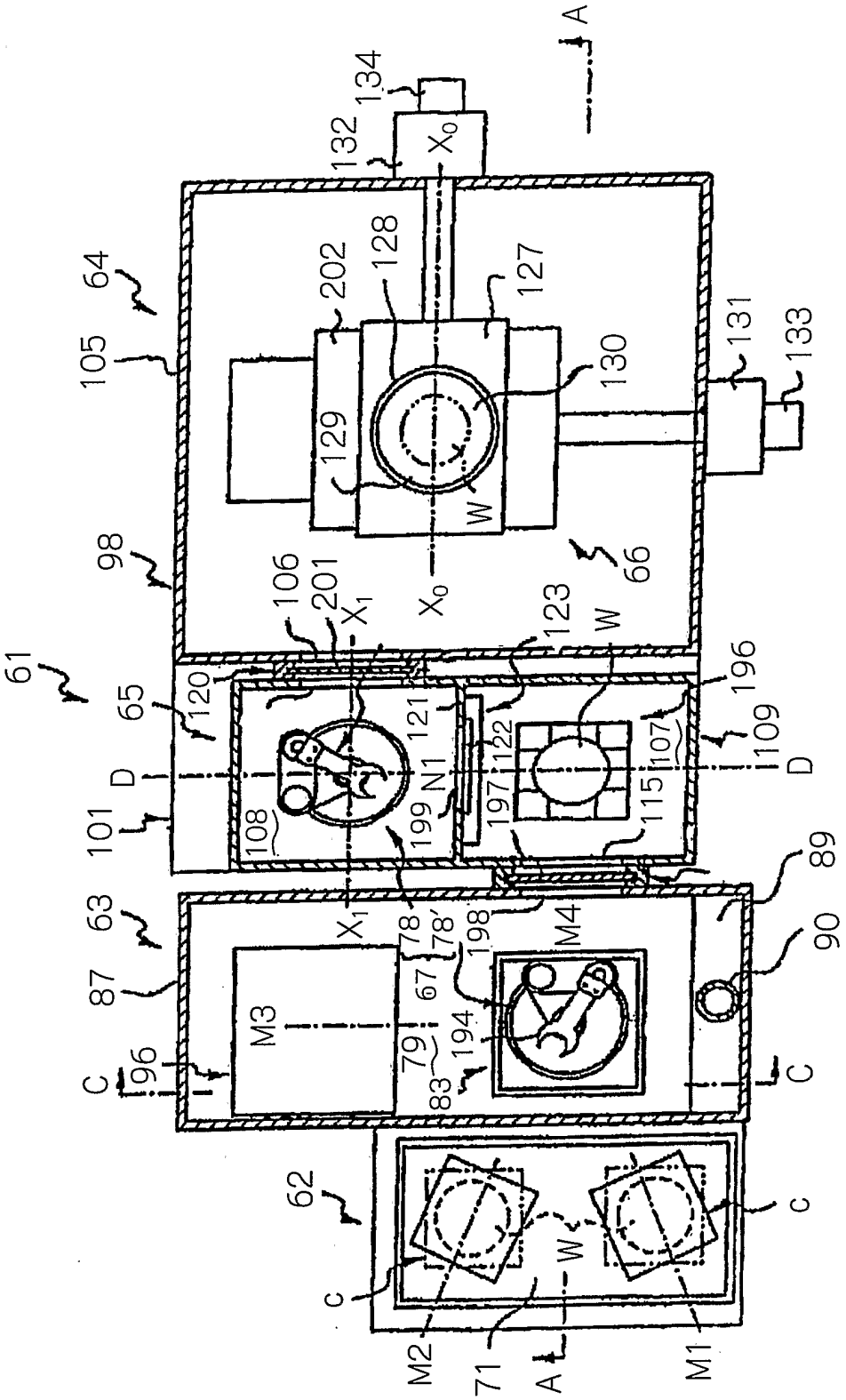

B
134
132
101
102
100
99
105
104
64
70
206
66
68
128
W
103
CNL
204
129
127
125
98
69
205
97
126
120
61
124
65
117
W
W
100
115
119
86
87
63
118
190
82
86
67
79
191
95
85
O_1
O_1
78
195
C
C
91
84
B
c
71
62
72

図 7


A
134
132
X_0
64
202
128
127
105
131
133
130
129
W
98
106
201
X_1
X_0
66
123
W
61
65
120
121
122
196
109
D
D
101
108
199
N1
197
115
107
89
63
X_1
78
78'
198
M4
90
87
67
M3
194
79
83
C
96
C
62
c
W
c
M2
71
A
M1

[図8]

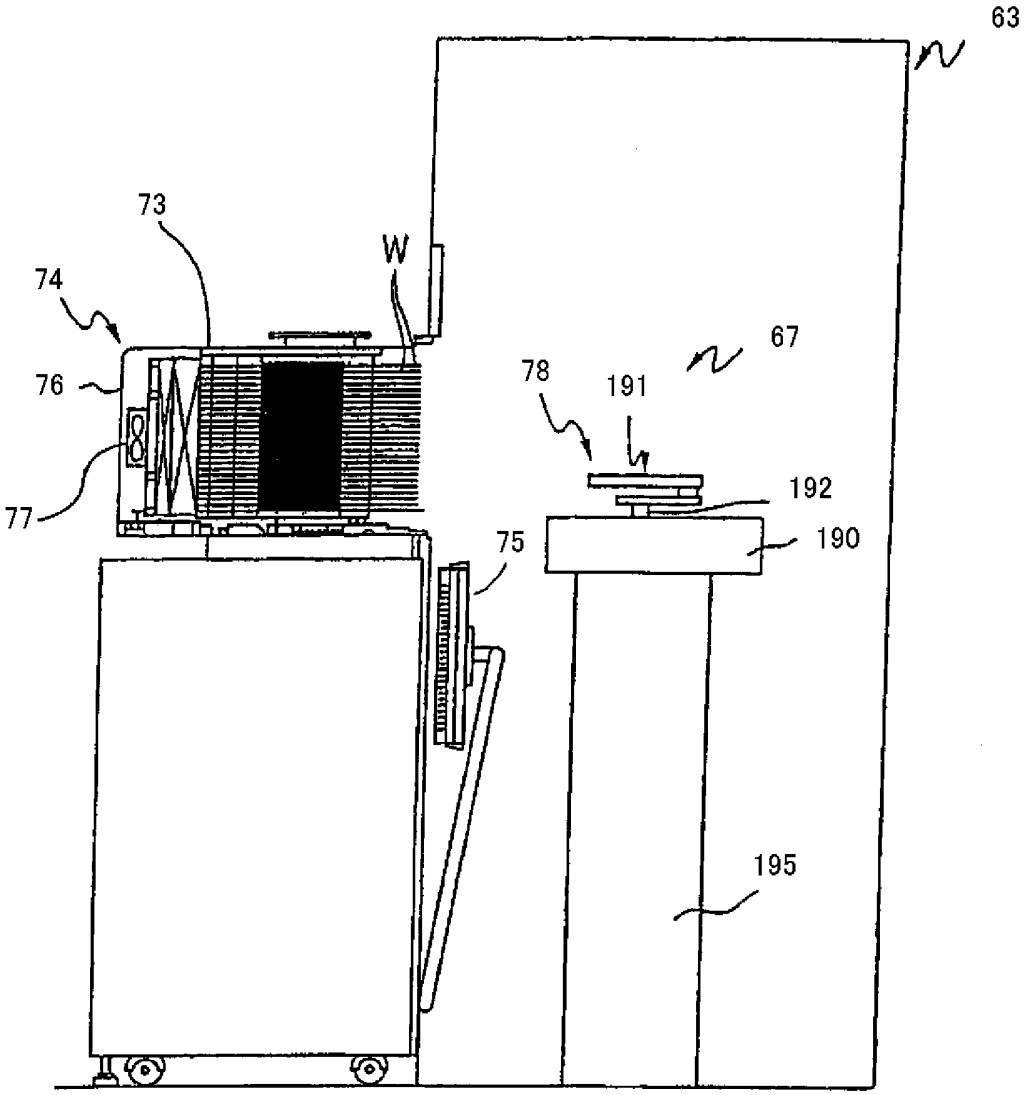


図 9

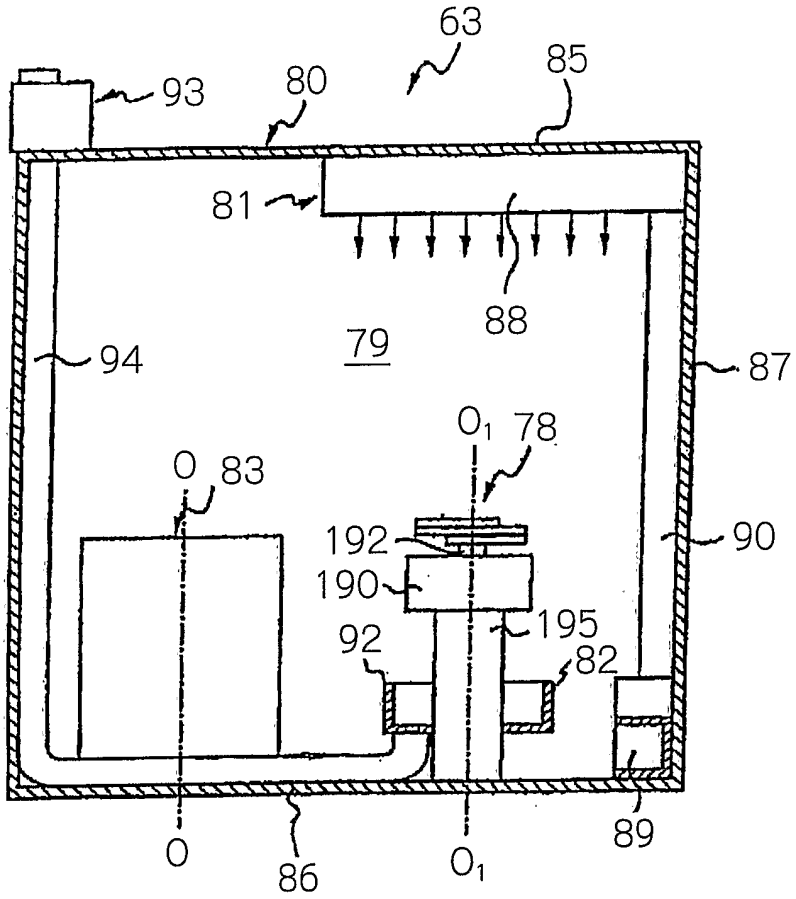

63
93
80
85
81
88
79
94
87
O_1 78
O 83
192
190
90
195
92
82
O
86
O_1
89

図 10

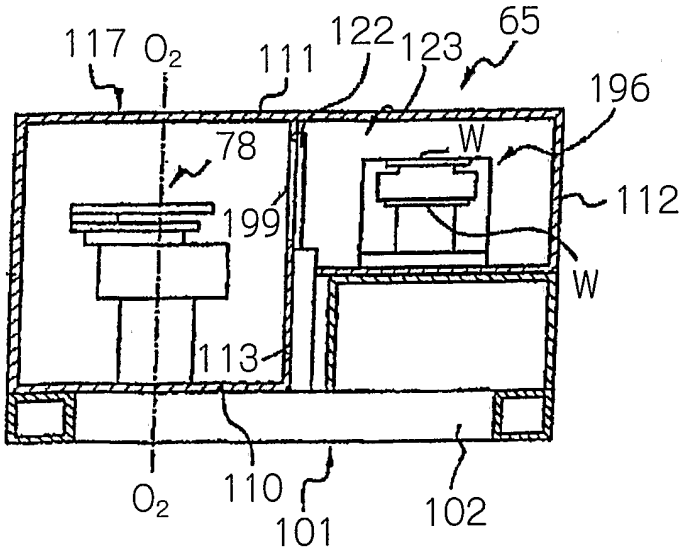

117 O_2
111
122
123
65
196
78
W
112
199
W
113
O_2
110
101
102

図 11

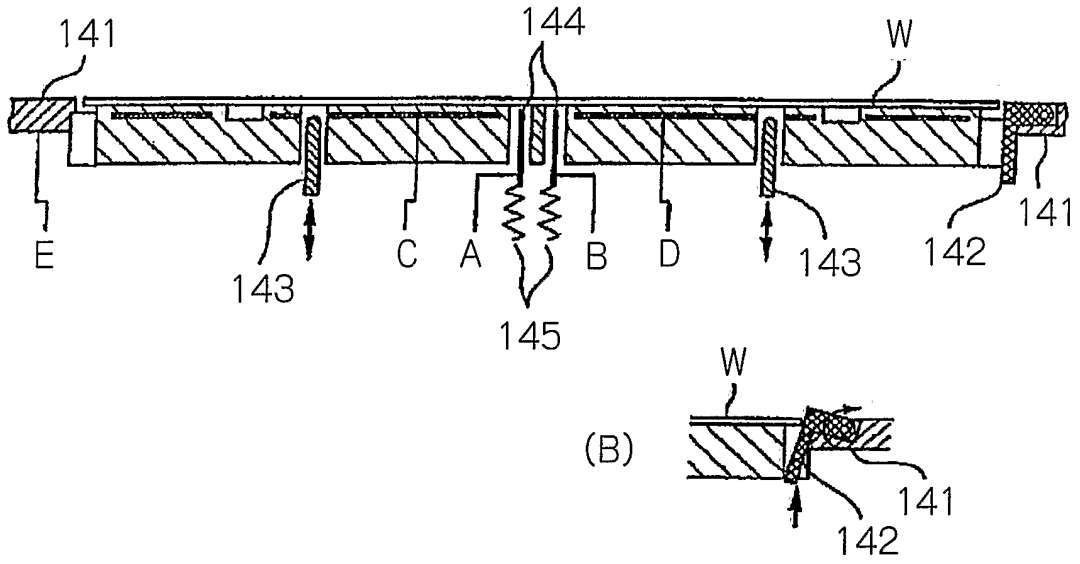

141
144
W
E
143
C
A
B
D
143
142
141
145
W
(B)
141
142

図 12

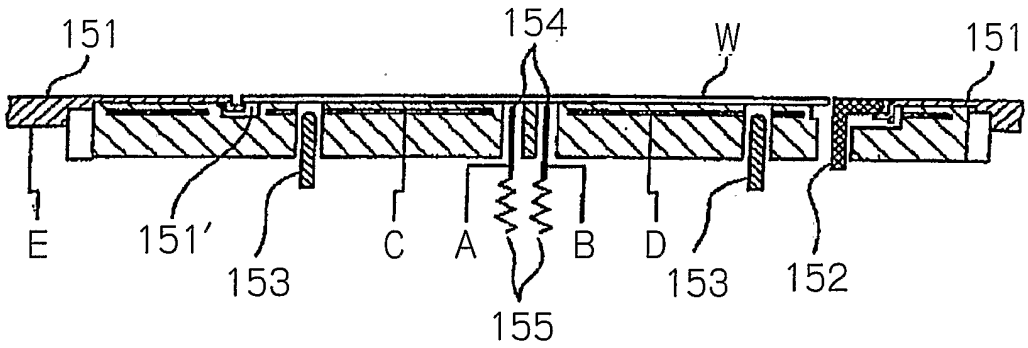
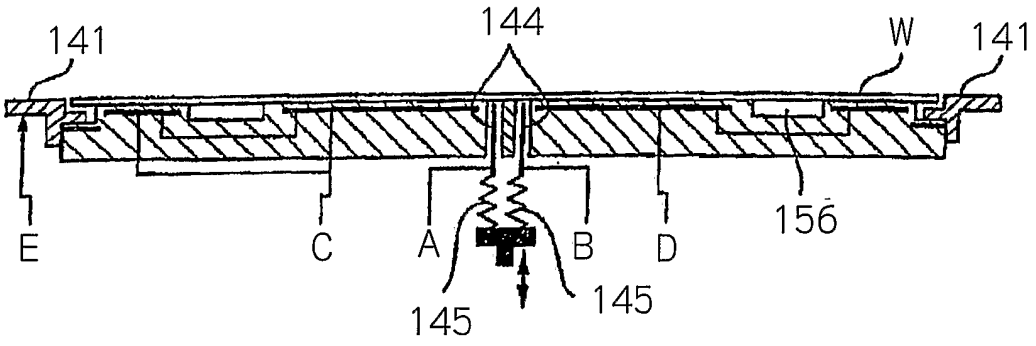
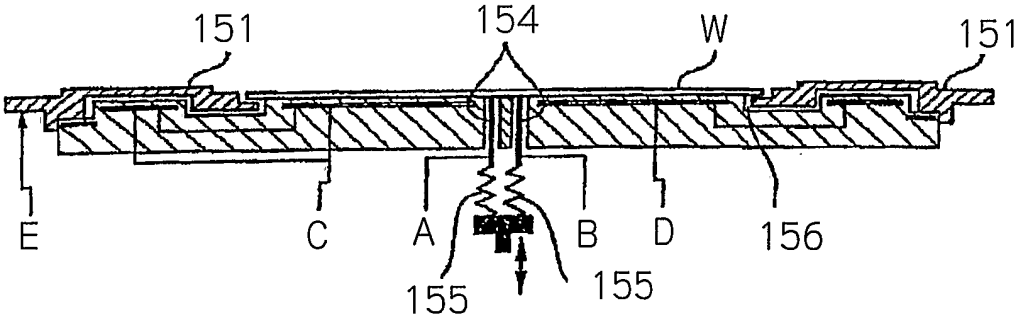

151
154
W
151
E
151′
153
C
A
B
D
153
152
155

図 13



(A)



(B)

図 14

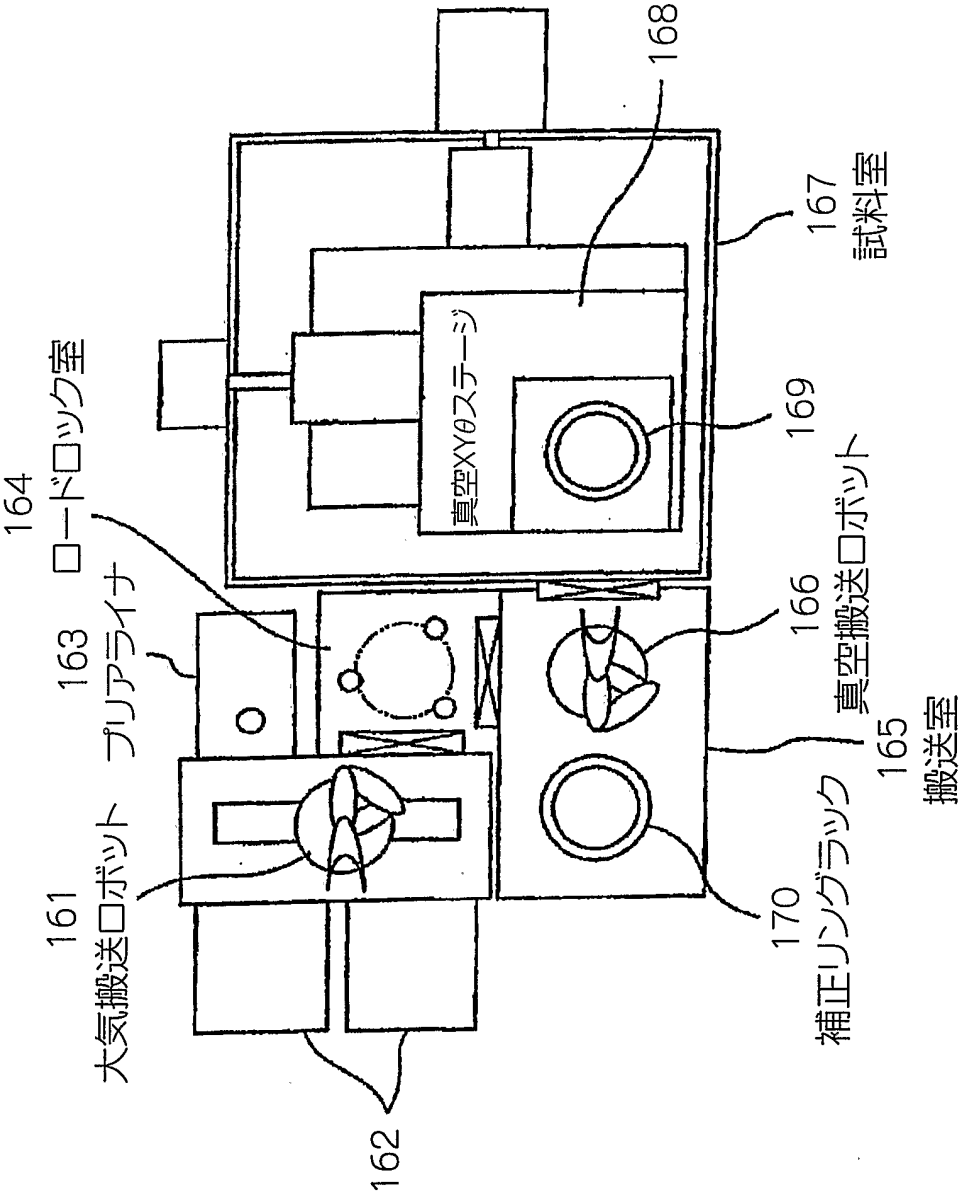
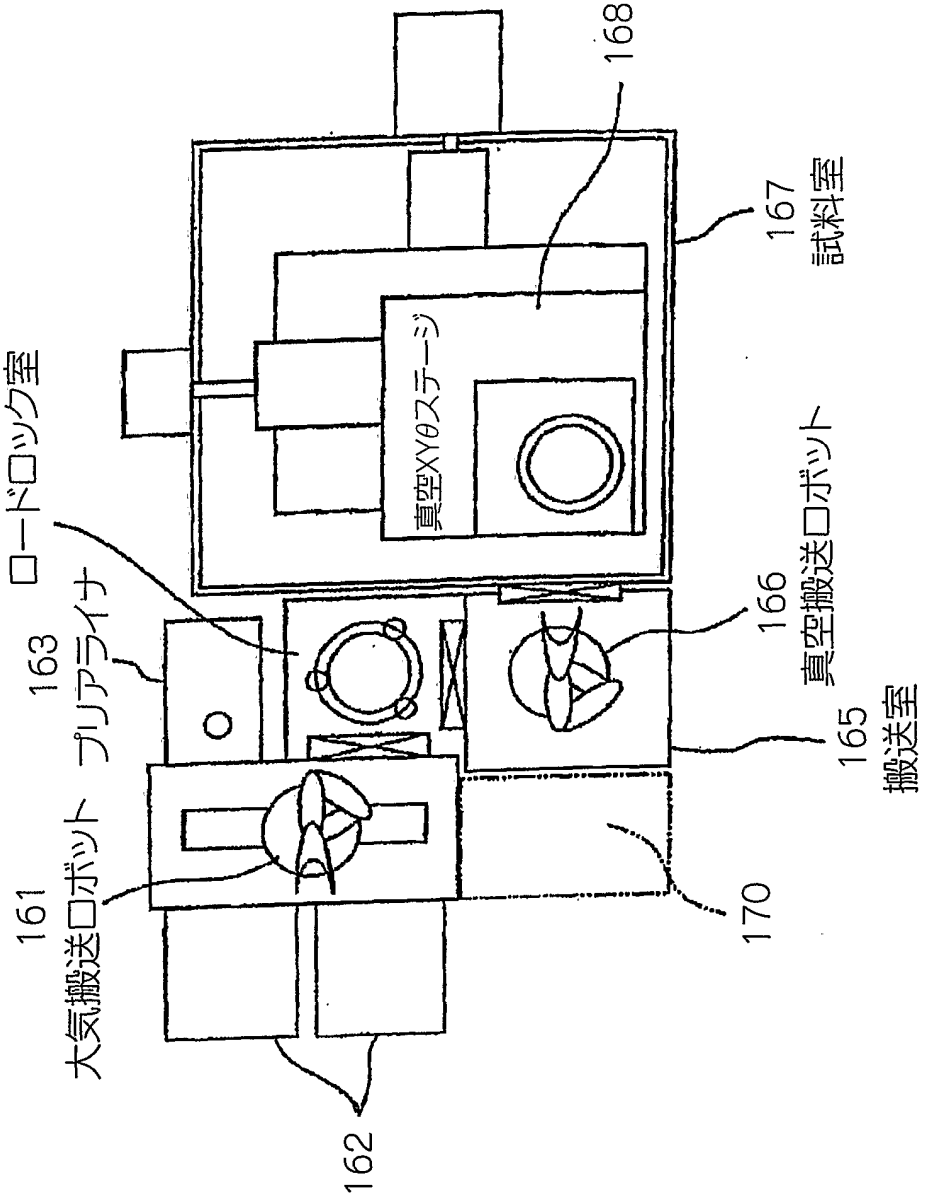
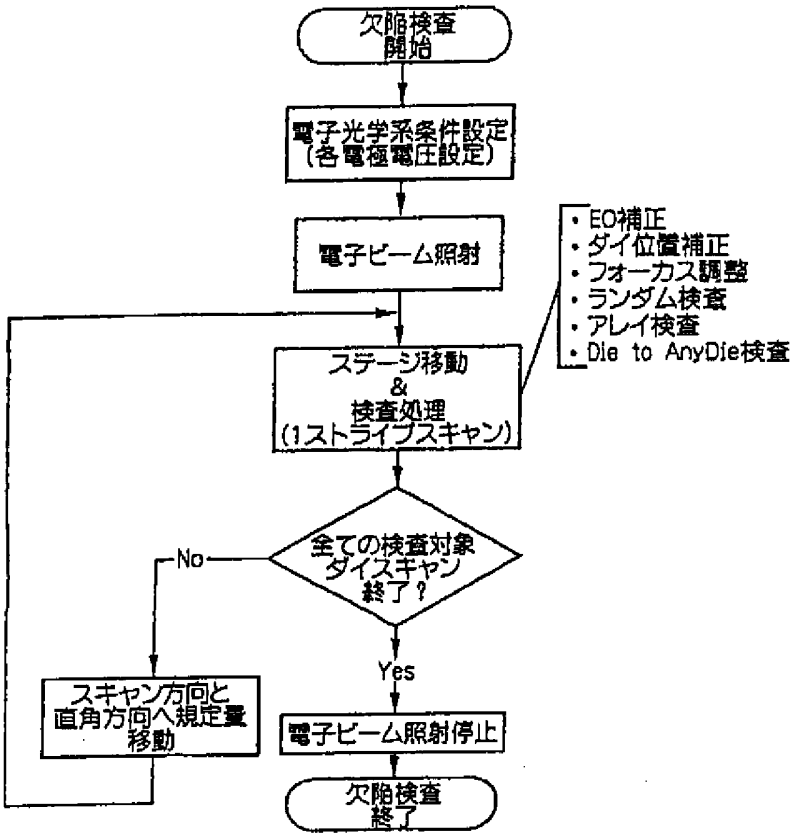

161
大気搬送ロボット
162
163
プリアライナ
164
ロードロック室
165
搬送室
166
真空搬送ロボット
167
試料室
168
真空XYθステージ
169
170
補正リングブラック

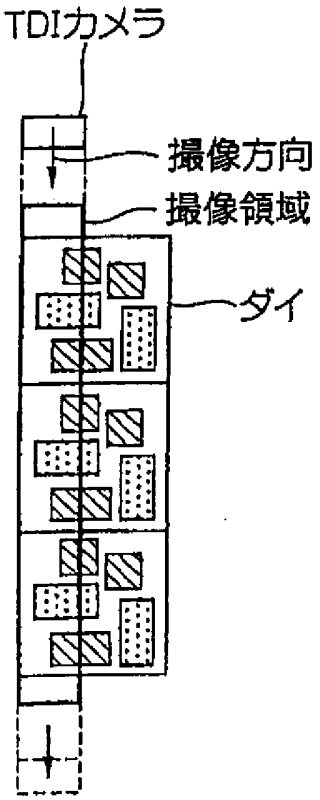
図 15


171
ロードロック室
163
プリアライナ
161
大気搬送ロボット
162
真空XYθステージ
168
167
試料室
166
真空搬送ロボット
165
搬送室
170

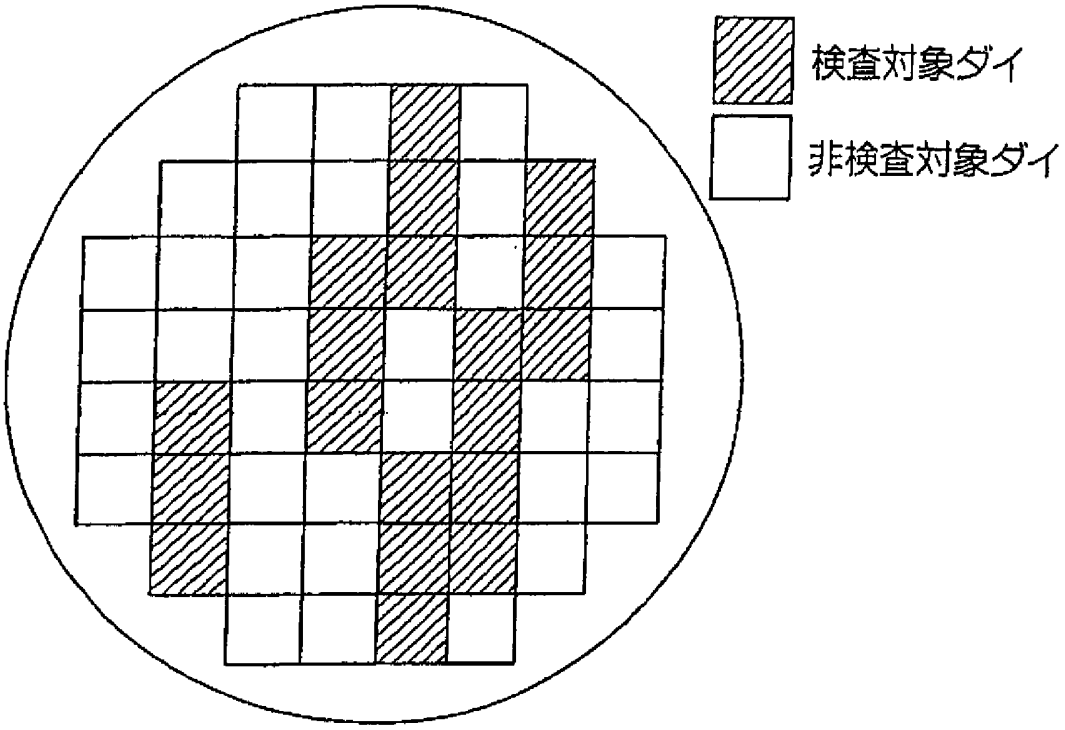
[図16]


欠陥検査
開始
電子光学系条件設定
(各電極電圧設定)
電子ビーム照射
ステージ移動
&
検査処理
(1ストライプスキャン)
・EO補正
・ダイ位置補正
・フォーカス調整
・ランダム検査
・アレイ検査
・Die to AnyDie検査
全ての検査対象
ダイスキャン
終了?
No
Yes
スキャン方向と
直角方向へ規定量
移動
電子ビーム照射停止
欠陥検査
終了

[図17]


TDIカメラ
撮像方向
撮像領域
ダイ

[図18]

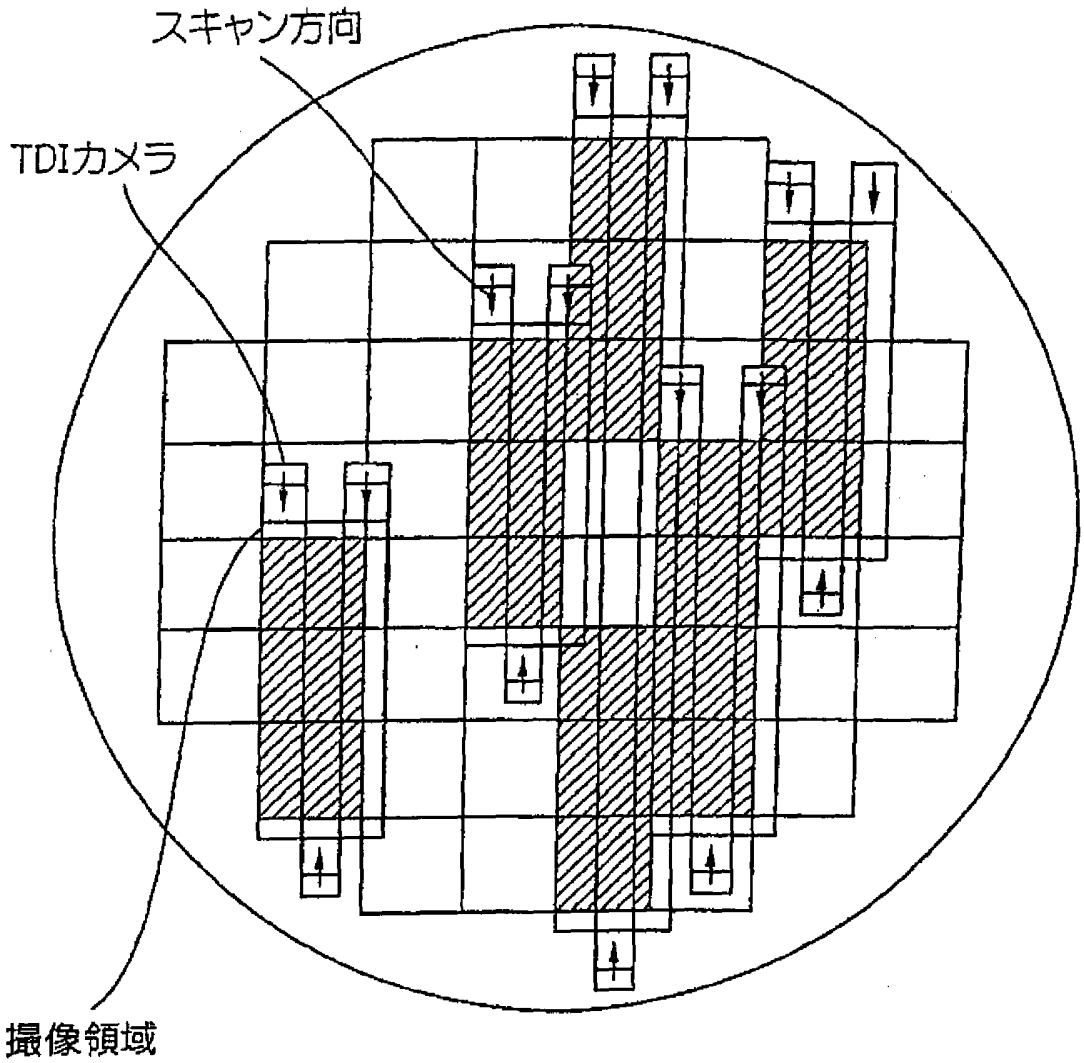


(A)

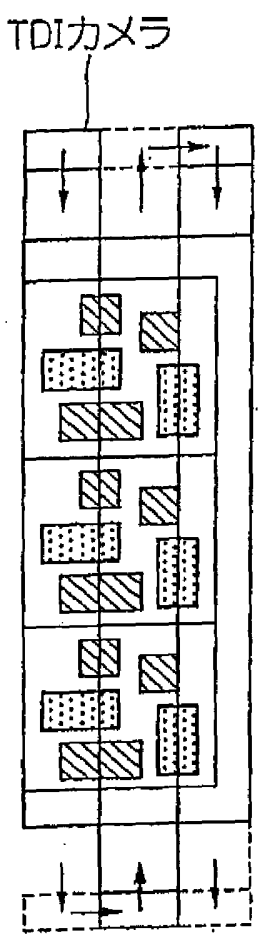


(B)

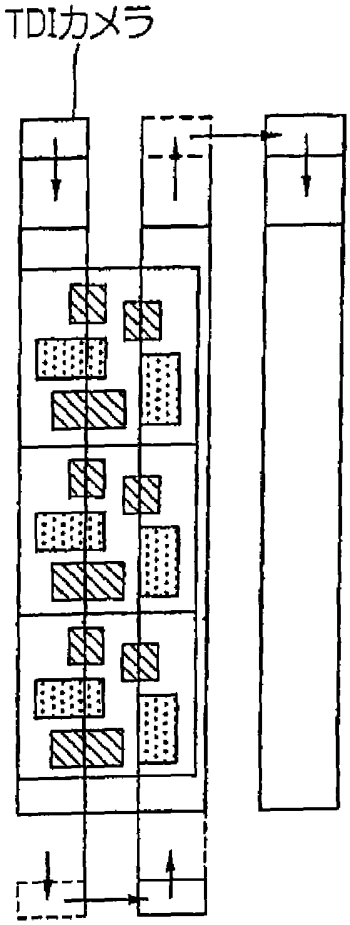
[図19]



[図20]

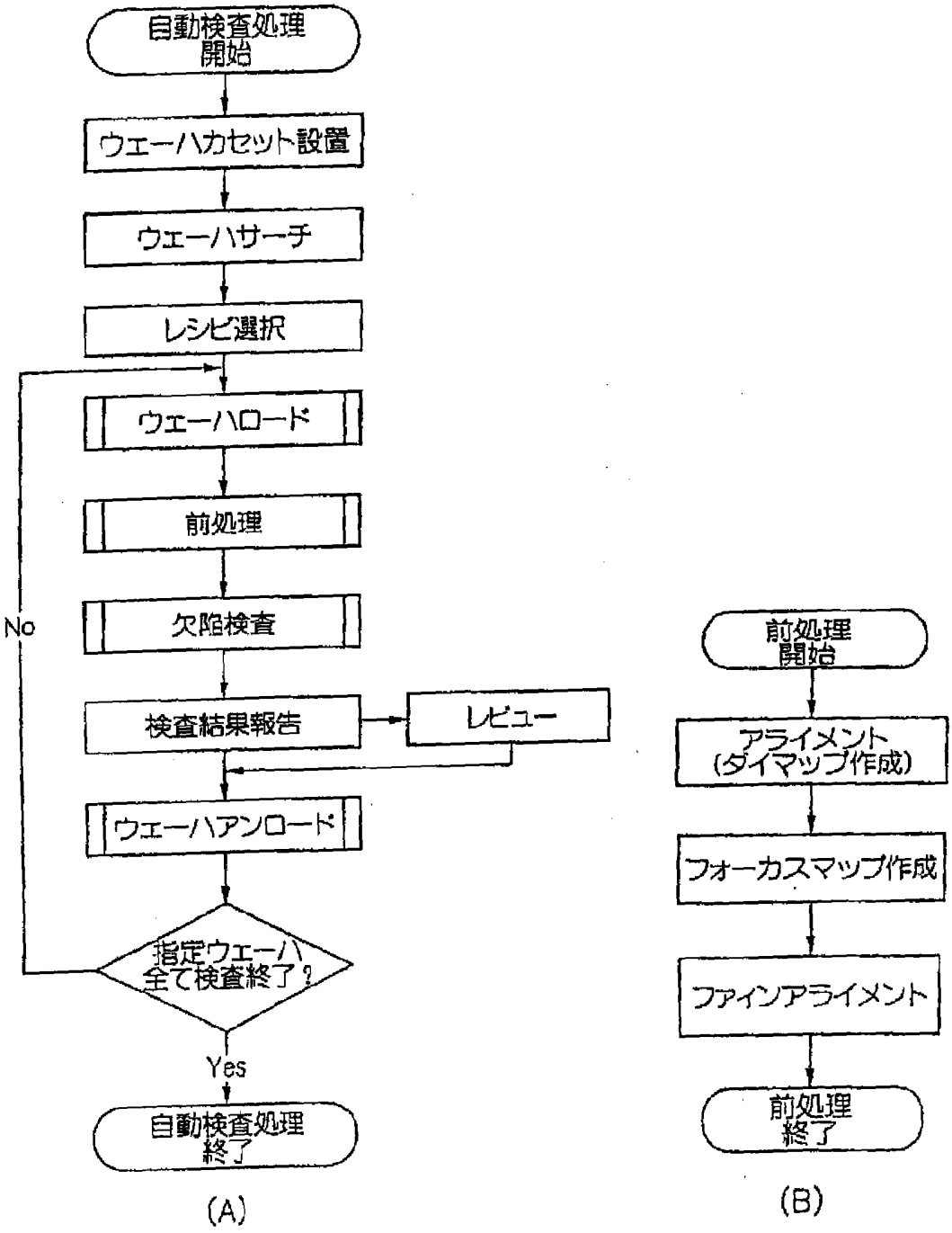


全検査

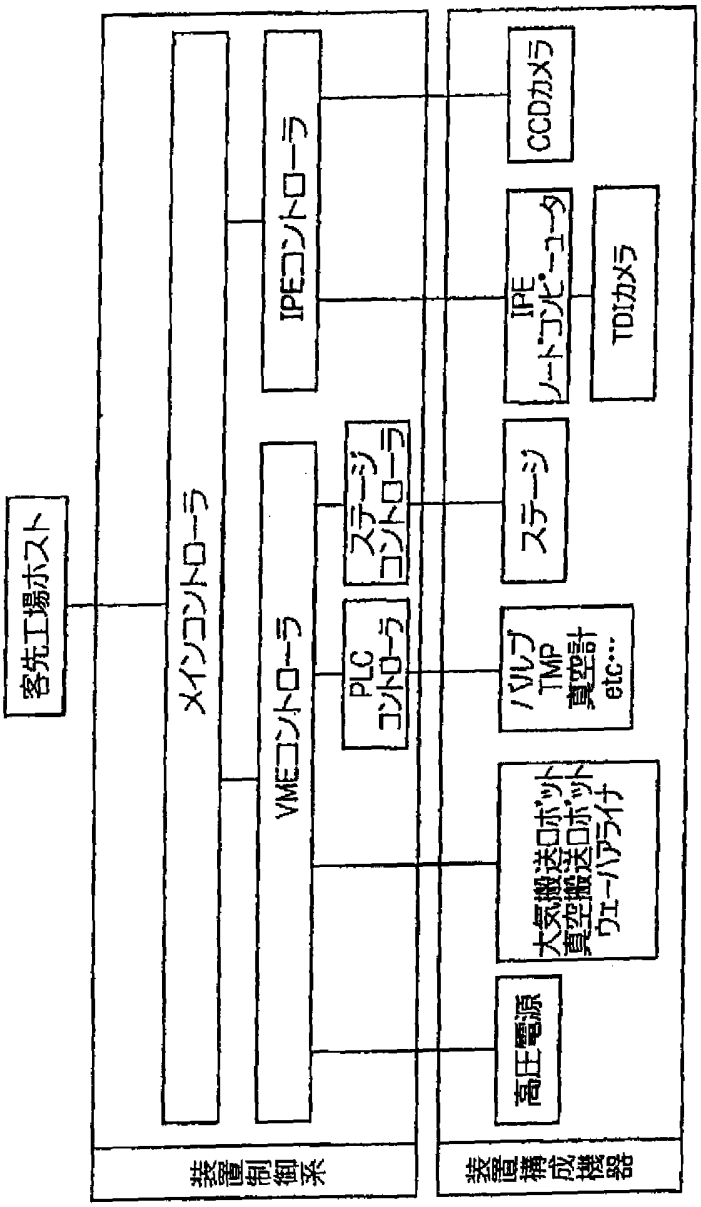


間引き検査

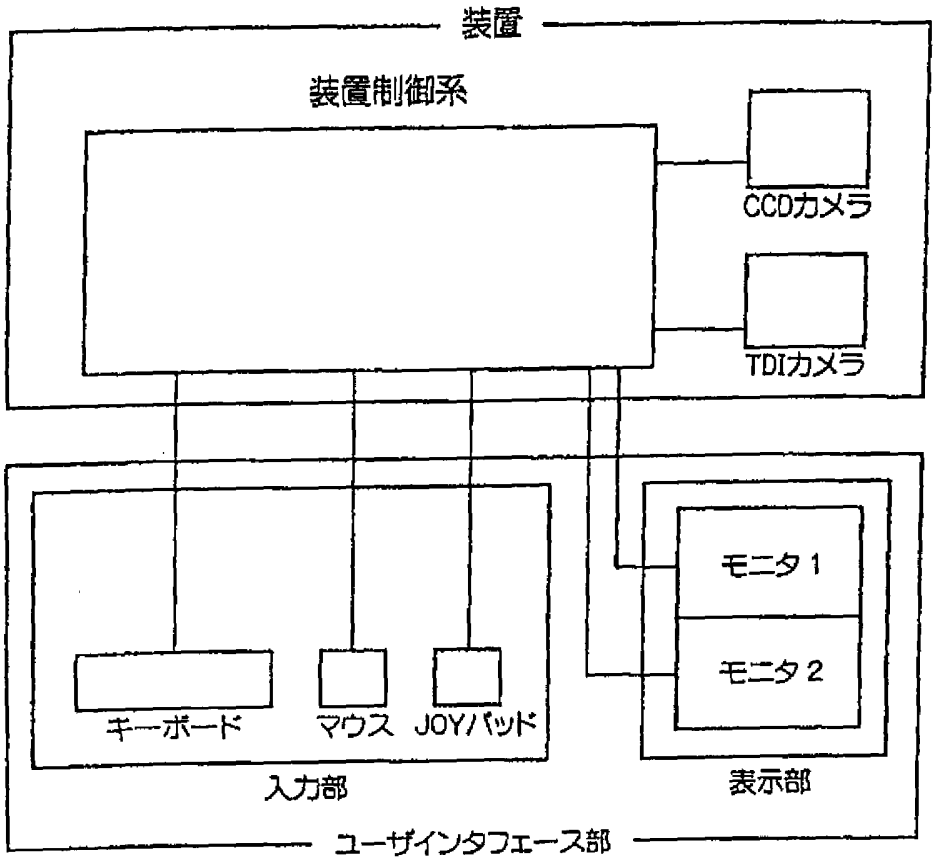
[図21]


自動検査処理開始
ウェーハカセット設置
ウェーハサーチ
レシピ選択
ウェーハロード
前処理
欠陥検査
No
検査結果報告
レビュー
ウェーハアンロード
指定ウェーハ全て検査終了？
Yes
自動検査処理終了
(A)
前処理開始
アライメント(ダイマップ作成)
フォーカスマップ作成
ファインアライメント
前処理終了
(B)

[図22]


客先工場ホスト
メインコントローラ
IPEコントローラ
VMEコントローラ
ステージ
コントローラ
PLC
コントローラ
CCDカメラ
IPE
レートコンピュータ
TDIカメラ
ステージ
バルブ
TMP
真空計
etc…
大気搬送ロボット
真空搬送ロボット
ウェーハアライナ
高圧電源
装置制御系
装置構成機器

[図23]


装置
装置制御系
CCDカメラ
TDIカメラ
モニタ1
モニタ2
キーボード
マウス
JOYパッド
入力部
表示部
ユーザインタフェース部

[図24]

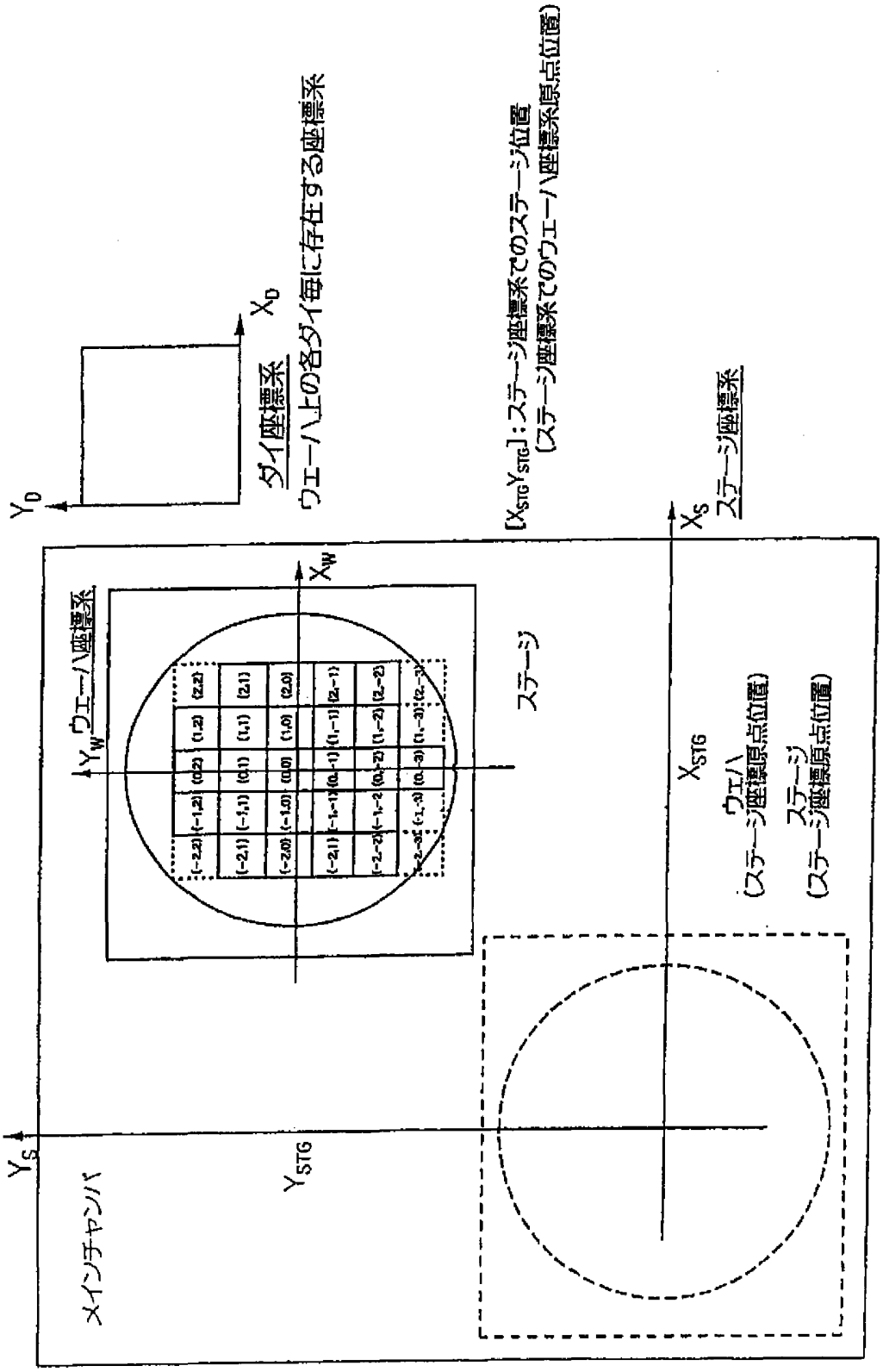
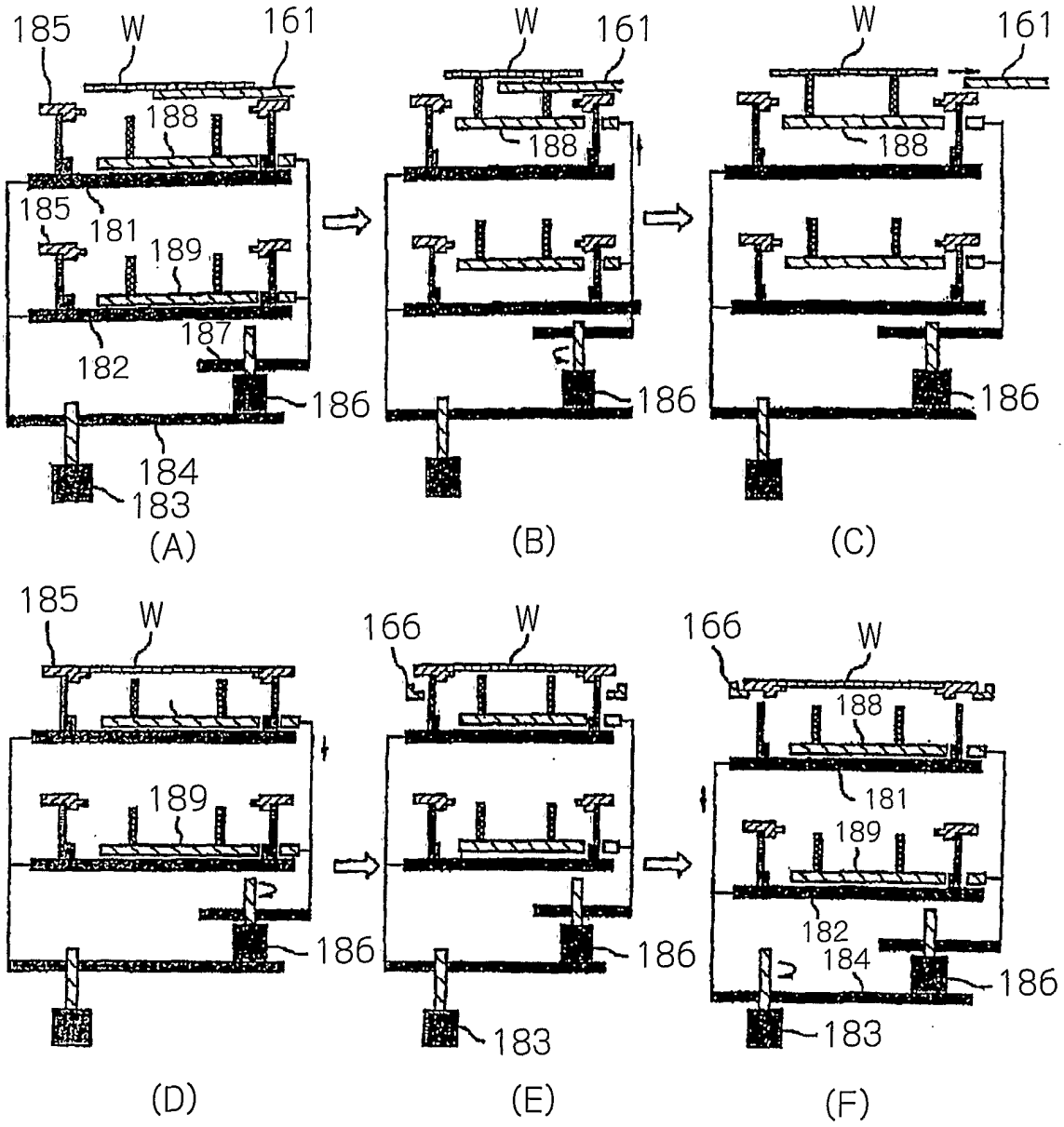
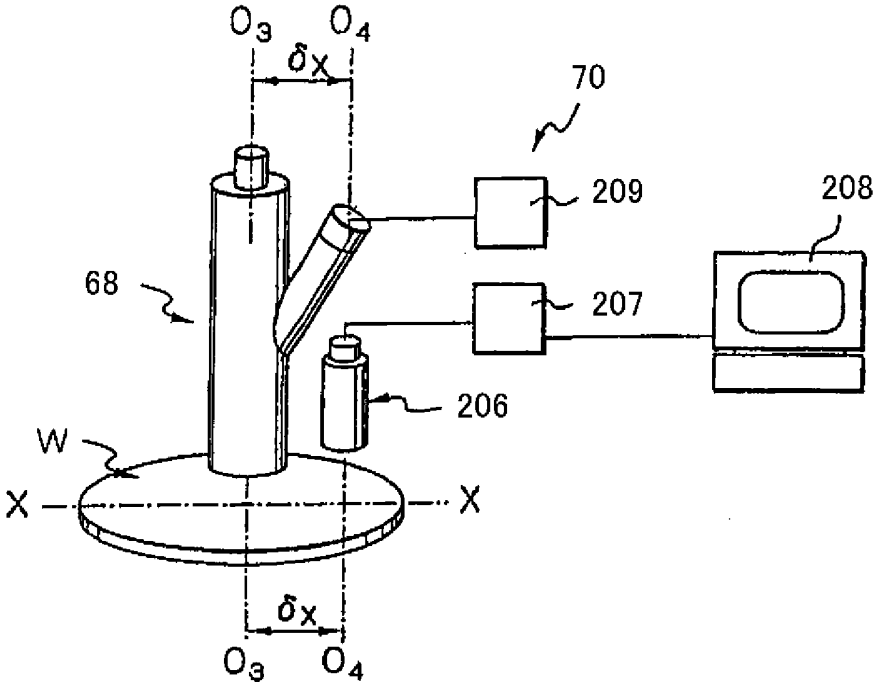

ダイ座標系
ウェーハ上の各ダイ毎に存在する座標系
X_D
Y_D
$[X_{STG}, Y_{STG}]$：ステージ座標系でのステージ位置
（ステージ座標系でのウェーハ座標系原点位置）
X_S
ステージ座標系
X_W
Y_W ウェーハ座標系
ステージ
X_{STG}
ウェハ
（ステージ座標原点位置）
ステージ
（ステージ座標原点位置）
Y_S
Y_{STG}
メインチャンバ

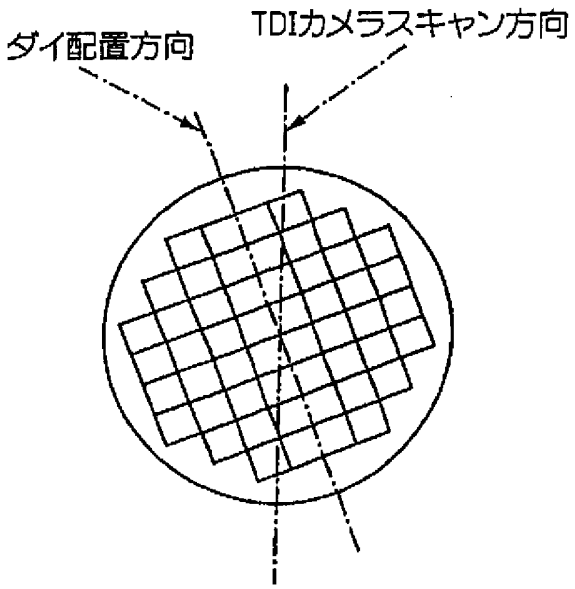
図 25


185
W
161
188
185
181
189
187
182
186
184
183
(A)
W
161
188
186
(B)
W
161
188
186
(C)
185
W
189
186
(D)
166
W
186
183
(E)
166
W
188
181
189
182
184
186
183
(F)

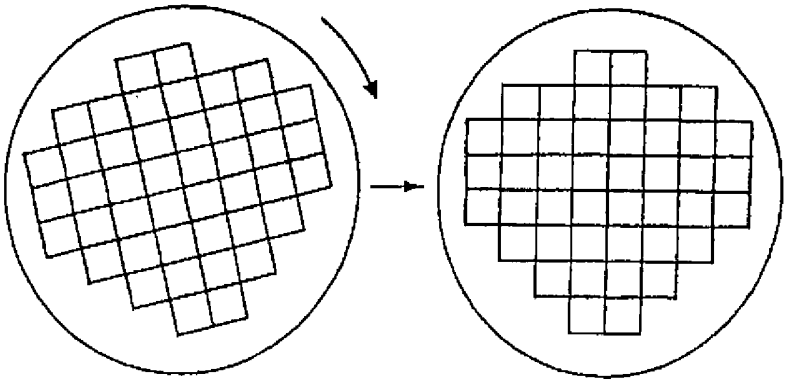
[図26]



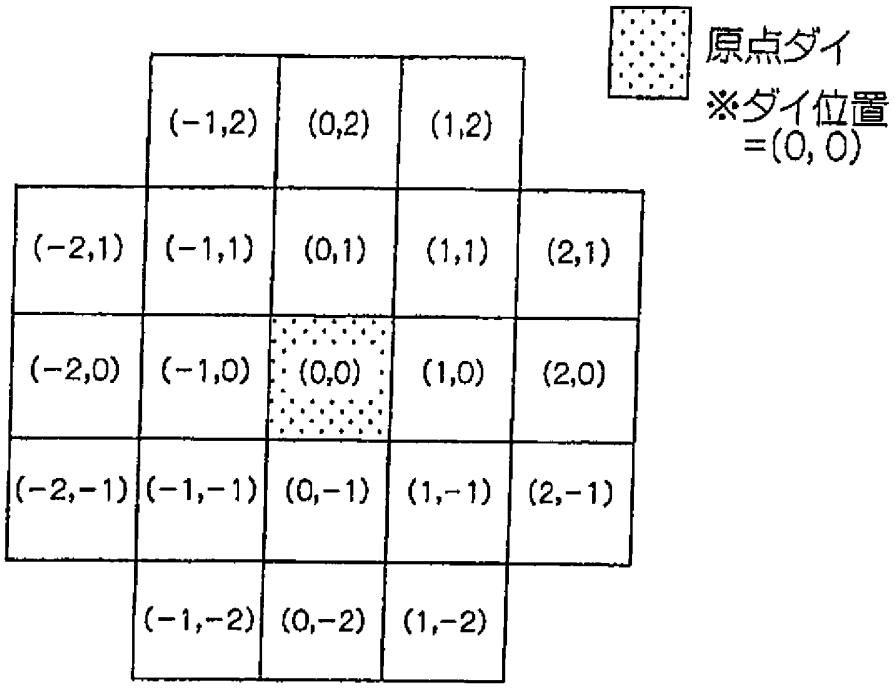
[図27]



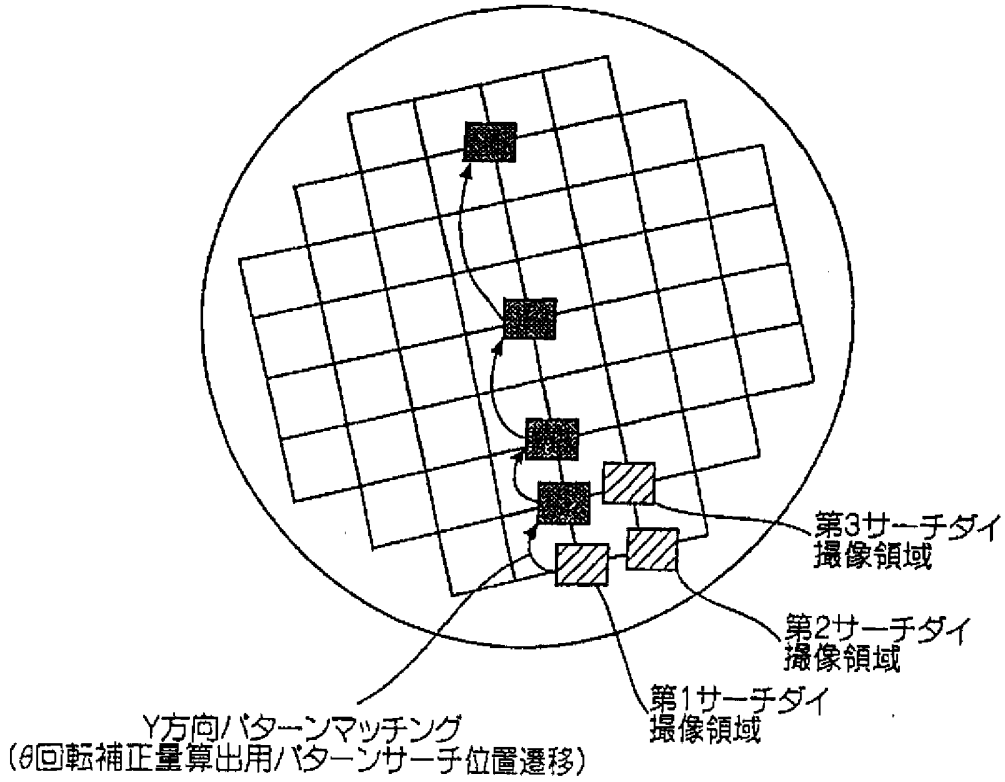
[図28]



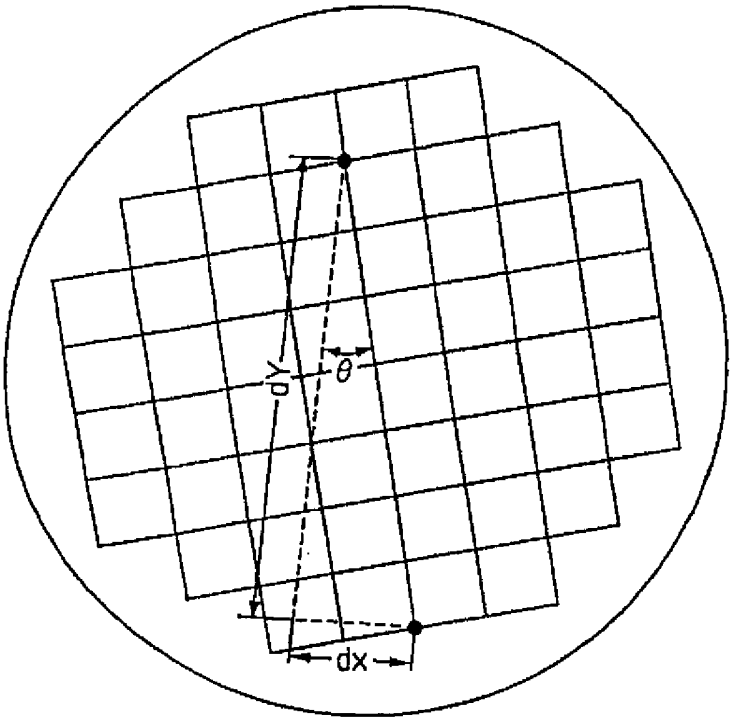
[図29]


原点ダイ
※ダイ位置
=(0, 0)
(−1,2)
(0,2)
(1,2)
(−2,1)
(−1,1)
(0,1)
(1,1)
(2,1)
(−2,0)
(−1,0)
(0,0)
(1,0)
(2,0)
(−2,−1)
(−1,−1)
(0,−1)
(1,−1)
(2,−1)
(−1,−2)
(0,−2)
(1,−2)

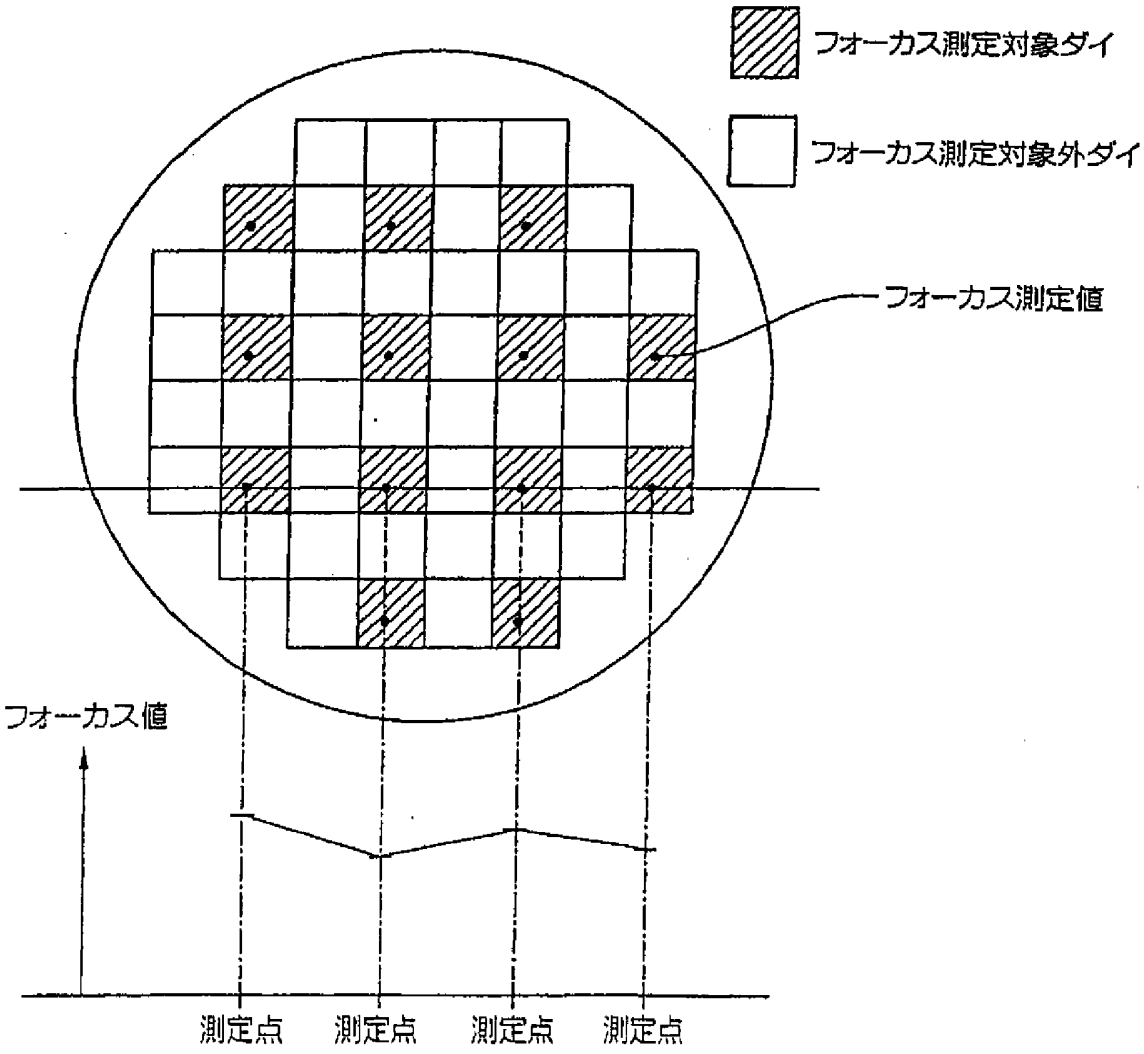
[図30]


第3サーチダイ
撮像領域
第2サーチダイ
撮像領域
第1サーチダイ
撮像領域
Y方向パターンマッチング
(θ回転補正量算出用パターンサーチ位置遷移)

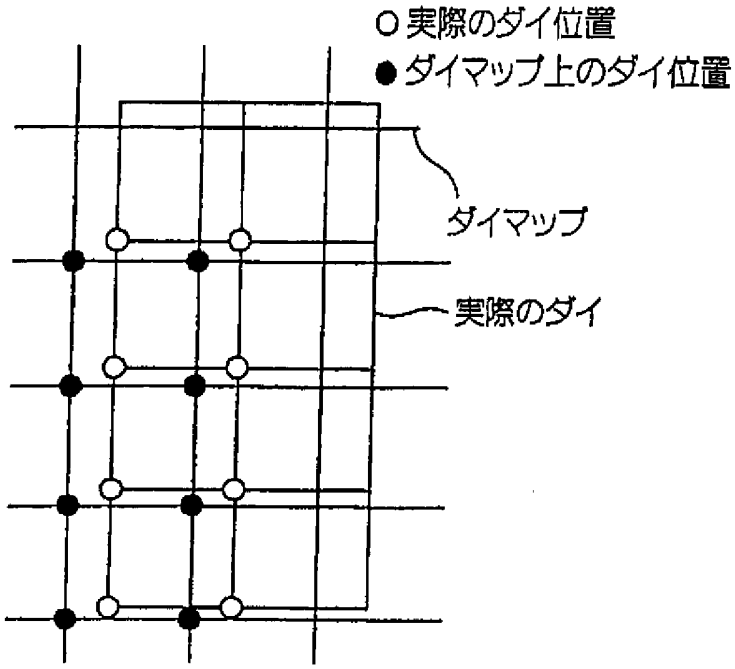
[図31]


dY
θ
dx

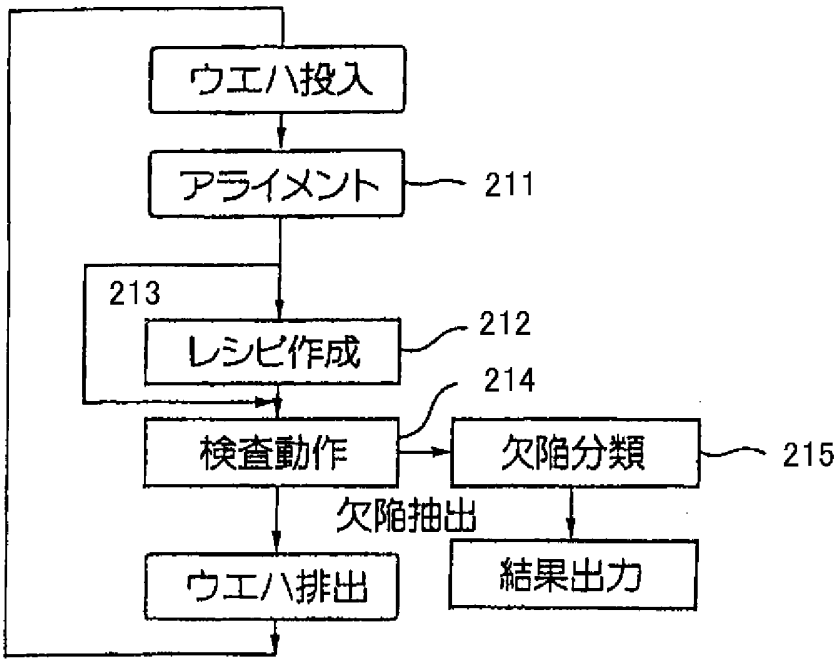
[図32]


フォーカス測定対象ダイ
フォーカス測定対象外ダイ
フォーカス測定値
フォーカス値
測定点
測定点
測定点
測定点

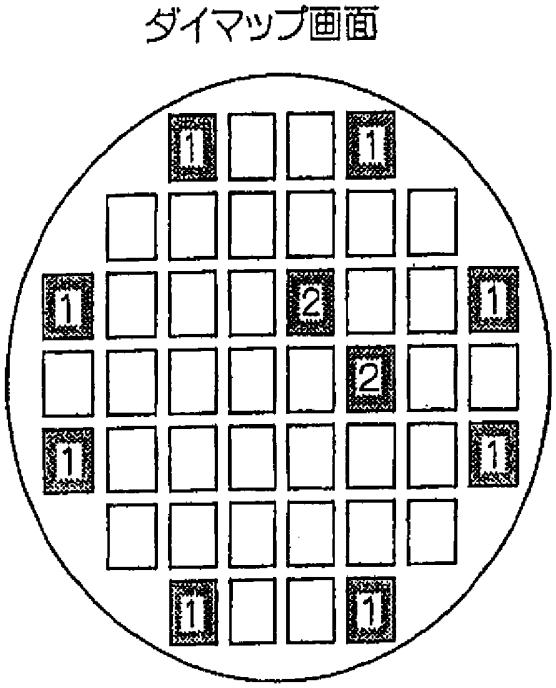
[図33]


○実際のダイ位置
●ダイマップ上のダイ位置
ダイマップ
実際のダイ

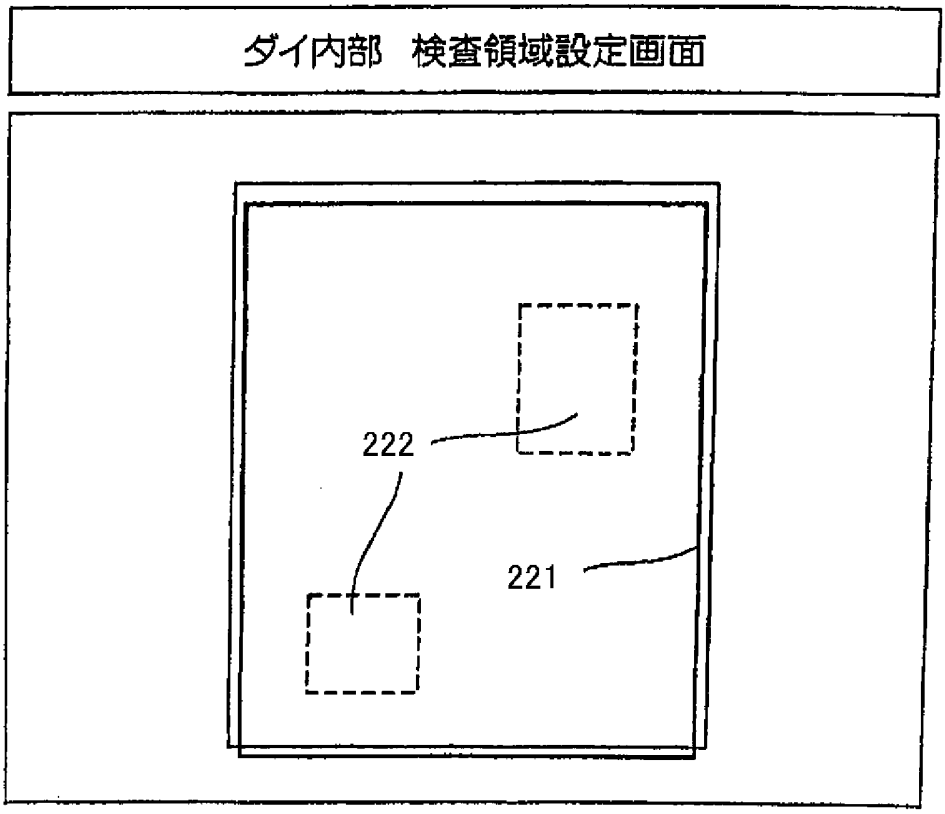
[図34]


ウエハ投入
アライメント
211
213
レシピ作成
212
214
検査動作
欠陥分類
215
欠陥抽出
ウエハ排出
結果出力

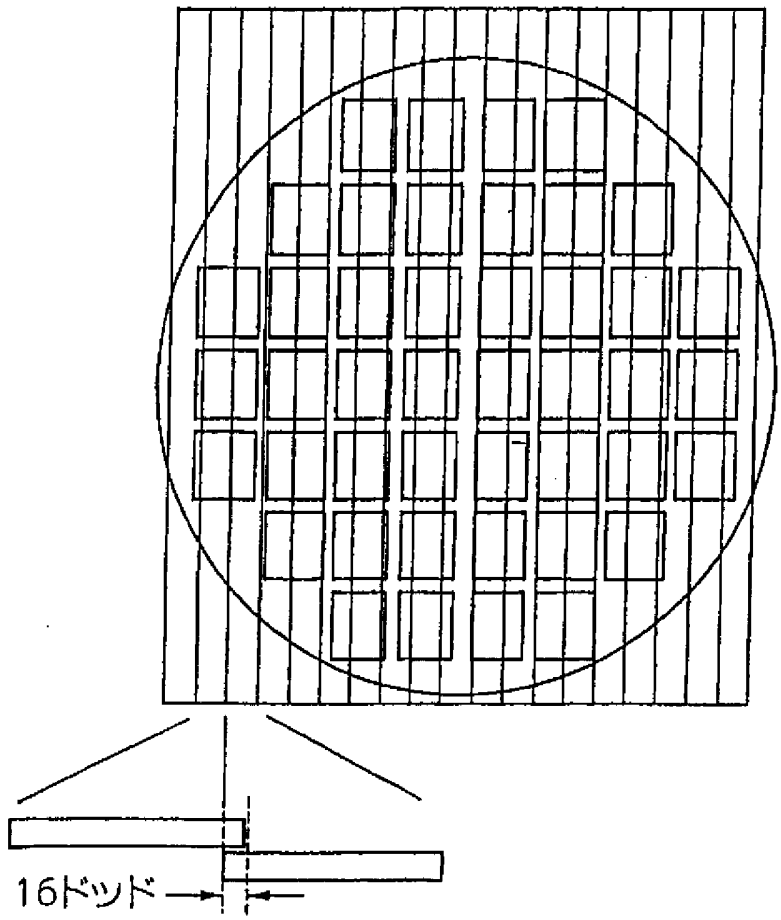
[図35]


ダイマップ画面

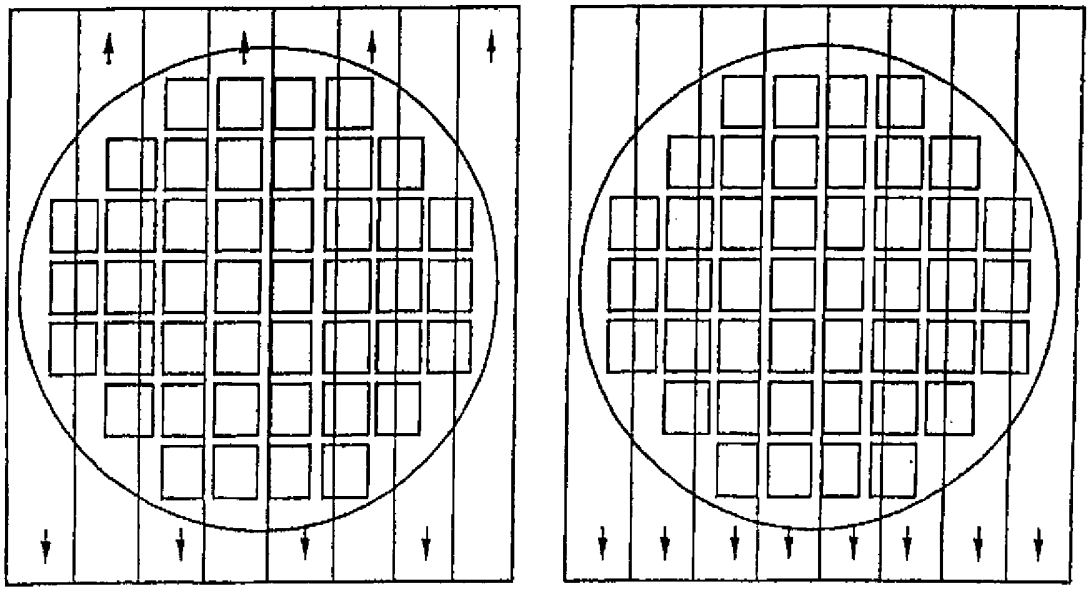
[図36]



[図37]



[図38]



A動作

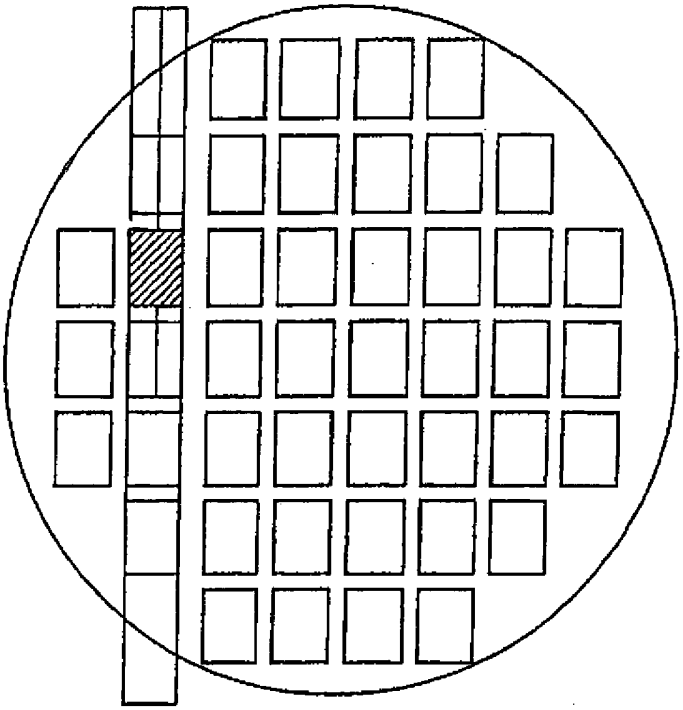
(A)

B動作

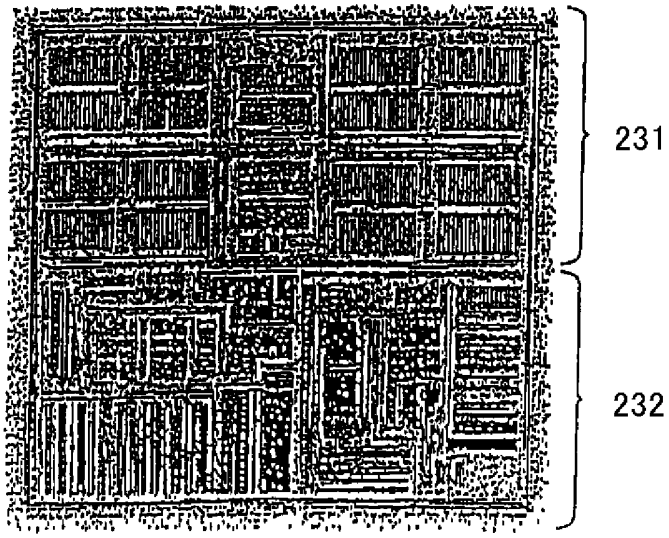
(B)

[図39]

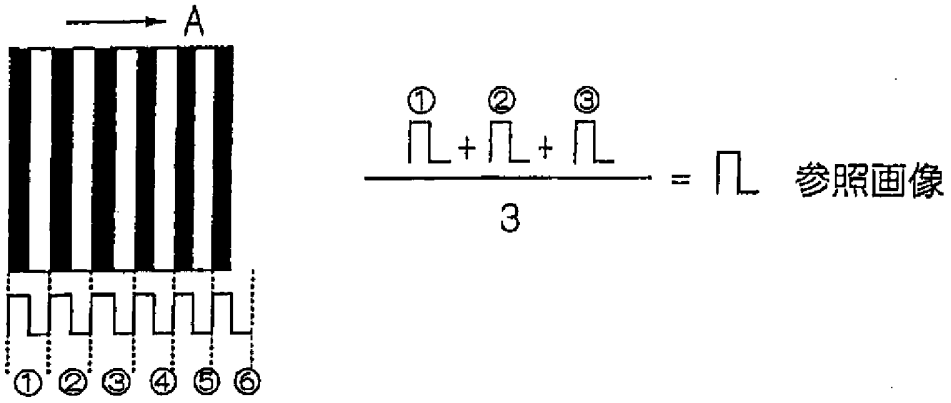
(A)



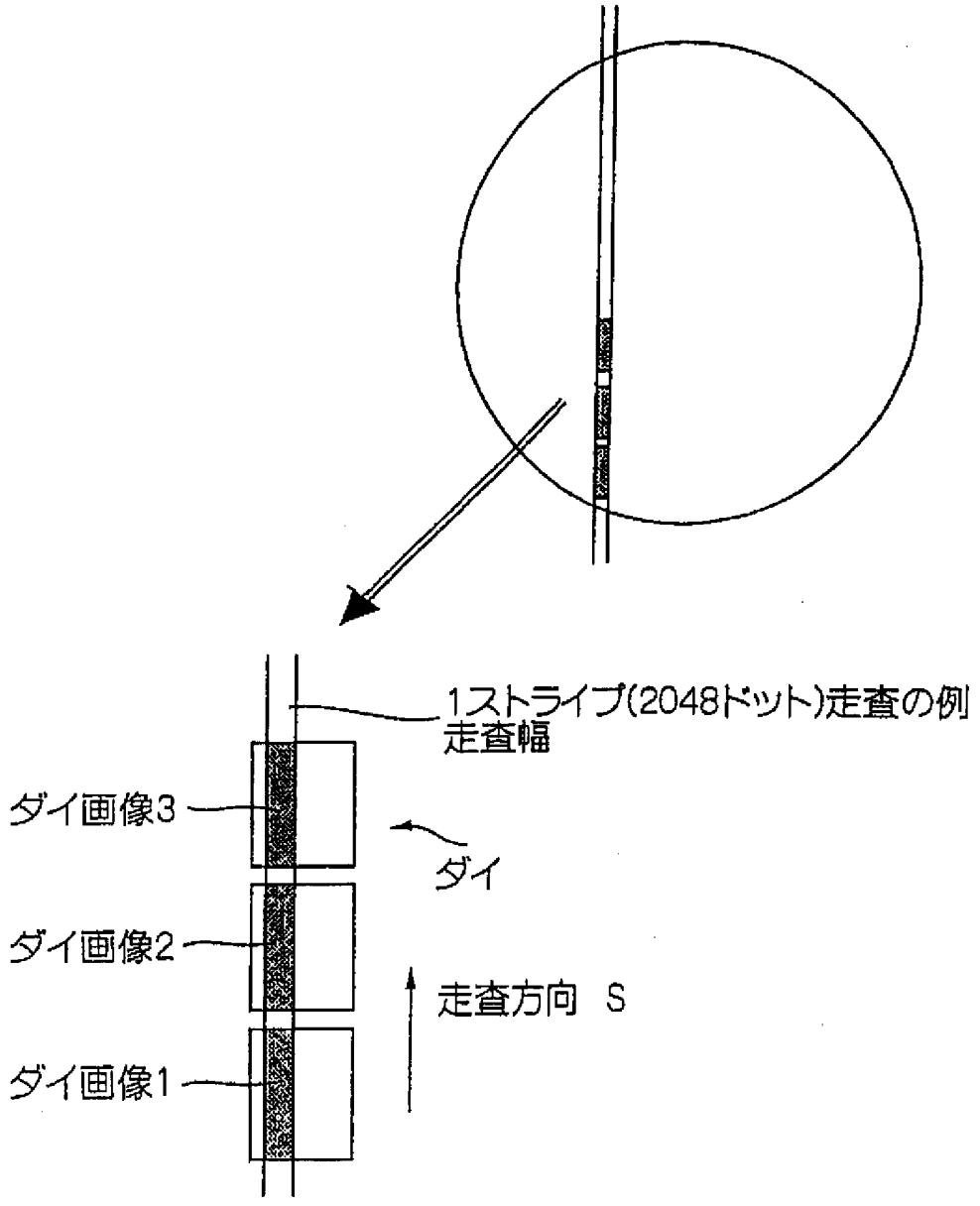
(B)



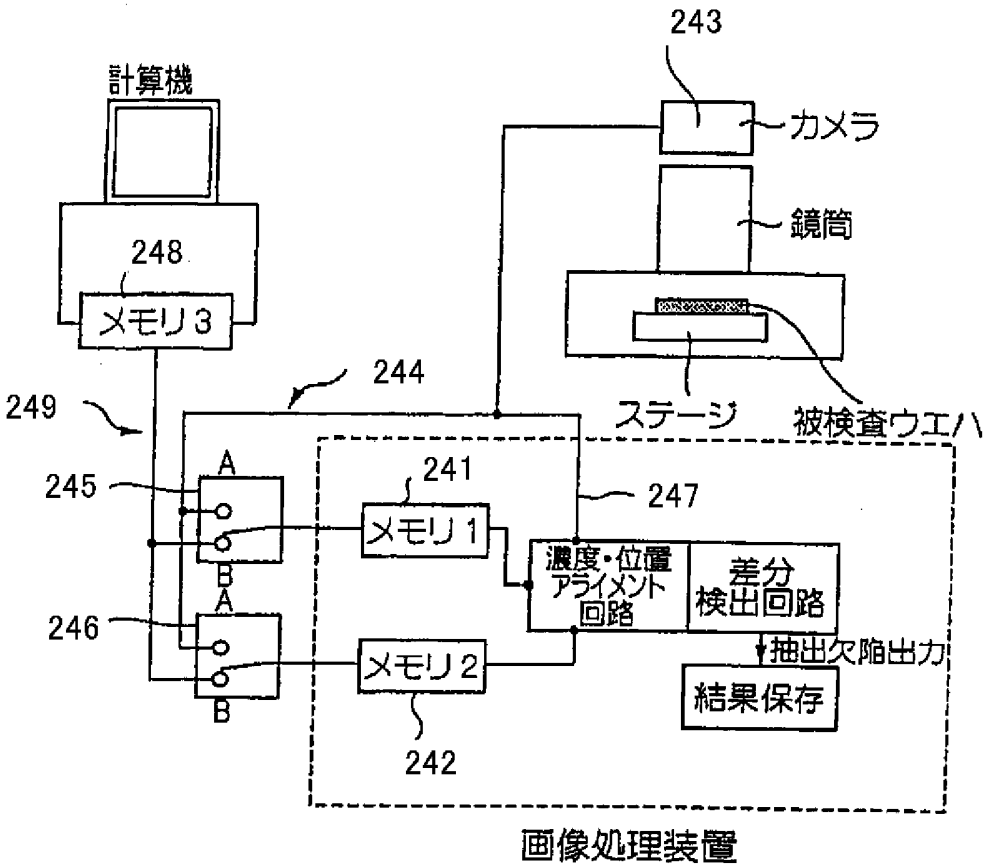
[図40]


A
①
②
③
3
参照画像
①②③④⑤⑥

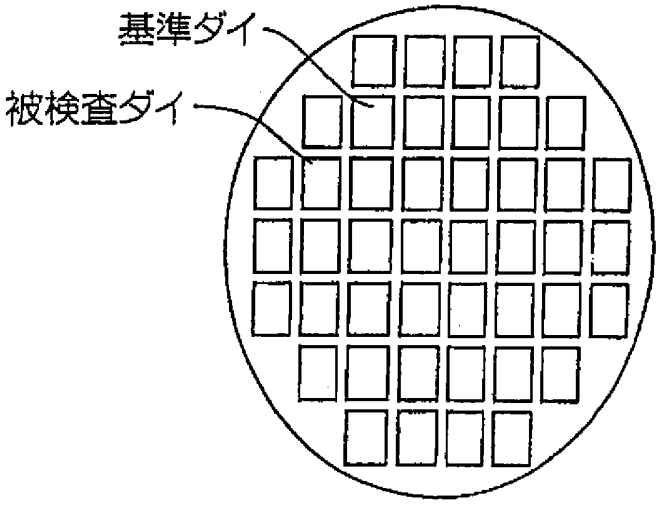
[図41]


1ストライプ(2048ドット)走査の例
走査幅
ダイ画像3
ダイ
ダイ画像2
走査方向 S
ダイ画像1

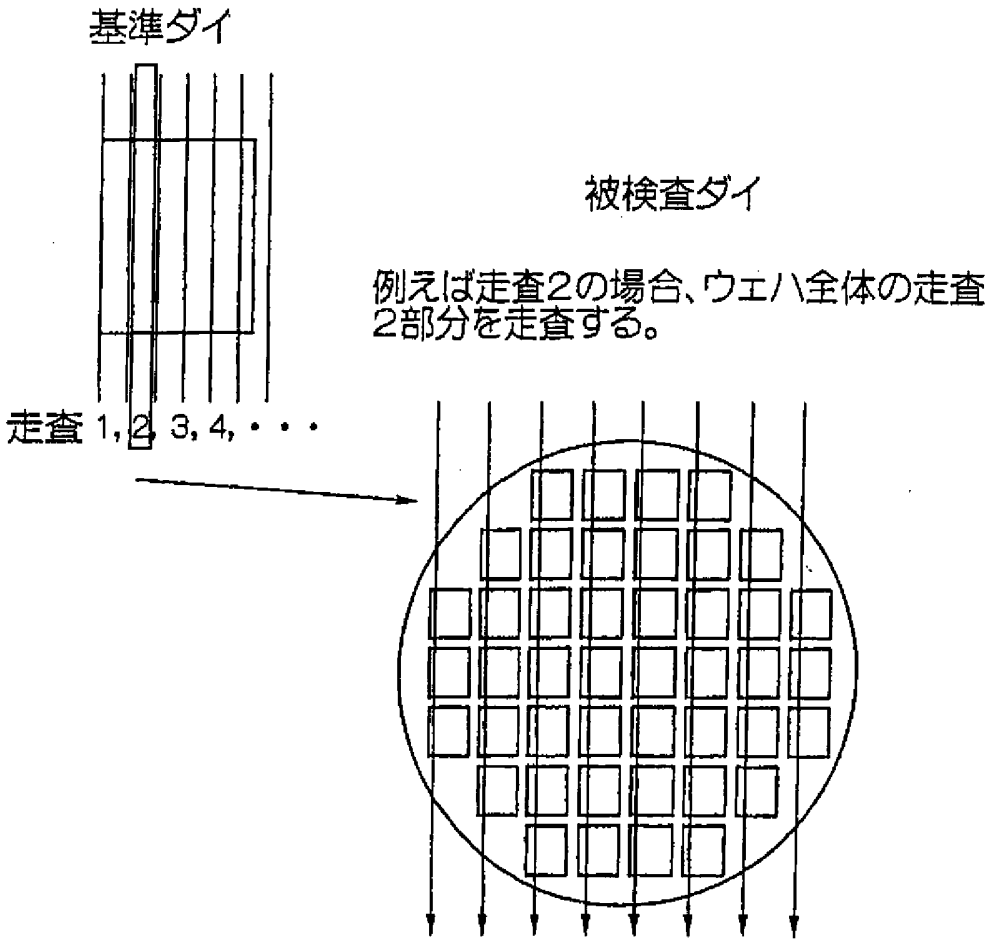
[図42]


243
計算機
カメラ
鏡筒
248
メモリ3
244
249
ステージ
被検査ウエハ
A
245
241
247
メモリ1
濃度・位置
アライメント
回路
差分
検出回路
B
A
246
抽出欠陥出力
メモリ2
結果保存
B
242
画像処理装置

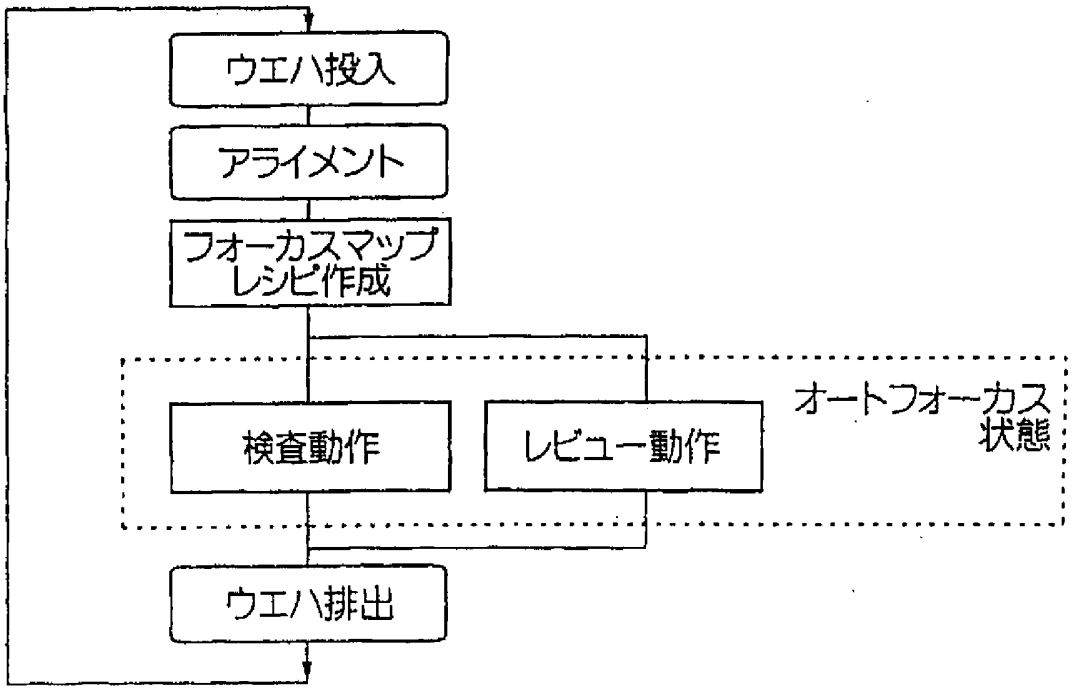
[図43]


基準ダイ
被検査ダイ

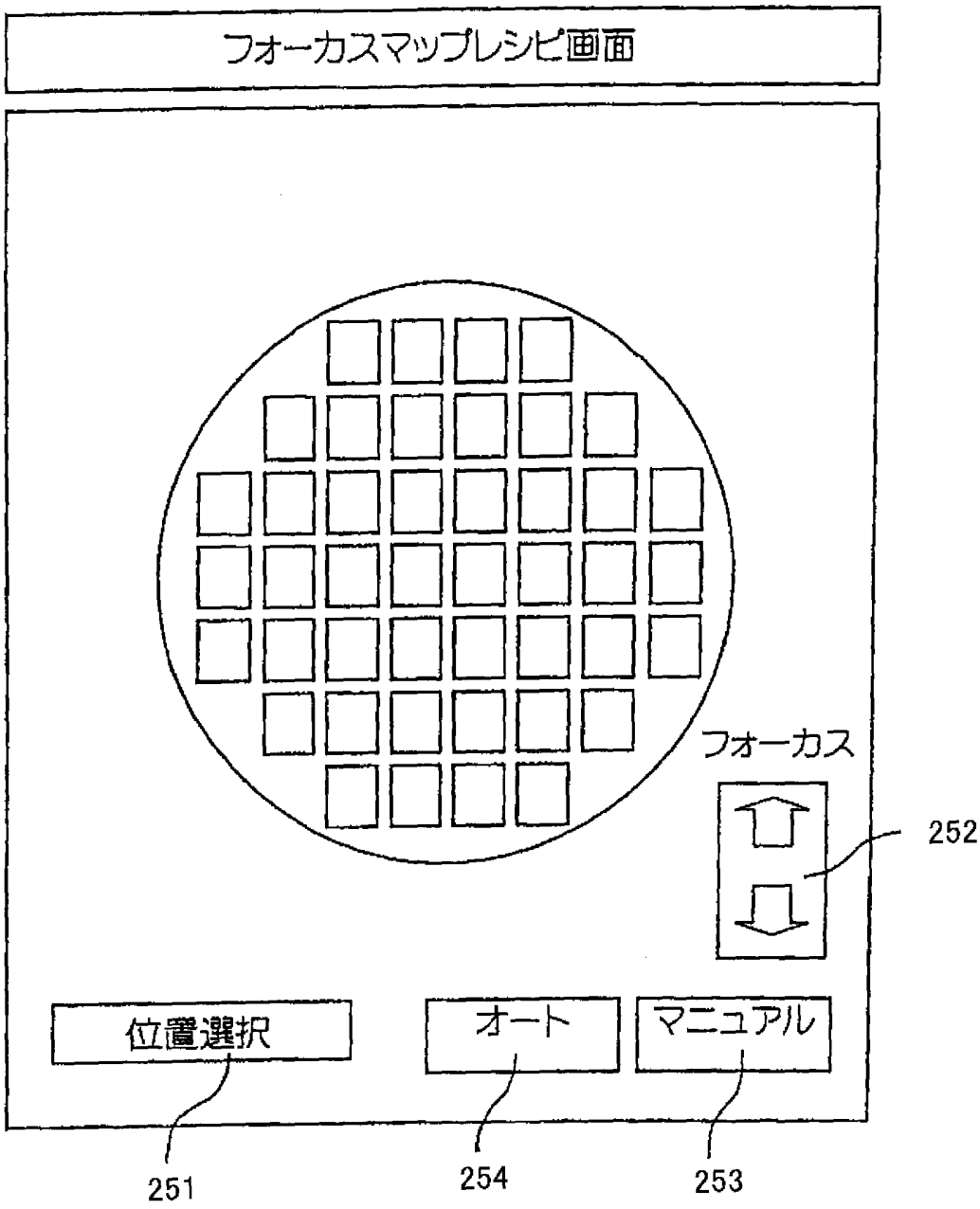
[図44]


基準ダイ
被検査ダイ
例えば走査2の場合、ウエハ全体の走査2部分を走査する。
走査 1, 2, 3, 4, ・・・

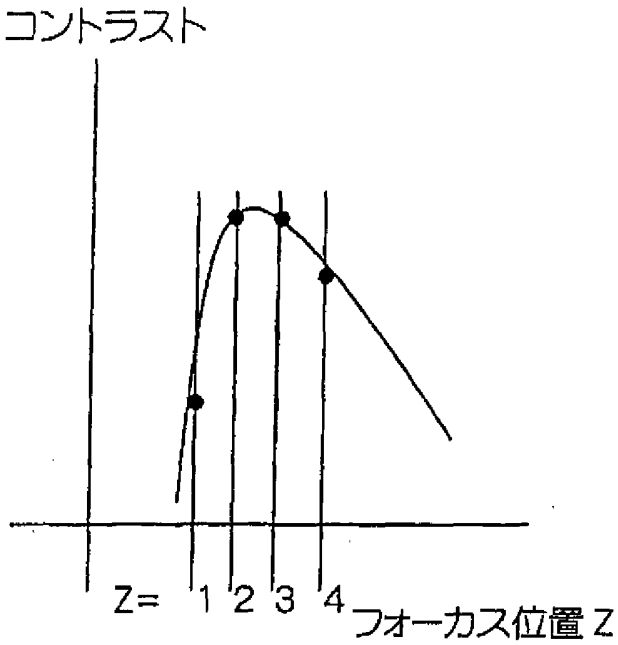
[図45]


ウエハ投入
アライメント
フォーカスマップレシピ作成
検査動作
レビュー動作
オートフォーカス状態
ウエハ排出

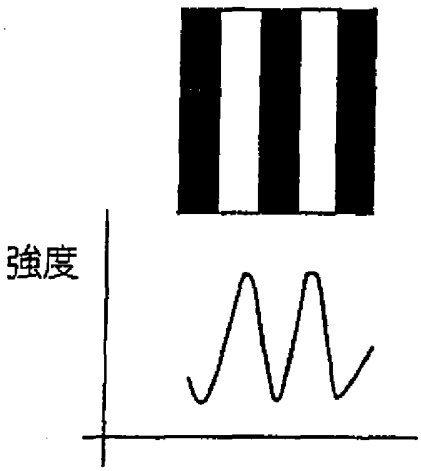
[図46]



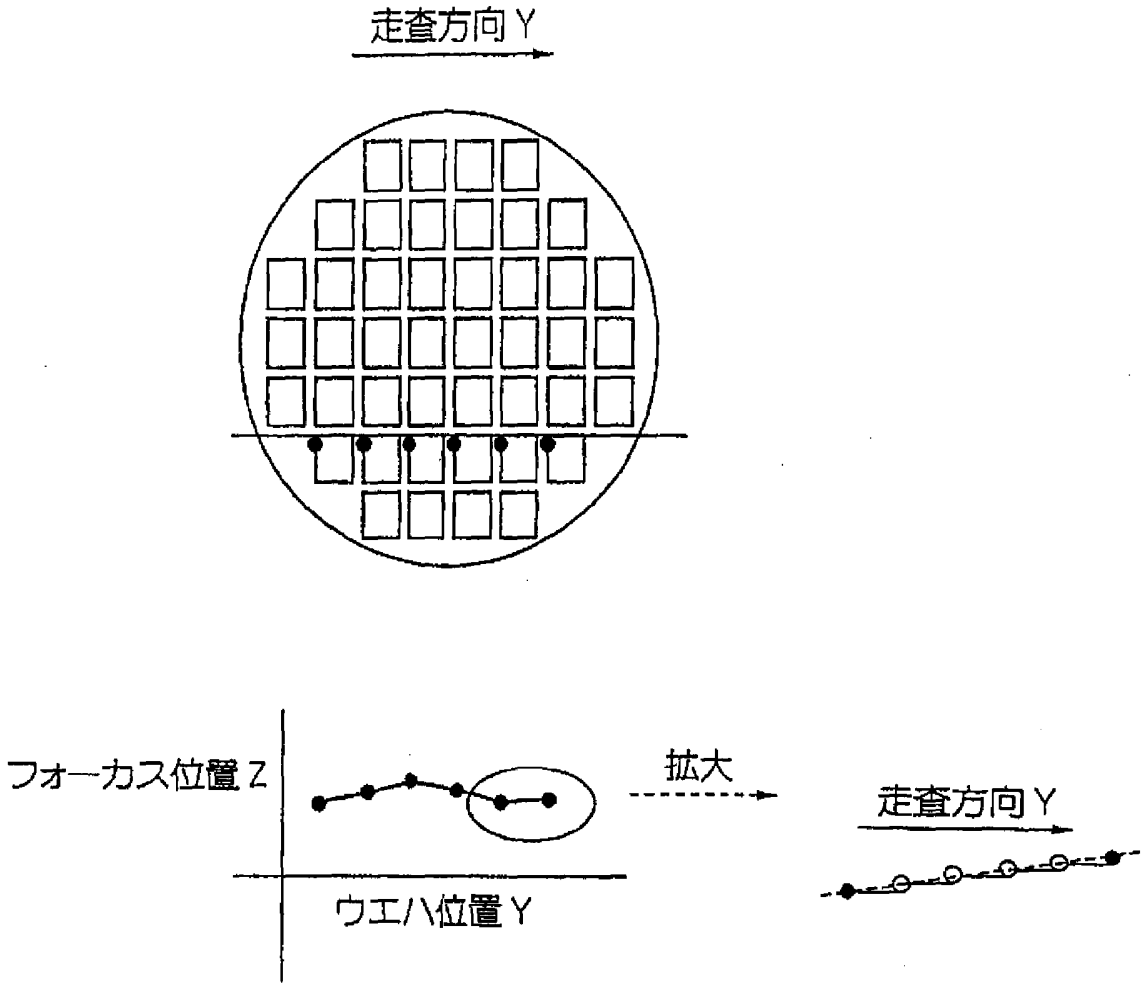
[図47]



[図48]



[図49]



[図50]

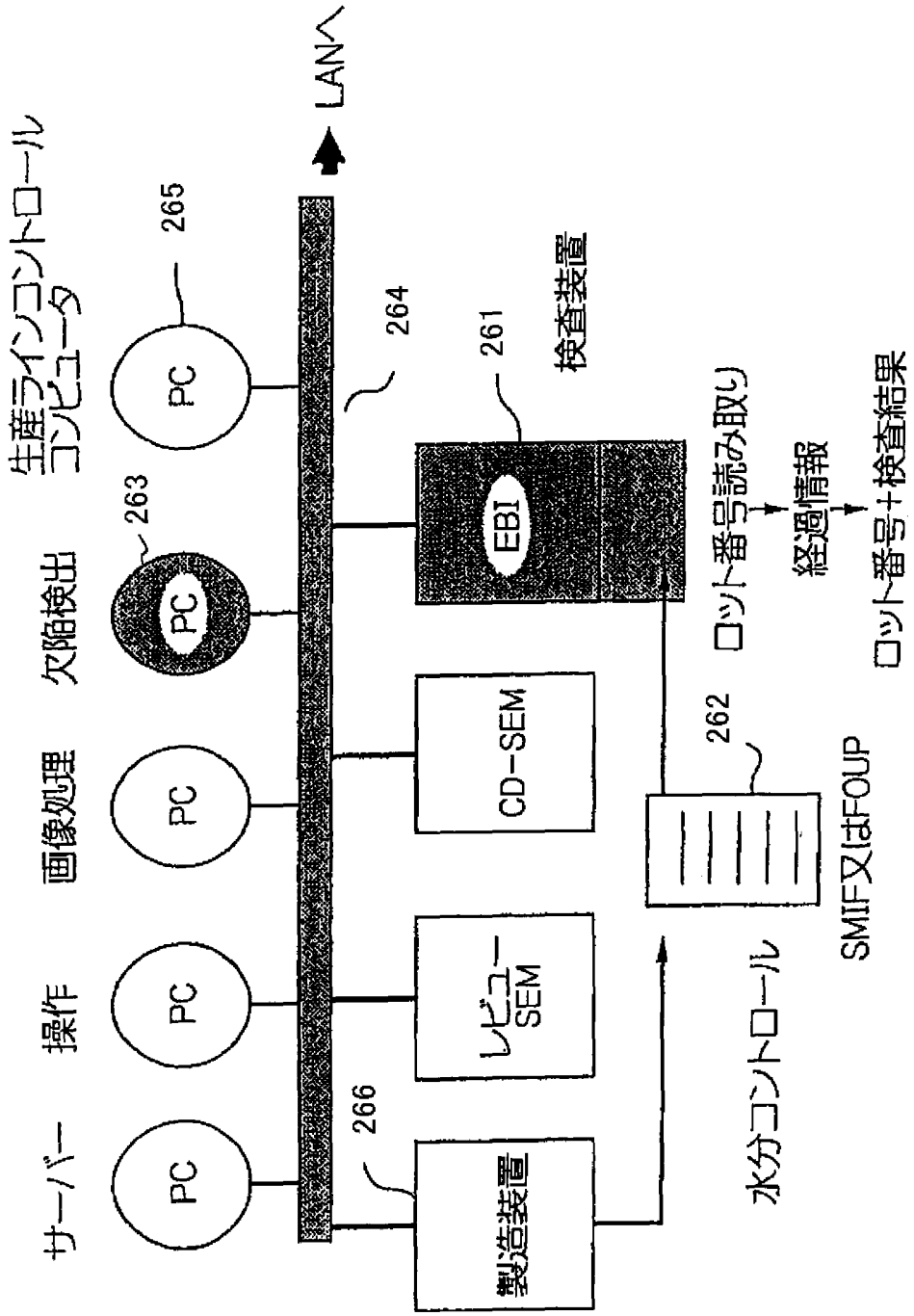

サーバー
操作
画像処理
欠陥検出
生産ラインコントロール
コンピュータ
PC
PC
PC
PC
PC
LANへ
263
265
264
261
検査装置
EBI
CD-SEM
レビュー
SEM
製造装置
266
262
ロット番号読み取り
経過情報
ロット番号+検査結果
水分コントロール
SMIF又はFOUP

図 51

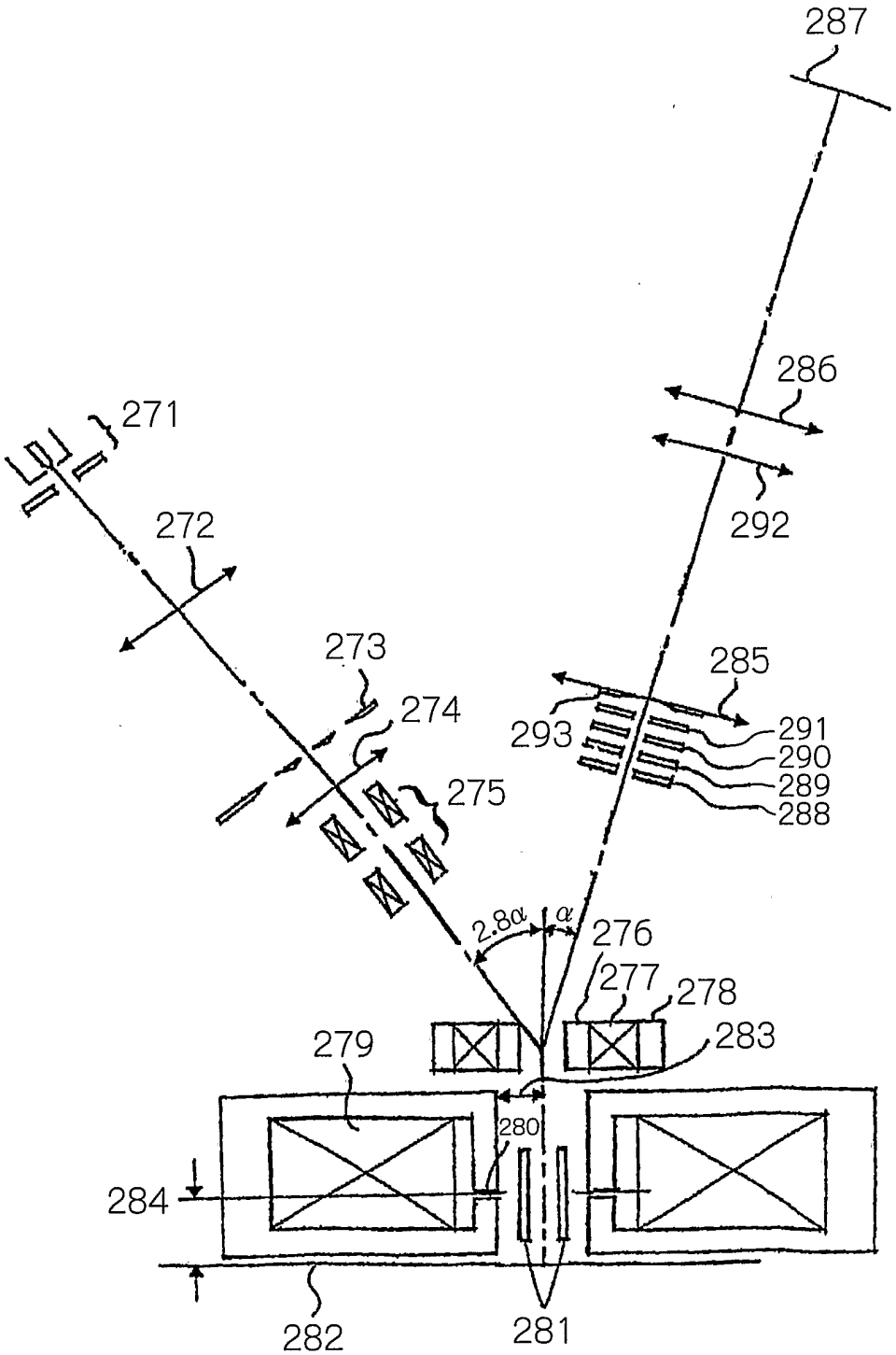
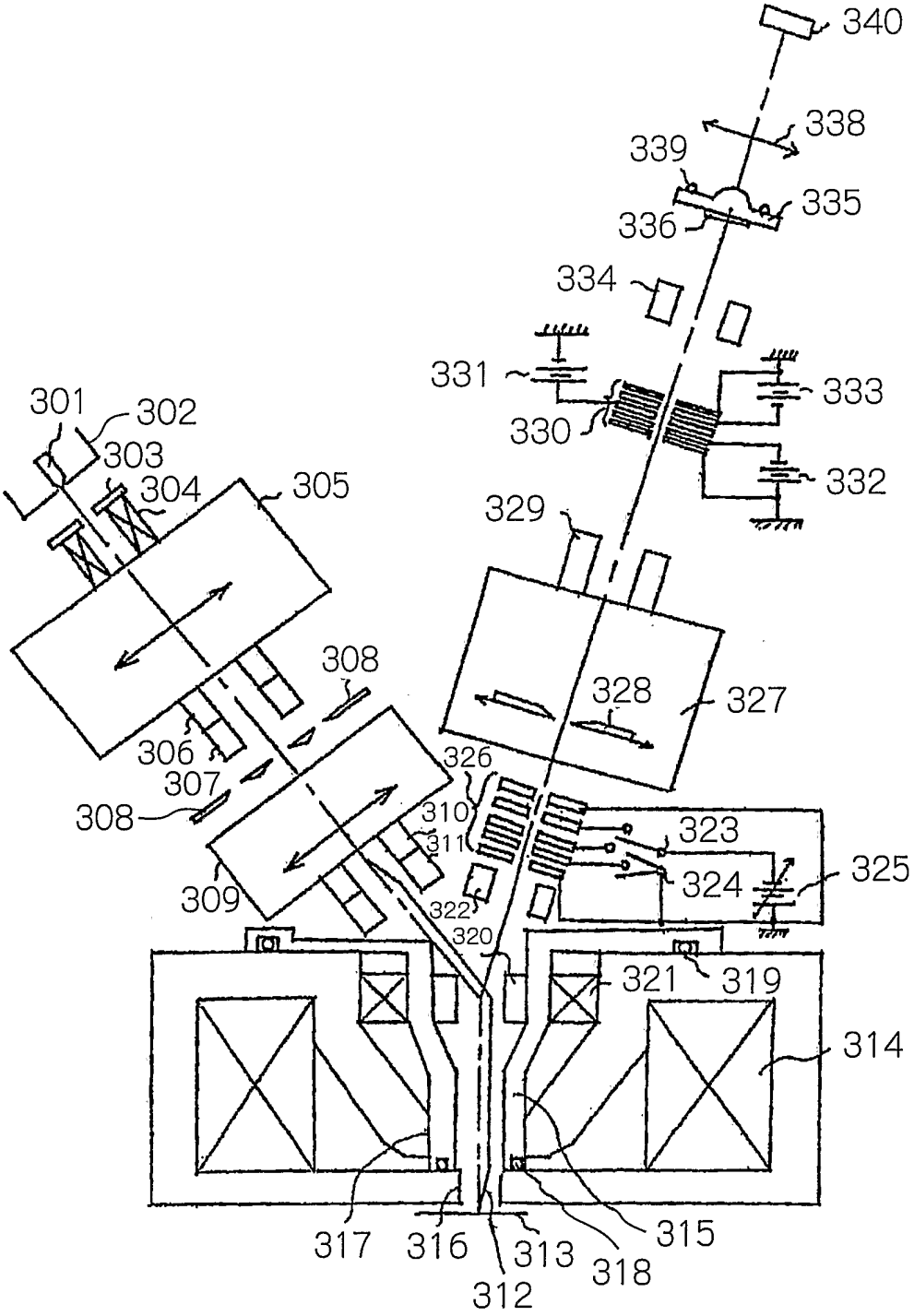
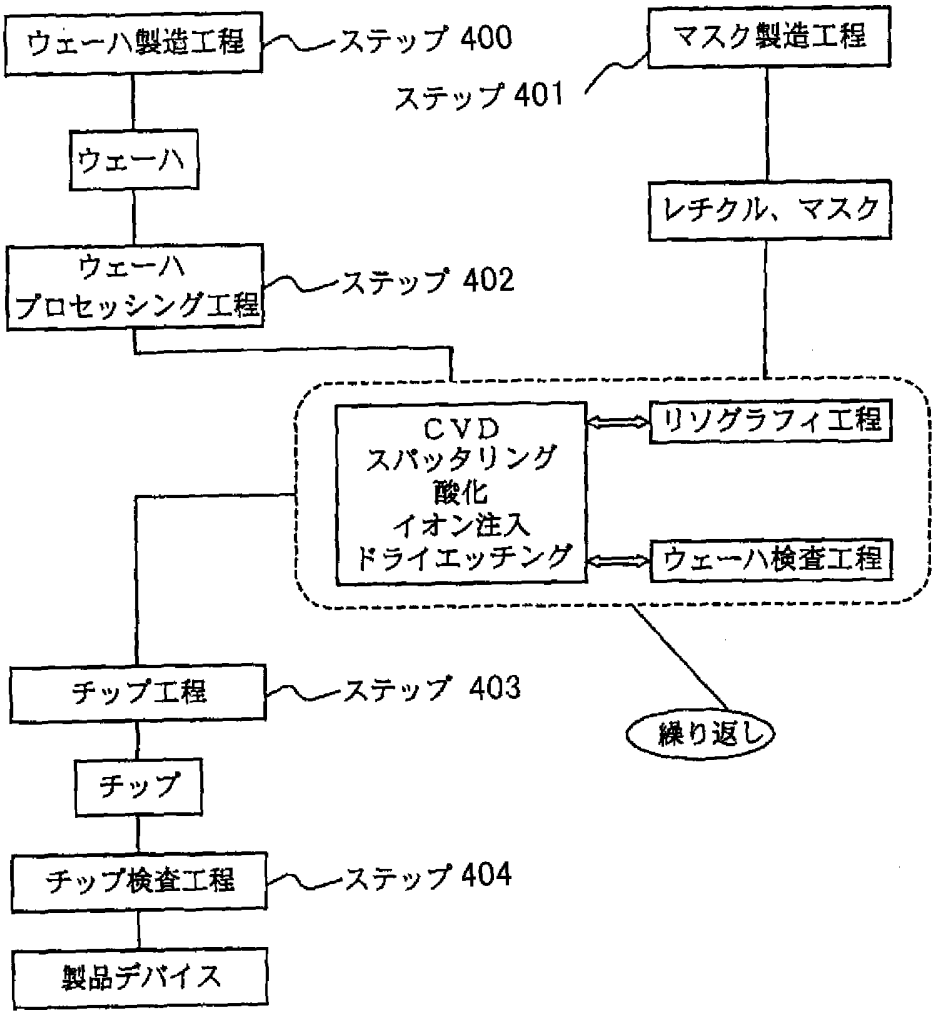

287
286
271
272
292
273
285
274
293
291
290
289
288
275
2.8α
α
276
277
278
279
283
280
284
282
281

図 52


340
338
339
335
336
334
331
333
330
332
301
302
303
304
305
329
308
328
327
306
326
307
308
310
311
323
325
324
309
322
320
321
319
314
317
316
313
315
318
312

[図53]


ウェーハ製造工程
ステップ 400
マスク製造工程
ステップ 401
ウェーハ
レチクル、マスク
ウェーハ
プロセッシング工程
ステップ 402
CVD
スパッタリング
酸化
イオン注入
ドライエッチング
リソグラフィ工程
ウェーハ検査工程
繰り返し
チップ工程
ステップ 403
チップ
チップ検査工程
ステップ 404
製品デバイス

[図54]

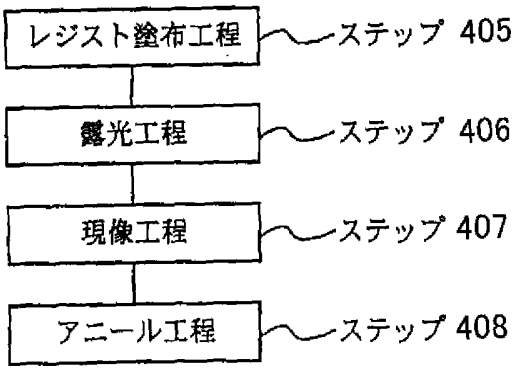

レジスト塗布工程
ステップ 405
露光工程
ステップ 406
現像工程
ステップ 407
アニール工程
ステップ 408

図 55

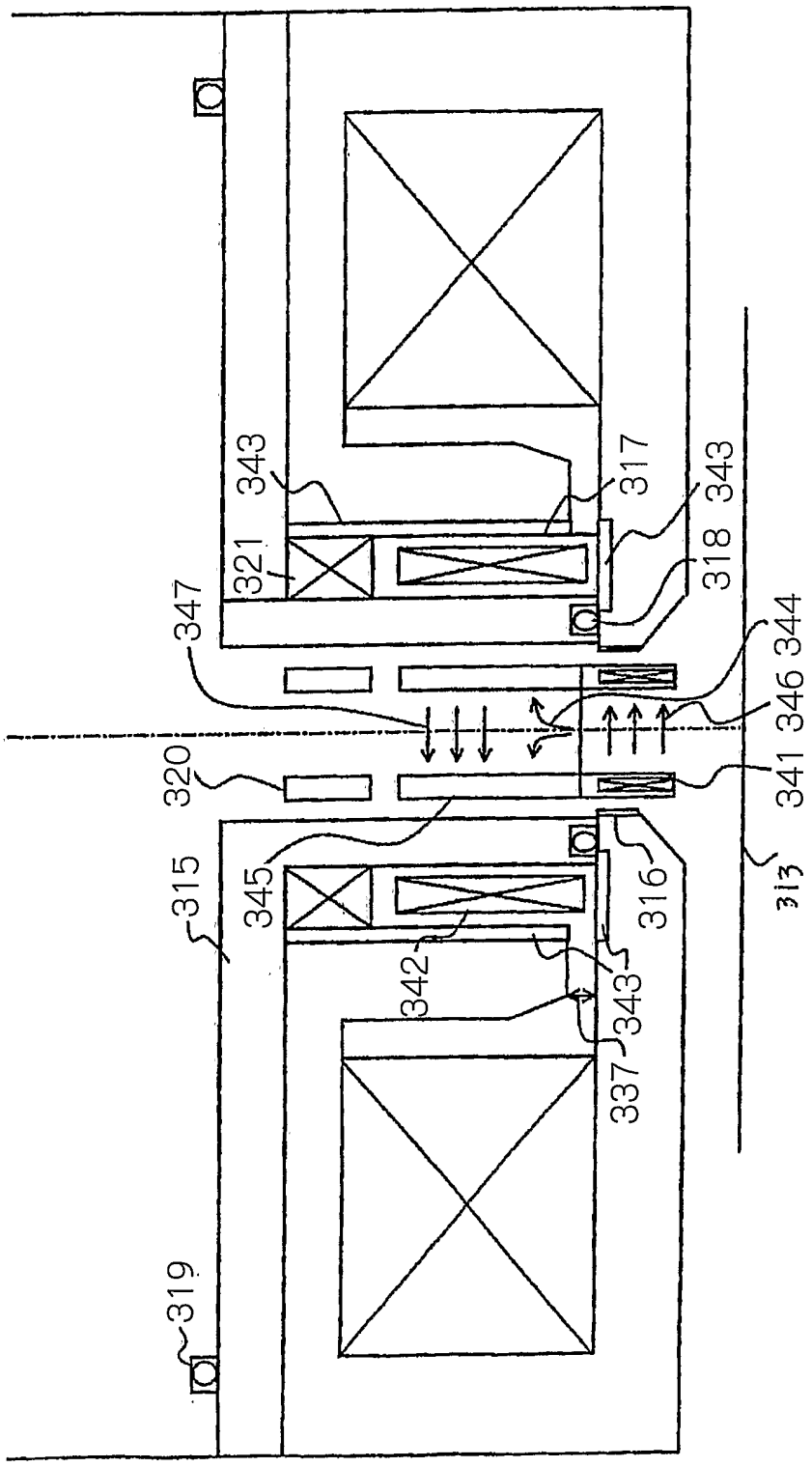

343
317
343
321
318
347
344
346
341
320
313
315
345
316
342
343
337
319

図 56

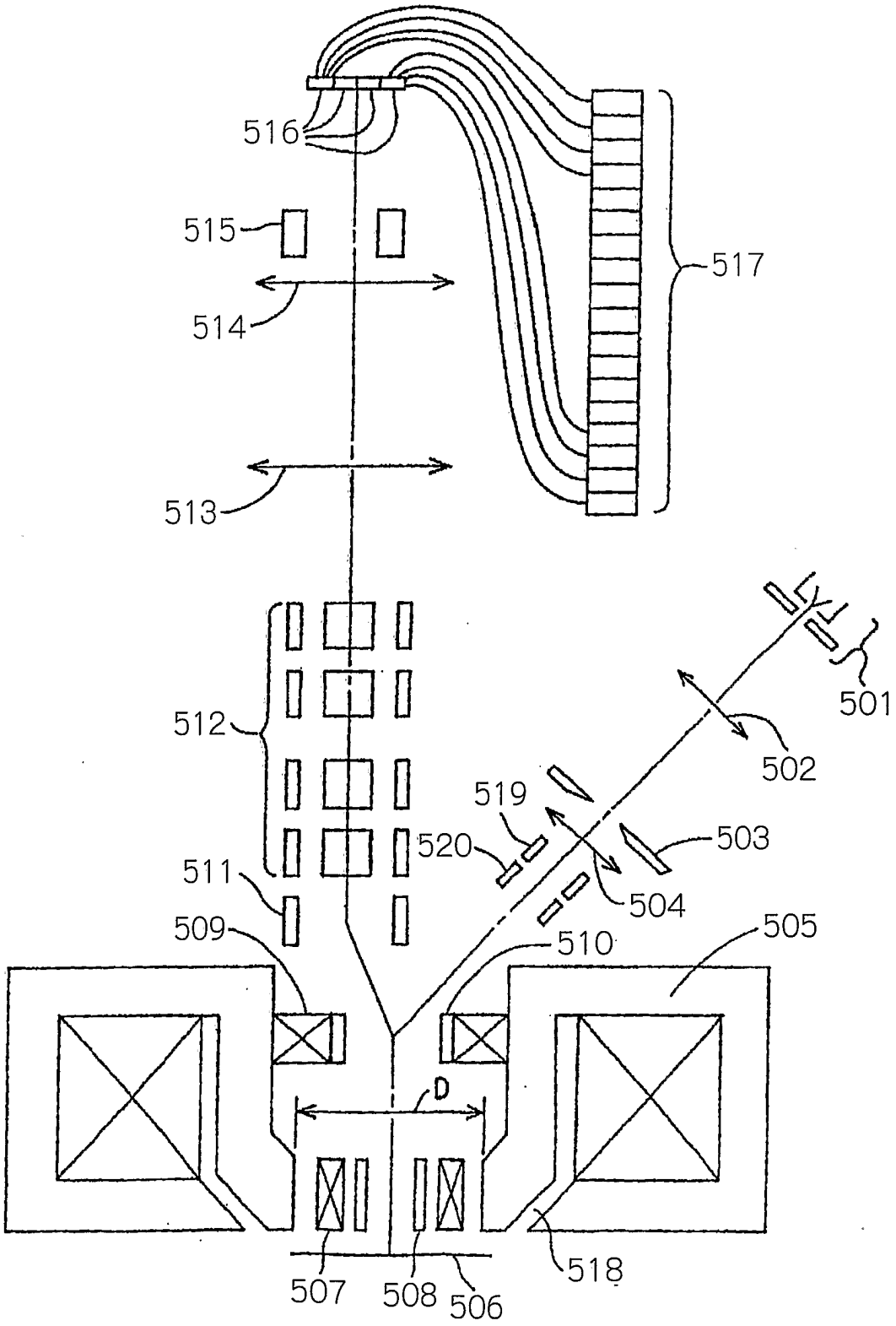

516
515
514
517
513
512
501
502
519
520
503
511
504
509
510
505
D
507
508
506
518

図 57

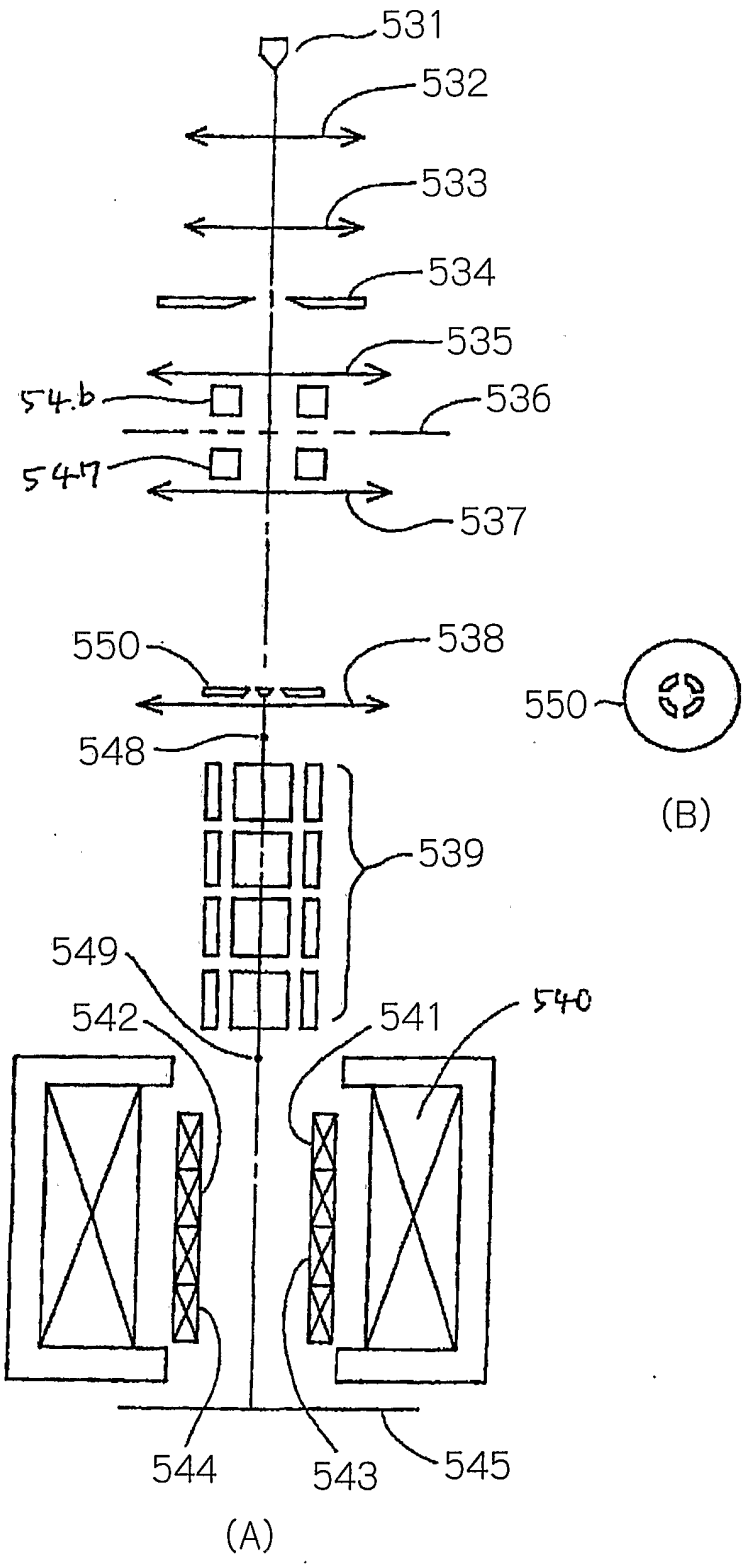

531
532
533
534
535
54.b
536
547
537
550
538
548
539
549
542
541
540
544
543
545
(A)
550
(B)

図 58

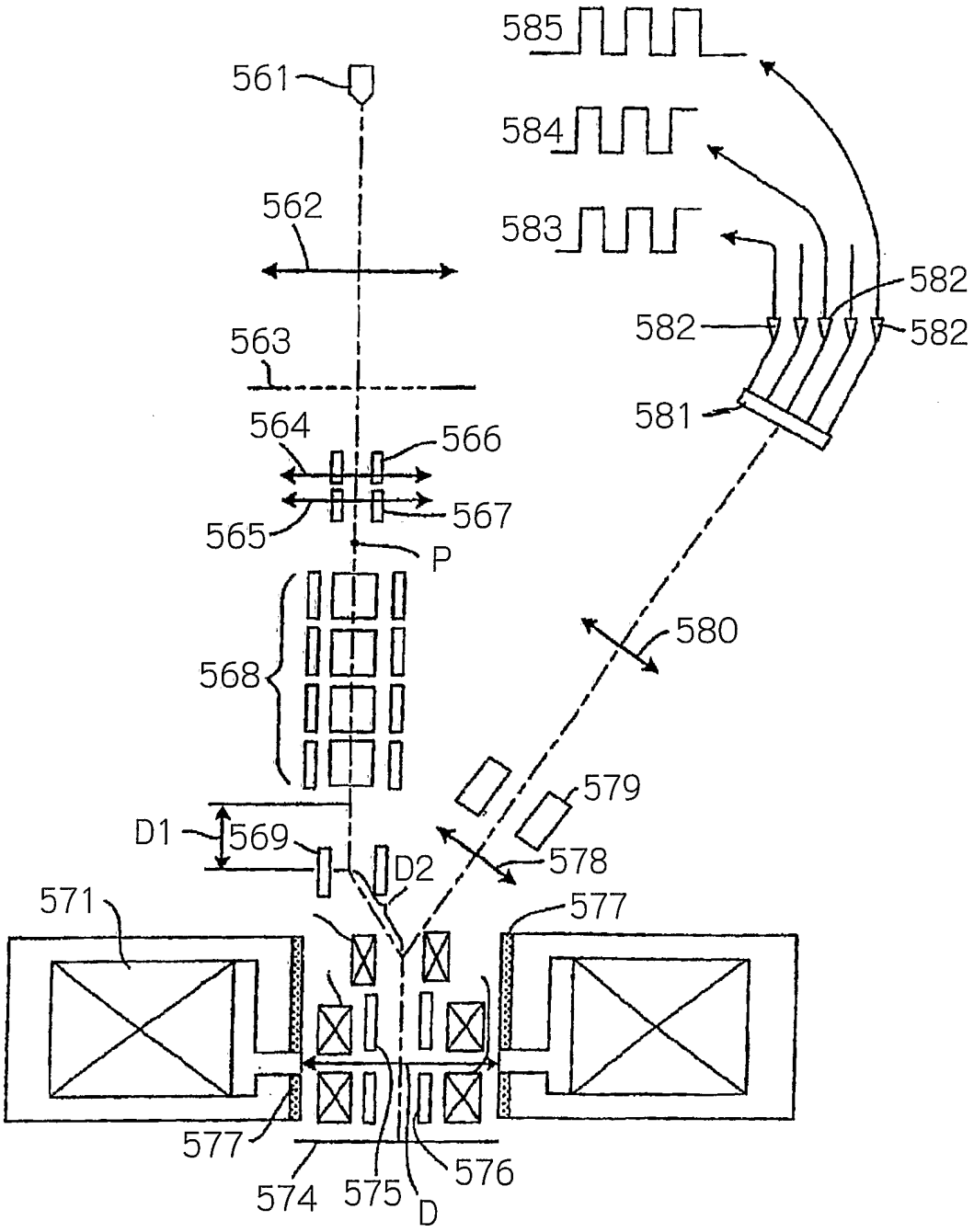

585
584
583
582
582
582
581
561
562
563
564
566
567
565
P
568
580
579
578
D1
569
D2
571
577
577
574
575
D
576

図 59

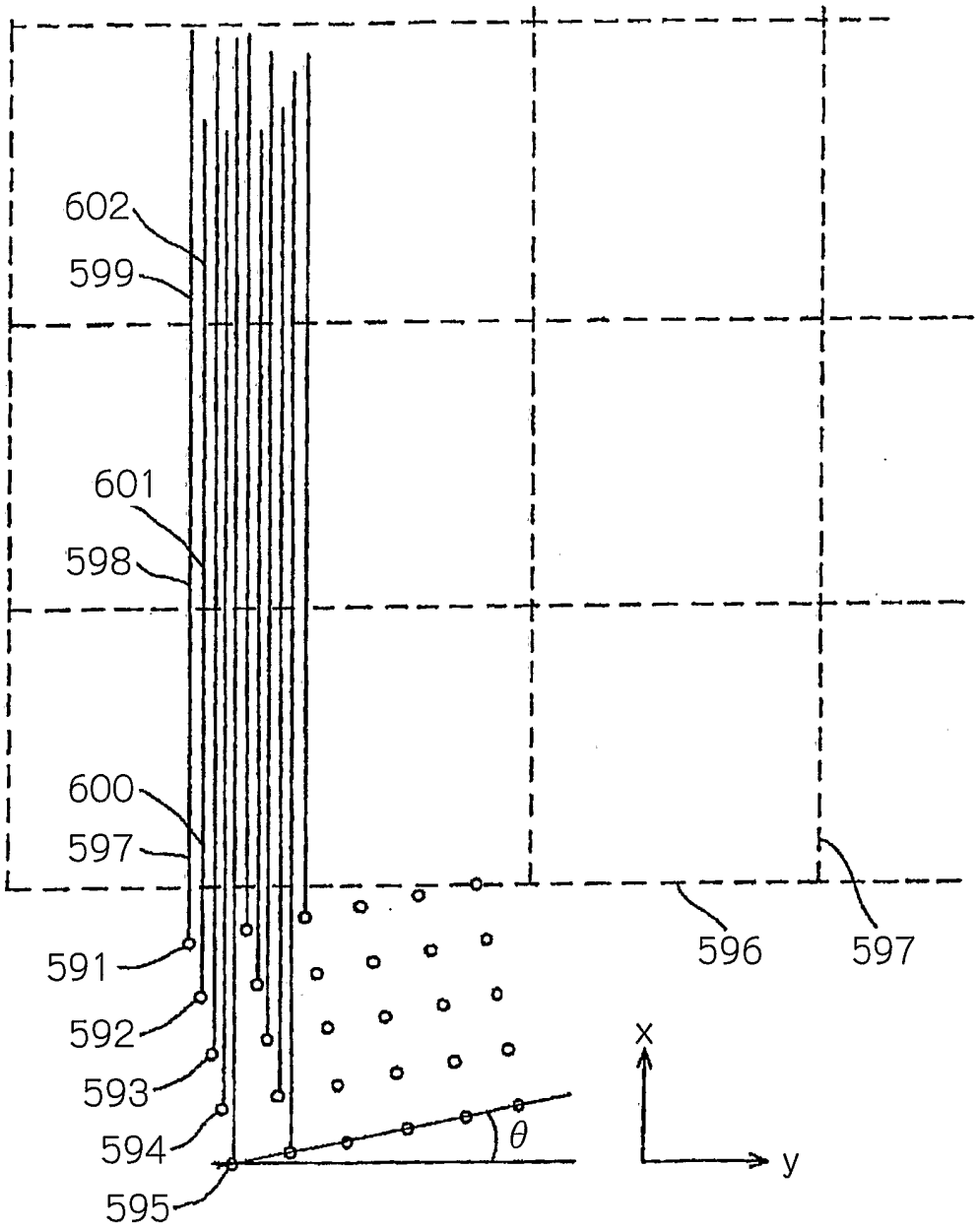


図 60

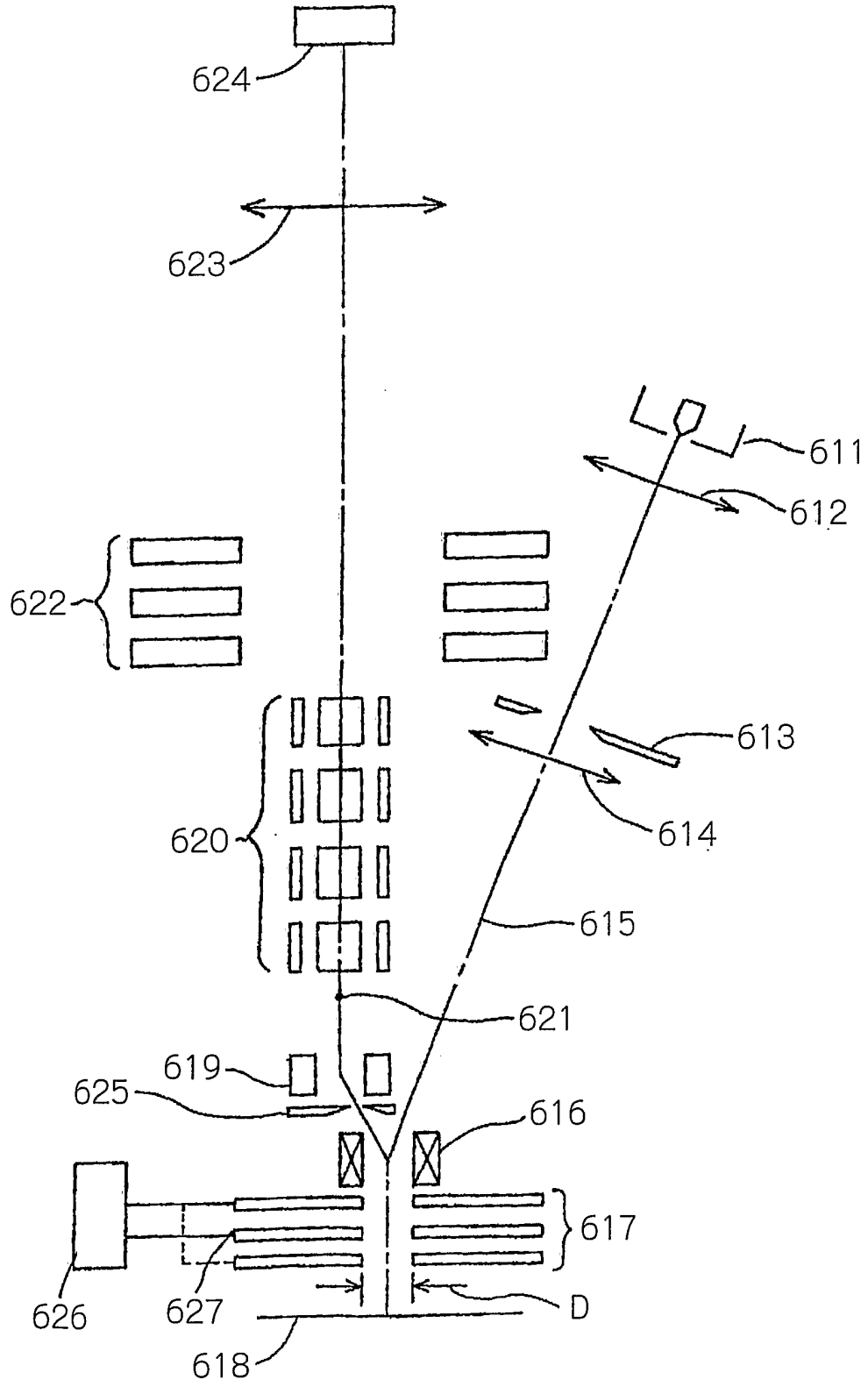

624
623
611
612
622
613
620
614
615
621
619
625
616
617
626
627
D
618

図 61

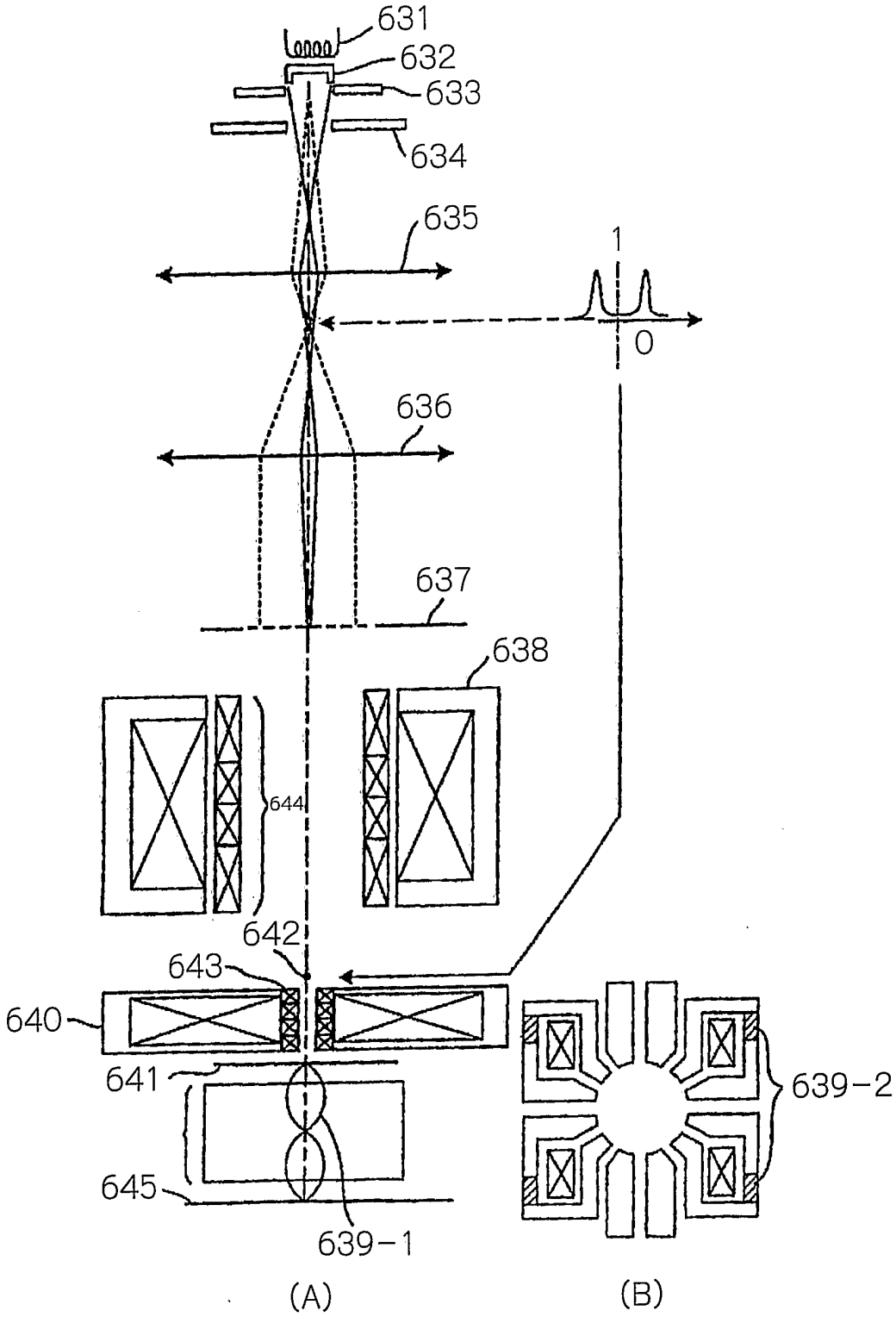

631
632
633
634
635
1
0
636
637
638
644
642
643
640
641
645
639-1
639-2
(A)
(B)

図 62

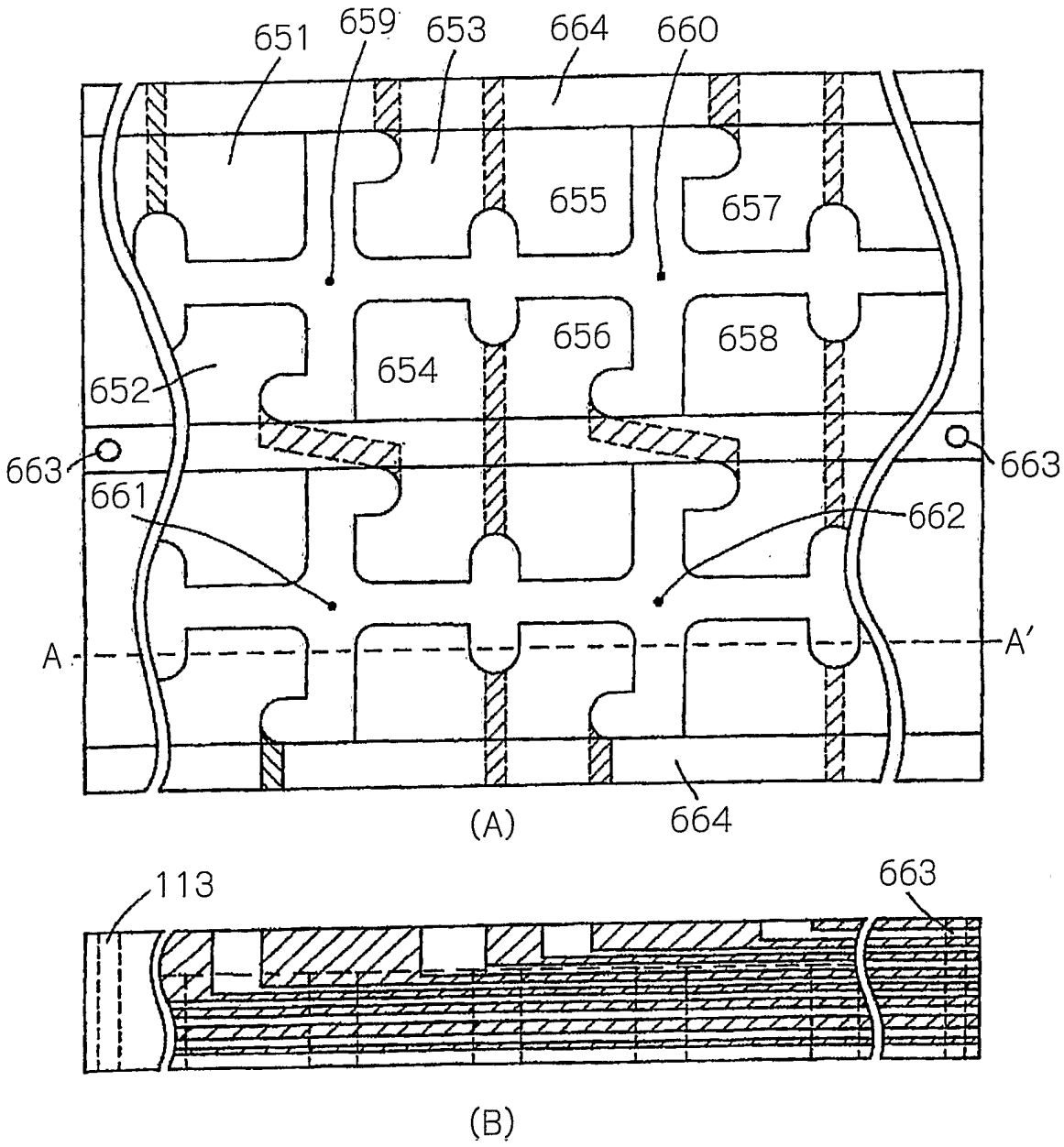

651
659
653
664
660
655
657
656
658
654
652
663
663
661
662
A
A'
664
(A)
113
663
(B)

図 63

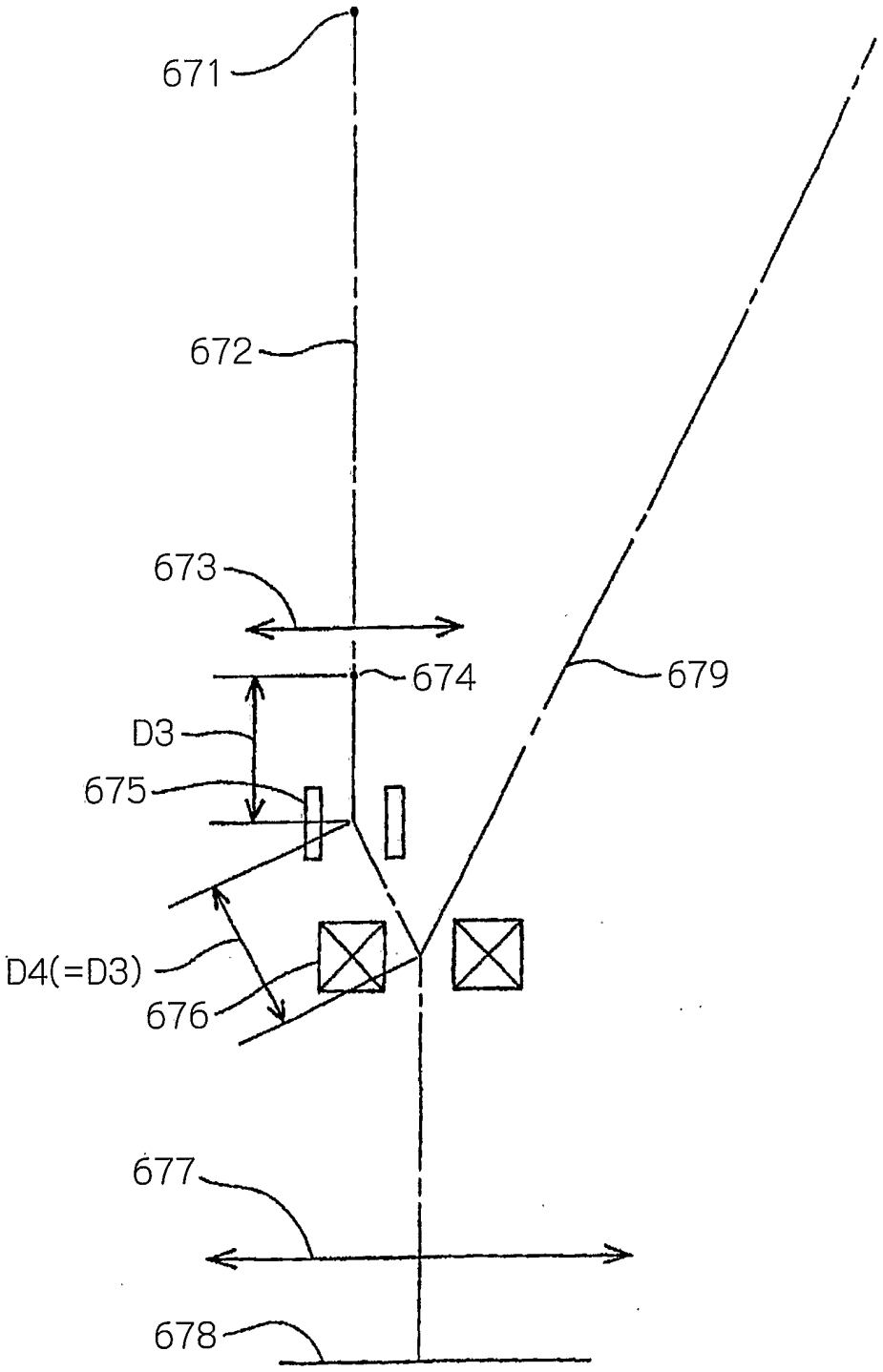


図 64

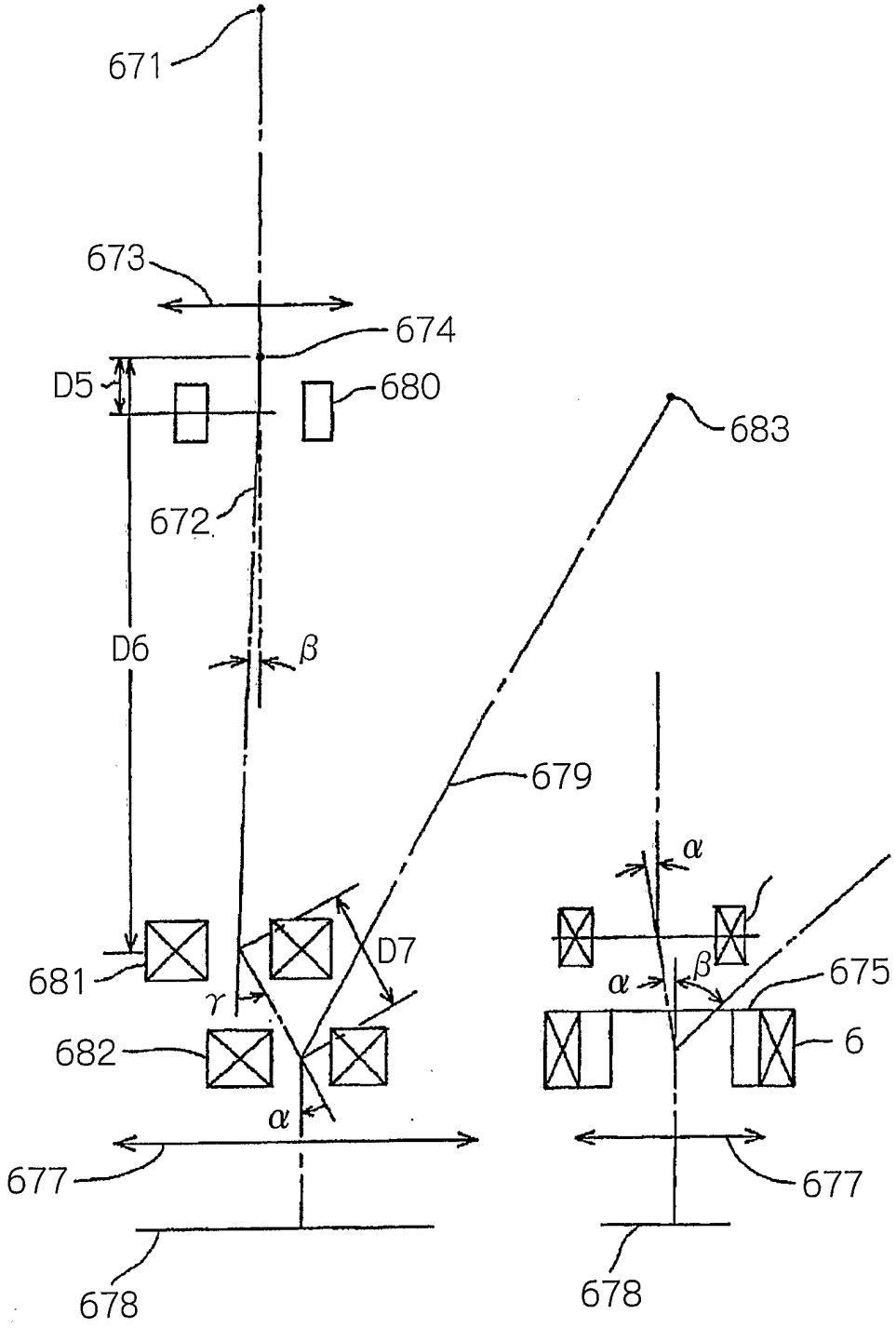
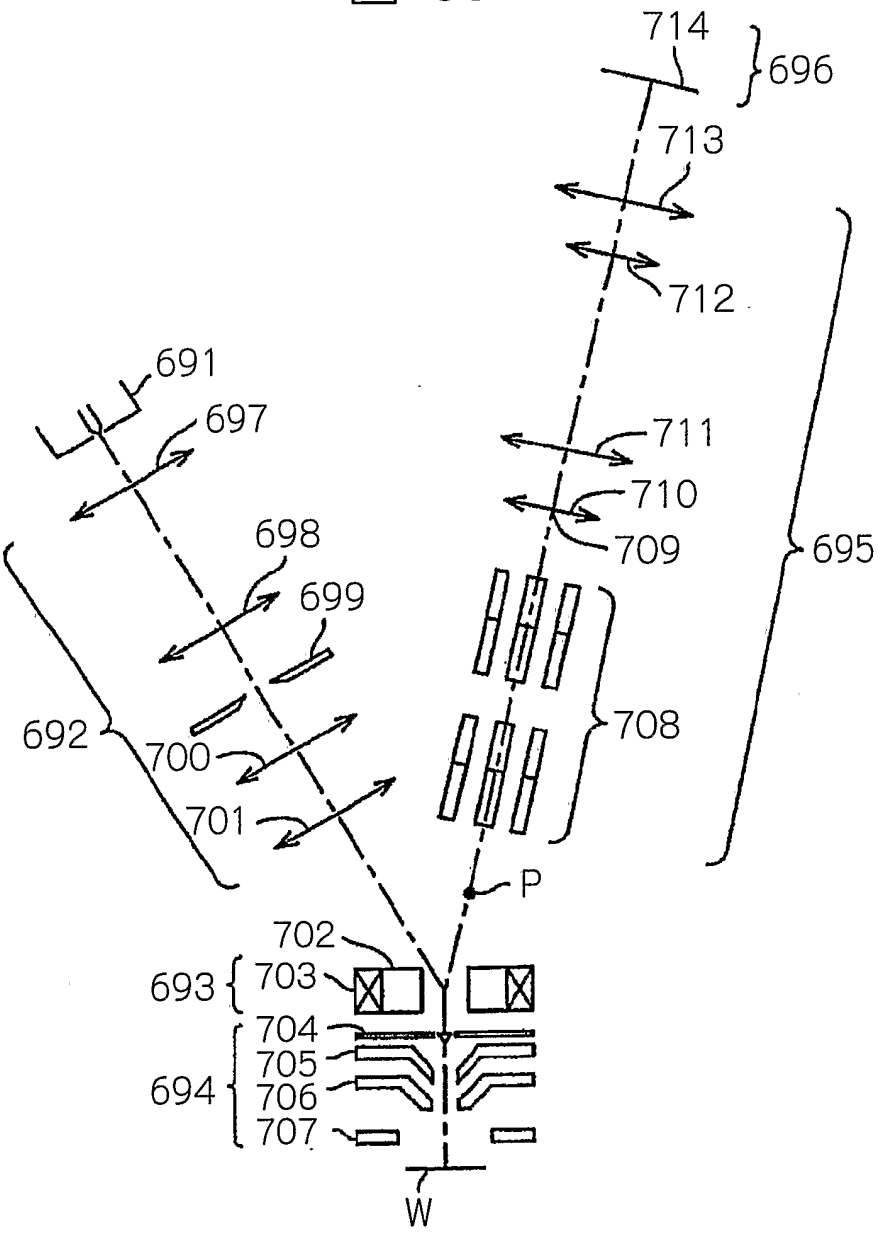

671
673
674
D5
680
672
D6
β
683
679
α
D7
681
γ
β
675
682
6
α
677
677
678
678
(A)
(B)

図 65

(A)


714
696
713
712
691
697
711
710
709
695
698
699
692
700
708
701
P
702
693
703
704
705
694
706
707
W

(B)

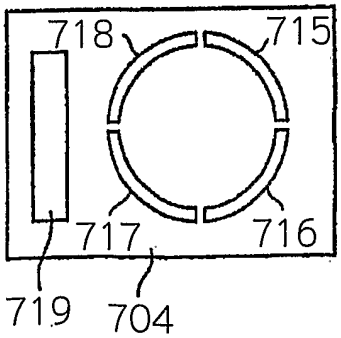

718
715
717
716
719
704

図 66

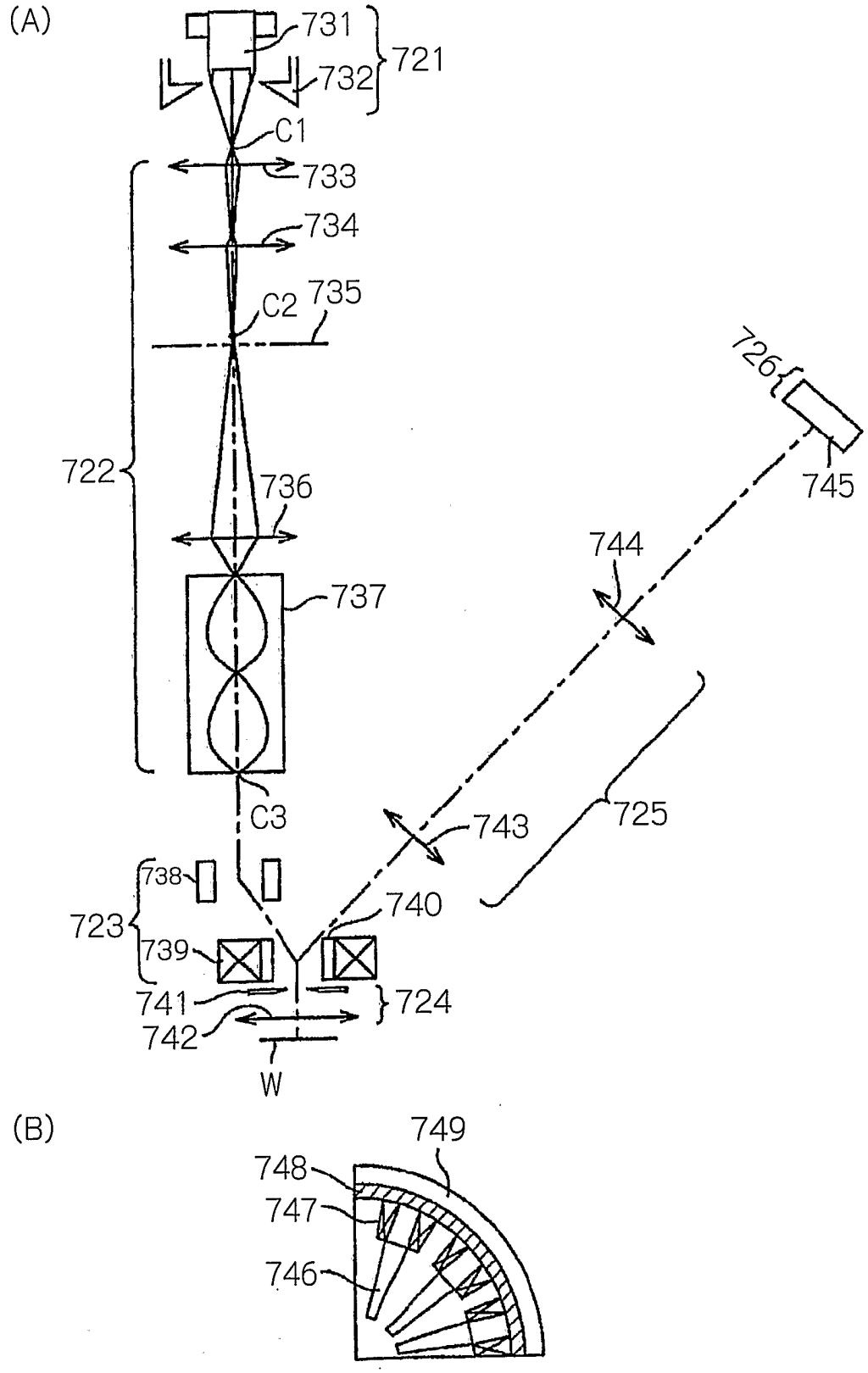

(A)
731
732
721
C1
733
734
735
C2
722
736
737
C3
738
723
739
741
742
724
W
726
745
744
743
725
740
(B)
749
748
747
746

図 67

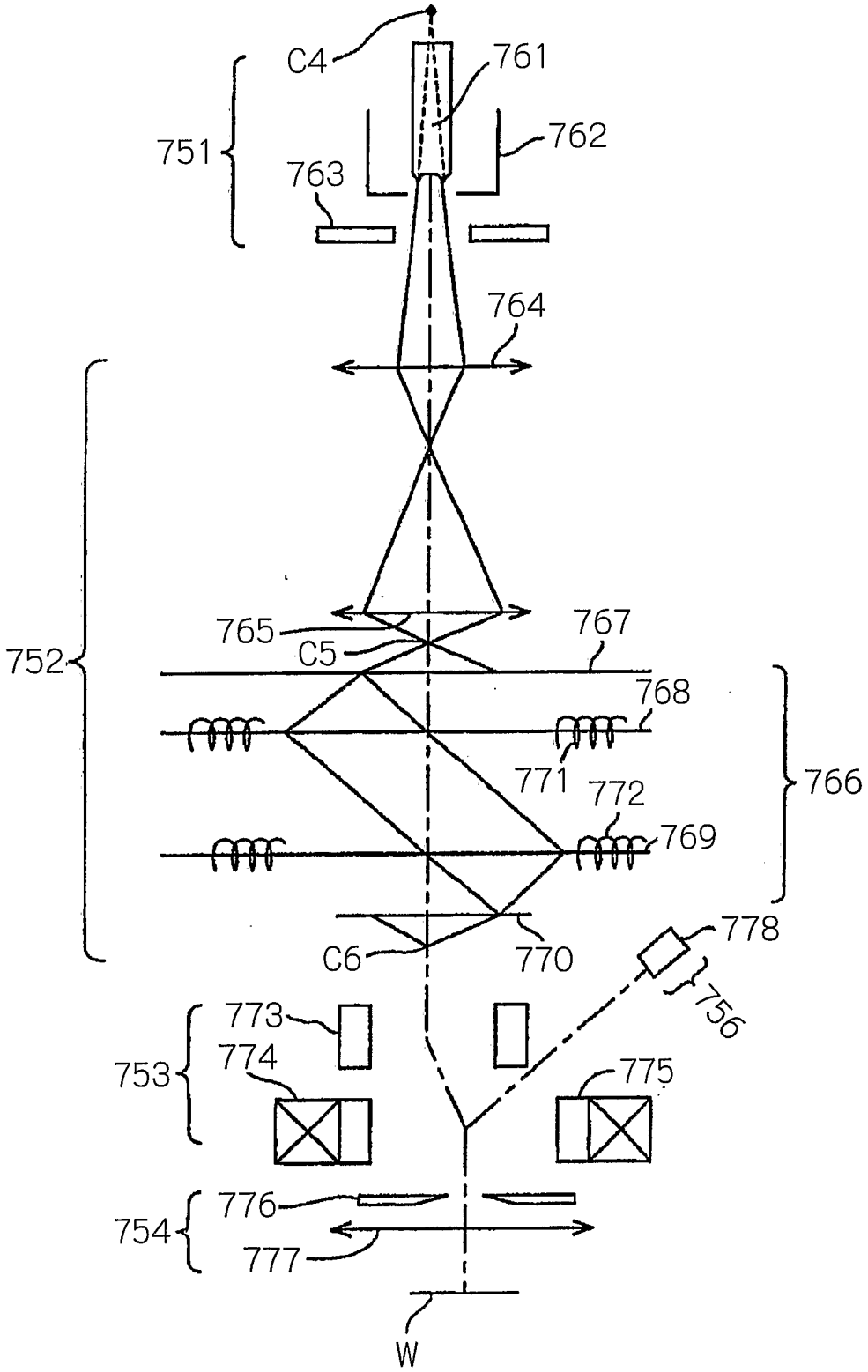
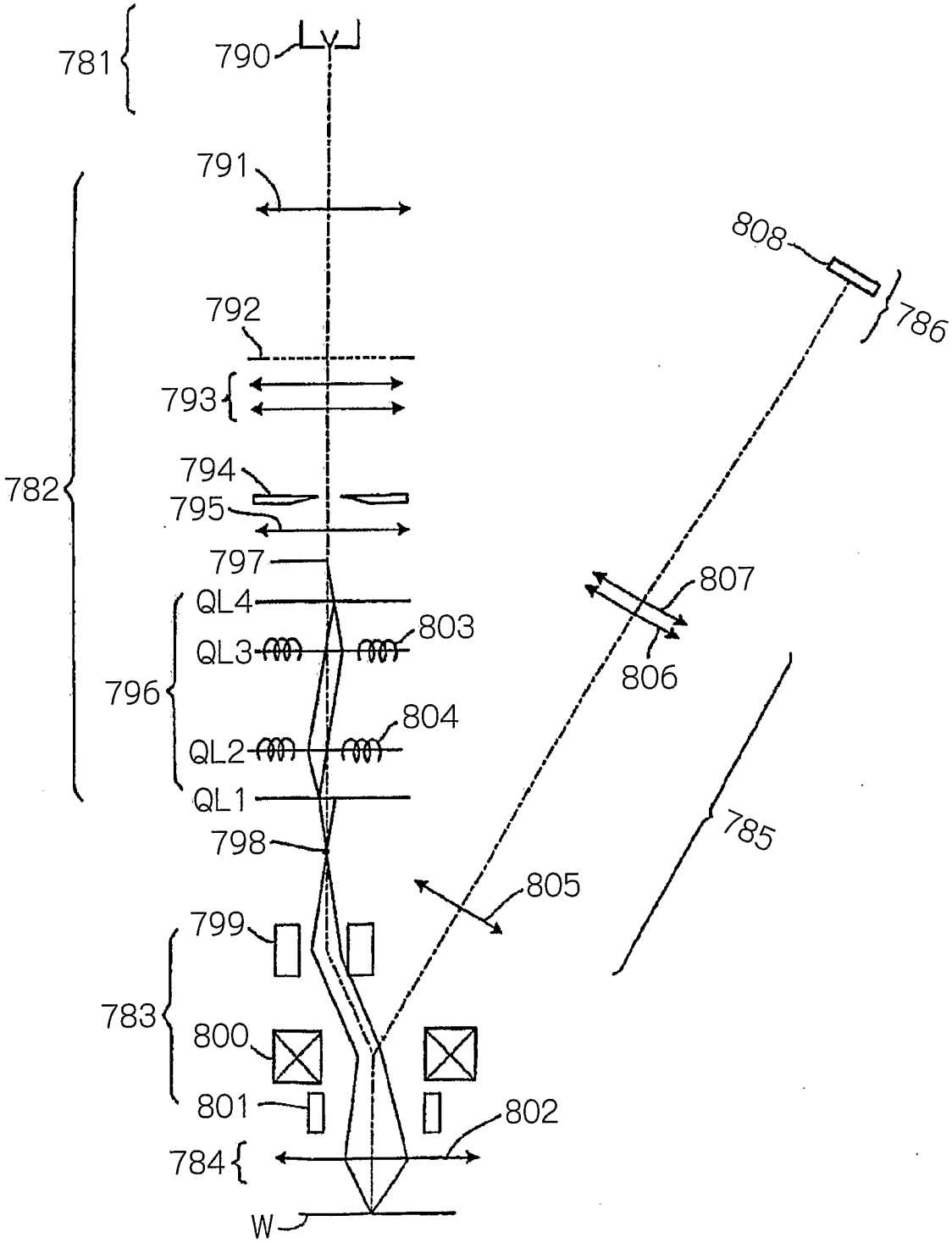

C4
761
751
762
763
764
752
765
C5
767
768
771
772
766
769
C6
770
778
756
773
753
774
775
754
776
777
W

図 68


781
790
791
792
793
782
794
795
797
QL4
803
QL3
796
804
QL2
QL1
798
799
783
800
801
802
784
W
805
808
786
807
806
785

[図69]

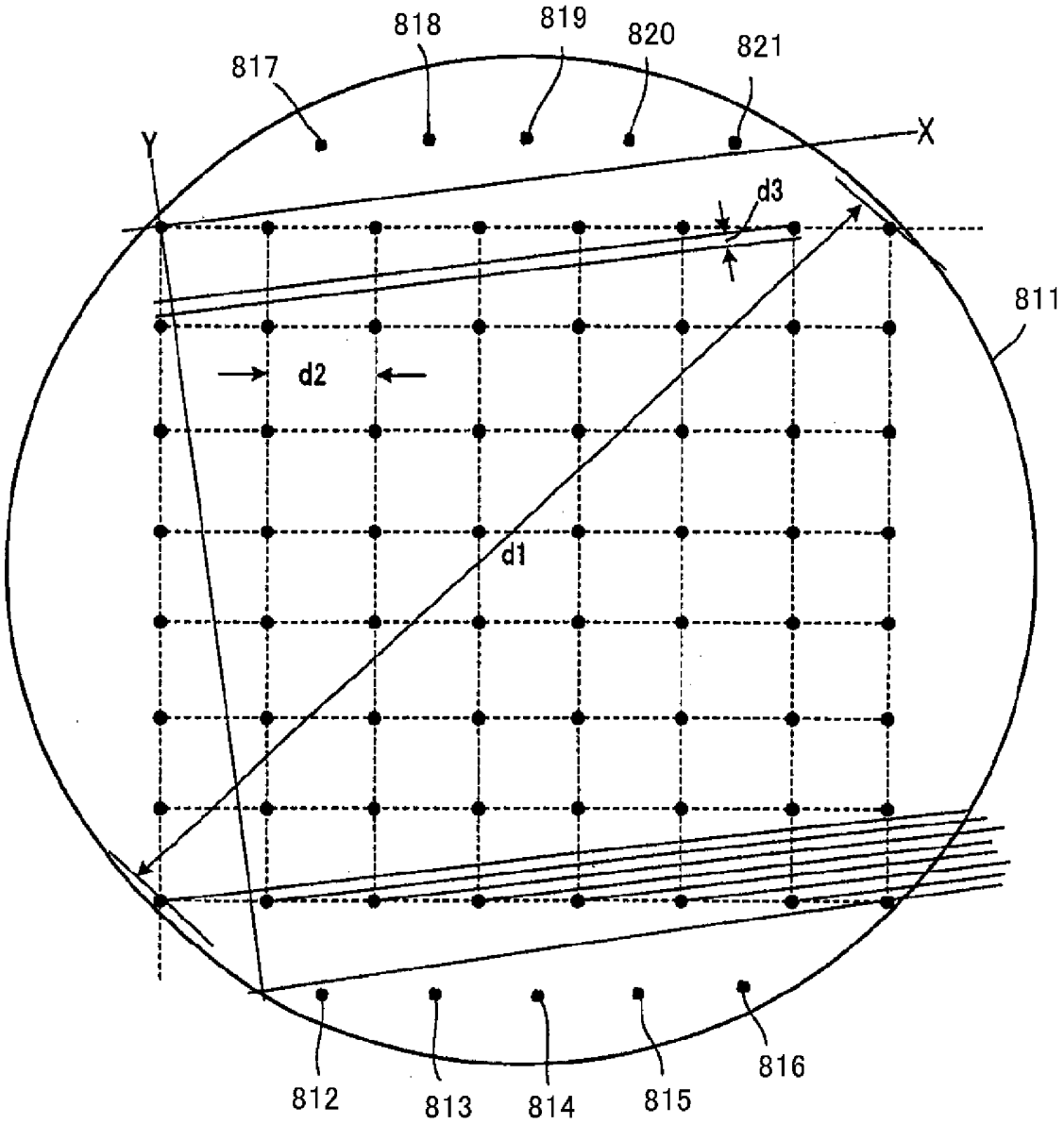
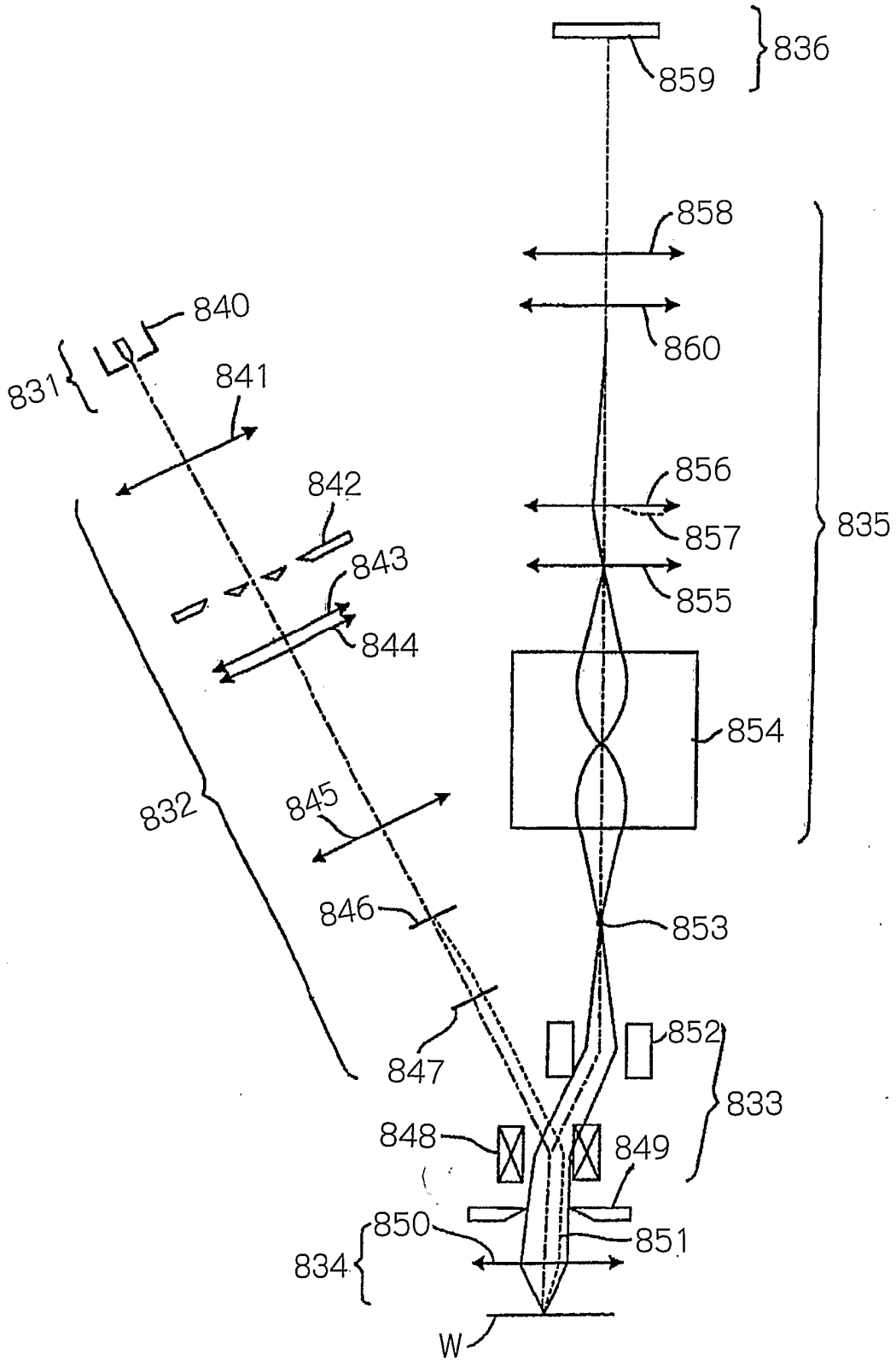
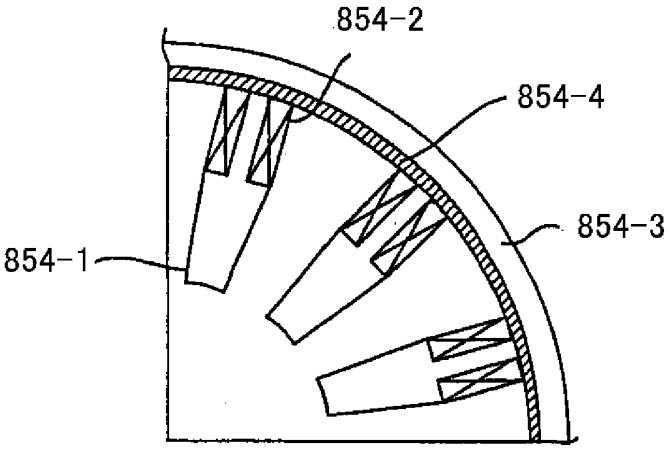


図 70


836
859
858
860
856
857
855
835
854
840
831
841
842
843
844
832
845
846
853
852
847
833
848
849
850
851
834
W

[図71]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/304088

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01J37/29(2006.01), ***G01N23/225***(2006.01), ***G01R31/302***(2006.01),
H01J37/12(2006.01), ***H01J37/153***(2006.01), ***H01J37/28***(2006.01), ***H01L21/66***(2006.01)

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)
H01J37/06-37/077, H01J37/09-37/153, H01J37/244, H01J37/252-37/295,
H01J37/305, H01L21/66

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 2003-173756 A (Ebara Corp.), 20 June, 2003 (20.06.03), Full text; all drawings (Family: none)	1 2-11,14-16, 31-32,36,38 20,26-28,35
Y A	JP 2004-214044 A (Ebara Corp.), 29 July, 2004 (29.07.04), Full text; all drawings & US 2004/159787 A1	12-16,18-19, 21-25,34,37 20,26-28,35
Y	JP 2004-87460 A (JEOL Ltd.), 18 March, 2004 (18.03.04), Full text; all drawings & US 6924488 B2	1-11,22-25, 29-32,36,38

☒ 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	Date of mailing of the international search report
24 May, 2006 (24.05.06)	30 May, 2006 (30.05.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/304088

C (Continuation). 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 2004-335190 A (Ebara Corp.), 25 November, 2004 (25.11.04), Full text; all drawings (Family: none)	17 12-16,18-19, 21,34,37 20,26-28,35
Y	WO 2002/037526 A1 (Ebara Corp.), 10 May, 2002 (10.05.02), Full text; all drawings & US 2003/207475 A1 & EP 1271605 A1	16
Y	JP 2004-235225 A (Nikon Corp.), 19 August, 2004 (19.08.04), Full text; all drawings (Family: none)	19,22-25
Y	JP 2001-291482 A (Nikon Corp.), 19 October, 2001 (19.10.01), Full text; all drawings & US 6635891 B1	29-32
Y	JP 2003-234078 A (Ebara Corp.), 22 August, 2003 (22.08.03), Full text; all drawings (Family: none)	30-32
X	WO 2003/041109 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.), 15 May, 2003 (15.05.03), Full text; all drawings & JP 2006-502526 A & US 2003/085353 A1 & EP 2003/41109 A2	33

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/304088

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions (invention group A) of claims 1-11, 20, 22-25 relate to an electron beam apparatus wherein at least either a primary electron optical system or a secondary electron optical system has a multipole lens.

The inventions (invention group B) of claims 12-19, 21, 34-35, 37 relate to an electron beam apparatus wherein the primary beam is shaped into a rectangle.

The inventions (invention group C) of claims 26-28, 32 relate to an electron beam apparatus having a ring aperture for secondary electrons.

The inventions (invention group D) of claims 29-31 relate to an electron beam apparatus wherein the primary beam is shaped into a hollow one.

The inventions (invention group E) (Continued to extra sheet.)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

the

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee..

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

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

of claims 33, 36, 38 relate to an electron beam apparatus wherein primary beams are applied to a specimen.

Therefore, invention groups A to E do not involve the same or corresponding technical features nor satisfy the requirement of unity of invention prescribed in PCT Rule 13.1.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００６／３０４０８８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　*H01J37/29*（2006.01），*G01N23/225*（2006.01），*G01R31/302*（2006.01），*H01J37/12*（2006.01），*H01J37/153*（2006.01），*H01J37/28*（2006.01），*H01L21/66*（2006.01）

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.　H01J 37/06-37/077, H01J 37/09-37/153, H01J 37/244, H01J 37/252-37/295, H01J 37/305, H01L 21/66

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	１９７１－２００６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００６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 2003-173756 A（株式会社　荏原製作所）2003.06.20 全文、全図 （ファミリーなし）	1 2-11, 14-16, 31-32, 36, 38 20, 26-28, 35
Y A	JP 2004-214044 A（株式会社　荏原製作所）2004.07.29 全文、全図 & US 2004/159787 A1	12-16, 18-19, 21-25, 34, 37 20, 26-28, 35

☑　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 ２４．０５．２００６	国際調査報告の発送日 ３０．０５．２００６
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　２Ｉ　３１０７ 松岡　智也 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７３

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	関連する請求の範囲の番号
Y	JP 2004-87460 A (日本電子株式会社) 2004.03.18 全文、全図 & US 6924488 B2	1-11,22-25, 29-32,36,38
X Y A	JP 2004-335190 A (株式会社　荏原製作所) 2004.11.25 全文、全図 (ファミリーなし)	17 12-16,18-19, 21,34,37 20,26-28,35
Y	WO 2002/037526 A1 (株式会社　荏原製作所) 2002.05.10 全文、全図 & US 2003/207475 A1 & EP 1271605 A1	16
Y	JP 2004-235225 A (株式会社　ニコン) 2004.08.19 全文、全図　(ファミリーなし)	19,22-25
Y	JP 2001-291482 A (株式会社　ニコン) 2001.10.19 全文、全図 & US 6635891 B1	29-32
Y	JP 2003-234078 A (株式会社　荏原製作所) 2003.08.22 全文、全図　(ファミリーなし)	30-32
X	WO 2003/041109 A1 (APPLIED MATERIALS,INC.) 2003.05.15 全文、全図 & JP 2006-502526 A & US 2003/085353 A1 & EP 2003/41109 A2	33

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００６／３０４０８８

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求の範囲＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲１－１１、２０、２２－２５に係る発明（発明群Ａ）は、一次電子光学系及び２次電子光学系の少なくとも一方が、多極子レンズを有する電子線装置に関する発明である。

請求の範囲１２－１９、２１、３４－３５、３７に係る発明（発明群Ｂ）は、一次ビームを矩形に整形する電子線装置に関する発明である。

請求の範囲２６－２８、３２に係る発明（発明群Ｃ）は、２次電子用リング開口を設けた電子線装置に関する発明である。

請求の範囲２９－３１に係る発明（発明群Ｄ）は、一次ビームを中空状に変形する電子線装置に関する発明である。

請求の範囲３３、３６、３８に係る発明（発明群Ｅ）は、複数の一次ビームを試料に照射する電子線装置に関する発明である。

したがって、上記発明群Ａ－Ｅの間には、同一又は対応する技術的特徴が存在せず、ＰＣＴ規則１３．１に規定する発明の単一性の要件を満たさない。

１．☑ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。

２．☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☑ 追加調査手数料の納付を伴う異議申立てがなかった。