

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2005-291833  
(P2005-291833A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005. 10. 20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)		
GO 1 N 21/956	GO 1 N 21/956	A	2 F O 6 5	
HO 1 L 21/66	HO 1 L 21/66	J	2 G O 5 1	
// GO 1 B 11/24	GO 1 B 11/24	F	4 M I O 6	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2004-105371 (P2004-105371)	(71) 出願人	000000239
(22) 出願日	平成16年3月31日 (2004. 3. 31)		株式会社荏原製作所
			東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
		(74) 代理人	100089705
			弁理士 社本 一夫
		(74) 代理人	100091063
			弁理士 田中 英夫
		(74) 代理人	100096068
			弁理士 大塚 住江
		(74) 代理人	100107696
			弁理士 西山 文俊
		(72) 発明者	金馬 利文
			東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会
			社荏原製作所内
		最終頁に続く	

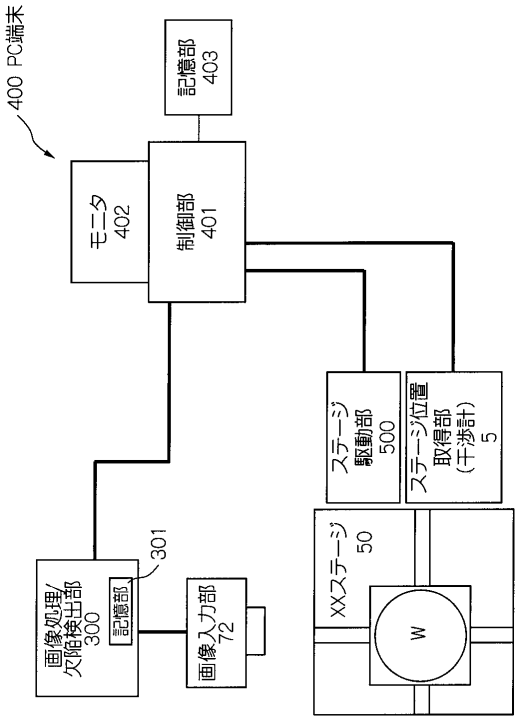
(54) 【発明の名称】 試料の欠陥検査装置

(57) 【要約】

【課題】検査中であっても、オペレータが不良品であることを判断可能として、スループットを向上させる。

【解決手段】画像処理／欠陥検出部300は、ウエハW上の走査により得られた画像データを画像入力部72から受け取り、該画像データを参照画像データと対比して欠陥が存在するか否かを判定し、それを表す欠陥検査結果データをPC端末の制御部401に出力する。制御部401は、欠陥検査結果データに基づいて、走査終了領域及び走査未終了領域を識別して、モニタ402上に表示させるとともに、走査終了領域中の欠陥検出位置を識別して、モニタ上に表示させる。これにより、検査途中でも、オペレータがウエハの良否を判断できる。

【選択図】図15



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

パターンが形成された試料の欠陥を検査する欠陥検査装置において、

試料上を走査することによって得られた試料表面の画像データと参照画像データとを対比して欠陥が存在するか否かを判定し、欠陥が存在するか否かを表す欠陥検査結果データを、走査に対応して出力する欠陥検出手段と、

欠陥検出手段からの欠陥検査結果データを受け取り、該データに基づいて、走査終了領域及び走査未終了領域を識別してモニタ上に表示させるよう制御する制御手段とを備えていることを特徴とする欠陥検査装置。

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の欠陥検査装置において、制御手段はさらに、欠陥検査結果データに基づいて、走査終了領域中の欠陥検出位置を識別してモニタ上に表示させるよう制御するよう構成されていることを特徴とする欠陥検査装置。

**【請求項 3】**

請求項 2 記載の欠陥検査装置において、制御手段は、試料上の 1 検出単位の欠陥検査結果データを受け取る毎に、当該検出単位に関する走査終了領域及び走査未終了領域の識別表示、並びに、当該検出単位中の欠陥検出位置の識別表示を、モニタ上に行わせるよう構成されていることを特徴とする欠陥検査装置。

**【請求項 4】**

請求項 1 又は 2 記載の欠陥検査装置において、制御手段は、試料上の Y 軸方向の 1 走査が終了する毎に、該走査された矩形領域全体に関する走査終了領域及び走査未終了領域の識別表示、並びに、当該矩形中の欠陥検出位置の識別可能な表示の少なくとも一方の表示を、モニタ上に行わせるよう構成されていることを特徴とする欠陥検査装置。

**【請求項 5】**

請求項 1 ~ 4 いずれかに記載の欠陥検査装置において、該装置は、試料上の走査として、所定方向及びその逆方向に交互走査する双方向走査が設定可能であることを特徴とする欠陥検査装置。

**【請求項 6】**

請求項 1 ~ 5 いずれかに記載の欠陥検査装置において、

該装置は、セル検査アルゴリズム及びダイ対ダイ検査アルゴリズムのいずれを実行すべきかの設定が可能であり、

制御手段は、セル検査アルゴリズム及びダイ対ダイ検査アルゴリズムのいずれが設定されたかに応じて、欠陥検出手段における基準画像データの取得及び格納を制御するよう構成されている

ことを特徴とする欠陥検査装置。

**【請求項 7】**

請求項 1 ~ 6 いずれかに記載の欠陥検査装置において、該装置はさらに、

試料上に電子ビームを照射するための電子銃と、

電子銃からの電子ビームが試料上を走査するように、該電子ビームを偏向させる偏向器と、

電子ビームの試料上の走査により生成される、試料表面の情報を有する電子を検出して、試料表面の画像データを出力する検出器と

を備えていることを特徴とする欠陥検査装置。

**【請求項 8】**

請求項 1 ~ 6 いずれかに記載の欠陥検査装置において、該装置はさらに、

試料上に電子ビームを照射するための電子銃と、

試料を保持するステージであって、電子銃からの電子ビームが試料上を走査するように移動可能な試料ステージと、

電子ビームの試料上の走査により生成される、試料表面の情報を有する電子を検出して、試料表面の画像データを出力する検出器と

10

20

30

40

50

を備えていることを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 記載の欠陥検査装置において、

電子銃は、複数の画素を含むように、1 又は複数本の電子ビームを試料上に照射するよう構成されており、

検出器は、試料表面の情報を有する電子に基づき、試料表面の画像を検出器上に結像するよう構成されている

ことを特徴とする欠陥検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、表面にパターンが形成された試料の欠陥検査装置に関し、より詳細には、半導体製造工程におけるウエハ等の試料に電子ビームを照射し、その表面の性状に応じて変化する二次電子等を捕捉して画像データを形成し、該画像データに基づいて試料表面に形成されたパターン等の欠陥を高スループットで評価するための欠陥検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造プロセスにおいて、デザインルールは 100 nm の時代を迎えようとしており、また生産形態は DRAM に代表される少品種大量生産から SOC (Silicon on chip) のように多品種少量生産へ移行しつつある。それに伴い、製造工程数が

20

増加し、各工程毎の歩留まり向上は必須となり、プロセス起因の欠陥検査が重要になる。そして、半導体デバイスの高集積化及び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。100 nm デザインルールのウエハの欠陥を調べるためには、100 nm 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。また、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(電氣的欠陥)を検出する機能も、検査装置に要求されている。

【0003】

このような欠陥検査装置において、以下の特許文献 1 に記載されているように、検査すべき複数の半導体ウエハの内、どのウエハが検査済であるか否か、及び、検査済のウエハ

30

が良品であるか否かを識別表示することができるようにした装置が提案されている。

【特許文献 1】特許第 3364390 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記したように、どの試料が検査済みであるか否か及び検査済の試料が良品であるか否かを、ディスプレイ上に表示することができる装置が提案されているが、現在検査中の試料上のどの領域を走査中であるか、及び、検査中の試料上の走査済領域において、どの位置に欠陥が検出されたかを表示することができるものではない。したがって、現在検査中の試料の走査済領域に多数の欠陥が存在して不良品である場合であっても、その試料の検査が終了するまで、不良品であることを表示することができない。

40

このように、従来例においては、各試料の検査領域全体の欠陥検査が完了した後に初めて、良品であるか不良品であるかの判定が可能であり、したがって、良品であるか不良品であるかに拘わらず、同一の検査時間を必要としている。

【0005】

ところで、半導体ウエハの欠陥検査においては、一般に、1 つのウエハの検査に数時間を要していることから、検査時間を短縮して欠陥検査のスループットを向上させることが課題の 1 つとなっている。しかしながら、上記した従来例等の装置においては、全てのウエハの検査時間が同等であるから、スループットを向上させるためには、ウエハ当たりの検査時間を短縮せざるを得ず、検査時間を短縮すると、検査精度が低下してしまうことが

50

ある。

したがって、各ウエハの検査途中でも、不良品であることを判断できるようにすることが切望されている。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記した従来例の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、半導体ウエハ等の試料の欠陥検査において、各試料の欠陥検査中に、現在までに走査済の領域及び該走査済領域中の欠陥箇所をモニタ上に表示することができるようにし、もって、オペレータが、検査途中の試料であっても不良品であるか否かを判断できるようにすることである。

【課題を解決するための手段】

10

【 0 0 0 7 】

上記した目的を達成するために、本発明に係る、パターンが形成された試料の欠陥を検査する欠陥検査装置は、

試料上を走査することによって得られた試料表面の画像データと参照画像データとを対比して欠陥が存在するか否かを判定し、欠陥が存在するか否かを表す欠陥検査結果データを、走査に対応して出力する欠陥検出手段と、

欠陥検出手段からの欠陥検査結果データを受け取り、該データに基づいて、走査終了領域及び走査未終了領域を識別してモニタ上に表示させるよう制御する制御手段とを備えていることを特徴としている。

【 0 0 0 8 】

20

上記した本発明に係る欠陥検査装置において、制御手段はさらに、欠陥検査結果データに基づいて、走査終了領域中の欠陥検出位置を識別してモニタ上に表示させるよう制御するよう構成されている。この場合、制御手段は、( i ) 試料上の 1 検出単位の欠陥検査結果データを受け取る毎に、当該検出単位に関する走査終了領域及び走査未終了領域の識別表示、並びに、当該検出単位中の欠陥検出位置の識別表示を、モニタ上に行わせるよう構成されているか、又は ( i i ) 試料上の Y 軸方向の 1 走査が終了する毎に、該走査された矩形領域全体に関する走査終了領域及び走査未終了領域の識別表示、並びに、当該矩形中の欠陥検出位置の識別可能な表示の少なくとも一方の表示を、モニタ上に行わせるよう構成されている。

【 0 0 0 9 】

30

上記した本発明に係る欠陥検査装置において、試料上の走査として、所定方向及びその逆方向に交互走査する双方向走査が設定可能であることが好ましい。

また、該装置は、セル検査アルゴリズム及びダイ対ダイ検査アルゴリズムのいずれを実行すべきかの設定が可能であり、制御手段は、セル検査アルゴリズム及びダイ対ダイ検査アルゴリズムのいずれが設定されたかに応じて、欠陥検出手段における基準画像データの取得及び格納を制御するよう構成されていることが好ましい。

さらに、欠陥検査装置はさらに、試料上に電子ビームを照射するための電子銃と、電子銃からの電子ビームが試料上を走査するように、該電子ビームを偏向させる偏向器と、電子ビームの試料上の走査により生成される、試料表面の情報を有する電子を検出して、試料表面の画像データを出力する検出器とを備えていることが好ましい。また、欠陥検査装置はさらに、試料上に電子ビームを照射するための電子銃と、試料を保持するステージであって、電子銃からの電子ビームが試料上を走査するように移動可能な試料ステージと、電子ビームの試料上の走査により生成される、試料表面の情報を有する電子を検出して、試料表面の画像データを出力する検出器とを備えていてもよい。そして、これらの場合、電子銃は、複数の画素を含むように、1 又は複数本の電子ビームを試料上に照射するよう構成されており、検出器は、試料表面の情報を有する電子に基づき、試料表面の画像を検出器上に結像するよう構成されていることが好ましい。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明の欠陥検査装置は、上記したように構成されているので、オペレータは、モニタ

50

を監視しつつ、各試料それぞれが検査途中であっても不良品であるかどうかを判断することができる。そして、不良品であると判断された試料は、検査途中であっても検査を終了させて次の試料の欠陥検査に移行することができるので、欠陥検査のスループットを向上させることができる。

#### 【0011】

また、試料の双方向走査を行う場合には、欠陥検査のスループットをより向上させることができる。

さらに、欠陥検出手段における基準画像データの取得及び格納を制御することによって、セル検査アルゴリズムを実行すべきか又はダイ対ダイ検査アルゴリズムを実行すべきかの設定ができるようにしたので、1つの欠陥検出手段でありながら、複数の検査アルゴリズムを実行することが可能となる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0012】

本発明に係る欠陥検査装置の実施例を説明する前に、該欠陥検査装置を組み入れて使用することができる、半導体ウエハ用の検査システムの全体構成について説明する。

図1及び図2は、検査システム1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1は、複数枚のウエハを収納したカセットを保持するカセットホルダ10と、ミニエンバイロメント装置20と、主ハウジング30と、ミニエンバイロメント装置20と主ハウジング30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ハウジング40と、ウエハをカセットホルダ10から主ハウジング30内に配置されたステージ装置50上に装填するローダ60と、主ハウジング30内に配置され、ウエハであるウエハWを載置して移動させるステージ装置50と、主ハウジング30に取り付けられた電子光学系70とを備え、それらは、図1及び図2に示したような位置関係で配置されている。検査システム1は、また、真空の主ハウジング30内に配置されたプレチャージユニット81と、ウエ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50上でのウエハの位置決めを行うためのアライメント制御装置87(図6に図示)を構成する光学顕微鏡871とを備えている。検査システム1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2を備えている。

以下に、検査システム1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。

#### 【0013】

##### カセットホルダ10

カセットホルダ10は、複数枚(例えば25枚)のウエ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10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10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11と、その昇降テーブル11を上下移動させる昇降機構12とを備えている。カセットcは、昇降テーブル上に図2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2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20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11は、図1において鎖線で示した状態に降下される。

#### 【0014】

別の実施形態では、図3に示すように、複数の300mmウエハWを箱本体501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24は、角筒状の箱本体501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501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502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

10

20

30

40

50

ための開口部を覆う蓋体 503 と、ウエハ W を保持するための溝型ポケット 507 とから構成されている。この実施形態では、ローダー 60 のロボット式の搬送ユニット 61 により、ウエハを出し入れする。

なお、カセット c 内に収納されるウエハは、半導体製造工程中でウエ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エハ、表面に配線パターンが形成されたウエハ、又は配線パターンが未だに形成されていないウエハが、検査のためにカセット c 内に収納される。カセット c 内に収容されるウエハは、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エハを、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。

10

#### 【0015】

#### ミニエンバイロメント装置 20

図 4 は、ミニエンバイロメント装置 20 を図 1 とは異なる方向から見た立面図である。この図 4 並びに先の図 1 及び図 2 に示したように、ミニエンバイロメント装置 20 は、雰囲気制御されるミニエンバイロメント空間 21 を画成するハウジング 22 と、ミニエンバイロメント空間 21 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 23 と、ミニエンバイロメント空間 21 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 24 と、ミニエンバイロメント空間 21 内に配設されていて試料であるウエハの粗位置決めを行うプリアライナ 25 とを備えている。

#### 【0016】

ハウジング 22 は、頂壁 221、底壁 222 及び四周を囲む周壁 223 を有し、ミニエンバイロメント空間 21 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 21 を雰囲気制御するために、気体循環装置 23 は、図 4 に示されるように、ミニエンバイロメント空間 21 内において、頂壁 221 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 231 と、底壁 222 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 232 と、回収ダクト 232 と気体供給ユニット 231 とを接続して回収された空気を気体供給ユニット 231 に戻す導管 233 とを備えている。

20

#### 【0017】

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 21 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エハに付着するのを防止する。ハウジング 22 の周壁 223 のうち、カセットホルダ 10 に隣接する部分には、出入り口 225 が形成されている。

30

排出装置 24 は、後に説明する搬送ユニットのウエ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 241 と、ハウジング 22 の外側に配置されたブロワー 242 と、吸入ダクト 241 とブロワー 242 とを接続する導管 243 と、を備えている。この排出装置 24 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 241 により吸引し、導管 243、244 及びブロワー 242 を介してハウジング 22 の外側に排出する。

40

#### 【0018】

ミニエンバイロメント空間 21 内に配置されたプリアライナ 25 は、ウエハに形成されたオリエンテーションフラット（円形のウエ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、ウエ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、ウエハの軸線  $O_1 - O_1$  の周りの回転方向の位置を、約  $\pm 1$  度の精度で予め位置決めする。プリアライナ 25 は、ウエハであるウエハの座標を決める機構の一部を構成し、ウエハの粗位置決めを担当する。

#### 【0019】

50

### 主ハウジング 3 0

図 1 及び図 2 に示したように、ワーキングチャンバ 3 1 を画成する主ハウジング 3 0 は、ハウジング本体 3 2 を備え、そのハウジング本体 3 2 は、台フレーム 3 6 上に配置された振動遮断装置すなわち防振装置 3 7 の上に載せられたハウジング支持装置 3 3 によって支持されている。ハウジング支持装置 3 3 は矩形に組まれたフレーム構造体 3 3 1 を備えている。ハウジング本体 3 2 は、フレーム構造体 3 3 1 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 3 2 1 と、頂壁 3 2 2 と、底壁 3 2 1 及び頂壁 3 2 2 に接続されて四周を囲む周壁 3 2 3 とを備え、ワーキングチャンバ 3 1 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 3 2 本体及びハウジング支持装置 3 3 は、剛構造に組み立てられていて、台フレーム 3 6 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 3 7 で阻止している。ハウジング 3 2 の周壁 3 2 3 の内、ローダハウジング 4 0 に隣接する周壁には、ウエハ出し入れ用の出入り口 3 2 5 が形成されている。

10

#### 【 0 0 2 0 】

ワーキングチャンバ 3 1 は、汎用の真空装置（図示せず）により、真空雰囲気中に保たれる。台フレーム 3 6 の下には、検査システム 1 全体の動作を制御する制御装置 2 が配置されている。

なお、検査システム 1 においては、主ハウジング 3 0 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、ウエハ室、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、 $10^{-3} \sim 10^{-5}$  Pa、好ましくは、その 1 桁下の  $10^{-4} \sim 10^{-6}$  Pa が実用的である。

20

#### 【 0 0 2 1 】

### ローダハウジング 4 0

図 5 は、図 1 とは別の方向から見たローダハウジング 4 0 の立面図を示している。図 5 並びに図 1 及び図 2 に示すように、ローダハウジング 4 0 は、第 1 のローディングチャンバ 4 1 と第 2 のローディングチャンバ 4 2 とを画成するハウジング本体 4 3 を備えている。ハウジング本体 4 3 は、底壁 4 3 1 と、頂壁 4 3 2 と、四周を囲む周壁 4 3 3 と、第 1 のローディングチャンバ 4 1 と第 2 のローディングチャンバ 4 2 とを仕切る仕切壁 4 3 4 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 4 3 4 には、2 つのローディングチャンバ間でウエハ W の受け渡しを行うための開口すなわち出入り口 4 3 5 が形成されている。また、周壁 4 3 3 のミニエンバイロメント装置 2 0 及び主ハウジング 3 0 に隣接した部分には、出入り口 4 3 6 及び 4 3 7 が形成されている。このローダハウジング 4 0 のハウジング本体 4 3 は、ハウジング支持装置 3 3 のフレーム構造体 3 3 1 上に載置されて支持されている。したがって、このローダハウジング 4 0 にも、床の振動が伝達されない。

30

40

#### 【 0 0 2 2 】

ローダハウジング 4 0 の出入り口 4 3 6 とミニエンバイロメント装置 2 0 のハウジング 2 2 の出入り口 2 2 6 とは整合されているが、これら出入り口 4 3 6、2 2 6 の間には、ミニエンバイロメント空間 2 1 とローディングチャンバ 4 1 との連通を選択的に阻止するシャッタ装置 2 7 が設けられている。また、ローダハウジング 4 0 の出入り口 4 3 7 と主ハウジング 3 0 のハウジング本体 3 2 の出入り口 3 2 5 とは整合されているが、これら出入り口 4 3 6、3 2 5 の間には、ローディングチャンバ 4 2 とワーキングチャンバ 3 1 との連通を選択的に密封阻止するシャッタ装置 4 5 が設けられている。更に、仕切壁 4 3 4 に形成された開口には、扉 4 6 1 により開口を閉じて、第 1 及び第 2 のローディングチ

50

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 46 が設けられている。これらのシャッタ装置 27、45 及び 46 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。

#### 【0023】

第 1 のローディングチャンバ 41 内には、複数枚（この実施形態では 2 枚）のウエハ W を上下に隔てて水平に支持するウエハラック 47 が配設されている。

第 1 及び第 2 のローディングチャンバ 41 及び 42 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、 $10^{-5} \sim 10^{-6}$  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 41 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 42 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、ウエ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、ウエハ 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。

#### 【0024】

第 1 及び第 2 のローディングチャンバ 41 及び 42 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。

なお、電子線を使用する本発明の主ハウジング 30 において、電子光学系 70 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<sub>6</sub>）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。本発明においては、主ハウジング 30 の電子光学系 70 が配置されているワーキングチャンバにウエハ 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。

#### 【0025】

##### ステージ装置 50

ステージ装置 50 は、主ハウジング 30 の底壁 321 上に配置された固定テーブル 51 と、固定テーブル上で Y 方向（図 1 において紙面に垂直の方向）に移動する Y テーブル 52 と、Y テーブル上で X 方向（図 1 において左右方向）に移動する X テーブル 53 と、X テーブル上で回転可能な回転テーブル 54 と、回転テーブル 54 上に配置されたホルダ 55 とを備えている。該ホルダ 55 のウエハ載置面 551 上にウエハ W を解放可能に保持する。ホルダ 55 は、ウエハ 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 50 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 52 ~ 54 を動作させることにより、載置面 551 上でホルダ 55 に保持されたウエハ W を電子光学系 70 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 1 において上下方向）に、更には、ウエハの支持面に鉛直な軸線の回り方向（方向）に、高い精度で位置決めすることができる。

#### 【0026】

なお、Z 方向の位置決めは、例えばホルダ 55 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、ウエハのノッチ或いはオリフラの位置を測定して、ウエ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 54 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

10

20

30

40

50



制御する。ホルダ 5 5 を設けずに、回転テーブル 5 4 上にウエハ W を直接載置してもよい。ワーキングチャンバ 3 1 内での塵埃の発生を極力防止するために、ステージ装置 5 0 用のサーボモータ 5 2 1、5 3 1 及びエンコーダ 5 2 2、5 3 2 は、主ハウジング 3 0 の外側に配置されている。

電子ビームに対するウエハ 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、信号の参照化を図ることもできる。

#### 【 0 0 2 7 】

##### ローダ 6 0

ローダ 6 0 は、ミニエンバイロメント装置 2 0 のハウジング 2 2 内に配置されたロボット式の第 1 の搬送ユニット 6 1 と、第 2 のローディングチャンバ 4 2 内に配置されたロボット式の第 2 の搬送ユニット 6 3 とを備えている。

第 1 の搬送ユニット 6 1 は、駆動部 6 1 1 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 6 1 2 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 6 1 のアーム 6 1 2 の一つの部分すなわち最も駆動部 6 1 1 側の第 1 の部分は、駆動部 6 1 1 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 6 1 3 に取り付けられている。アーム 6 1 2 は、軸 6 1 3 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 6 1 2 の軸 6 1 3 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エハ把持用の把持装置 6 1 6 が設けられている。駆動部 6 1 1 は、汎用構造の昇降機構 6 1 5 により上下方向に移動可能である。

#### 【 0 0 2 8 】

この第 1 の搬送ユニット 6 1 において、カセットホルダ 1 0 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 M 1 又は M 2（図 2）に向かって、アーム 6 1 2 が伸び、そして、カセット c 内に収容されたウエハ 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 2 に示した状態）、アームがプリアライナ 2 5 の方向 M 3 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エハ W をプリアライナ 2 5 に載せる。プリアライナ 2 5 から前記と逆にしてウエハを受け取った後、アームは更に回転し、第 1 のローディングチャンバ 4 1 に向かって伸長できる位置（向き M 4）で停止し、第 1 のローディングチャンバ 4 1 内のウエハ受け 4 7 に、ウエハを受け渡す。なお、機械的にウエハを把持する場合には、ウエハの周縁部（周縁から約 5 mm の範囲）を把持する。これは、ウエ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。

第 2 の搬送ユニット 6 3 も、第 1 の搬送ユニット 6 1 と構造が基本的に同じであり、ウエハ W の搬送を、ウエハラック 4 7 とステージ装置 5 0 の載置面上との間で行う点でのみ相違する。

#### 【 0 0 2 9 】

第 1 及び第 2 の搬送ユニット 6 1 及び 6 3 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 3 1 内に配置されたステージ装置 5 0 上への及びその逆のウエハの搬送を、ウエ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 6 1、6 3 のアームが上下動するのは、単に、カセット c からのウエハの取り出し及びそれへの挿入、ウエハラックへのウエハの載置及びそこからの取り出し、並びに、ステージ装置 5 0 へのウエハの載置及びそこからの取り出しのときだけである。したがって、例えば直径 30 cm 等の大型のウエハであっても、その移動をスムーズに行うことができる。

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 1 0 に支持されたカセット c からワーキングチャンバ 3 1 内に配置されたステージ装置 5 0 までへのウエハの搬送を、順を追って説明する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 0 】

カセットホルダ 1 0 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 1 0 の昇降テーブル 1 1 の上にセットされると、昇降テーブル 1 1 は昇降機構 1 2 によって降下され、カセット c が出入り口 2 2 5 に整合される。カセットが出入り口 2 2 5 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 2 0 の出入り口 2 2 5 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 2 1 を、外部から遮断する。なお、ミニエンバイロメント装置 2 0 側に出入り口 2 2 5 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 2 2 5 を開く。 10

## 【 0 0 3 1 】

一方、第 1 の搬送ユニット 6 1 のアーム 6 1 2 は、方向 M 1 又は M 2 のいずれかに向いた状態（この説明では、M 1 の方向）で停止しており、出入り口 2 2 5 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エハのうち 1 枚を受け取る。

アーム 6 1 2 によるウエ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 6 1 2 は軸線  $O_1 - O_1$  の回りで回転し、方向 M 3 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エハをプリアライナ 2 5 の上に載せ、該プリアライナによって、ウエハの回転方向の向き（ウエ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 6 1 は、アーム 6 1 2 の先端にプリアライナ 2 5 からウエハを受け取った後にアームを縮ませ、方向 M 4 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 2 7 の扉 2 7 2 が動いて出入り口 2 2 6 及び 4 3 6 を開き、アーム 6 1 2 が伸びてウエハを第 1 のローディングチャンバ 4 1 内のウエハラック 4 7 の上段側又は下段側に載せる。なお、シャッタ装置 2 7 が開いてウエハラック 4 7 にウエハが受け渡される前に、仕切壁 4 3 4 に形成された開口 4 3 5 は、シャッタ装置 4 6 の扉 4 6 1 により気密状態に閉じられている。 20

## 【 0 0 3 2 】

上記した第 1 の搬送ユニット 6 1 によるウエハの搬送過程において、ミニエンバイロメント装置 2 0 のハウジング本体 2 2 に設けられた気体供給ユニット 2 3 1 からは清浄空気が層流状に流れ（ダウフローとして）、搬送途中で塵埃がウエ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 2 0 % で主に汚れた空気）は、排出装置 2 4 の吸入ダクト 2 4 1 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 2 2 の底部に設けられた回収ダクト 2 3 2 を介して回収され、再び気体供給ユニット 2 3 1 に戻される。 30

## 【 0 0 3 3 】

ロードハウジング 4 0 の第 1 のローディングチャンバ 4 1 内のウエハラック 4 7 に第 1 の搬送ユニット 6 1 によりウエハが載せられると、シャッタ装置 2 7 が閉じて、ローディングチャンバ 4 1 を密閉する。すると、該ローディングチャンバ 4 1 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 4 1 内は真空雰囲気となる。ローディングチャンバ 4 1 の真空雰囲気は、低真空度でよい。ローディングチャンバ 4 1 の真空度がある程度得られると、シャッタ装置 4 6 が動作して、扉 4 6 1 で密閉していた出入り口 4 3 4 を開き、次いで、第 2 の搬送ユニット 6 3 のアーム 6 3 2 が伸びて先端の把持装置でウエハ受け 4 7 から 1 枚のウエハを受け取る（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）。ウエハの受け取りが完了するとアームが縮み、シャッタ装置 4 6 が再び動作して扉 4 6 1 により出入り口 4 3 5 を閉じる。なお、シャッタ装置 4 6 が開く前に、アーム 6 3 2 は予めウエハラック 4 7 の方向 N 1 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 4 6 が開く前に、シャッタ装置 4 5 の扉 4 5 2 により出入り口 4 3 7、3 2 5 を閉じて、第 2 のローディングチャンバ 4 2 内とワーキングチャンバ 3 1 内との連通を阻止しており、かつ、 40 50

第2のローディングチャンバ42内は真空排気される。

【0034】

シャッタ装置46が出入り口435を閉じると、第2のローディングチャンバ42は再度真空排気され、第1のローディングチャンバ41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61のアームは、ワーキングチャンバ31内のステージ装置50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31内のステージ装置50では、Yテーブル52が、Xテーブル53の中心線 $X_0 - X_0$ が第2の搬送ユニット63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2で上方に移動し、また、Xテーブル53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42がワーキングチャンバ31の真空状態と略同じになると、シャッタ装置45の扉452が動いて出入り口437、325を開き、アームが伸びて、ウエハを保持したアームの先端がワーキングチャンバ31内のステージ装置50に接近する。そして、ステージ装置50の載置面551上にウエハWを載置する。ウエハの載置が完了するとアームが縮み、シャッタ装置45が出入り口437、325を閉じる。

10

【0035】

以上は、カセットc内のウエハWをステージ装置50の載置面551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エハWをステージ装置50からカセットcに戻すには、前述と逆の動作を行う。また、ウエハラック47に複数のウエハを載置しているため、第2の搬送ユニット63がウエハラック47とステージ装置50との間でウエ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とウエハラック47との間でウエ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。

20

【0036】

電子光学系70

電子光学系70は、試料の画像を得るための系であり、試料に電子線を衝突させ、試料から放出された二次電子、反射電子、後方散乱電子を検出して試料の画像を生成するSEM装置又は画像投影型の任意の電子線装置を使用可能である。このような電子線装置を用いることにより、分解能を向上させることができる。なお、検出される電子は、試料の表面の情報を保持しているものであれば何でもよく、例えば、試料の表面付近に逆電界を形成することにより、試料に直接衝突せずに、試料付近で反射するミラー電子（広義には反射電子とも言う）、或いは試料を透過する透過電子等でもよい。特に、ミラー電子を用いた場合には、電子が試料に直接衝突しないので、チャージアップの影響が極めて小さいという利点がある。

30

ミラー電子を利用する場合には、試料に、加速電圧よりも低い負の電位を印加し、試料付近に逆電界を形成する。この負の電位は、試料の表面付近で殆どの電子線が戻される程度の値に設定するのがよい。具体的には、電子銃の加速電圧よりも0.5～1.0V以上低い電位に設定すればよい。例えば、加速電圧が-4kVの場合、試料への印加電圧は-4.000kV～-4.050kVに設定するのが好ましい。更に望ましくは、-4.0005kV～-4.020kVがよく、更に好ましくは-4.0005kV～-4.010kVに設定するのが好適である。

40

他に、電子線ではないが、X線も利用してもよい。

【0037】

プレチャージユニット81

プレチャージユニット81は、図1に示したように、ワーキングチャンバ31内で電子光学系70の鏡筒71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、ウエハに電子線を走査して照射することによってウエ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、ウエハ材料、照射電子のエネルギー等の条件によって、ウエハ表面が帯電（チャージアップ）することがある。更に、ウエ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

50

等の情報をウエハ表面の情報としているが、ウエ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。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 8 1 が設けられている。該プレチャージユニット 8 1 は荷電粒子照射部 8 1 1 を含み、ウエ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 8 1 1 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、ウエハ表面の帯電状態は、電子光学系 7 0 を用いて予めウエ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 8 1 1 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 8 1 では、一次電子線をぼかして照射してもよい。

#### 【0038】

10

#### アライメント制御装置 8 7

アライメント制御装置 8 7 は、ステージ装置 5 0 を用いてウエハ W を電子光学系 7 0 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 8 7 は、光学顕微鏡 8 7 1 (図 1) を用いた広視野観察によるウエ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 7 0 の電子光学系を用いたウエハの高倍率合わせ、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エハを検査するのは、ウエ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エハのパターンを観察してウエ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。

20

#### 【0039】

光学顕微鏡 8 7 1 は、主ハウジング 3 0 内に設けられているが、主ハウジング 3 0 内で移動可能に設けられていてもよい。光学顕微鏡 8 7 1 を動作させるための光源(不図示)も主ハウジング 3 0 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 7 0 の電子光学系(一次光学系 7 2 及び二次光学系 7 4)を共用するものである。

図 6 は、アライメント制御装置 8 7 の概略構成を示している。ウエハ W 上の被観察点を低倍率で観察するには、ステージ装置 5 0 の X ステージ又は Y ステージを動かすことによって、ウエ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 8 7 1 を用いて広視野でウエハを視認し、そのウエハ上の観察すべき位置を CCD 8 7 2 を介してモニタ 8 7 3 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 8 7 1 の倍率を低倍率から高倍率に徐々に変化させるようにしてもよい。

30

#### 【0040】

次に、ステージ装置 5 0 を電子光学系 7 0 の光軸と光学顕微鏡 8 7 1 の光軸との間隔  $x$  に相当する距離だけ移動させることにより、光学顕微鏡 8 7 1 を用いて予め決めたウエハ上の被観察点を電子光学系 7 0 の視野位置に移動させる。この場合、電子光学系 7 0 の軸線  $O_3 - O_3$  と光学顕微鏡 8 7 1 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)

$x$  は予めわかっているので、その値  $x$  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 7 0 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 8 7 3 に表示させる。

40

#### 【0041】

このようにして、電子光学系によって高倍率でウエ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 5 0 の回転テーブル 5 4 の回転中心に関するウエハの回転方向の位置ずれ、すなわち電子光学系の光軸  $O_3 - O_3$  に対するウエハの回転方向のずれを検出し、また電子光学系 7 0 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エハに設けられた検査マークのデータ、或いはウエ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 5 0 の動作を制御してウエハのアライメントを行う。

#### 【0042】

50

## 制御装置 2

制御装置 2 の制御系は、主に、メインコントローラ、制御コントローラ、ステージコントローラから構成されている。

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、ウエハの搬送、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、ウエハ観察位置の 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ックし、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、それぞれ制御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。

10

### 【0043】

制御コントローラは、主に電子光学系 70 の制御、すなわち、電子銃、レンズ、アライナー、ウィーンフィルタ用等の高精度電源の制御等を担う。具体的には、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）が行われる。

20

ステージコントローラは、主にステージの移動に関する制御を行い、精密な X 軸方向および Y 軸方向の  $\mu\text{m}$  オーダーの移動（ $\pm 0.5 \mu\text{m}$  程度の許容誤差）を可能にしている。また、ステージの移動制御では、誤差精度  $\pm 0.3$  秒程度以内で、回転方向の制御（制御）も行われる。

### 【0044】

検査システム 1 はさらに、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ウエハ上の欠陥を検出する欠陥検査装置を備えている。以下に、本発明に係る半導体ウエハの欠陥検査装置について説明する。

30

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 70 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  $100\text{nm}$  以下、即ち、 $100\text{nm}$  以下の線幅を有する配線や直径  $100\text{nm}$  以下のビアホール等の形状欠陥や電氣的欠陥を見つけ、また、プロセスにフィードバックすることが重要である。

### 【0045】

上記したように、検査されるウエ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）50 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。

40

次いで、ウエハの種類（どの工程後か、ウエハのサイズは  $200\text{mm}$  か  $300\text{mm}$  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なった後、画像取得を行ないながら通常はリアルタイムで欠陥検査を行なう。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

50

により検査が行なわれ、必要に応じてC R T等に結果を出力や、メモリへ記憶を行なう。

【 0 0 4 6 】

欠陥検査の基本的流れを、図7に示す。まずアライメント動作113・1を含んだウエハ搬送の後、検査に関係する条件等を設定したレシピを作成する(113・2)。レシピは被検査ウエハに最低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枚の被検査ウエハに対して、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エハが複数枚ある場合、1種類のレシピで複数のウエハを検査する場合もある。図7の経路113・3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。

図7において、検査動作113・4は、レシピに記載された条件、シーケンスに従い、ウエハの検査を行う。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(113・5)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

【 0 0 4 7 】

被検査ウエ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
- ・ウエハを排出する動作

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

【 0 0 4 8 】

図7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)

【 0 0 4 9 】

上記した検査条件の内、検査対象ダイの設定は、図8に示すように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8の例では、ウエハ端面のダイ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、ウエ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。

【 0 0 5 0 】

また、ダイ内部の検査領域の設定は、図9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E B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9の例では、実線で示した領域115・1と破線で示した領域115・2を設定している。

領域115・1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115・2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。ただし、検査領域が重ね合った場合は、予め設定した優先順位の検査アルゴリズムを処理する。図9の例

10

20

30

40

50

においては、領域 1 1 5 . 2 は、アレイ検査を行い、隣接ダイ比較検査は行われない。

#### 【 0 0 5 1 】

図 7 の検査動作においては、図 1 0 に示すように、被検査ウエ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、2 0 4 8 ドットのラインセンサに対して 1 6 ドット程度である。

走査方向及びシーケンスを、模式的に図 1 1 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。 10

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 1 2 - 1 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。

#### 【 0 0 5 2 】

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。

図 1 2 - 2 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 1 1 8 ・ 2 と、周期構造を取らないランダム部 1 1 8 ・ 3 とに分けられる。周期構造をしたセル部 1 1 8 ・ 2 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 1 1 8 ・ 3 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。 20

ダイ検査は、比較対象により、さらに以下のように区分される。

- ・ 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）
- ・ C A D データ比較法（C A D 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 C A D 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、C A D データ比較法においては、C A D データをゴールデンテンプレートとする。 30

#### 【 0 0 5 3 】

以下に、各検査アルゴリズムの動作を述べる。

##### 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。D R A M セルなどはその一例である。

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。

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。 40

#### 【 0 0 5 4 】

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 C C D など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。

参照画像の生成方法の一例を図 1 3 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。

前提として図 1 3 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 1 3 において周期 1 ~ 6 は容易に認識できる。

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 50

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。

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。

【0055】

#### 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。

【0056】

#### 隣接ダイ比較検査法（Die-to-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14に示すように、走査方向Sに走査される場合、ダイ画像2はダイ画像1と対比されて差分が求められ、ダイ画像3はダイ画像2と対比されて差分が求められる。そして、差分結果により、欠陥があるか否かが判定される。

設定によって、画像の差分を求める前に、比較する2つの画像の位置アライメント差（位置差）が無くなるように補正する。または、濃度アライメント差（濃度差）が無くなるように補正する。もしくはその両方の処理を行う場合がある。

【0057】

#### 基準ダイ比較検査法（Die-to-Any Die検査）

オペレータにより基準となるダイを指定する。基準ダイは、ウエ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し、これを参照画像とする。そして、順次走査して得られる被検査画像と、基準ダイの画像である参照画像とを比較して差分を求め、得られた差分により欠陥を検出する。

この場合も、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差（位置差）が無くなるように補正こと、及び濃度アライメント差（濃度差）が無くなるように補正することの少なくとも一方を実行してもよい。参照画像は、基準ダイ全ての画像でも良いし、基準ダイの一部の画像として更新しながら検査しても良い。

【0058】

#### CADデータ比較検査法（CAD Data-to-Any Die検査）

半導体製造の工程において、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参照画像とする。参照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。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できない。したがって、CADデータ加工作業に関して、以下の変換がなされる。

- 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。
- 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。
- 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。
- d) 上記c)は、検査走査と、変換作業をオーバーラップして行う。

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

- a) ラスタデータの多値化機能。

10

20

30

40

50



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。

#### 【0059】

図15は、上記した検査システム1に適用可能な、本発明に係る欠陥検査装置の主要構成を示すブロック図である。該欠陥検査装置は、上記した検査アルゴリズム（セル検査法、隣接ダイ比較法、基準ダイ比較法、及びCADデータ比較法）を、予め設定したシーケンスに基づいて、選択的に実行できるよう構成されている。

図15において、5は干渉計からなるステージ位置取得部を示し、50は電子線装置を構成するXYステージを示し、500はステージ駆動部を示している。ステージ駆動部500は、図1及び図2に示したサーボモータ521、531及びエンコーダ522、532を含んでいる。また、図15において、72は電子光学系70を構成する画像入力部、300は画像処理/欠陥検出部、400はPC等のオペレータ用のコンピュータ端末（PC端末）である。

なお、本発明に係る欠陥検査装置においては、電子線装置として、SEM型及び写像投影型等の任意の電子線装置を採用可能であるが、欠陥検査装置として写像投影型の電子線装置を用いた場合、画像入力部72は、例えばCCDカメラからなるラインセンサである。Wは、ステージ50上に載置された半導体ウエハである。

#### 【0060】

図16は、ステージ50を移動させることにより、ウエハをどのように走査するかを説明するための模式図であり、図2における各矩形 $R_0$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、...、 $R_n$ のX軸方向幅は、ラインセンサ幅である1スワース（例えば、2048ドット）に等しい。

図17A～Cは、PC端末400のモニタ402上に表示される画面の模式図であり、図17Aは検査開始時の画面、図17Bは検査中途の画面、図17Cは検査終了時の画面を表している。図17A～C中、複数の正方形（長方形でもよい）はそれぞれ、ウエハ上のダイを表し、また、白抜きは、非検査指定ダイを示している。

#### 【0061】

図15、図16、図17A～Cを参照して、本発明における欠陥検査装置の動作を説明する。

まず、オペレータが、PC端末400のモニタ402上で、検査レシピ（検査アルゴリズムを含む）、検査条件、検査ダイ指定、検査エリア指定、走査方向指定（双方向、順方向、又は逆方向）、ステージ速度指定等の、検査に必要な条件情報を初期設定する。以下においては、走査方向指定が双方向に設定されたものとして説明する。

#### 【0062】

初期設定が終了すると、PC端末400の制御部401は、モニタ402上に、図17Aに示すようなウエハの画面を表示させる。そして、欠陥検査がスタートすると、制御部401はステージ駆動部500を制御して、矩形 $R_0$ のスタート位置Aの画像が画像入力部72から得られるよう、ステージ50の初期位置設定を行う。

次いで、制御部401は、ステージ駆動部500を制御して、ステージ50を-Y軸方向に移動させながら矩形 $R_0$ の画像を取得し、ウエハW上の走査位置がストップ位置Bに到達して1走査が完了すると、Y軸方向の移動を停止させる。矩形 $R_0$ の走査中、得られた画像データは、順次、画像処理/欠陥検出部300に送られて欠陥検出処理が実行され、その処理結果が欠陥検査結果記憶部301に記憶される。記憶部301は、少なくとも1つの矩形すなわち1走査分の欠陥検査結果データを格納可能な容量を有している。

#### 【0063】

ウエハW上の走査がストップ位置Bに到達すると、制御部401は、ステージ駆動部500を制御して、ステージ50を-X軸方向に1スワース幅（例えば、2048ドットに相当する幅）ステップ移動させ、それに並行して、画像処理/欠陥検出部300に指示して、欠陥検査結果記憶部301から矩形 $R_0$ の欠陥検査結果データを読み出させ、PC端

10

20

30

40

50

末 4 0 0 の制御部 4 0 1 に転送させる。制御部 4 0 1 では、転送された欠陥検査結果データを欠陥検査結果記憶部 4 0 3 に格納する。この記憶部 4 0 3 は、全ての矩形  $R_1 \sim R_n$  の欠陥検査結果データを記憶することができる容量を有している。

なお、画像処理 / 欠陥検出部 3 0 0 に記憶部 3 0 1 設けることなく、欠陥検査結果データを直接 P C 端末 4 0 0 に転送して、その記憶部 4 0 3 に格納しても良い。

そして、制御部 4 0 1 は、矩形  $R_0$  の欠陥検査結果データを記憶部 4 0 3 から読み出し、未検査の矩形と識別可能とするために、色彩等を変えてモニタ 4 0 2 に表示させる。モニタ上 4 0 2 への表示は、ステージ位置取得部 5 からの X 軸座標データに応じた位置に、1 スワース幅の矩形で表示される。

#### 【 0 0 6 4 】

また、このとき、制御部 4 0 1 は、欠陥検査結果データが欠陥検出データを含んでいる場合には、その位置も色彩を変えて表示させる。欠陥の表示は、色彩を変える代わりに、形状を変化させても、また、 $\times$  等で表示しても良い。欠陥検出部 3 0 0 は、画像入力部（カメラ）7 2 からの有効画素量（＝画素数）で欠陥位置を管理する。制御部 4 0 1 は、スタート位置 A の Y 軸座標を記憶しており、欠陥データを取得すると、スタート位置 A からそれまでの有効画素数に基づいて、モニタ 4 0 2 上の色彩を変化させる。例えば、1 ピクセル 1 0 0 n m の倍率で観察している状態で、スタート時点から 1 スワース（＝2 0 4 8） $\times$  1 0 の欠陥検査結果データを受け取ったときに、その時のデータが欠陥検出データである場合には、Y 軸方向に 1 0 ピクセル分移動した位置が欠陥位置であることを表しているため、制御部 4 0 1 は、スタート位置 A から 1 0 0 0 n m の位置の色彩を変化させる

。したがって、ステージ位置取得部 5 から、欠陥位置に対応する Y 軸座標を取得する必要がない。

#### 【 0 0 6 5 】

X 軸方向の 1 スワース幅のステップ移動が終了すると、制御部 4 0 1 は、ステージ駆動部 5 0 0 を制御して、ステージ 5 0 を + Y 軸方向に移動させることにより、矩形  $R_1$  のスタート位置 D からストップ位置 E までの画像データが順次得られ、矩形  $R_0$  の場合と同様に、画像処理 / 欠陥検出部 3 0 0 により欠陥検出が行われ、そして、ストップ位置 E に到達すると、矩形  $R_1$  の欠陥検査結果データが制御部 4 0 1 に転送されかつモニタ 4 0 2 上に表示される。

#### 【 0 0 6 6 】

このようにして、走査方向（Y 軸方向）を反転しつつ矩形  $R_0$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、... が順次検査され、かつ P C 端末 4 0 0 のモニタ 4 0 2 に図 1 7 B に示すように表示される。オペレータがこのように表示された欠陥検査結果の画面を監視して、欠陥検出箇所が多数の場合又は欠陥検出箇所の面積の総和が大きい場合、ウエハ W 上の検査が完了していなくても、その時点でそのウエハの欠陥検査を終了させ、不良品であることを示すマークを当該ウエハに対応付けて、記憶部 4 0 3 に記憶させる。これにより、不良品を不要に検査する時間を短縮することができる。

最後の矩形  $R_n$  まで走査して欠陥検査処理を行った場合は、モニタ 4 0 2 に、図 1 7 C に示すような画面が表示される。言うまでもなく、この時点であっても、オペレータは、不良品であるか否かを判定することができる。

#### 【 0 0 6 7 】

なお、図 8 に関連して説明したように、欠陥検査を実行する前に、オペレータがウエハ W 上の非検査ダイ（検査除外ダイ）を指定することが好適である。上記したように、非検査ダイとして指定されたダイに対応する箇所は、図 1 7 A ～ C に示すように、色彩等を変えて他と識別してモニタ 4 0 2 上に表示される。非検査指定ダイには、例えば、ウエハ周辺の通常不良品であるダイ等の、予め不良品であることがわかっているダイが含まれる。

また、各ダイ中で所定の領域のみを検査するよう設定することもでき、その場合には、ダイ中の非検査領域に対応する箇所の色彩を変えて表示する。

#### 【 0 0 6 8 】

10

20

30

40

50

上記においては、ステージ 50 の X 軸方向へのステップ移動中に、すなわち、Y 軸方向の 1 走査が終了する毎に、画像処理 / 欠陥検出部 300 から該 1 走査全体の欠陥検査結果データを PC 端末 400 に転送してモニタ 402 上に表示できるようにしているが、1 つの矩形  $R_i$  の走査中であっても、1 スワース (1 検出単位) 毎又は複数スワース毎の欠陥検査結果データが得られる毎に、該データを制御部 401 に転送して、逐次的にモニタ 402 上に表示するようにしてもよい。

この場合、ステージ位置取得部 5 から、現在の走査中の X 軸座標及び Y 軸座標を取得し、その位置に、検出結果を表示するようにしてもよい。

#### 【0069】

また、上記したように、オペレータによる PC 端末 400 上の設定により、ウエハ W の走査方向を交互的に反転させて双方向走査を行う代わりに、順方向のみ又は逆方向のみの一方向走査を行ってもよい。いずれにしても、設定された走査の方向に応じて、制御部 401 がステージ駆動部 500 に指令して、ステージ 50 を駆動させることになる。

さらに、オペレータが PC 端末 400 上で、良品として許容可能な欠陥位置の数又は面積の上限値 (又は、上限値よりも低い警報値) を設定可能に構成することもできる。この場合、設定された上限値が記憶部 403 に記憶される。そして、制御部 401 は、欠陥検出部 300 から取得した欠陥検査結果データ中の欠陥位置又は面積を累算して、上限値に到達した時点でモニタ 402 上に不良品 (又は、不良類似品) であることを表示させ、かつ、ステージ駆動部 500 の動作を停止させるようにする。

さらにまた、画像入力部 72 が 2048 ドットのラインセンサである場合、矩形  $R_i$  と  $R_{i+1}$  とが 16 ドット程度重なるように設定すると、ウエハ上のラインパターンの連続性判断等に好適である。

#### 【0070】

画像処理 / 欠陥検出部 300 における欠陥検出処理は、取得した画像データと参照画像データとを比較して、許容誤差以上の差分がある場合に欠陥と判定する、任意の手法を用いることができるが、上述したように、複数の検査アルゴリズムを選択的に実行可能に構成することが好ましい。

図 18 は、セル検査アルゴリズム及びダイ対ダイ検査アルゴリズム (隣接ダイ検査アルゴリズム) を選択的に実行可能な画像処理 / 欠陥検出部 300 の詳細な構成を示しており、302 はセル参照画像生成部、303 は画像比較部、304 は欠陥判定部である。また、M1 ~ M3 はそれぞれ画像メモリ、SW-A 及び SW-B は、PC 端末 400 の制御部 401 からの制御信号によって切り替えられるスイッチである。

#### 【0071】

以下に、図 18 に示した画像処理 / 欠陥検出部 300 の動作を説明する。

オペレータが PC 端末 400 上で、セル検査アルゴリズムを実行するように設定すると、制御部 401 は、欠陥検出部 300 のスイッチ SW-B を接点 b3 に接続する。セル検査アルゴリズムにおいては、画像メモリ M1 及び M2 を使用しないので、スイッチ SW-A をどの接点に接続しても良い。

セル検査アルゴリズムにおいて、セル参照画像生成部 302 は、図 13 に関連して説明したように、セル検査の参照画像データを、検査対象であるセルの直前の複数のセルから検査と同時に取得するが、所定の周期で加重平均をとって生成するため、被検査領域の移動に伴って随時更新される。更新されたセル参照画像データは、随時、画像メモリ M3 に更新的に記憶される。

そして、画像比較部 303 が、その更新された参照画像データと現在取得された画像データ (画像入力部 72 から) とを比較してその差分を求め、欠陥判定部 304 が、得られた差分が所定の閾値よりも大きいかが否かを判定し、大きい場合は、現在検査中の位置に欠陥が存在していると判定する。その結果は、記憶部 301 に記憶される。

#### 【0072】

オペレータによりダイ対ダイ検査アルゴリズムが設定された場合、制御部 401 は、奇数番目のダイの検査か偶数番目のダイの検査かに応じて、スイッチ SW-A を接点 a1 及

10

20

30

40

50

び a 2 に交差接続するように切り替え、そして逆に、S W - B を接点 b 2 及び b 1 に交互に接続するように切り替える。どのダイであるかは、ステージ位置取得部 5 からの位置座標に基づいて判定することができる。

すなわち、検査中のダイが  $2n + 1$  番目（奇数番目）である場合、スイッチ S W - A 及び S W - B を接点 a 1 及び b 2 に接続させ（又はその逆）、画像入力部 7 2 からのリアルタイムの画像データと、画像メモリ M 2 に記憶された  $2n$  番目（偶数番目）のダイの画像データからなる参照画像データとが、画像比較部 3 0 3 に供給されるようにする。一方、検査中のダイが  $2n$  番目のダイである場合、スイッチ S W - A 及び S W - B を接点 a 2 及び b 1 に接続させ（又はその逆）、画像入力部 7 2 からのリアルタイムの画像データと、画像メモリ M 1 に記憶された  $2n - 1$  番目のダイの画像データからなる参照画像データとが、画像比較部 3 0 3 に供給されるようにする。

10

そして、セル検査アルゴリズムの場合と同様に、画像比較部 3 0 3 及び欠陥判定部 3 0 4 が、現在検査中の位置に欠陥があるか否かを判定し、その結果を欠陥検査結果記憶部 3 0 1 に記憶する。

#### 【0073】

上記のアルゴリズムに加えて、欠陥検出部 3 0 0 を、基準ダイ比較検査アルゴリズム、及び C A D データ比較検査アルゴリズムの少なくとも一方も選択的に実行可能となるように構成し、それを P C 端末 4 0 0 の制御部 4 0 1 で制御するようにしてもよい。また、各ダイについて、セル検査アルゴリズム及びダイ対ダイ検査アルゴリズムを、ダイ内の位置に応じて切り替えて実行しても良い。

20

また、上記したように、画像処理 / 欠陥検出部 3 0 0 に欠陥検査結果記憶部 3 0 1 を設けずに、欠陥判定部 3 0 4 の判定結果を直接、P C 端末 4 0 0 に転送して欠陥検査結果記憶部 4 0 3 に記憶させても良い。

#### 【0074】

ところで、レシピの 1 つとして含まれるフォーカスマップレシピがあるが、該フォーカスマップレシピの作成、及び該フォーカスマップレシピにより実行される検査動作時のオートフォーカス動作について、図 1 9 ~ 図 2 1 を参照して説明する。

フォーカスマップレシピは、例えば、独立的な入力画面上で（又は、別の目的で設けられた入力画面上で）、オペレータによる次のステップにより作成される。

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。（図 1 9 のスイッチ 1 2 6 ・ 1）

30

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。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。

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。

#### 【0075】

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。また入力画面はウエ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。

また、c) のステップでは、オペレータが、図 1 8 に示した画面上で、スイッチ 1 2 6 ・ 3 を選択して、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 1 2 6 ・ 2 で設定するか、又は、スイッチ 1 2 6 ・ 4 を選択して、自動的にフォーカス値を求めるかにより、フォーカス値を設定することができる。

40

#### 【0076】

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、コンピュータ演算により自動的に実行されるが、例えば、図 2 0 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し、

b) 上記 a) を  $Z = 2, 3, 4$  でも行い、

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（図 2 0）、

50

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ことによって、得られる。

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が図21の様なライン&スペースである場合、良好な結果を示すが、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。

上記のa)~d)を行うことで、1点のベストフォーカス値Zが求まる。この時のデータ形式は(X, Y, Z)で表される。X及びYは、フォーカスを求めた座標、Zはベストフォーカス値である。したがって、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値(X, Y, Z)が存在することになり、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。

10

#### 【0077】

このようにしてフォーカスマップレシピが作成されると、該フォーカスマップレシピに基づいて、以下のようにしてオートフォーカス動作が実行される。

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、かつ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。

b) 上記a)の計算は、補間関数で行う。

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。

d) ステージの位置座標、すなわちTDIセンサの位置座標(Tx, Ty)を監視して、フォーカスマップファイル2に記述されている、現在のXY位置座表に適したフォーカス値に、フォーカス用電極の電圧を調整する。

20

さらに具体的に説明すると、図22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り、フォーカスマップファイル1のフォーカス値の間を、フォーカスマップファイル2のフォーカス値で補間している。そして、走査に従ってフォーカス位置Zを変化させるが、フォーカス値とフォーカス値との間は、次の変更する位置まで現在値が保持される。

#### 【0078】

図23は、図15に示した欠陥検査装置を使用した半導体製造プラントの例を示す。図23において、欠陥検査装置は参照番号171.1で示されており、該欠陥検査装置で検査されるウエハのロット番号、製造に経由した製造装置履歴等の情報は、SMIFまたはFOUP171.2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、FOUP171.2又はウエハカセットの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。ウエハの搬送中は、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。

30

欠陥検査装置171.1の欠陥検出制御用のPC171.6(すなわち、図15の制御部401)は、生産ラインの情報通信ネットワーク171.3に接続されており、このネットワーク171.3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171.4、各製造装置171.5、及び別の検査システムに、被検査物であるウエ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171.5には、リソグラフィ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、レビュー装置等が含まれる。

40

#### 【0079】

以上説明したように、本発明の欠陥検査装置によれば、半導体ウエハ等の欠陥検査を高スループットで行うことができ、もって、半導体ウエハの製造に大きく寄与することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0080】

【図1】本発明に係る欠陥検査装置を適用可能な半導体ウエハの検査システムの主要構成

50

要素を示す立面図である。

【図 2】図 1 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 1 の線 B - B に沿って見た図である。

【図 3】図 1 に示した検査システムのウエハ搬送箱とローダーとの関係を示す図である。

【図 4】図 1 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 1 の線 C - C に沿って見た図である。

【図 5】図 1 に示した表かシステムのローダハウジングを示す図であって、図 2 の線 D - D に沿って見た図である。

【図 6】図 1 に示した検査システムの電子光学系に適用可能なウエハのアライメント制御装置の概略説明図である。

10

【図 7】本発明に係る半導体デバイスの検査手順の基本的な流れを示す図である。

【図 8】ウエハ上の検査大の設定を示す図である。

【図 9】ダイ内部の検査領域の設定を示す図である。

【図 10】本発明に係る半導体デバイスの検査手順を説明するための図である。

【図 11】本発明に係る半導体デバイスの検査手順を説明するための図である。

【図 12 - 1】本発明に係る半導体デバイスの検査方法における、検査ダイが 1 個の場合の走査例を示す図である。

【図 12 - 2】本発明に係る半導体デバイスの検査方法における、検査ダイが 1 個の場合の走査例を示す図である。

【図 13】本発明に係る半導体デバイスの検査方法における、セル参照画像の生成方法を説明するための図である。

20

【図 14】本発明に係る半導体デバイスの検査方法における隣接ダイ比較検査方法を説明するための図である。

【図 15】本発明に係る半導体デバイスの欠陥検査装置の構成を示すブロック図である。

【図 16】本発明に係る欠陥検査装置における試料の走査を説明するための図である。

【図 17 A】本発明に係る欠陥検査装置において表示される欠陥検査前のウエハ画像の模式図である。

【図 17 B】本発明に係る欠陥検査装置において表示される欠陥検査途中のウエハ画像の模式図である。

【図 17 C】本発明に係る欠陥検査装置において表示される欠陥検査終了後のウエハ画像の模式図である。

30

【図 18】本発明に係る欠陥検出装置において採用可能な欠陥検出部の好適な実施例を示すブロック図である。

【図 19】本発明に係る半導体デバイスの検査方法におけるフォーカスマッピングを説明するための画面例を示す図である。

【図 20】本発明に係る半導体デバイスの検査方法におけるフォーカスマッピングを説明するための画面例を示す図である。

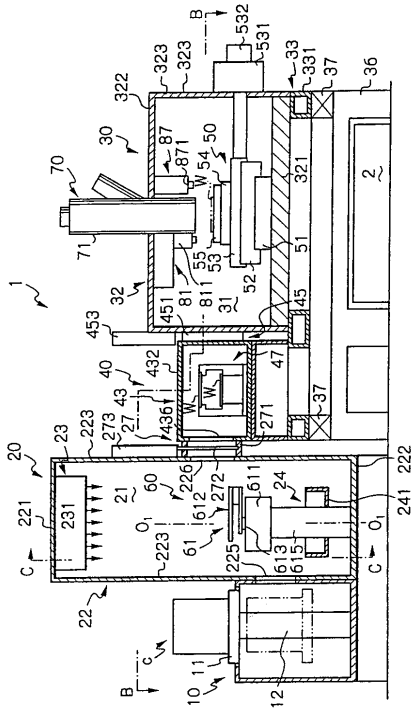
【図 21】本発明に係る半導体デバイスの検査方法におけるフォーカスマッピングを説明するための画面例を示す図である。

【図 22】本発明に係る半導体デバイスの検査方法におけるフォーカスマッピングを説明するための画面例を示す図である。

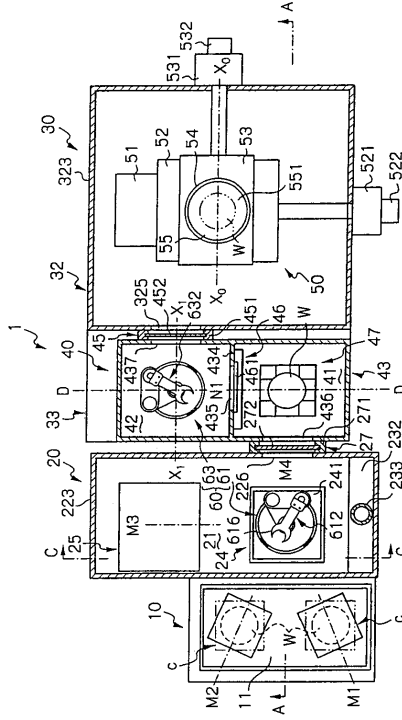
40

【図 23】図 15 に示した欠陥検査装置を半導体デバイスの製造ラインに接続した形態を示す図である。

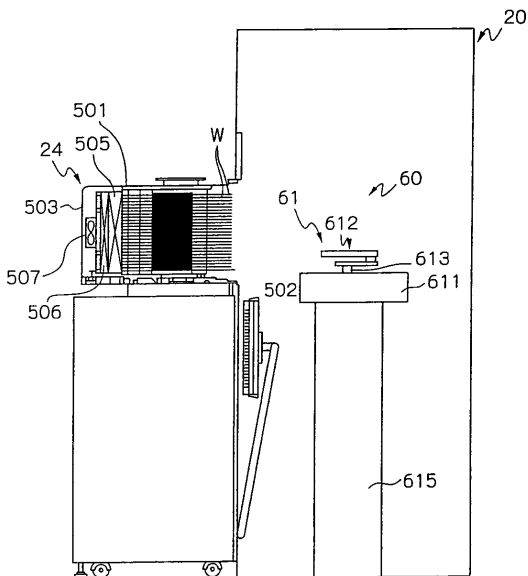
【図 1】



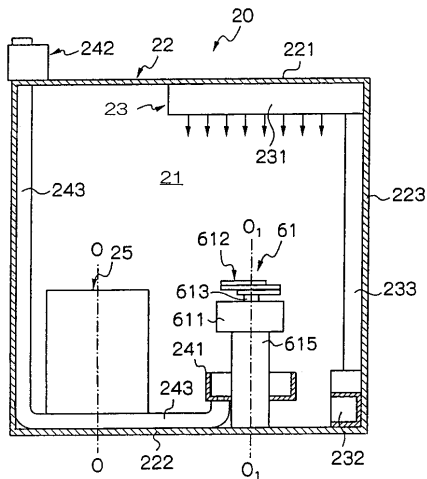
【図 2】



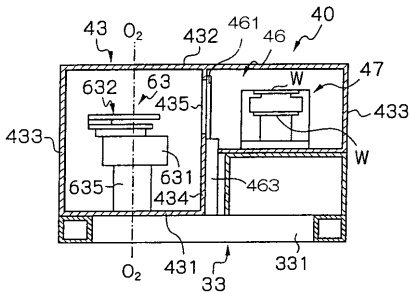
【図 3】



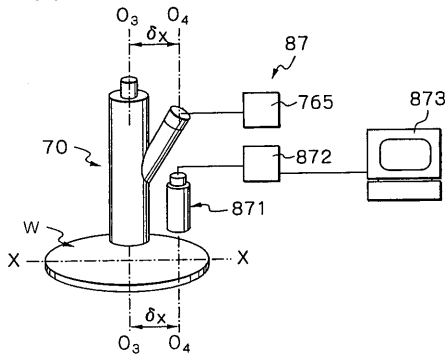
【図 4】



【図 5】

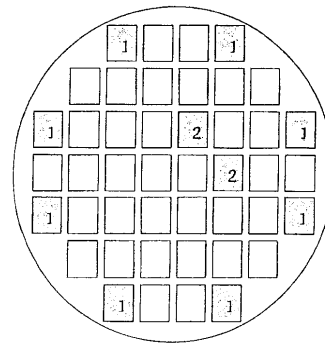


【図 6】

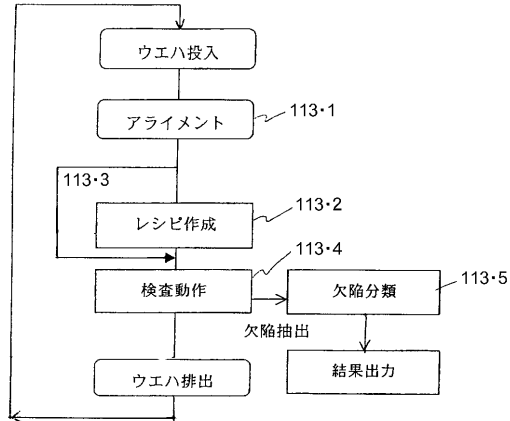


【図 8】

ダイマッピング画面

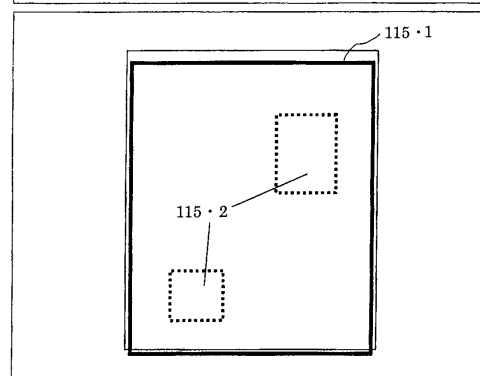


【図 7】

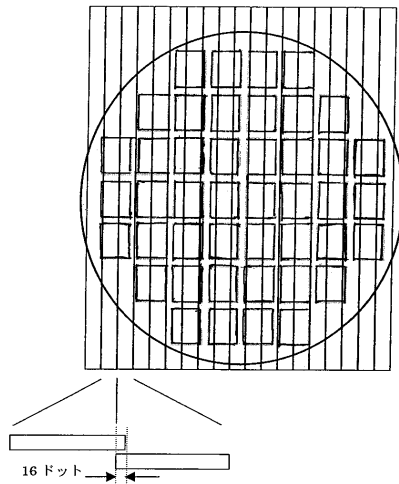


【図 9】

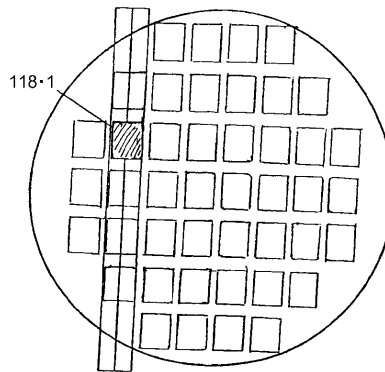
ダイ内部 検査領域設定画面



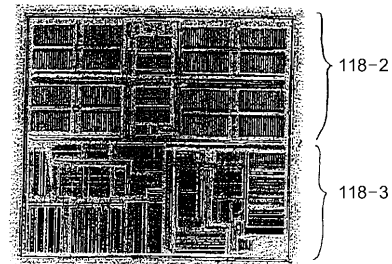
【図 10】



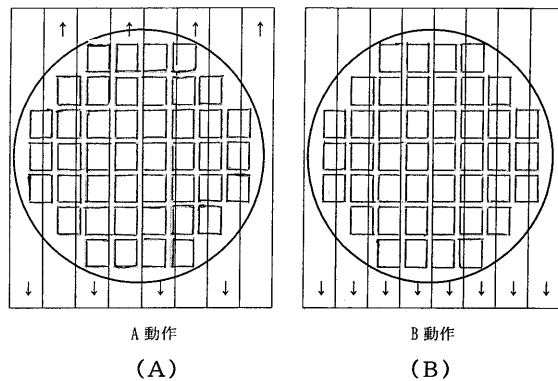
【図 12 - 1】



【図 12 - 2】

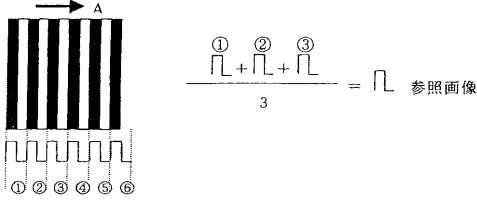


【図 11】

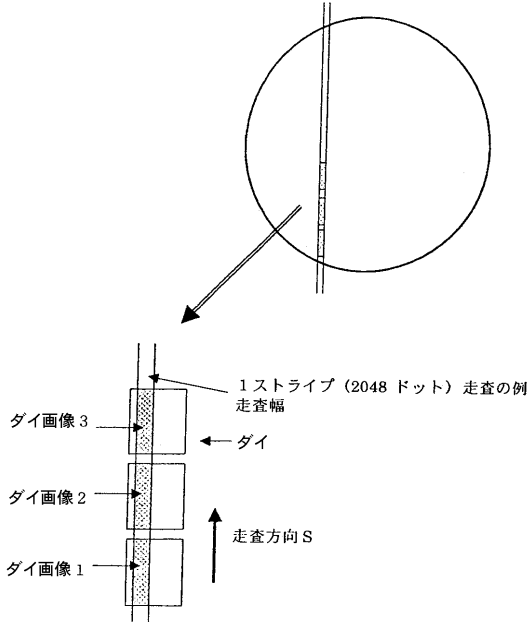




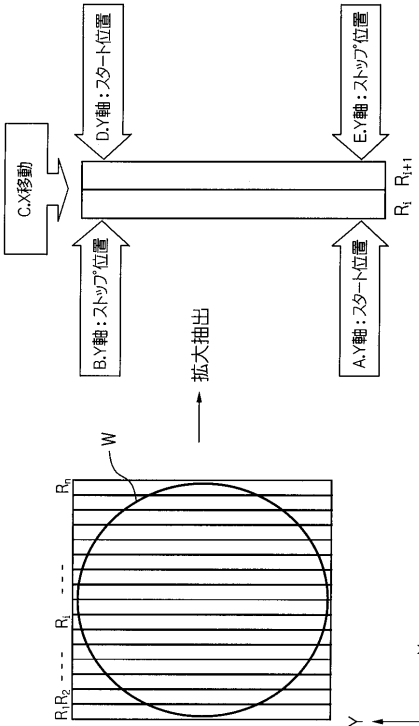
【図 13】



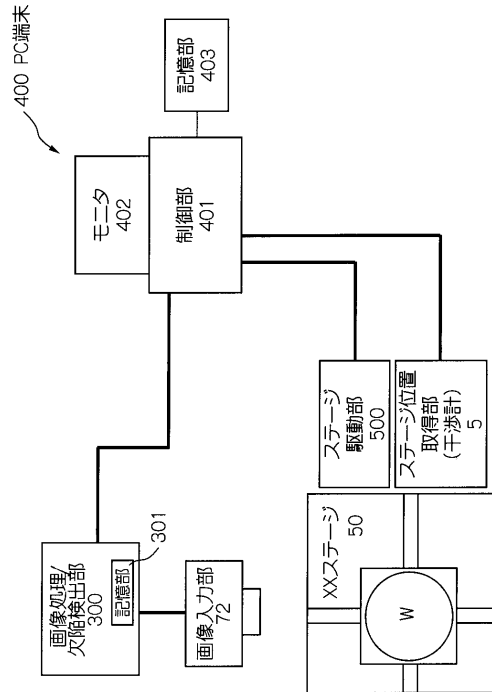
【図 14】



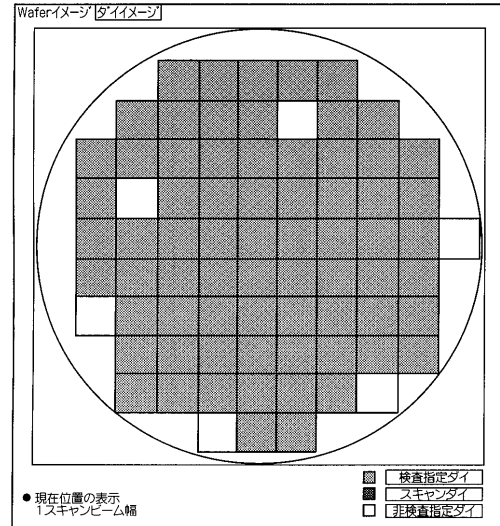
【図 16】



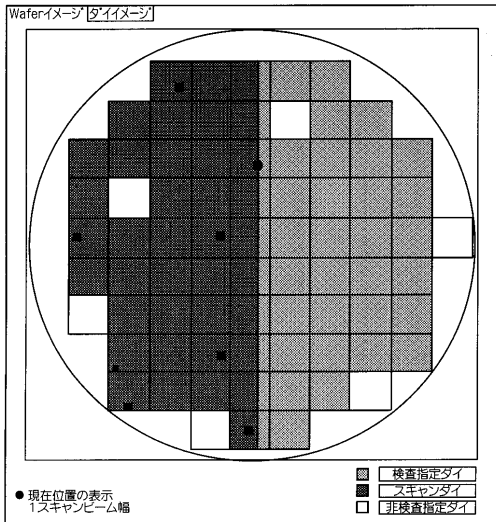
【図 15】



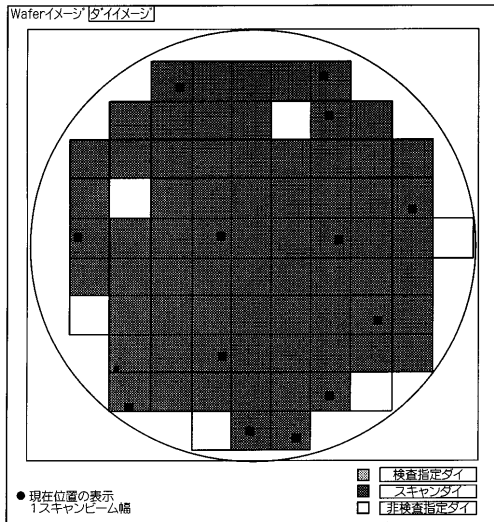
【図 17 A】



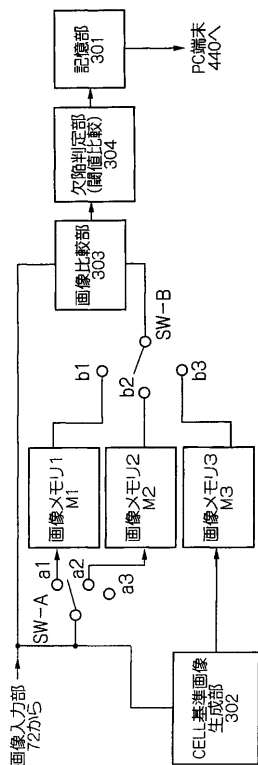
【図 17 B】



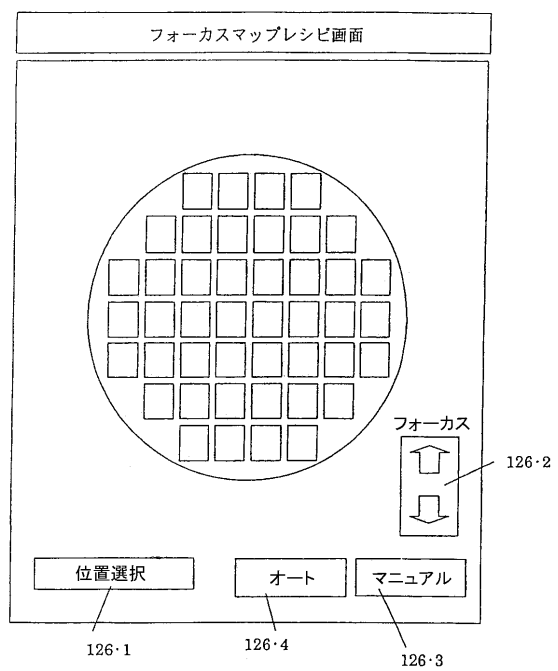
【図 17 C】

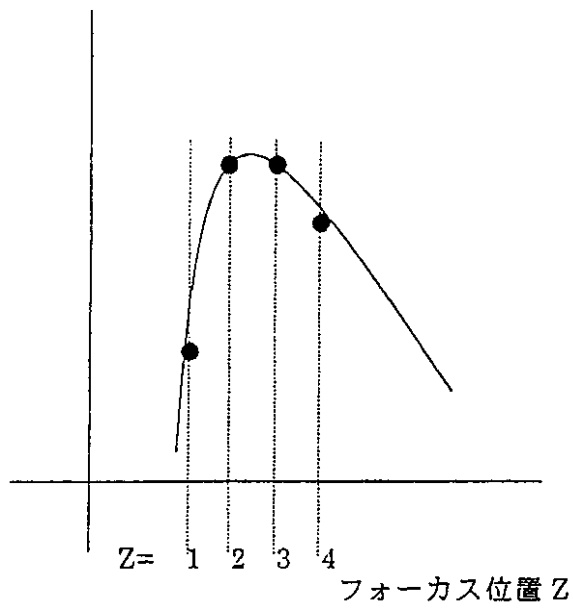


【図 18】

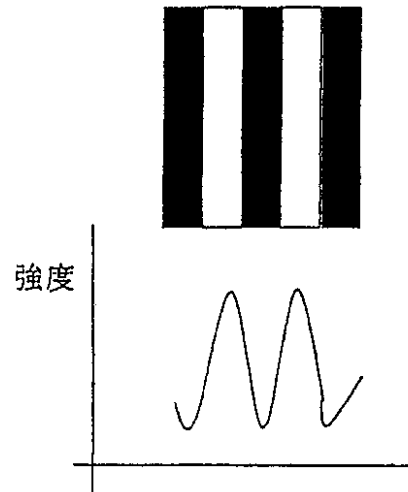


【図 19】

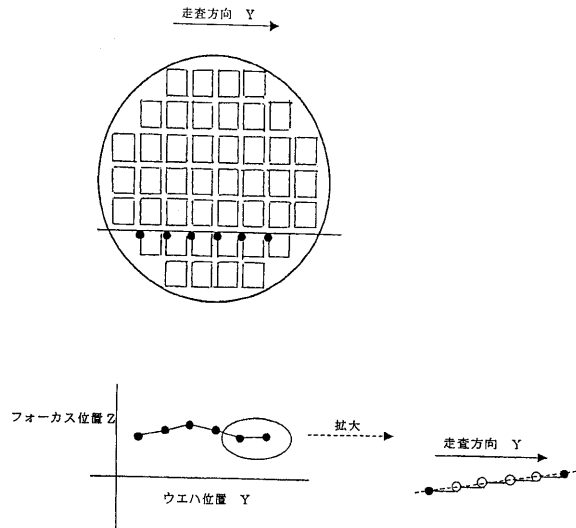


【図 20】  
コントラスト

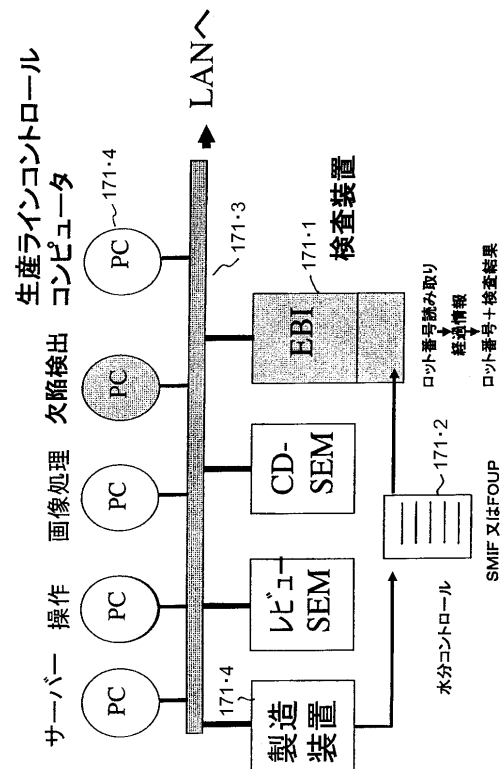
【図 21】



【図 22】



【図 23】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA03 AA49 AA56 AA58 BB02 CC19 DD06 FF04 JJ02 JJ25  
MM03 NN20 PP12 QQ13 QQ24 QQ25 QQ42 RR05 SS03 SS04  
SS13 UU05 UU06  
2G051 AA51 AB02 CA03 CA04 DA03 DA07 EA12 EA14 EB01 FA01  
4M106 AA01 BA02 CA38 DB05 DB21 DJ23