

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7303052号
(P7303052)

(45)発行日 令和5年7月4日(2023.7.4)

(24)登録日 令和5年6月26日(2023.6.26)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 J 37/153 (2006.01) H 0 1 J 37/153 B
H 0 1 J 37/28 (2006.01) H 0 1 J 37/28 B

請求項の数 5 (全24頁)

(21)出願番号	特願2019-131437(P2019-131437)	(73)特許権者	504162958 株式会社ニューフレアテクノロジー 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1
(22)出願日	令和1年7月16日(2019.7.16)	(74)代理人	100119035 弁理士 池上 徹真
(65)公開番号	特開2021-15781(P2021-15781A)	(74)代理人	100141036 弁理士 須藤 章
(43)公開日	令和3年2月12日(2021.2.12)	(74)代理人	100178984 弁理士 高下 雅弘
審査請求日	令和4年6月3日(2022.6.3)	(72)発明者	安藤 厚司 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1 株式会社ニューフレアテクノロジー内
		(72)発明者	井上 和彦 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番1 株式会社ニューフレアテクノロジー内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 多極子収差補正器の導通検査方法及び多極子収差補正器の導通検査装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の開口部が形成され、前記第1の開口部の周囲にシールド電極が配置された上段基板と、第2の開口部が形成され、前記第2の開口部を挟んだ複数の制御電極と前記複数の制御電極のうち互いに異なる1つに接続される複数の配線とが配置された中段基板と、第3の開口部が形成され、前記第3の開口部の周囲にシールド電極が配置された下段基板と、を有し、前記複数の制御電極にそれぞれ電位を可変に印加することで前記第1～第3の開口部を通過する被補正用の荷電粒子ビームの収差を補正する多極子収差補正器を用いて、各シールド電極に所定の電位を印加した状態で前記第1～第3の開口部を通過するように検査用荷電粒子ビームを照射する工程と、

10

前記検査用荷電粒子ビームが前記第1～第3の開口部を通過すると共に、前記下段基板の下流側に配置された物体に照射されたことに起因して2次的に放出される電子の前記複数の制御電極の各制御電極への流入電子線量を前記複数の配線のうち各制御電極にそれぞれ接続された配線を介して測定する工程と、

を備え、

前記各制御電極への流入電子線量の測定結果を用いて、制御電極毎に、当該制御電極と当該制御電極に接続された配線との間の導通の有無を個別に判定することを特徴とする多極子収差補正器の導通検査方法。

【請求項2】

前記上段基板には、前記第1の開口部を含む複数の第1の開口部が形成され、前記複数の

20

の第 1 の開口部の周囲にシールド電極が配置され、

前記中段基板には、第 2 の開口部を含む複数の第 2 の開口部が形成され、前記複数の第 2 の開口部の各第 2 の開口部に対し、当該第 2 の開口部を挟んだ複数の制御電極と前記複数の制御電極のうち互いに異なる 1 つに接続される複数の配線とが配置され、

前記下段基板には、前記第 3 の開口部を含む複数の第 3 の開口部が形成され、前記複数の第 3 の開口部の周囲にシールド電極が配置され、

前記多極子収差補正器の導通検査方法は、各第 2 の開口部の前記複数の制御電極にそれぞれ電位を可変に印加することで前記複数の第 1 ~ 第 3 の開口部を通過する被補正用のマルチ荷電粒子ビームの収差を個別に補正する多極子収差補正器について、各第 2 の開口部の前記複数の制御電極の制御電極毎に、当該制御電極と当該制御電極に接続された配線との間の導通の有無を個別に判定することを特徴とする請求項 1 記載の多極子収差補正器の導通検査方法。

10

【請求項 3】

前記導通検査方法に用いる前記検査用荷電粒子ビームとして、電子ビームが用いられることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の多極子収差補正器の導通検査方法。

【請求項 4】

前記複数の制御電極は、2 極以上であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 いずれか記載の多極子収差補正器の導通検査方法。

【請求項 5】

検査用荷電粒子ビームを放出する放出源と、

20

前記検査用荷電粒子ビームの焦点位置を制御する合焦機構と、

前記検査用荷電粒子ビームを偏向して、前記検査用荷電粒子ビームの照射位置を制御する偏向器と、

第 1 の開口部が形成され、前記第 1 の開口部の周囲にシールド電極が配置された上段基板と、第 2 の開口部が形成され、前記第 2 の開口部を挟んだ複数の制御電極と前記複数の制御電極のうち互いに異なる 1 つに接続される複数の配線とが配置された中段基板と、第 3 の開口部が形成され、前記第 3 の開口部の周囲にシールド電極が配置された下段基板と、を有し、前記複数の制御電極にそれぞれ電位を可変に印加することで前記第 1 ~ 第 3 の開口部を通過する被補正用の荷電粒子ビームの収差を補正する多極子収差補正器と、

前記下段基板の下流側に配置され、前記第 1 ~ 第 3 の開口部を通過した前記検査用荷電粒子ビームの照射を受ける物体と、

30

が配置されるステージと、

前記複数の配線に接続される、少なくとも 1 つの流入電子線量測定器と、

を備え、

前記検査用荷電粒子ビームが前記第 1 ~ 第 3 の開口部を通過すると共に、前記下段基板の下流側に配置された物体に照射されたことに起因して 2 次的に放出される電子の前記複数の制御電極の各制御電極への流入電子線量を前記複数の配線のうち各制御電極にそれぞれ接続された配線を介して前記少なくとも 1 つの流入電子線量測定器によって測定された結果を用いて、制御電極毎に、当該制御電極と当該制御電極に接続された配線との間の導通の有無を個別に判定することを特徴とする多極子収差補正器の導通検査装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、多極子収差補正器の導通検査方法及び多極子収差補正器の導通検査装置に関する。例えば、電子線によるマルチビームを照射する装置に搭載されるマルチビームの収差を補正する多極子収差補正器の導通検査の手法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、大規模集積回路 (LSI) の高集積化及び大容量化に伴い、半導体素子に要求される回路線幅はますます狭くなってきている。そして、多大な製造コストのかかる LSI

50

の製造にとって、歩留まりの向上は欠かせない。しかし、1ギガビット級のDRAM（ランダムアクセスメモリ）に代表されるように、LSIを構成するパターンは、サブマイクロンからナノメートルのオーダーになっている。近年、半導体ウェハ上に形成されるLSIパターン寸法の微細化に伴って、パターン欠陥として検出しなければならない寸法も極めて小さいものとなっている。よって、半導体ウェハ上に転写された超微細パターンの欠陥を検査するパターン検査装置の高精度化が必要とされている。

【0003】

検査手法としては、半導体ウェハやリソグラフィマスク等の基板上に形成されているパターンを撮像した測定画像と、設計データ、あるいは基板上の同一パターンを撮像した測定画像と比較することにより検査を行う方法が知られている。例えば、パターン検査方法として、同一基板上的異なる場所の同一パターンを撮像した測定画像データを比較する「die to die（ダイ-ダイ）検査」や、パターン設計された設計データをベースに設計画像データ（参照画像）を生成して、それとパターンを撮像した測定データとなる測定画像とを比較する「die to database（ダイ-データベース）検査」がある。撮像された画像は測定データとして比較回路へ送られる。比較回路では、画像同士的位置合わせの後、測定データと参照データとを適切なアルゴリズムに従って比較し、一致しない場合には、パターン欠陥有りと判定する。

【0004】

上述したパターン検査装置には、レーザ光を検査対象基板に照射して、その透過像或いは反射像を撮像する装置の他、検査対象基板上を電子ビームで走査（スキャン）して、電子ビームの照射に伴い検査対象基板から放出される2次電子を検出して、パターン像を取得する検査装置の開発も進んでいる。電子ビームを用いた検査装置では、さらに、マルチビームを用いた装置の開発も進んでいる。マルチビームを用いた電子光学系では、軸外非点やディストーション（歪曲収差）といった収差が発生し得る。電子ビームを用いた検査装置では、検査を行うために、高精度な画像を取得する必要がある。かかる収差の補正は、マルチビームの各ビームを個別に軌道補正する必要がある。例えば、各ビーム独立の多極子レンズをアレイ状に配置することが挙げられる。かかる収差補正器では、各ビームが通過する多極子レンズの開口部の面積は小さく、また、多極子レンズが配置される基板の上下にシールド基板が配置される。このため、多極子レンズの各電極を繋ぐ配線の導通検査を行うにあたって、プローブが開口部に入らず、プローブが個別に電極に接触できない。この結果、各電極の導通検査ができないといった問題があった。そのため、検査装置に収差補正器を搭載する前の段階で導通検査ができず、検査装置に収差補正器を搭載した後に、マルチビームの収差を実際確認することで、多極子レンズの各電極の動作確認をすることになってしまう。その結果、マルチビームのいずれかのビーム用の多極子レンズのいずれかの電極に不良品が混在した場合、検査装置に搭載した後に収差補正器の交換が必要になってしまう。

【0005】

ここで、各ビームを個別に軌道修正する多極子レンズをアレイ状に配置する構成ではないが、多極子で囲まれた空間をマルチビーム全体が通過することで軸外非点を補正する収差補正器が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2013-138037号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、本発明の一態様は、多極子間の開口部が小さい場合でも、多極子収差補正器の導通検査が可能な検査方法および検査装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

本発明の一態様の多極子収差補正器の導通検査方法は、

第1の開口部が形成され、第1の開口部の周囲にシールド電極が配置された上段基板と、第2の開口部が形成され、第2の開口部を挟んだ複数の制御電極と複数の制御電極のうち互いに異なる1つに接続される複数の配線とが配置された中段基板と、第3の開口部が形成され、第3の開口部の周囲にシールド電極が配置された下段基板と、を有し、複数の制御電極にそれぞれ電位を可変に印加することで第1～第3の開口部を通過する被補正用の荷電粒子ビームの収差を補正する多極子収差補正器を用いて、各シールド電極に所定の電位を印加した状態で第1～第3の開口部を通過するように検査用荷電粒子ビームを照射する工程と、

10

検査用荷電粒子ビームが第1～第3の開口部を通過すると共に、下段基板の下流側に配置された物体に照射されたことに起因して2次的に放出される電子の複数の制御電極の各制御電極への流入電子線量を複数の配線のうち各制御電極にそれぞれ接続された配線を介して測定する工程と、

を備え、

各制御電極への流入電子線量の測定結果を用いて、制御電極毎に、当該制御電極と当該制御電極に接続された配線との間の導通の有無を個別に判定することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

また、上段基板には、上述した第1の開口部を含む複数の第1の開口部が形成され、複数の第1の開口部の周囲にシールド電極が配置され、

20

中段基板には、第2の開口部を含む複数の第2の開口部が形成され、複数の第2の開口部の各第2の開口部に対し、当該第2の開口部を挟んだ複数の制御電極と複数の制御電極のうち互いに異なる1つに接続される複数の配線とが配置され、

下段基板には、第3の開口部を含む複数の第3の開口部が形成され、複数の第3の開口部の周囲にシールド電極が配置され、

多極子収差補正器の導通検査方法は、各第2の開口部の前記複数の制御電極にそれぞれ電位を可変に印加することで複数の第1～第3の開口部を通過する被補正用のマルチ荷電粒子ビームの収差を個別に補正する多極子収差補正器について、各第2の開口部の複数の制御電極の制御電極毎に、当該制御電極と当該制御電極に接続された配線との間の導通の有無を個別に判定すると好適である。

30

【 0 0 1 0 】

また、導通検査方法に用いる検査用荷電粒子ビームとして、電子ビームが用いられると好適である。

【 0 0 1 1 】

また、複数の制御電極は、2極以上であると好適である。

【 0 0 1 2 】

本発明の一態様の多極子収差補正器の導通検査装置は、

検査用荷電粒子ビームを放出する放出源と、

検査用荷電粒子ビームの焦点位置を制御する合焦機構と、

検査用荷電粒子ビームを偏向して、検査用荷電粒子ビームの照射位置を制御する偏向器と、

40

第1の開口部が形成され、第1の開口部の周囲にシールド電極が配置された上段基板と、第2の開口部が形成され、第2の開口部を挟んだ複数の制御電極と複数の制御電極のうち互いに異なる1つに接続される複数の配線とが配置された中段基板と、第3の開口部が形成され、第3の開口部の周囲にシールド電極が配置された下段基板と、を有し、複数の制御電極にそれぞれ電位を可変に印加することで第1～第3の開口部を通過する被補正用の荷電粒子ビームの収差を補正する多極子収差補正器と、

下段基板の下流側に配置され、第1～第3の開口部を通過した検査用荷電粒子ビームの照射を受ける物体と、

が配置されるステージと、

50

複数の配線に接続される、少なくとも1つの流入電子線量測定器と、
を備え、

検査用荷電粒子ビームが第1～第3の開口部を通過すると共に、下段基板の下流側に配置された物体に照射されたことに起因して2次的に放出される電子の複数の制御電極の各制御電極への流入電子線量を複数の配線のうち各制御電極にそれぞれ接続された配線を介して少なくとも1つの流入電子線量測定器によって測定された結果を用いて、制御電極毎に、当該制御電極と当該制御電極に接続された配線との間の導通の有無を個別に判定することを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明の一態様によれば、多極子間の開口部が小さい場合でも、多極子収差補正器の導通検査ができる。よって、収差補正が必要となる検査装置等のマルチビーム照射装置に多極子収差補正器を搭載する前に、多極子収差補正器の導通検査ができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施の形態1における多極子収差補正器の導通検査装置の構成の一例を示す図である。

【図2】実施の形態1における多極子収差補正器の構成の一例を示す断面図である。

【図3】実施の形態1における多極子収差補正器の各段の構成の一例を示す上面図である。

【図4】実施の形態1における2次電子と反射電子のエネルギー分布を説明するための図である。

【図5】実施の形態1における多極子収差補正器の中段基板の構成の他の一例を示す上面図である。

【図6】実施の形態1における多極子収差補正器の導通検査方法の一例の要部工程を示すフローチャート図である。

【図7】実施の形態1における導通検査方法を説明するための図である。

【図8】実施の形態1における導通検査の結果の一例を示す表である。

【図9】実施の形態1における反射体表面の形状の一例を示す図である。

【図10】実施の形態1における反射体表面の形状の他の一例を示す図である。

【図11】実施の形態1におけるパターン検査装置の構成を示す構成図である。

【図12】実施の形態1における多極子収差補正器の各電極基板の構成の一例を示す上面図である。

【図13】実施の形態1における歪曲収差（ディストーション）の一例を示す図である。

【図14】実施の形態1における非点の一例を示す図である。

【図15】実施の形態1における非点の他の一例を示す図である。

【図16】実施の形態1における半導体基板に形成される複数のチップ領域の一例を示す図である。

【図17】実施の形態1におけるマルチビームのスキャン動作を説明するための図である。

【図18】実施の形態1における比較回路内の構成の一例を示す構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、実施の形態では、荷電粒子ビームとして、電子ビームを用いる場合を説明する。但し、これに限るものではない。荷電粒子ビームとして、例えば、イオンビームを用いる場合であっても構わない。

【0016】

実施の形態1

図1は、実施の形態1における多極子収差補正器の導通検査装置の構成の一例を示す図である。図1において、導通検査装置500は、多極子収差補正器220の導通検査を行う。導通検査装置500は、検査機構550と制御系回路560と少なくとも1つの流入電子線量測定器520とを備える。検査機構550は、電子ビームカラム502（電子鏡

10

20

30

40

50

筒)及び検査室503を備えている。電子ビームカラム502内には、電子銃501、電磁レンズ512、及び偏向器514が配置されている。

【0017】

検査室503内には、少なくともXY方向に移動可能なステージ505が配置される。ステージ505上には、複数の支持台518を介して多極子収差補正器220が配置される。また、ステージ505上には、複数の支持ピン523を介して反射体221が配置される。反射体221は、多極子収差補正器220の下側に隙間を空けて配置される。よって、複数の支持台518の支持面は、複数の支持ピン523の支持面よりも上方に配置される。例えば、複数の支持台518は、反射体221の外周よりも外側で、反射体221を取り囲むように配置されると好適である。

10

【0018】

或いは、電子ビーム504の軌道中心軸(光軸)位置に反射体221を配置して、反射体221を動かさずに反射体221に対して多極子収差補正器220が相対的にXY方向に移動するようにステージ505を構成しても好適である。

【0019】

また、後述するように、多極子収差補正器220には、マルチビームが通過する複数の開口部が形成され、各開口部の周囲に例えば8極の多極子の電極が配置される。そして、少なくとも1つの流入電子線量測定器520が、かかる8極の電極について、流入電子線量を測定する。例えば、1つの流入電子線量測定器520が、全ての電極について、順に流入電子線量を測定しても良い。或いは、流入電子線量測定器520は、多極子を構成する電極の数だけ配置されても良い。或いは、流入電子線量測定器520は、複数の多極子のすべての多極子を構成する電極の数だけ配置されても良い。流入電子線量測定器520として、例えば、電流計が用いられる。流入電子線量測定器520で測定された測定値データは制御計算機510に出力される。

20

【0020】

また、制御系回路560は、制御計算機510、メモリ511、磁気ディスク等の記憶装置540、及び制御回路542を有する。制御計算機510、メモリ511、記憶装置540、及び制御回路542は、図示しないバスで互いに接続されている。

【0021】

制御計算機510内には、選択部532、検査制御部534、判定部536、及び判定部538が配置される。選択部532、検査制御部534、判定部536、及び判定部538といった各「~部」は、処理回路を有する。かかる処理回路は、例えば、電気回路、コンピュータ、プロセッサ、回路基板、量子回路、或いは、半導体装置を含む。各「~部」は、共通する処理回路(同じ処理回路)を用いても良いし、或いは異なる処理回路(別々の処理回路)を用いても良い。選択部532、検査制御部534、判定部536、及び判定部538に入出力される情報および演算中の情報はメモリ511にその都度格納される。

30

【0022】

図2は、実施の形態1における多極子収差補正器220の構成の一例を示す断面図である。

40

図3は、実施の形態1における多極子収差補正器220の各段の構成の一例を示す上面図である。図2及び図3において、多極子収差補正器220は、例えば3段の基板の組合せにより構成される。3段の基板の上段基板10には、少なくとも1つの開口部11(第1の開口部)が形成される。そして、少なくとも1つの開口部11の周囲にシールド電極が配置される。図2及び図3の例では、例えばシリコン(Si)製の上段基板10の開口部11内壁を含む外表面全面が導電性材料によりコーティングされている。よって、コーティングされる薄膜がシールド電極となる。或いは、上段基板10自体を金属材で構成しても好適である。上段基板10自体が金属材で構成される場合、上段基板10自体がシールド電極となる。図2及び図3の例では、例えば、2つの開口部11が形成される場合を示している。

50

【 0 0 2 3 】

3段の基板の中段基板15には、少なくとも1つの開口部17（第2の開口部）が形成される。そして、中段基板15上には、少なくとも1つの開口部17の開口部17毎に、当該開口部17を挟んだ複数の制御電極16が配置される。複数の制御電極16は、2極以上であればよい。図2及び図3の例では、複数の制御電極16として、8極の電極（多極子）が開口部17を取り囲むように配置される。例えば、x方向に対向する2極、y方向に対向する2極、開口部17中心を軸にx軸からy軸に45度傾いた45度方向に対向する2極、及びx軸からy軸に135度傾いた135度方向に対向する2極の合計8極で構成される。そして、複数の配線18が複数の制御電極16のうち互いに異なる1つに接続される。各配線18は、例えば、表面に絶縁膜が形成されたシリコン（Si）製の中段基板15上を引き回される。各配線18の一端は、対応する制御電極16に接続され、他端は中段基板15の外周端に電極毎に配置される端子（パッド）（図示せず）に接続される。図2及び図3の例では、例えば、2つの開口部17が形成される場合を示している。

10

【 0 0 2 4 】

3段の基板の下段基板20には、少なくとも1つの開口部21（第3の開口部）が形成される。そして、少なくとも1つの開口部21の周囲にシールド電極が配置される。図2及び図3の例では、例えばシリコン（Si）製の下段基板20の開口部21内壁を含む外表面全面が導電性材料によりコーティングされている。よって、コーティングされる薄膜がシールド電極となる。或いは、下段基板20自体を金属材で構成しても好適である。下段基板20自体が金属材で構成される場合、下段基板20自体がシールド電極となる。図2及び図3の例では、例えば、2つの開口部21が形成される場合を示している。

20

【 0 0 2 5 】

開口部11と開口部17と開口部21は、共に同数形成される。そして、それぞれ1つずつ同じ位置に形成される。言い換えれば、多極子収差補正器220が収差を補正する被補正用の荷電粒子ビームの数と同数の開口部11, 17, 21が、それぞれの被補正用のビームが通過する位置に合わせて形成される。多極子収差補正器220を使用する場合、上段基板10のシールド電極には、例えばグランド（GND）電位（所定の電位）が印加される。同様に、下段基板20のシールド電極には、例えばGND電位（所定の電位）が印加される。一方、中段基板15の各制御電極16には、それぞれ被補正用の荷電粒子ビームの収差の大きさに合わせて可変する電位が個別に印加される。なお、シールド電極に印加される電位は、GND電位に限るものではない。上段基板10のシールド電極には、例えば、電子を戻す、GND電位を含む負の電圧 V_u （ $0V < V_u < -50V$ ）が印加される。下段基板20のシールド電極には、例えば、GND電位を含む正の電圧 V_l （ $0V < V_l < 2V$ ）が印加される。

30

【 0 0 2 6 】

図4は、実施の形態1における2次電子と反射電子のエネルギー分布を説明するための図である。固体に入射した電子により、2次的に電子が発生する。図4において、一般的に、50eV以下の2次電子と入射電子のエネルギーの近い反射電子に大きく分類される。種々の物質から放出される2次電子は、いずれも2eV付近にピークが生じることが知られている。実施の形態1では、入射電子に対して反射体221からの2次的に発生する電子を中段基板15側に加速するため、下段基板20のシールド電極には、正の電位 V_l が印加される。一方、中段基板15を通過してしまう特に2次電子を抑制するため、上段基板10のシールド電極には、例えば、電子を戻す、GND電位を含む負の電圧 V_u （ $0V < V_u < -50V$ ）が印加されると好適である。

40

【 0 0 2 7 】

図5は、実施の形態1における多極子収差補正器の中段基板の構成の他の一例を示す上面図である。図5の例では、多極子収差補正器220の中段基板15に、4つの開口部17が形成される場合を示している。各開口部17の周囲には例えば8つの制御電極16が開口部17を取り囲むように配置される。各開口部17の各制御電極16には、配線18の一端が接続され、配線18の他端は、中段基板15の外周部に電極毎に設けられた端子

50

19 (パッド) に接続される。ここで、多極子収差補正器 220 の製品の品質検査には、各制御電極 16 と各端子 19 との導通が確保されていることが必要であることは言うまでもない。言い換えれば、各配線 18 の断線、或いは他の配線等との短絡 (ショート) が生じていないことが必要である。このため、制御電極 16 と配線 18 と端子 19 (パッド) (配線他端) との組ごとに、制御電極 16 と端子 19 (配線他端) との間での導通検査が必要である。

【0028】

ここで、多極子収差補正器 220 の中段基板 15 の各制御電極 16 と各端子 19 との導通を検査するためには、中段基板 15 の各制御電極 16 と各端子 19 (パッド) とにそれぞれ導通テスターのプローブ (探針) を当てる必要がある。中段基板 15 の外周部に配置される各端子 19 (パッド) に多極子収差補正器 220 の外側からプローブを当接することは可能である。しかしながら、各開口部 11, 17, 21 の径サイズが、例えば、100 μm 程度と小さく、プローブが上段基板 10 の開口部 11 を介して中段基板 15 の各制御電極 16 まで入らないといった問題があった。このため、導通検査が困難であった。そこで、実施の形態 1 では、中段基板 15 の各制御電極 16 にプローブ等の接続をせずに導通検査を実施する。以下、具体的に説明する。

10

【0029】

図 6 は、実施の形態 1 における多極子収差補正器 200 の導通検査方法の一例の要部工程を示すフローチャート図である。図 6 において、実施の形態 1 における多極子収差補正器 220 の導通検査方法は、多極子選択工程 (S102) と、ビーム照射工程 (S104) と、流入電子線量測定工程 (S106) と、判定工程 (S108) と、判定工程 (S110) という一連の工程を実施する。

20

【0030】

まず、導通検査装置 500 のステージ 505 上に、複数の支持ピン 523 を介して反射体 221 を配置する。そして、ステージ 505 上に、複数の支持台 518 を介して多極子収差補正器 220 を、上段基板 10 側を上側に向けて配置する。また、中段基板 15 の各端子 19 (パッド) には、配線或いはプローブが接続され、検査室 503 外へと配線 (プローブの配線を含む) が引き出されている。また、上段基板 10 のシールド電極と下段基板 20 のシールド電極とは、それぞれグランド接続される。

【0031】

多極子選択工程 (S102) として、選択部 532 は、少なくとも 1 つの多極子の中から、1 つの多極子を選択する。言い換えれば、少なくとも 1 つの開口部 17 の中から、1 つの開口部 17 を選択する。図 5 の例では、4 つの開口部 17 の中から、1 つの開口部 17 を選択する。

30

【0032】

図 7 は、実施の形態 1 における導通検査方法を説明するための図である。図 7 では、便宜上、選択された多極子のうちの開口部 17 を挟んで対向する 2 つの制御電極 16 と、選択された多極子が周囲に配置される開口部 17 の上方の上段基板 10 の開口部 11 と、下方の下段基板 20 の開口部 21 と、が示されている。また、多極子収差補正器 220 の下方に反射体 221 が配置される。選択された多極子 (例えば 8 極の制御電極 16) の 1 つの制御電極 16 が、配線 18 及び端子 19 を介して流入電子線量測定器 520 の一方の端子に接続される。流入電子線量測定器 520 の他方の端子は、グランド接続される。また、上段基板 10 のシールド電極と下段基板 20 のシールド電極とは、それぞれグランド接続される。実効的には、選択された多極子 (例えば 8 極の制御電極 16) 或いは、選択された開口部 17 を取り囲む多極子 (例えば 8 極の制御電極 16) と組みとなる 8 つの端子 19 (パッド) に接続された 8 つの配線は、8 つの流入電子線量測定器 520 の互いに異なる 1 つの流入電子線量測定器 520 の一方の端子に個別に接続されると好適である。この際、8 つの流入電子線量測定器 520 の他方の端子は、グランド接続される。

40

【0033】

なお、後述した例では、多極子が選択されるごとに、選択された多極子 (例えば 8 極の

50

制御電極 16) と組みとなる 8 つの端子 19 (パッド) に接続された 8 つの配線が、8 つの流入電子線量測定器 520 の互いに異なる 1 つの流入電子線量測定器 520 の一方の端子に個別に接続される場合を説明したが、これに限るものではない。予め、開口部 17 の数に多極子の極数 (電極数) を乗じた数の流入電子線量測定器 520 を配置しても良い。そして、多極子の選択に関わらず、全ての制御電極 16 用の端子 19 (パッド) をそれぞれ個別に流入電子線量測定器 520 の一方の端子に接続しておいても好適である。これにより、多極子の選択のたびに配線の付け直しを不要にできる。

【0034】

ビーム照射工程 (S104) として、検査制御部 534 により制御された制御回路 542 は、検査機構 550 を制御して、図 7 に示すように、上段基板 10 と下段基板 20 の各シールド電極にグランド電位を印加した状態で多極子収差補正器 220 の選択された多極子の位置の各開口部 11, 17, 21 を通過するように検査用電子ビーム 504 を照射する。具体的には、電子銃 501 (放出源) から放出された検査用電子ビーム 504 は、電磁レンズ 512 (合焦機構) によって、反射体 221 上に合焦されながら、偏向器 514 によって、選択された多極子の位置の各開口部 11, 17, 21 を通過して反射体 221 に照射されるように、検査用電子ビーム 504 の照射位置が制御される。電子ビームのサイズは、各開口部 11, 17, 21 の開口サイズに比べて十分に小さいので、検査用電子ビーム 504 は、各開口部 11, 17, 21 を通過できる。検査用電子ビーム 504 が反射体 221 表面に照射されると、これに起因して反射体 221 から 2 次的に電子 506 が放出される。例えば、反射電子或いはノ及び 2 次電子が放出される。放出された反射電子或いはノ及び 2 次電子といった 2 次的な電子 506 は、その一部が開口部 21 を通過して、開口部 17 の周囲に配置された制御電極 16 に衝突する。言い換えれば、制御電極 16 に電子線が流入する。

【0035】

流入電子線量測定工程 (S106) として、少なくとも 1 つの流入電子線量測定器 520 は、検査用電子ビーム 504 が各開口部 11, 17, 21 を通過すると共に、反射体 221 (物体) に照射されたことに起因して 2 次的に放出される電子 506 の複数の制御電極 16 の各制御電極 16 への流入電子線量を複数の配線 18 のうち各制御電極 16 にそれぞれ接続された配線 18 を介して測定する。流入電子線量として、例えば、電流値を用いると好適である。或いは、流入電子線量測定器 520 の一方の端子と他方の端子との間に直列に抵抗を配置し、抵抗の両端の電位差 (電圧) を測定し、かかる電位差 (電圧) を流入電子線量として用いても好適である。

【0036】

判定工程 (S108) として、判定部 536 は、各制御電極 16 への流入電子線量の測定結果を用いて、制御電極 16 毎に、当該制御電極 16 と当該制御電極 16 に接続された配線 18 との間の導通の有無を個別に判定する。具体的には、当該制御電極 16 と当該制御電極 16 に一端側が接続された配線 18 の他端側の端子 19 (パッド) との間の導通の有無を個別に判定する。

【0037】

図 8 は、実施の形態 1 における導通検査の結果の一例を示す表である。図 8 の例では、8 極の多極子の場合を示し、各制御電極 16 の番号を 1 ~ 8 として示している。図 8 の例では、検査用電子ビーム 504 を照射する前の状態 (ビーム OFF) での電流値を制御電極 16 毎に示している。図 8 の例では、 $-0.5 \sim 0.6$ pA の値が示されている。また、図 8 の例では、検査用電子ビーム 504 を照射した状態 (ビーム ON) での電流値を制御電極 16 毎に示している。図 8 の例では、 $-0.6 \sim 10.0$ pA の値が示されている。判定部 536 は、制御電極 16 毎に、検査用電子ビーム 504 の照射中の電流値から照射前の電流値を差し引いた差分を演算し、差分が閾値以上でない場合には、断線と判定する。図 8 の例では、閾値として、例えば、8 pA を用いる。図 8 の例では、第 3 番目の制御電極について差分が -0.6 pA、第 7 番目の制御電極について差分が 0.2 pA であり閾値の 8 pA 以上でないので、導通無し (断線或いは導通不良) と判定する。残りの制

10

20

30

40

50

御電極は、いずれも差分が閾値の 8 p A 以上となり、導通有りと判定する。

【 0 0 3 8 】

判定工程 (S 1 1 0) として、判定部 5 3 8 は、未検査の多極子の有無を判定する。そして、未検査の多極子が残っていれば、多極子選択工程 (S 1 0 2) に戻り、未検査の多極子が無くなるまで、多極子選択工程 (S 1 0 2) から判定工程 (S 1 0 8) までの各工程を繰り返す。

【 0 0 3 9 】

ここで、ビーム照射工程 (S 1 0 4) において、2 次的に放出される電子 5 0 6 は、対象とする制御電極 1 6 に向かうとは限らない。このため、照射位置によって、多極子を構成する各制御電極 1 6 間で測定結果にばらつきが生じ得る。そこで、検査用電子ビーム 5 0 4 を照射する場合、偏向器 5 1 4 で検査用電子ビーム 5 0 4 を偏向する際に、反射体 2 2 1 上を検査用電子ビーム 5 0 4 で走査すると好適である。走査方向は、各制御電極 1 6 の配置方向に沿うと好適である。これにより、各制御電極 1 6 間での測定結果のばらつきを低減或いは解消できる。

【 0 0 4 0 】

図 9 は、実施の形態 1 における反射体表面の形状の一例を示す図である。図 9 の例では、反射体 2 2 1 の表面が実質的に平面である場合を示している。

図 1 0 は、実施の形態 1 における反射体表面の形状の他の一例を示す図である。図 1 0 の例では、開口部中心を軸に反射体 2 2 1 の表面に円錐形の凸部が形成される場合を示している。図 9 の例に示す平面を検査用電子ビーム 5 0 4 で走査する場合、2 次的に放出される電子 5 0 6 は、平面に直交する方向に放出されやすい。よって、制御電極 1 6 に向かう電子量が少なくなり易い。これに対して、図 1 0 の例に示す円錐形状では、反射体 2 2 1 上を検査用電子ビーム 5 0 4 で走査する場合、検査用電子ビーム 5 0 4 は円錐形凸部の斜面に衝突するので、2 次的に放出される電子 5 0 6 が斜めに放出されやすい。よって、制御電極 1 6 に向かう電子量を増やすことができ、好適である。

【 0 0 4 1 】

次に、導通検査の対象となる多極子収差補正器 2 2 0 の使用例について説明する。以下、実施の形態 1 では、複数の電子ビームによるマルチビームを用いたパターン検査装置に多極子収差補正器 2 2 0 を搭載する場合について説明する。但し、これに限るものではない。多極子収差補正器 2 2 0 は、電子ビームを照射する、収差の補正が必要な照射装置に搭載されればよい。

【 0 0 4 2 】

図 1 1 は、実施の形態 1 におけるパターン検査装置の構成を示す構成図である。図 1 1 において、基板に形成されたパターンを検査する検査装置 1 0 0 は、マルチ電子ビーム検査装置の一例である。検査装置 1 0 0 は、画像取得機構 1 5 0、及び制御系回路 1 6 0 を備えている。画像取得機構 1 5 0 は、電子ビームカラム 1 0 2 (電子鏡筒) 及び検査室 1 0 3 を備えている。電子ビームカラム 1 0 2 内には、電子銃 2 0 1、電磁レンズ 2 0 2、成形アパーチャアレイ基板 2 0 3、電磁レンズ 2 0 5、多極子収差補正器 2 2 0、一括ブランピング偏向器 2 1 2、制限アパーチャ基板 2 1 3、電磁レンズ 2 0 6、電磁レンズ 2 0 7 (対物レンズ)、主偏向器 2 0 8、副偏向器 2 0 9、ビームセパレーター 2 1 4、偏向器 2 1 8、電磁レンズ 2 2 4、及びマルチ検出器 2 2 2 が配置されている。電子銃 2 0 1、電磁レンズ 2 0 2、成形アパーチャアレイ基板 2 0 3、電磁レンズ 2 0 5、多極子収差補正器 2 2 0、一括ブランピング偏向器 2 1 2、制限アパーチャ基板 2 1 3、電磁レンズ 2 0 6、電磁レンズ 2 0 7 (対物レンズ)、主偏向器 2 0 8、及び副偏向器 2 0 9 によって 1 次電子光学系を構成する。また、電磁レンズ 2 0 7、ビームセパレーター 2 1 4、偏向器 2 1 8、及び電磁レンズ 2 2 4 によって 2 次電子光学系を構成する。

【 0 0 4 3 】

検査室 1 0 3 内には、少なくとも X Y 方向に移動可能なステージ 1 0 5 が配置される。ステージ 1 0 5 上には、パターン検査の対象となる基板 1 0 1 (試料) が配置される。基板 1 0 1 には、露光用マスク基板、及びシリコンウェハ等の半導体基板が含まれる。基板

10

20

30

40

50

101が半導体基板である場合、半導体基板には複数のチップパターン（ウェハダイ）が形成されている。基板101が露光用マスク基板である場合、露光用マスク基板には、チップパターンが形成されている。チップパターンは、複数の図形パターンによって構成される。かかる露光用マスク基板に形成されたチップパターンが半導体基板上に複数回露光転写されることで、半導体基板には複数のチップパターン（ウェハダイ）が形成されることになる。以下、基板101が半導体基板である場合を主として説明する。基板101は、例えば、パターン形成面を上側に向けてステージ105に配置される。また、ステージ105上には、検査室103の外部に配置されたレーザ測長システム122から照射されるレーザ測長のレーザ光を反射するミラー216が配置されている。マルチ検出器222は、電子ビームカラム102の外部で検出回路106に接続される。検出回路106は、チップパターンメモリ123に接続される。

10

【0044】

制御系回路160では、検査装置100全体を制御する制御計算機110が、バス120を介して、位置回路107、比較回路108、参照画像作成回路112、ステージ制御回路114、収差補正回路121、レンズ制御回路124、ブランキング制御回路126、偏向制御回路128、磁気ディスク装置等の記憶装置109、モニタ117、メモリ118、及びプリンタ119に接続されている。また、偏向制御回路128は、DAC（デジタルアナログ変換）アンプ144、146、148に接続される。DACアンプ146は、主偏向器208に接続され、DACアンプ144は、副偏向器209に接続される。DACアンプ148は、偏向器218に接続される。

20

【0045】

また、チップパターンメモリ123は、比較回路108に接続されている。また、ステージ105は、ステージ制御回路114の制御の下に駆動機構142により駆動される。駆動機構142では、例えば、ステージ座標系におけるX方向、Y方向、Z方向に駆動する3軸（X-Y-Z）モータの様な駆動系が構成され、XY方向にステージ105が移動可能となっている。これらの、図示しないXモータ、Yモータ、Zモータは、例えばステップモータを用いることができる。ステージ105は、XY各軸のモータによって水平方向及び回転方向に移動可能である。そして、ステージ105の移動位置はレーザ測長システム122により測定され、位置回路107に供給される。レーザ測長システム122は、ミラー216からの反射光を受光することによって、レーザ干渉法の原理でステージ105の位置を測長する。ステージ座標系は、例えば、マルチ1次電子ビーム301の光軸に直交する面に対して、X方向、Y方向、Z方向が設定される。

30

【0046】

電磁レンズ202、電磁レンズ205、電磁レンズ206、電磁レンズ207（対物レンズ）、電磁レンズ224、及びビームセパレーター214は、レンズ制御回路124により制御される。また、一括ブランキング偏向器212は、2極以上の電極により構成され、電極毎に図示しないDACアンプを介してブランキング制御回路126により制御される。多極子収差補正器220は、収差補正回路121により制御される。副偏向器209は、4極以上の電極により構成され、電極毎にDACアンプ144を介して偏向制御回路128により制御される。主偏向器208は、4極以上の電極により構成され、電極毎にDACアンプ146を介して偏向制御回路128により制御される。偏向器218は、4極以上の電極により構成され、電極毎にDACアンプ148を介して偏向制御回路128により制御される。

40

【0047】

電子銃201には、図示しない高圧電源回路が接続され、電子銃201内の図示しないフィラメント（カソード）と引出電極（アノード）間への高圧電源回路からの加速電圧の印加と共に、別の引出電極（ウェネルト）の電圧の印加と所定の温度へのカソードの加熱によって、カソードから放出された電子群が加速させられ、電子ビーム200となって放出される。

【0048】

50

ここで、図 11 では、実施の形態 1 を説明する上で必要な構成を記載している。検査装置 100 にとって、通常、必要なその他の構成を備えていても構わない。

【0049】

次に、検査装置 100 における画像取得機構 150 の動作について説明する。

【0050】

電子銃 201 (放出源) から放出された電子ビーム 200 は、電磁レンズ 202 によって屈折させられ、成形アパーチャレイ基板 203 全体を照明する。成形アパーチャレイ基板 203 には、2次元状に配列された矩形或いは円形の複数の穴 (開口部) が形成され、電子ビーム 200 は、すべての複数の穴が含まれる領域を照明する。複数の穴の位置に照射された電子ビーム 200 の各一部が、かかる成形アパーチャレイ基板 203 の複数の穴をそれぞれ通過することによって、マルチ 1 次電子ビーム 301 (被補正用の荷電粒子ビーム) が形成される。

10

【0051】

形成されたマルチ 1 次電子ビーム 301 は、電磁レンズ 205、及び電磁レンズ 206 によってそれぞれ屈折させられ、中間像およびクロスオーバーを繰り返しながら、マルチ 1 次電子ビーム 301 の各ビームのクロスオーバー位置に配置されたビームセパレーター 214 を通過して電磁レンズ 207 (対物レンズ) に進む。この間に、マルチ 1 次電子ビーム 301 (被補正用の荷電粒子ビーム) は、多極子収差補正器 220 によって、非点及びノ或いは歪曲収差 (ディストーション) といった収差が補正される。図 11 の例では、多極子収差補正器 220 が電磁レンズ 205 の磁場中に配置される場合を示している。電磁レンズ 205 の磁場中に配置することにより、多極子収差補正器 220 の制御電極に印加する電位を磁場外に配置する場合に比べて小さくできる。例えば、1/100 程度に小さくできる。但し、これに限るものではない。多極子収差補正器 220 は、成形アパーチャレイ基板 203 とビームセパレーター 214 との間に配置されていればよい。

20

【0052】

マルチ 1 次電子ビーム 301 が電磁レンズ 207 (対物レンズ) に入射すると、電磁レンズ 207 は、マルチ 1 次電子ビーム 301 を基板 101 にフォーカスする。言い換えれば、電磁レンズ 207 (電子光学系の一例) は、多極子収差補正器 220 によって非点及び歪曲収差の少なくとも一方が補正されたマルチ 1 次電子ビーム 301 を基板 101 に誘導する。電磁レンズ (対物レンズ) 207 により基板 101 (試料) 面上に焦点が合わされ (合焦され) たマルチ 1 次電子ビーム 301 は、主偏向器 208 及び副偏向器 209 によって一括して偏向され、各ビームの基板 101 上のそれぞれの照射位置に照射される。なお、一括ブランキング偏向器 212 によって、マルチ 1 次電子ビーム 301 全体が一括して偏向された場合には、制限アパーチャ基板 213 の中心の穴から位置がはずれ、制限アパーチャ基板 213 によってマルチ 1 次電子ビーム 301 全体が遮蔽される。一方、一括ブランキング偏向器 212 によって偏向されなかったマルチ 1 次電子ビーム 301 は、図 11 に示すように制限アパーチャ基板 213 の中心の穴を通過する。かかる一括ブランキング偏向器 212 の ON/OFF によって、ブランキング制御が行われ、ビームの ON/OFF が一括制御される。このように、制限アパーチャ基板 213 は、一括ブランキング偏向器 212 によってビーム OFF の状態になるように偏向されたマルチ 1 次電子ビーム 301 を遮蔽する。そして、ビーム ON になってからビーム OFF になるまでに形成された、制限アパーチャ基板 213 を通過したビーム群により、検査用 (画像取得用) のマルチ 1 次電子ビーム 301 が形成される。

30

40

【0053】

基板 101 の所望する位置にマルチ 1 次電子ビーム 301 が照射されると、かかるマルチ 1 次電子ビーム 301 が照射されたことに起因して基板 101 からマルチ 1 次電子ビーム 301 の各ビームに対応する、反射電子を含む 2 次電子の束 (マルチ 2 次電子ビーム 300) が放出される。

【0054】

基板 101 から放出されたマルチ 2 次電子ビーム 300 は、電磁レンズ 207 を通って

50

、ビームセパレーター 2 1 4 に進む。

【 0 0 5 5 】

ここで、ビームセパレーター 2 1 4 はマルチ 1 次電子ビーム 3 0 1 の中心ビームが進む方向（軌道中心軸）に直交する面上において電界と磁界を直交する方向に発生させる。電界は電子の進行方向に関わりなく同じ方向に力を及ぼす。これに対して、磁界はフレミング左手の法則に従って力を及ぼす。そのため電子の侵入方向によって電子に作用する力の向きを変化させることができる。ビームセパレーター 2 1 4 に上側から侵入してくるマルチ 1 次電子ビーム 3 0 1 には、電界による力と磁界による力が打ち消し合い、マルチ 1 次電子ビーム 3 0 1 は下方に直進する。これに対して、ビームセパレーター 2 1 4 に下側から侵入してくるマルチ 2 次電子ビーム 3 0 0 には、電界による力と磁界による力がどちら

10

【 0 0 5 6 】

斜め上方に曲げられ、マルチ 1 次電子ビーム 3 0 1 から分離したマルチ 2 次電子ビーム 3 0 0 は、偏向器 2 1 8 によって、さらに曲げられ、電磁レンズ 2 2 4 によって、屈折させられながらマルチ検出器 2 2 2 に投影される。マルチ検出器 2 2 2 は、投影されたマルチ 2 次電子ビーム 3 0 0 を検出する。マルチ検出器 2 2 2 は、例えば図示しないダイオード型の 2 次元センサを有する。そして、マルチ 1 次電子ビーム 3 0 1 の各ビームに対応するダイオード型の 2 次元センサ位置において、マルチ 2 次電子ビーム 3 0 0 の各 2 次電子がダイオード型の 2 次元センサに衝突して、電子を発生し、2 次電子画像データを画素毎

20

【 0 0 5 7 】

図 1 2 は、実施の形態 1 における多極子収差補正器 2 2 0 の各電極基板の構成の一例を示す上面図である。図 1 2 の例では、5 × 5 本のマルチ 1 次電子ビーム 3 0 1 を用いる場合について示している。図 1 2 の例では、各制御電極 1 6 a ~ h に接続される配線 1 8 および端子 1 9 の図示は省略している。

【 0 0 5 8 】

図 1 3 は、実施の形態 1 における歪曲収差（ディストーション）の一例を示す図である。図 1 3 の例では、5 × 5 本のマルチ 1 次電子ビーム 3 0 1 を用いた場合について示している。成形アパーチャアレイ基板 2 0 3 の複数の穴が x , y 方向に所定のピッチでマトリクス状に形成されていれば、理想的には、図 1 3 (b) に示すように、基板 1 0 1 上に照射されるマルチ 1 次電子ビーム 3 0 1 の照射位置 1 9 も所定の縮小率でマトリクス状に配置されるはずである。しかし、電磁レンズ等の電子光学系を使用することで、図 1 3 (a) に示す様にディストーション（歪曲収差）が発生してしまう。ディストーションの形は条件により、樽型またはピンクッション型と呼ばれる分布を取る。一般には磁気レンズのディストーションは半径方向に加えて回転方向のずれも生ずる。図 1 3 (a) では回転成分が生じない条件での例を示している。マルチ 1 次電子ビーム 3 0 1 に生じるディストーションの向き及び位置ずれ量は、ある程度の傾向は存在するとしても、ビーム毎に異なってしまう。このため、かかるディストーションを補正するためには、個別ビーム毎に補正

30

40

【 0 0 5 9 】

図 1 4 は、実施の形態 1 における非点の一例を示す図である。図 1 4 の例では、ビームの断面が円形の形をした 5 × 5 本のマルチ 1 次電子ビーム 3 0 1 を用いた場合について示している。図 1 4 (b) に示すように、理想的には、各ビームは、円形に照射される。しかし、電磁レンズ等の電子光学系を使用することで、図 1 4 (a) に示すように、非点収差が生じてしまう場合がある。このため、図 1 4 (a) に示すように、基板 1 0 1 （試料）面上において x , y 方向の 2 次方向に焦点位置がずれ、焦点位置でビームがいわゆる楕

50

円状になり、照射されるビームにボケが生じてしまう。マルチ1次電子ビーム301に生じる非点の向き及び位置ずれ量は、マルチ1次電子ビーム301の中心から放射状に延びるように楕円状になる傾向があるが、ビーム毎に異なってしまふ。このため、かかる非点を補正するためには、個別ビーム毎に補正する必要がある。そこで、実施の形態1における多極子収差補正器220を用いて、ビーム毎にビーム軌道を補正することで、図14(b)に示すように、非点を補正できる。

【0060】

図15は、実施の形態1における非点の他の一例を示す図である。マルチ1次電子ビーム301に生じる非点の向きは、図14(a)に示したマルチ1次電子ビーム301の中心から放射状に延びる場合に限るものではない。図15(a)に示すように、円周方向に延びる場合もあり得る。かかる場合でも同様に、実施の形態1における多極子収差補正器220を用いて、ビーム毎にビーム軌道を補正することで、図15(b)に示すように、非点を補正できる。

10

【0061】

また、実施の形態1における多極子収差補正器220では、多極子となる各制御電極16に印加する電位を個別に設定できるので、ディストーションと非点とを同時に補正できる。

【0062】

画像取得機構150は、かかる多極子収差補正器220により非点と歪曲収差との少なくとも一方が補正されたマルチ1次電子ビーム301を用いて基板101上に形成されパターンの2次電子画像を取得する。具体的には、以下のように動作する。

20

【0063】

図16は、実施の形態1における半導体基板に形成される複数のチップ領域の一例を示す図である。図16において、基板101が半導体基板(ウェハ)である場合、半導体基板(ウェハ)の検査領域330には、複数のチップ(ウェハダイ)332が2次元のアレイ状に形成されている。各チップ332には、露光用マスク基板に形成された1チップ分のマスクパターンが図示しない露光装置(ステッパ)によって例えば1/4に縮小されて転写されている。各チップ332内は、例えば、2次元状の横(x方向) m_2 列×縦(y方向) n_2 段(m_2, n_2 は2以上の整数)個の複数のマスクダイ33に分割される。実施の形態1では、かかるマスクダイ33が単位検査領域となる。対象となるマスクダイ33へのビームの移動は、主偏向器208によるマルチ1次電子ビーム301全体での一括偏向によって行われる。

30

【0064】

図17は、実施の形態1におけるマルチビームのスキャン動作を説明するための図である。図17の例では、5×5列のマルチ1次電子ビーム301の場合を示している。1回のマルチ1次電子ビーム301の照射で照射可能な照射領域34は、(基板101面上におけるマルチ1次電子ビーム301のx方向のビーム間ピッチにx方向のビーム数を乗じたx方向サイズ)×(基板101面上におけるマルチ1次電子ビーム301のy方向のビーム間ピッチにy方向のビーム数を乗じたy方向サイズ)で定義される。図15の例では、照射領域34がマスクダイ33と同じサイズの場合を示している。但し、これに限るものではない。照射領域34がマスクダイ33よりも小さくても良い。或いは大きくても構わない。そして、マルチ1次電子ビーム301の各ビームは、自身のビームが位置するx方向のビーム間ピッチとy方向のビーム間ピッチとで囲まれるサブ照射領域29内を走査(スキャン動作)する。マルチ1次電子ビーム301を構成する各ビームは、互いに異なるいずれかのサブ照射領域29を担当することになる。そして、各ショット時に、各ビームは、担当サブ照射領域29内の同じ位置を照射することになる。サブ照射領域29内のビームの移動は、副偏向器209によるマルチ1次電子ビーム301全体での一括偏向によって行われる。かかる動作を繰り返し、1つのビームで1つのサブ照射領域29内のすべてを順に照射していく。

40

【0065】

50

基板 101 の所望する位置に、多極子収差補正器 220 により収差が補正されたマルチ 1 次電子ビーム 301 が照射されたことに起因して基板 101 からマルチ 1 次電子ビーム 301 に対応する、反射電子を含むマルチ 2 次電子ビーム 300 が放出される。基板 101 から放出されたマルチ 2 次電子ビーム 300 は、ビームセパレーター 214 に進み、斜め上方に曲げられる。斜め上方に曲げられたマルチ 2 次電子ビーム 300 は、偏向器 218 で軌道を曲げられ、マルチ検出器 222 に投影される。このように、マルチ検出器 222 は、マルチ 1 次電子ビーム 301 が基板 101 面に照射されたことに起因して放出されるマルチ 2 次電子ビーム 300 を検出する。反射電子は光路の途中で発散しても構わない。
【0066】

以上のように、マルチ 1 次電子ビーム 301 全体では、マスクダイ 33 を照射領域 34 として走査（スキャン）することになるが、各ビームは、それぞれ対応する 1 つのサブ照射領域 29 を走査することになる。そして、1 つのマスクダイ 33 の走査（スキャン）が終了すると、隣接する次のマスクダイ 33 が照射領域 34 になるように移動して、かかる隣接する次のマスクダイ 33 の走査（スキャン）を行う。かかる動作を繰り返し、各チップ 332 の走査を進めていく。マルチ 1 次電子ビーム 301 のショットにより、その都度、照射された位置から 2 次電子が放出され、マルチ検出器 222 にて検出される。

【0067】

以上のように、画像取得機構 150 は、マルチ 1 次電子ビーム 301 を用いて、図形パターンが形成された被検査基板 101 上を走査し、マルチ 1 次電子ビーム 301 が照射されたことに起因して被検査基板 101 から放出される、マルチ 2 次電子ビーム 300 を検出する。マルチ検出器 222 によって検出された各測定用画素 36 からの 2 次電子の検出データ（測定画像：2 次電子画像：被検査画像）は、測定順に検出回路 106 に出力される。検出回路 106 内では、図示しない A/D 変換器によって、アナログの検出データがデジタルデータに変換され、チップパターンメモリ 123 に格納される。このようにして、画像取得機構 150 は、基板 101 上に形成されたパターンの測定画像を取得する。そして、例えば、1 つのチップ 332 分の検出データが蓄積された段階で、チップパターンデータとして、位置回路 107 からの各位置を示す情報と共に、比較回路 108 に転送される。

【0068】

参照画像作成工程として、参照画像作成回路 112（参照画像作成部）は、被検査画像に対応する参照画像を作成する。参照画像作成回路 112 は、基板 101 にパターンを形成する基になった設計データ、或いは基板 101 に形成されたパターンの露光イメージデータに定義された設計パターンデータに基づいて、フレーム領域毎に、参照画像を作成する。フレーム領域として、例えばマスクダイ 33 を用いると好適である。具体的には、以下のように動作する。まず、記憶装置 109 から制御計算機 110 を通して設計パターンデータを読み出し、この読み出された設計パターンデータに定義された各図形パターンを 2 値ないしは多値のイメージデータに変換する。

【0069】

ここで、設計パターンデータに定義される図形は、例えば長方形や三角形を基本図形としたもので、例えば、図形の基準位置における座標（ x 、 y ）、辺の長さ、長方形や三角形等の図形種を区別する識別子となる図形コードといった情報で各パターン図形の形、大きさ、位置等を定義した図形データが格納されている。

【0070】

かかる図形データとなる設計パターンデータが参照画像作成回路 112 に入力されると図形ごとのデータにまで展開し、その図形データの図形形状を示す図形コード、図形寸法などを解釈する。そして、所定の量子化寸法のグリッドを単位とするマス目内に配置されるパターンとして 2 値ないしは多値の設計パターン画像データに展開し、出力する。言い換えれば、設計データを読み込み、検査領域を所定の寸法を単位とするマス目として仮想分割してできたマス目毎に設計パターンにおける図形が占める占有率を演算し、 n ビットの占有率データを出力する。例えば、1 つのマス目を 1 画素として設定すると好適である

10

20

30

40

50

。そして、1画素に $1/2^8 (= 1/256)$ の分解能を持たせるとすると、画素内に配置されている図形の領域分だけ $1/256$ の小領域を割り付けて画素内の占有率を演算する。そして、8ビットの占有率データとして参照画像作成回路112に出力する。かかるマス目(検査画素)は、測定データの画素に合わせればよい。

【0071】

次に、参照画像作成回路112は、図形のイメージデータである設計パターンの設計画像データに適切なフィルタ処理を施す。測定画像としての光学画像データは、光学系によってフィルタが作用した状態、言い換えれば連続変化するアナログ状態にあるため、画像強度(濃淡値)がデジタル値の設計側のイメージデータである設計画像データにもフィルタ処理を施すことにより、測定データに合わせることができる。作成された参照画像の画像データは比較回路108に出力される。

10

【0072】

図18は、実施の形態1における比較回路内の構成の一例を示す構成図である。図18において、比較回路108内には、磁気ディスク装置等の記憶装置52、56、位置合わせ部57、及び比較部58が配置される。位置合わせ部57、及び比較部58といった各「~部」は、処理回路を含み、その処理回路には、電気回路、コンピュータ、プロセッサ、回路基板、量子回路、或いは、半導体装置等が含まれる。また、各「~部」は、共通する処理回路(同じ処理回路)を用いてもよい。或いは、異なる処理回路(別々の処理回路)を用いても良い。位置合わせ部57、及び比較部58内に必要な入力データ或いは演算された結果はその都度図示しないメモリ、或いはメモリ118に記憶される。

20

【0073】

比較回路108内では、転送されたパターン画像データ(2次電子画像データ)が、記憶装置56に一時的に格納される。また、転送された参照画像データが、記憶装置52に一時的に格納される。

【0074】

位置合わせ工程として、位置合わせ部57は、被検査画像となるマスクダイ画像と、当該マスクダイ画像に対応する参照画像とを読み出し、画素より小さいサブ画素単位で、両画像を位置合わせする。例えば、最小2乗法で位置合わせを行えばよい。

【0075】

比較工程として、比較部58は、マスクダイ画像(被検査画像)と参照画像とを比較する。比較部58は、所定の判定条件に従って画素毎に両者を比較し、例えば形状欠陥といった欠陥の有無を判定する。例えば、画素毎の階調値差が判定閾値 T_h よりも大きければ欠陥と判定する。そして、比較結果が出力される。比較結果は、記憶装置109、モニタ117、若しくはメモリ118に出力される、或いはプリンタ119より出力されればよい。

30

【0076】

なお、上述したダイ-データベース検査に限らず、ダイ-ダイ検査を行っても構わない。ダイ-ダイ検査を行う場合には、同じパターンが形成されたマスクダイ33の画像同士を比較すればよい。よって、ダイ(1)となるチップ332の一部の領域のマスクダイ画像と、ダイ(2)となる別のチップ332の対応する領域のマスクダイ画像と、を用いる。或いは、同じチップ332の一部の領域のマスクダイ画像をダイ(1)のマスクダイ画像とし、同じパターンが形成された同じチップ332の他の一部のマスクダイ画像をダイ(2)のマスクダイ画像として比較しても構わない。かかる場合には、同じパターンが形成されたマスクダイ33の画像同士の一方を参照画像として用いれば、上述したダイ-データベース検査と同様の手法で検査ができる。

40

【0077】

すなわち、位置合わせ工程として、位置合わせ部57は、ダイ(1)のマスクダイ画像と、ダイ(2)のマスクダイ画像と、とを読み出し、画素より小さいサブ画素単位で、両画像を位置合わせする。例えば、最小2乗法で位置合わせを行えばよい。

【0078】

50

そして、比較工程として、比較部 58 は、ダイ (1) のマスクダイ画像と、ダイ (2) のマスクダイ画像とを比較する。比較部 58 は、所定の判定条件に従って画素毎に両者を比較し、例えば形状欠陥といった欠陥の有無を判定する。例えば、画素毎の階調値差が判定閾値 T_h よりも大きければ欠陥と判定する。そして、比較結果が出力される。比較結果は、図示しない記憶装置、モニタ、若しくはメモリに出力される、或いはプリンタより出力されればよい。

【0079】

以上のように、実施の形態 1 によれば、多極子間の開口部が小さい場合でも、多極子収差補正器 220 の導通検査ができる。よって、収差補正が必要となる検査装置等のマルチビーム照射装置に多極子収差補正器 220 を搭載する前に、多極子収差補正器 220 の導通検査ができる。よって、収差が補正されたマルチ 1 次電子ビーム 301 を基板 101 に照射できるので、高精度な画像を得ることができると共に、高精度なパターン検査ができる。

10

【0080】

以上の説明において、一連の「～回路」は、処理回路を含み、その処理回路には、電気回路、コンピュータ、プロセッサ、回路基板、量子回路、或いは、半導体装置等が含まれる。また、各「～回路」は、共通する処理回路（同じ処理回路）を用いてもよい。或いは、異なる処理回路（別々の処理回路）を用いても良い。プロセッサ等を実行させるプログラムは、磁気ディスク装置、磁気テープ装置、FD、或いはROM（リードオンリメモリ）等の記録媒体に記録されればよい。例えば、位置回路 107、比較回路 108、参照画像作成回路 112、ステージ制御回路 114、収差補正回路 121、レンズ制御回路 124、ブランキング制御回路 126、及び偏向制御回路 128 は、上述した少なくとも 1 つの処理回路で構成されても良い。

20

【0081】

以上、具体例を参照しつつ実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。図 1 の例では、1 つの照射源となる電子銃 201 から照射された 1 本のビームから成形アパーチャアレイ基板 203 によりマルチ 1 次電子ビーム 301 を形成する場合を示しているが、これに限るものではない。複数の照射源からそれぞれ 1 次電子ビームを照射することによってマルチ 1 次電子ビーム 301 を形成する態様であっても構わない。

30

【0082】

また、装置構成や制御手法等、本発明の説明に直接必要しない部分等については記載を省略したが、必要とされる装置構成や制御手法を適宜選択して用いることができる。

【0083】

その他、本発明の要素を具備し、当業者が適宜設計変更しうる全ての多極子収差補正器の導通検査方法、多極子収差補正器の導通検査装置、及び多極子収差補正器を搭載するマルチ電子ビーム照射装置は、本発明の範囲に包含される。

【符号の説明】

【0084】

9 照射位置

40

10 上段基板

11, 17, 21 開口部

15 中段基板

16 制御電極

18 配線

19 端子

20 下段基板

29 サブ照射領域

33 マスクダイ

34 照射領域

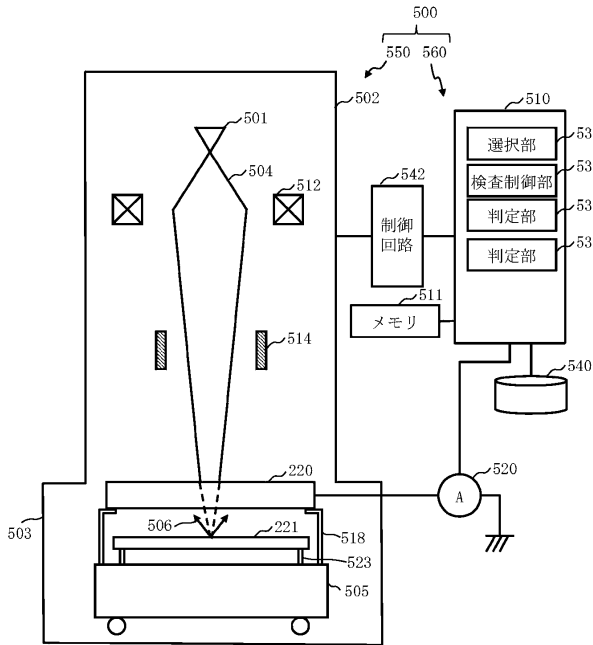
50

5 2 , 5 6 , 1 0 9 , 5 4 0	記憶装置	
5 7	位置合わせ部	
5 8	比較部	
1 0 0	検査装置	
1 0 1	基板	
1 0 2 , 5 0 2	電子ビームカラム	
1 0 3 , 5 0 3	検査室	
1 0 5 , 5 0 5	ステージ	
1 0 6	検出回路	
1 0 7	位置回路	10
1 0 8	比較回路	
1 1 0 , 5 1 0	制御計算機	
1 1 2	参照画像作成回路	
1 1 4	ステージ制御回路	
1 1 7	モニタ	
1 1 8 , 5 1 1	メモリ	
1 1 9	プリンタ	
1 2 0	バス	
1 2 1	収差補正回路	
1 2 2	レーザ測長システム	20
1 2 3	チップパターンメモリ	
1 2 4	レンズ制御回路	
1 2 6	ブランキング制御回路	
1 2 8	偏向制御回路	
1 4 2	駆動機構	
1 4 4 , 1 4 6 , 1 4 8	D A C アンプ	
1 5 0	画像取得機構	
1 6 0 , 5 6 0	制御系回路	
2 0 0 , 5 0 4	電子ビーム	
2 0 1 , 5 0 1	電子銃	30
2 0 2 , 2 0 5 , 2 0 6 , 2 0 7 , 2 2 4 , 5 1 2	電磁レンズ	
2 0 3	成形アパーチャアレイ基板	
2 0 8	主偏向器	
2 0 9	副偏向器	
2 1 2	一括ブランキング偏向器	
2 1 3	制限アパーチャ基板	
2 1 4	ビームセパレーター	
2 1 6	ミラー	
2 1 8 , 5 1 4	偏向器	
2 2 0	多極子収差補正器	40
2 2 1	反射体	
2 2 2	マルチ検出器	
3 0 0	マルチ2次電子ビーム	
3 0 1	マルチ1次電子ビーム	
3 3 0	検査領域	
3 3 2	チップ	
5 0 0	導通検査装置	
5 0 6	電子	
5 1 8	支持台	
5 2 0	流入電子線量測定器	50

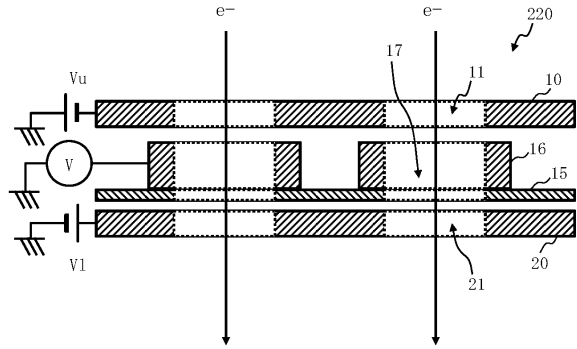
- 5 2 3 支持ピン
- 5 3 2 選択部
- 5 3 4 検査制御部
- 5 3 6 , 5 3 8 判定部
- 5 4 2 制御回路
- 5 5 0 検査機構

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

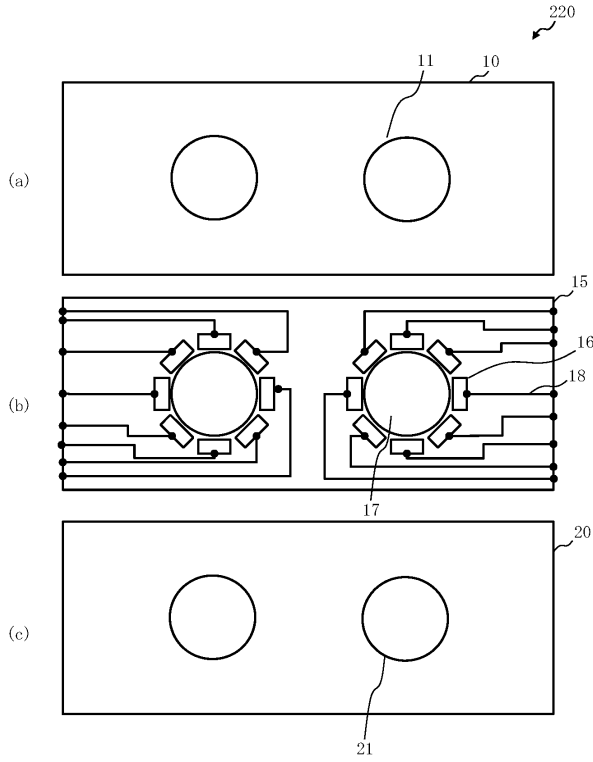
20

30

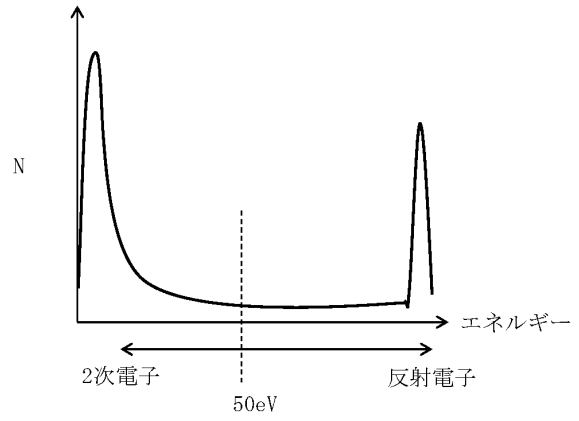
40

50

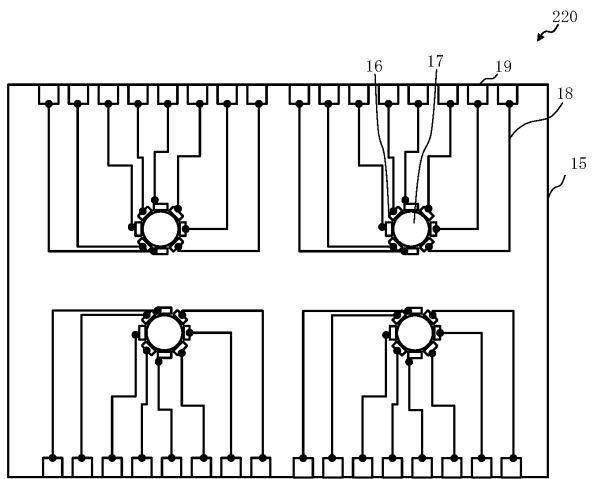
【図3】



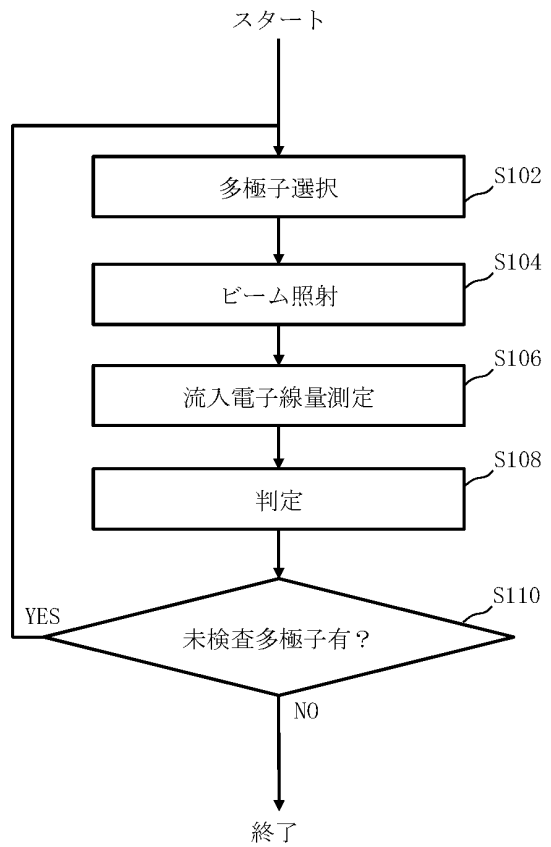
【図4】



【図5】



【図6】



10

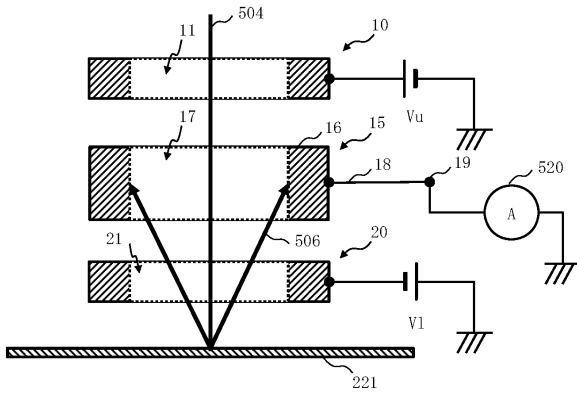
20

30

40

50

【図7】

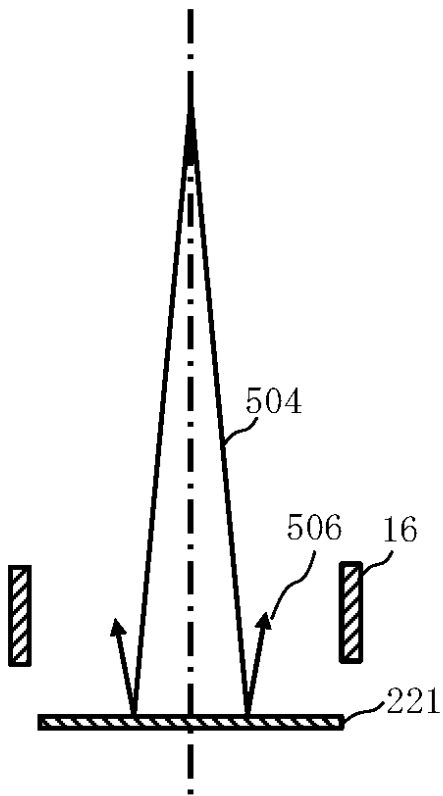


【図8】

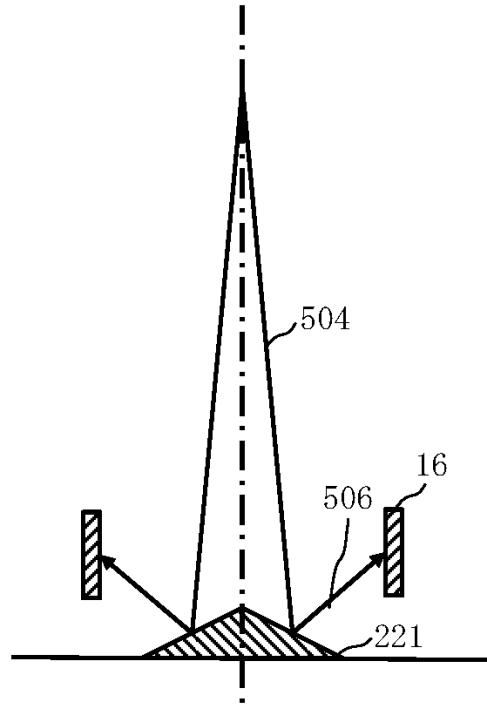
	1	2	3	4	5	6	7	8
ビームOFF	0.2	-0.1	-0.0	0.4	-0.2	-0.3	0.6	-0.5
ビームON	8.8	9.2	-0.6	8.9	9.5	7.8	0.4	10.0
Δ	8.6	9.3	-0.6	8.5	9.7	8.1	0.2	9.5
導通の有無	有	有	無	有	有	有	無	有

10

【図9】



【図10】



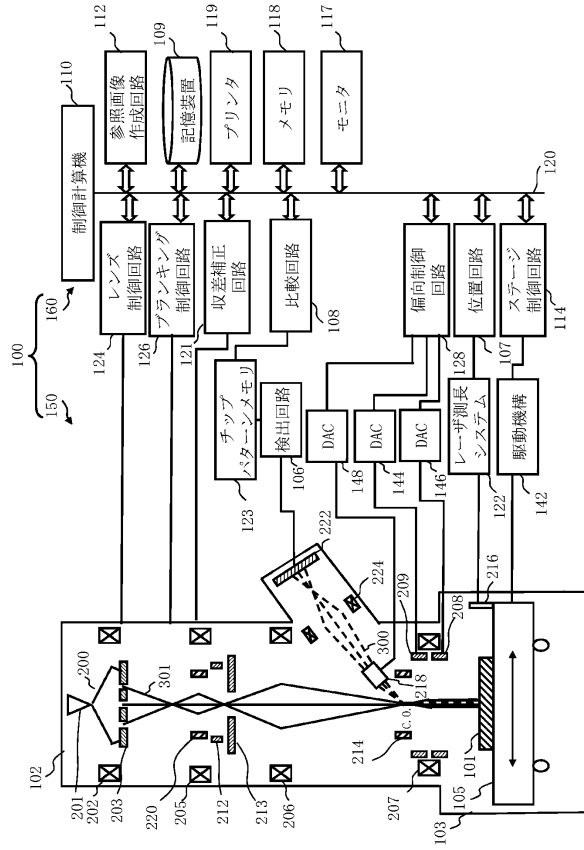
20

30

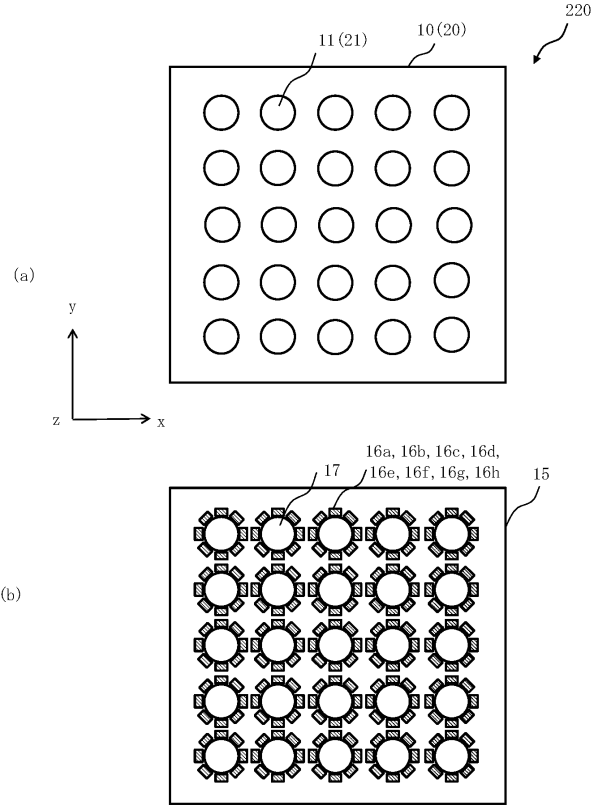
40

50

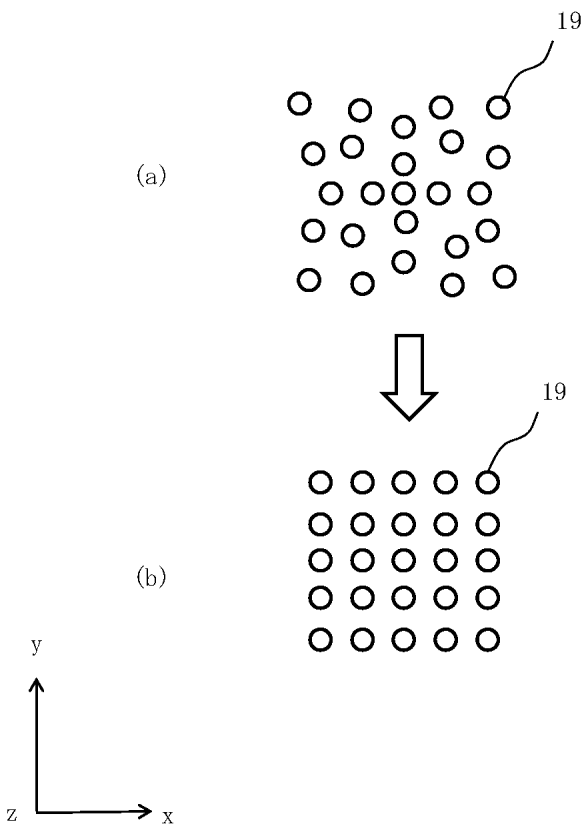
【図 1 1】



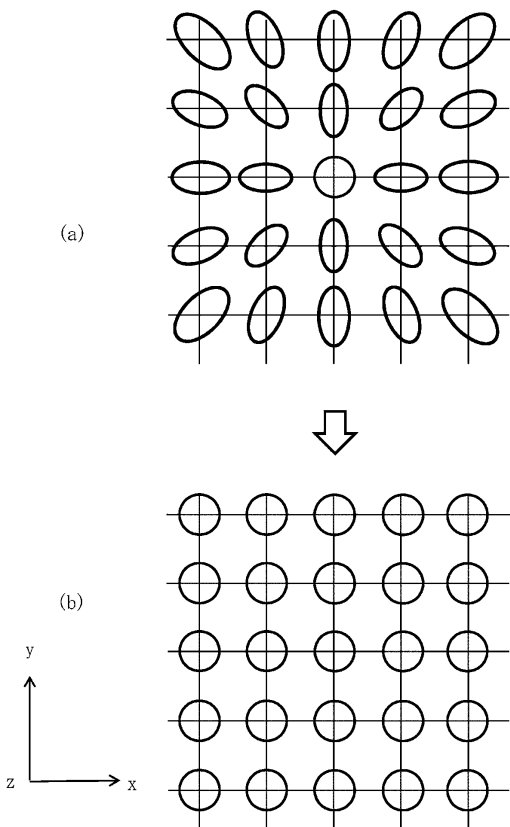
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



10

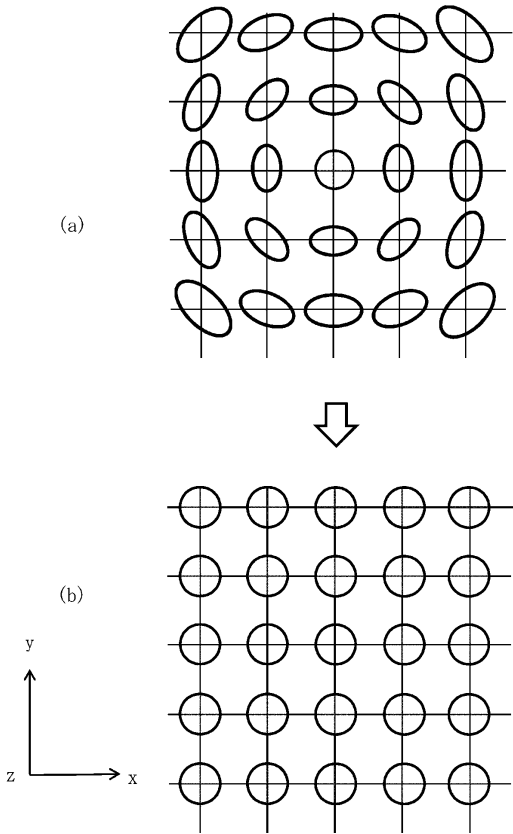
20

30

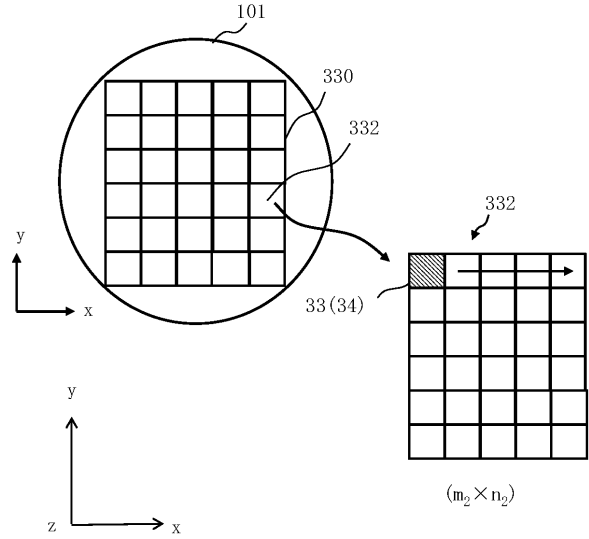
40

50

【図 15】



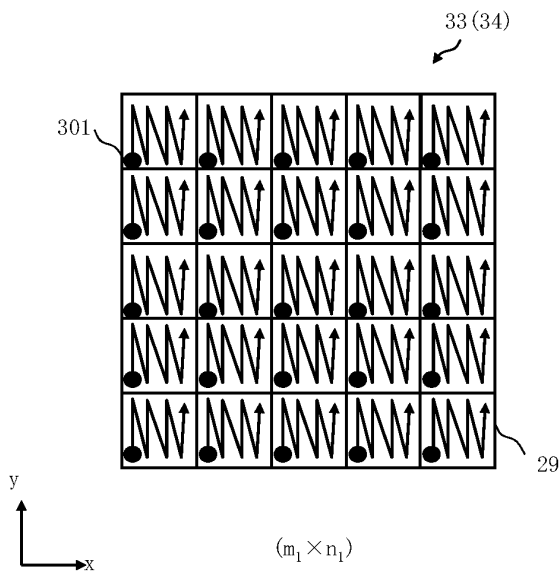
【図 16】



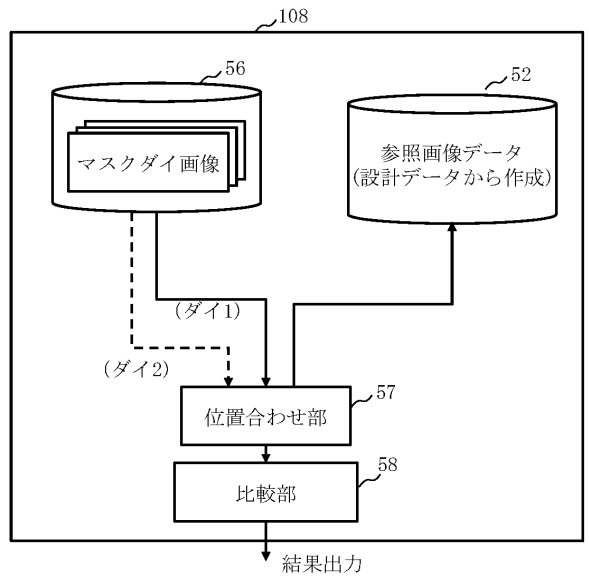
10

20

【図 17】



【図 18】



30

40

フロントページの続き

審査官 右 高 孝幸

- (56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 3 6 8 0 4 9 (J P , A)
特表 2 0 1 8 - 5 1 3 5 4 3 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 J 3 7