

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7194572号
(P7194572)

(45)発行日 令和4年12月22日(2022.12.22)

(24)登録日 令和4年12月14日(2022.12.14)

(51)国際特許分類		F I		
H 0 1 J	37/09 (2006.01)	H 0 1 J	37/09	A
H 0 1 J	37/12 (2006.01)	H 0 1 J	37/12	
H 0 1 L	21/66 (2006.01)	H 0 1 L	21/66	J

請求項の数 4 (全17頁)

(21)出願番号	特願2018-227658(P2018-227658)	(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	平成30年12月4日(2018.12.4)	(74)代理人	100119035 弁理士 池上 徹真
(65)公開番号	特開2020-91986(P2020-91986A)	(74)代理人	100141036 弁理士 須藤 章
(43)公開日	令和2年6月11日(2020.6.11)	(74)代理人	100178984 弁理士 高下 雅弘
審査請求日	令和3年11月10日(2021.11.10)	(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
		(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 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マルチ電子ビーム検査装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板にマルチ電子ビームを照射する照射源と、
前記基板を載置するステージと、
前記照射源と前記ステージの間に設けられ、前記マルチ電子ビームが通過可能なレンズ磁場を発生する電磁レンズと、
前記レンズ磁場中に設けられ、前記マルチ電子ビームのそれぞれが通過可能な複数の貫通孔と、前記複数の貫通孔の壁面にそれぞれ設けられた複数の電極とを有し、前記マルチ電子ビームの軌道中心軸から離間して設けられた前記貫通孔は螺旋形状を有する静電レンズと、
前記複数の電極に接続された電源と、
を備え、
前記螺旋形状の軸は、前記軌道中心軸に平行に設けられているマルチ電子ビーム検査装置。

【請求項2】

前記電源は前記複数の電極のそれぞれに異なった電圧を印加する請求項1記載のマルチ電子ビーム検査装置。

【請求項3】

前記軌道中心軸に平行な方向の前記複数の電極の長さは互いに異なっている請求項1または請求項2記載のマルチ電子ビーム検査装置。

【請求項4】

前記レンズ磁場の中心は基板面の高さ位置に配置されている請求項 1 ないし請求項 3 いずれか一項記載のマルチ電子ビーム検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マルチ電子ビーム検査装置に関する。例えば、電子線によるマルチビームを照射して放出されるパターンの 2 次電子画像を取得してパターンを検査する検査装置に関する。

【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 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、サブミ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。その他、歩留まりを低下させる大きな要因の一つとして、半導体ウェハ上に超微細パターンをフォトリソグラフィ技術で露光、転写する際に使用されるマスクのパターン欠陥があげられる。このため、LSI 製造に使用される転写用マスク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、同一基板上の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、こ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、マルチ電子ビームを用いた装置の開発も進んでいる。

【0005】

上述のマルチ電子ビームを用いたマルチ電子ビーム検査装置においては、試料上に照射される電子ビームが、光軸から離れて照射されるものほど、像面湾曲の影響に伴い、電子ビームのスポット径に差異が生じるという問題があった。また、この差異により、FOV (Field of View: 視野) を拡大出来ないという問題があった。

【0006】

特許文献 1 には、磁界型レンズがつくる集束磁界の分布領域と静電型焦点補正レンズが作る電位の分布領域の一部又は全部が重なり合うように、磁界型レンズと静電型レンズとを配置したことを特徴とする荷電粒子ビーム用集束装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

10

20

30

40

50

【文献】特開昭 61 - 101944 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明が解決しようとする課題は、マルチビームの照射精度が向上したマルチ電子ビーム検査装置を提供する点にある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様のマルチ電子ビーム検査装置は、基板にマルチ電子ビームを照射する照射源と、基板を載置するステージと、照射源とステージの間に設けられ、マルチ電子ビームが通過可能なレンズ磁場を発生する電磁レンズと、レンズ磁場中に設けられ、マルチ電子ビームのそれぞれが通過可能な複数の貫通孔と、複数の貫通孔の壁面にそれぞれ設けられた複数の電極と、を有し、マルチ電子ビームの軌道中心軸から離間して設けられた貫通孔は螺旋形状を有する静電レンズと、複数の電極に接続された電源と、を備え、螺旋形状の軸は、軌道中心軸に平行に設けられている。

10

【0011】

上述のマルチ電子ビーム検査装置において、電源は複数の電極のそれぞれに異なった電圧を印加することが好ましい。

【0012】

上述のマルチ電子ビーム検査装置において、軌道中心軸に平行な方向の複数の電極の長さは互いに異なっていることが好ましい。

20

【0013】

上述のマルチ電子ビーム検査装置において、レンズ磁場の中心は基板面の高さ位置に配置されていることが好ましい。

【0014】

本発明の一態様によれば、マルチビームの照射精度が向上したマルチ電子ビーム検査装置の提供が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】実施形態のマルチ電子ビーム検査装置の構成を示す模式図である。

30

【図2】実施形態の成型アパーチャアレイ基板の構成を示す概念図である。

【図3】実施形態におけるブランキングアパーチャアレイ機構の構成を示す断面図である。

【図4】実施形態の個別ブランキング機構の一例を示す図である。

【図5】実施形態のマルチ電子ビームが備える静電レンズと電磁レンズの模式断面図である。

【図6】実施形態の静電レンズの模式斜視図である。

【図7】実施形態の静電レンズを構成する絶縁板及び導電膜の一例の模式図である。

【図8】実施形態の静電レンズを構成する絶縁板及び導電膜の模式断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、実施の形態では、マルチ電子ビーム検査装置について説明する。

40

【0017】

(実施形態)

図1は、実施形態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100は、画像取得装置の一例である。検査装置100は、画像取得機構150、及び制御系回路160(制御部)を備えている。画像取得機構150は、電子ビームカラム102(マルチビーム電子銃筒)、検査室103、検出回路106、パターンメモリ123、駆動機構132、駆動機構142、及びレーザ測長システム122を備えている。電子ビームカラム102内には、電子銃201、照明レンズ202、成形アパーチャアレイ基板203、ブランキングアパーチャアレイ

50

機構 204、縮小レンズ 205、制限アパーチャ基板 206、対物レンズ 207、主偏向器 208、副偏向器 209、一括ブランピング偏向器 212、縮小レンズ 213、ビームセパレーター 214、電極 220、マルチ検出器 222、投影レンズ 224、226、偏向器 228、広域検出器 230、及びアライメントコイル 232、234 が配置されている。

【0018】

検査室 103 内には、少なくとも XY 平面上を移動可能な XY ステージ 105 が配置される。XY ステージ 105 上には、検査対象となる基板 101 が配置される。基板 101 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 101 が半導体基板である場合には、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には、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。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 XY ステージ 105 に配置される。また、XY 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用のレーザ光を反射するミラー 216 が配置されている。また、XY ステージ 105 上には、マークパターンが異なるマーク 217、218、及びビーム入射域を制限した透過マーク 219 が配置される。マーク 217、218、及び透過マーク 219 の表面高さは基板 101 表面の高さに合わせると好適である。

10

20

【0019】

マルチ検出器 222 及び広域検出器 230 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、パターンメモリ 123 に接続される。また、電子ビームカラム 102 及び検査室 103 内は、図示しない真空ポンプによって排気され、真空状態が形成されている。

【0020】

広域検出器 230 としては、例えば、半導体検出器、表面に帯電防止様に膜をつけたプラスチックシンチレータに光電子検出器を接続したものをを用いることも出来るし、単に導体で出来た板に電流計をつないだものをを用いることも出来る。この場合流入電流測定の精度の点からは炭素等の 2 次電子発生効率の低い材料を表面に用いることが有利である。

30

【0021】

例えば、照明レンズ 202、成形アパーチャアレイ基板 203、縮小レンズ 205、縮小レンズ 213、対物レンズ 207、主偏向器 208、及び副偏向器 209 によって、1 次電子光学系が構成される。但し、これに限るものではなく、1 次電子光学系に、その他のコイル、レンズ、或いは偏向器等が含まれても構わない。また、例えば、ビームセパレーター 214、投影レンズ 224、226、偏向器 228、及びアライメントコイル 232、234 によって、2 次電子光学系が構成される。但し、これに限るものではなく、2 次電子光学系に、その他のコイル、レンズ、或いは偏向器等が含まれても構わない。

【0022】

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、レンズ制御回路 124、ブランピング制御回路 126、偏向制御回路 128、リターディング制御回路 129、搬入/搬出制御回路 130、検出回路 144、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。

40

【0023】

また、パターンメモリ 123 は、比較回路 108 に接続されている。また、XY 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、X 方向、Y 方向、Z 方向に駆動する 3 軸（X - Y - Z）モー

50

タの様な駆動系が構成され、XY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、モータは、例えばステップモータを用いることが出来る。XY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、XY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XYステージ105の位置を測長する。

【0024】

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、所定の引出電極(ウェネルト)の電圧の印加と所定の温度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。照明レンズ202、縮小レンズ205、縮小レンズ213、対物レンズ207、及び投影レンズ224、226は、例えば電磁レンズが用いられ、共にレンズ制御回路124によって制御される。また、ビームセパレーター214もレンズ制御回路124によって制御される。一括ブランキング偏向器212、及び偏向器228は、それぞれ少なくとも2極の電極群により構成され、ブランキング制御回路126によって制御される。主偏向器208、及び副偏向器209は、それぞれ少なくとも4極の電極群により構成され、偏向制御回路128によって制御される。電極220は、中央部に貫通する通過孔が形成された円盤上に構成され、リターディング制御回路129によって、基板101と共に制御される。

【0025】

ここで、図1では、実施形態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。

【0026】

図2は、実施形態における成形アパーチャレイ基板の構成を示す概念図である。図2において、成形アパーチャレイ基板203には、2次元状の横(x方向) m_1 列×縦(y方向) n_1 段(m_1, n_1 は2以上の整数)の穴(開口部)22がx, y方向に所定の配列ピッチで形成されている。図2の例では23×23の穴が形成されている場合を示しているが、この実施形態では例えば5×5の穴(開口部)22が形成されているものとする。穴22の配列数はこれに限るものではない。各穴22は、共に同じ外径の円形で形成される。或いは、同じ寸法形状の矩形であっても構わない。これらの複数の穴22を電子ビーム200の一部がそれぞれ通過することで、マルチ電子ビーム20が形成されることになる。ここでは、横縦(x, y方向)が共に2列以上の穴22が配置された例を示したが、これに限るものではない。例えば、横縦(x, y方向)どちらか一方が複数列で他方は1列だけであっても構わない。また、穴22の配列の仕方は、図2のように、横縦が格子状に配置される場合に限るものではない。例えば、縦方向(y方向)k段目の列と、k+1段目の列の穴同士が、横方向(x方向)に寸法aだけずれて配置されてもよい。同様に、縦方向(y方向)k+1段目の列と、k+2段目の列の穴同士が、横方向(x方向)に寸法bだけずれて配置されてもよい。

【0027】

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。

【0028】

電子銃201(放出源)から放出された電子ビーム200は、照明レンズ202によりほぼ垂直に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、図2に示すように、矩形の複数の穴22(開口部)が形成され、電子ビーム200は、すべての複数の穴22が含まれる領域を照明する。複数の穴22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22をそれぞれ通過することによって、例えば矩形の複数の電子ビーム(マルチビーム)20a~20d(図1の実線)が形成される。

【0029】

10

20

30

40

50

形成されたマルチビーム 20a ~ 20d (1次電子ビーム)は、ブランキングアパーチャアレイ機構 204 を通過し、縮小レンズ 205 によって縮小され、制限アパーチャ基板 206 に形成された中心の穴に向かって進む。ここで、成形アパーチャアレイ基板 203 (ブランキングアパーチャアレイ機構 204) と縮小レンズ 205 との間に配置された一括ブランキング偏向器 212 によって、マルチビーム 20a ~ 20d 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 206 の中心の穴から位置がはずれ、制限アパーチャ基板 206 によって遮蔽される。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ビーム 20a ~ 20d は、図 1 に示すように制限アパーチャ基板 206 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 206 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ビーム 20a ~ 20d 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 206 を通過したビーム群により、検査用のマルチビーム 20a ~ 20d が形成される。

10

【0030】

制限アパーチャ基板 206 を通過したマルチビーム 20a ~ 20d は、縮小レンズ 213 によって、光軸に向かって屈折させられ、クロスオーバー (C.O.) を形成する。そして、マルチビーム 20 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 を通過した後、対物レンズ 207 に進む。ビームセパレーター 214 を通過したマルチビーム 20a ~ 20d は、対物レンズ 207 により基板 101 面上に焦点が合わされ、基板 101 にマルチビーム 20a ~ 20d (電子ビーム) を結像する。この際、マルチビーム 20a ~ 20d は、所望の縮小率のパターン像 (ビーム径) となり、主偏向器 208 及び副偏向器 209 によって、制限アパーチャ基板 206 を通過したマルチビーム 20 全体が同方向に一括して偏向され、電極 220 の中央部の通過孔を通過して、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。かかる場合に、主偏向器 208 によって、マルチビーム 20 が走査するマスクダイの基準位置にマルチビーム 20 全体を一括偏向する。XY ステージ 105 を連続移動させながらスキャンを行う場合にはさらに XY ステージ 105 の移動に追従するように、トラッキング偏向を行う。そして、副偏向器 209 によって、各ビームがそれぞれ対応する領域内を走査するようにマルチビーム 20 全体を一括偏向する。一度に照射されるマルチビーム 20 は、理想的には成形アパーチャアレイ基板 203 の複数の穴 22 の配列ピッチに上述した所望の縮小率 (1/a) を乗じたピッチで並ぶことになる。このように、電子ビームカラム 102 は、一度に 2次元状の $m_1 \times n_1$ 本のマルチビーム 20 を基板 101 に照射する。基板 101 の所望する位置にマルチビーム 20 が照射されたことに起因して基板 101 からマルチビーム 20 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 300) (図 1 の点線) が放出される。

20

30

【0031】

ここで、電極 220 と基板 101 との間に、リターディング制御回路 129 によって、所望の基板上への 1次電子ビームの入射エネルギーが得られる様に電圧が印加される。電極 220 は電子ビームカラム 102 と同じくグラウンド電位、基板 101 を所定の負電位に設定する。これにより、真空下で、高いエネルギーで加速された 1次電子ビーム (マルチビーム 20) を基板 101 に突入する直前に減速させると共に、基板 101 から放出される低いエネルギーの 2次電子 (マルチ 2次電子 300) をマルチ検出器 222 側に加速させることが出来る。

40

【0032】

基板 101 から放出されたマルチ 2次電子 300 は、電極 220 の通過孔を通過した後、対物レンズ 207 によって、マルチ 2次電子 300 の中心側に屈折させられ、ビームセパレーター 214 に進む。

【0033】

ここで、ビームセパレーター 214 (例えば、ウィーンフィルタ) はマルチビーム 20 が進む方向 (光軸) に直交する面上において電場と磁場を直交する方向に発生させる。電

50

場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、磁場はフレミング左手の法則に従って力を及ぼす。こ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出来る。ビームセパレーター 214 に上側から侵入してくるマルチビーム 20 (1次電子ビーム)には、電場による力と磁場による力が打ち消し合い、マルチビーム 20 は下方に直進する。これに対して、ビームセパレーター 214 に下側から侵入してくるマルチ2次電子 300 には、電場による力と磁場による力がどちらも同じ方向に働き、マルチ2次電子 300 は斜め上方に曲げられる。

【0034】

斜め上方に曲げられたマルチ2次電子 300 は、広域検出器 230 が光路上に搬入されていない状態において、投影レンズ 224, 226 によって、屈折させられながらマルチ検出器 222 に投影される。マルチ検出器 222 は、投影されたマルチ2次電子 300 を検出する。マルチ検出器 222 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、マルチビーム 20 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 300 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後述する画素毎に生成する。XYステージ 105 が移動しながらスキャン動作を行う場合には、XYステージ 105 の移動に伴いマルチ検出器 222 におけるマルチ2次電子 300 の各2次電子の検出位置がずれないように、偏向器 228 が、XYステージ 105 の移動に追従するように、マルチ2次電子 300 を偏向する(トラッキング制御する)。

【0035】

以上のように、検査装置 100 には、マルチビーム 20 (1次電子ビーム)の軌道(照射位置及び焦点等)を調整する1次電子光学系と、マルチ2次電子 300 (2次電子)の軌道(照射位置及び焦点等)を調整する2次電子光学系とが配置される。しかし、1次電子光学系及び2次電子光学系の調整(ビーム調整)が出来ていない状態では、上述したような電子の軌道は通常得られない。このため、1次電子光学系及び2次電子光学系の調整が必要となる。

【0036】

図3は、実施形態におけるブランキングアパーチャアレイ機構の構成を示す断面図である。ブランキングアパーチャアレイ機構 204 は、図3に示すように、支持台 33 上に例えばシリコン等からなる基板 31 が配置される。基板 31 の中央部は、例えば裏面側から薄く削られ、薄い膜厚 h のメンブレン領域 30 (第1の領域)に加工されている。メンブレン領域 30 を取り囲む周囲は、厚い膜厚 H の外周領域 32 (第2の領域)となる。メンブレン領域 30 の上面と外周領域 32 の上面とは、同じ高さ位置、或いは、実質的に高さ位置になるように形成されると好適である。基板 31 は、外周領域 32 の裏面で支持台 33 上に保持される。支持台 33 の中央部は開口しており、メンブレン領域 30 の位置は、支持台 33 の開口した領域に位置している。

【0037】

メンブレン領域 30 には、図2に示した成形アパーチャアレイ基板 203 の各穴 22 に対応する位置にマルチビーム 20 のそれぞれのビームの通過用の通過孔 25 (開口部)が開口される。言い換えれば、基板 31 のメンブレン領域 30 には、電子線を用いたマルチビームのそれぞれに対応するビームが通過する複数の通過孔 25 がアレイ状に形成される。そして、基板 31 のメンブレン領域 30 上であって、複数の通過孔 25 のうち対応する通過孔 25 を挟んで対向する位置に2つの電極を有する複数の電極対がそれぞれ配置される。具体的には、メンブレン領域 30 上に、図3に示すように、各通過孔 25 の近傍位置に当該通過孔 25 を挟んでブランキング偏向用の制御電極 24 と対向電極 26 の組(ブランクカー:ブランキング偏向器)がそれぞれ配置される。また、基板 31 上には、各通過孔 25 用の制御電極 24 に偏向電圧を印加する配線(図示せず)が形成される。各制御電極 24 への個別の偏向電圧印加の ON/OFF は、ブランキング制御回路 126 によって制御される。また、各ビーム用の対向電極 26 は、グランド接続される。

【0038】

10

20

30

40

50

図4は、実施形態の個別ブランキング機構の一例を示す図である。図4において、ブランキング制御回路126内には、各制御電極24へ偏向電圧を個別に印加するための個別制御回路41が形成される。各個別制御回路41内には、アンプ46（スイッチング回路の一例）が配置される。図4の例では、アンプ46の一例として、CMOS（Complementary MOS）インバータ回路が配置される。そして、CMOSインバータ回路は正の電位（V_{dd}：ブランキング電位：第1の電位）（例えば、5V）（第1の電位）とグランド電位（GND：第2の電位）に接続される。CMOSインバータ回路の出力線（OUT）は制御電極24に接続される。一方、対向電極26は、グランド電位が印加される。

【0039】

CMOSインバータ回路の入力（IN）には、閾値電圧よりも低くなるL（Low）電位（例えばグランド電位）と、閾値電圧以上となるH（High）電位（例えば、1.5V）とのいずれかが制御信号として印加される。実施形態では、CMOSインバータ回路の入力（IN）にL電位が印加される状態では、CMOSインバータ回路の出力（OUT）は正電位（V_{dd}）となり、対向電極26のグランド電位との電位差による電場により対応ビーム20を偏向し、制限アパーチャ基板206で遮蔽することでビームOFFになるように制御する。一方、CMOSインバータ回路の入力（IN）にH電位が印加される状態（アクティブ状態）では、CMOSインバータ回路の出力（OUT）はグランド電位となり、対向電極26のグランド電位との電位差が無くなり対応ビーム20を偏向しないので制限アパーチャ基板206を通過することでビームONになるように制御する。

【0040】

各通過孔を通過する電子ビーム20は、それぞれ独立に対となる2つの制御電極24と対向電極26に印加される電圧によって個別に偏向される。かかる偏向によってブランキング制御される。具体的には、制御電極24と対向電極26の組は、それぞれ対応するスイッチング回路となるCMOSインバータ回路によって切り替えられる電位によってマルチビームの対応ビームをそれぞれ個別にブランキング偏向する。このように、複数のブランカーが、成形アパーチャアレイ基板203の複数の穴22（開口部）を通過したマルチビームのうち、それぞれ対応するビームのブランキング偏向を行う。

【0041】

個別ブランキング機構としては、ブランキング制御回路126内に上述したようなCMOS回路を基板上に形成したものでもなくとも良い。例えば、ブランキング制御回路126内に、DC電源とリレー回路とからなる簡易な電源回路を配置して、ブランキング制御回路126からブランキングアパーチャアレイ機構204の各電極に所望の電位を印加するように制御しても良い。また、制御電極24、26と通過孔とを形成した個別ブランキングアパーチャアレイ機構に上述のCMOS回路等の駆動回路を直接形成することも出来る。

【0042】

かかるブランキングアパーチャアレイ機構204による各ビームの個別ブランキング制御は、検査装置100の光学系調整時に利用される。光学系調整後の通常のパターン検査の間は、すべてのビームがビームONになるように制御される。そして、通常のパターン検査の間、マルチビーム20は、一括ブランキング偏向器212によってビームON/OFFが一括して制御される。なお、ブランキングアパーチャアレイ機構204の各ブランカーを同期させて、同じタイミングですべてのビームのON/OFF制御を行うことで、一括ブランキング偏向器212の動作と同様の動作をすることも出来る。かかる場合には、一括ブランキング偏向器212を省略しても構わない。

【0043】

図5は、実施形態の検査装置100及び電子ビームカラム102（マルチビーム電子鏡筒）が備えるレンズ98の模式断面図である。図6は、実施形態の静電レンズ72の模式斜視図である。なお、図5及び図6において、後述する導電膜の図示は省略している。

【0044】

10

20

30

40

50

レンズ 98 は、縮小レンズ 205、縮小レンズ 213 及び対物レンズ 207 として好ましく用いることが出来る。レンズ 98 は、電磁レンズ（磁場レンズ）90 と、静電レンズ 72 と、を備える。

【0045】

電磁レンズ 90 は、コイル 91 と、ヨーク 92 と、ポールピース上極 93 と、ポールピース下極 94 と、を備える。コイル 91 は銅線等の線が巻かれることにより形成されている。コイル 91 の線の端部は図示しない電源に接続されている。図示しない電源からコイル 91 に電流を流すことにより、コイル 91 の周囲に磁場が生じる。

【0046】

ヨーク 92 は、例えばパーマロイ（Ni - Fe 合金）等の透磁率の高い材料を含有し、コイル 91 により発生された磁場の磁力線を内部に良く通過させる。ヨーク 92 を通過する磁力線は、ヨーク 92 に接続されヨーク 92 より高品質の材料を用いて形成されたポールピース上極 93 及びポールピース下極 94 に流れる。このようにして、主にポールピース上極 93 及びポールピース下極 94 に囲まれたマルチ電子ビームが通過可能な領域に、コイル 91 により形成された図示しないレンズ磁場が集中して発生する。

10

【0047】

静電レンズ 72 は、電磁レンズ（磁場レンズ）90 により発生されるレンズ磁場内に設けられている。静電レンズ 72 は、マルチ電子ビーム 20 のそれぞれが通過可能な貫通孔 74 を有している。図 5 では、貫通孔 74 a、74 b、74 c、74 d 及び 74 e が示されている。

20

【0048】

図 6 で示したように、静電レンズ 72 には、図 2 で示した 5 × 5 の穴（開口部）22 に対応して形成されたマルチ電子ビーム 20 のそれぞれが通過する貫通孔 74 が、合計 25 個配列されている。貫通孔 74 の内、中心の貫通孔 74 c は、マルチ電子ビーム 20 の軌道中心軸（または光軸、または中心ビームの軌道中心軸）が通過する位置に、軌道中心軸と平行に設けられている、垂直貫通孔である。その他 24 個の貫通孔 74 は、螺旋形状を有している。そして、螺旋形状の軸は、軌道中心軸に平行である。

【0049】

螺旋形状を有する貫通孔 74 の形成方法の一例としては、図 6 に示したように、複数の絶縁板 73 を用いて形成する方法が挙げられる。実施形態の静電レンズ 72 は、絶縁板 73 a、73 b、73 c、73 d、73 e、73 f 及び 73 g を用いて形成されている。それぞれの絶縁板 73 は、5 × 5 の貫通孔を有している。

30

【0050】

ここで、絶縁板 73 b に形成された貫通孔 74 は、絶縁板 73 a に形成された貫通孔 74 に対して、絶縁板 73 b の貫通孔 74 c を中心にして、x y 平面において例えば 5 度程度回転している。ここで回転の方向は、例えば図 6 の紙面上方から見た場合に反時計回りである。次に、絶縁板 73 c に形成された貫通孔 74 は、絶縁板 73 b に形成された貫通孔 74 に対して、x y 平面において例えば 5 度程度回転している。ここで、回転の方向は、例えば図 6 の紙面上方から見た場合に反時計回りである。以下、絶縁板 73 d、絶縁板 73 e、絶縁板 73 f 及び絶縁板 73 g についても、同様に貫通孔 74 が形成されている。このようにして、螺旋形状の軸が軌道中心軸に平行な貫通孔 74 が形成される。このようにすると、螺旋形状を容易に、かつ良好に制御された状態で形成することが出来る。なお、貫通孔 74 の形状が螺旋形状となっている理由は、電子ビームが、磁場レンズ 90 が発生する磁場により、電子ビームの進行方向に対して垂直な方向にローレンツ力を受けて螺旋運動をするため、貫通孔 74 を電子ビームの軌道に合わせて螺旋形状にしたものである。

40

【0051】

絶縁板 73 は、例えば酸化アルミニウム（Al₂O₃）、窒化アルミニウム（AlN）、酸化ジルコニウム（ZrO）等のセラミックスで形成される。勿論、絶縁板 73 は他の絶縁材料を用いても好ましく形成することが出来る。

50

【 0 0 5 2 】

静電レンズ 7 2 の z 方向の厚さは、特に限定されるものではないが、例えば 1 0 m m 以上 2 0 m m 以下の程度であることが好ましい。また、貫通孔 7 4 が有する螺旋形状の回転角は、特に限定されるものではないが、例えば 3 0 度以上 4 0 度以下の程度であることが好ましい。

【 0 0 5 3 】

また、図 6 紙面において上方に配置されている絶縁板 7 3 a から、図 6 紙面においてより下方に配置されている絶縁板 7 3 b、7 3 c、7 3 d、7 3 e、7 3 f 及び 7 3 g において、貫通孔 7 4 の開口ピッチが徐々に変化していることが好ましい。例えば、絶縁板 7 3 a における貫通孔 7 4 の開口ピッチは絶縁板 7 3 b における貫通孔 7 4 の開口ピッチよりも大きく、絶縁板 7 3 b における貫通孔 7 4 の開口ピッチは絶縁板 7 3 c における貫通孔 7 4 の開口ピッチよりも大きく、絶縁板 7 3 c における貫通孔 7 4 の開口ピッチは絶縁板 7 3 d における貫通孔 7 4 の開口ピッチよりも大きく、絶縁板 7 3 d における貫通孔 7 4 の開口ピッチは絶縁板 7 3 e における貫通孔 7 4 の開口ピッチよりも大きく、絶縁板 7 3 e における貫通孔 7 4 の開口ピッチは絶縁板 7 3 f における貫通孔 7 4 の開口ピッチよりも大きく、絶縁板 7 3 f における貫通孔 7 4 の開口ピッチは絶縁板 7 3 g における貫通孔 7 4 の開口ピッチよりも大きいことが好ましい。

10

【 0 0 5 4 】

また、静電レンズ 7 2 には、グラウンド 7 8 及び電源 8 6 が接続されている。

【 0 0 5 5 】

図 7 は、実施形態の静電レンズ 7 2 を構成する絶縁板 7 3 及び導電膜 7 5 の一例の模式図である。図 7 においては、絶縁板 7 3 として絶縁板 7 3 d が示されている。図 7 (a) は、絶縁板 7 3 及び導電膜 7 5 を上方から見たときの模式上面図であり、図 7 (b) は、図 7 (a) の B - B ' 線における模式断面図である。

20

【 0 0 5 6 】

絶縁板 7 3 d の上面及び貫通孔 7 4 の側面には、導電膜 7 5 が設けられている。また、絶縁板 7 3 d の上面には、溝 7 6 d が設けられている。溝 7 6 d では導電膜 7 5 が全て削られている。このため溝 7 6 d により、溝 7 6 d の外側に設けられた導電膜 7 5 a と、溝 7 6 d の内側に設けられた導電膜 7 5 b は、互いに電氣的に絶縁されている。導電膜 7 5 は、例えば金属材料のスパッタリング等により形成される。その後溝 7 6 d を形成することにより、導電膜 7 5 a 及び導電膜 7 5 b が形成される。

30

【 0 0 5 7 】

図 8 は、実施形態の静電レンズ 7 2 を構成する絶縁板 7 3 及び導電膜 7 5 の模式断面図である。図 8 は、静電レンズ 7 2 の貫通孔 7 4 a、7 4 b、7 4 c、7 4 d 及び 7 4 e を通る断面における模式断面図である。なお、貫通孔 7 4 a、7 4 b、7 4 d 及び 7 4 e は、実際には螺旋形状を有しているが、図 8 では説明の便宜のため垂直孔として図示している。また、それぞれの絶縁板 7 3 は互いに接触して用いられるものであるが、図 8 では説明の便宜のため分離させて図示している。

【 0 0 5 8 】

貫通孔 7 4 内部に設けられた導電膜 7 5 a は、電極の一例である。

40

【 0 0 5 9 】

導電膜 7 5 b はグラウンド 7 8 (図 5) に接続されるものである。また、導電膜 7 5 a は電源 8 6 に接続されるものである。

【 0 0 6 0 】

絶縁板 7 3 a には、溝 7 6 が設けられていない。絶縁板 7 3 a には、導電膜 7 5 としての導電膜 7 5 b が設けられている。

【 0 0 6 1 】

絶縁板 7 3 b には、貫通孔 7 4 a、7 4 b、7 4 c、7 4 d 及び 7 4 e の周囲に溝 7 6 b が設けられている。溝 7 6 b の外側に導電膜 7 5 a が設けられ、溝 7 6 b の内側に導電膜 7 5 b が設けられている。

50

【 0 0 6 2 】

絶縁板 7 3 c には、貫通孔 7 4 a、7 4 b、7 4 c、7 4 d 及び 7 4 e の周囲に溝 7 6 c が設けられている。溝 7 6 c の外側に導電膜 7 5 a が設けられ、溝 7 6 c の内側に導電膜 7 5 b が設けられている。

【 0 0 6 3 】

絶縁板 7 3 d には、貫通孔 7 4 b、7 4 c 及び 7 4 d の周囲に溝 7 6 d が設けられている。貫通孔 7 4 a 及び貫通孔 7 4 e は、溝 7 6 d の外側に設けられている。溝 7 6 d の外側に導電膜 7 5 a が設けられ、溝 7 6 d の内側に導電膜 7 5 b が設けられている。

【 0 0 6 4 】

絶縁板 7 3 e には、貫通孔 7 4 b、7 4 c 及び 7 4 d の周囲に溝 7 6 e が設けられている。貫通孔 7 4 a 及び貫通孔 7 4 e は、溝 7 6 e の外側に設けられている。溝 7 6 e の外側に導電膜 7 5 a が設けられ、溝 7 6 e の内側に導電膜 7 5 b が設けられている。

10

【 0 0 6 5 】

絶縁板 7 3 f には、溝 7 6 が設けられていない。絶縁板 7 3 f には、導電膜 7 5 としての導電膜 7 5 a が設けられている。

【 0 0 6 6 】

絶縁板 7 3 g には、溝 7 6 が設けられていない。絶縁板 7 3 g には、導電膜 7 5 としての導電膜 7 5 b が設けられている。

【 0 0 6 7 】

また、導電膜 7 5 a と導電膜 7 5 b とを重ねた際、互いに接触しないように、導電膜 7 5 の凹部 7 7 が適宜設けられている。

20

【 0 0 6 8 】

これにより、貫通孔 7 4 a 及び 7 4 e を通過する電子ビームは、絶縁板 7 3 d、7 3 e 及び 7 3 f を通過するとき、電源 8 6 からの電圧が印加される。また、貫通孔 7 4 b、7 4 c 及び 7 4 d を通過する電子ビームは、絶縁板 7 3 f を通過するとき、電源 8 6 からの電圧が印加される。このように、導電膜 7 5 a は、電子ビームに電圧を印加するための電極として用いられており、貫通孔 7 4 に応じて、電子ビームに電圧を印加するための電極の長さが異なることとなる。

【 0 0 6 9 】

また、静電レンズ 7 2 の一番上と一番下に配置される絶縁板 7 3 a 及び絶縁板 7 3 g には、グランド 7 8 に接続される導電膜 7 5 b が設けられており、電源 8 6 に接続される導電膜 7 5 a は設けられていない。これは、静電レンズ 7 2 の上下方向に対して、電源 8 6 による電圧の印加に伴う電界が漏れないようにして、マルチ電子ビームの軌道が狂わないようにするためである。

30

【 0 0 7 0 】

なお、凹部 7 7 を適宜設けることにより、各貫通孔 7 4 の側面に設けられた導電膜 7 5 b に、それぞれ異なる電圧を容易に印加することも可能である。

【 0 0 7 1 】

なお、静電レンズ 7 2 の構造は上記のものに限定されない。

【 0 0 7 2 】

次に、実施形態の作用効果を記載する。

40

【 0 0 7 3 】

マルチビームが形成する像面湾曲は、光軸からの距離の二乗に比例して大きくなる。この像面湾曲を補正することが好ましい。

【 0 0 7 4 】

実施形態では、磁場レンズ 9 0 と静電レンズ 7 2 とを組み合わせることにより、静電レンズ 7 2 を用いてそれぞれの電子ビームに印加する電圧を低くすることが出来る。このため、静電レンズ 7 2 の微細化が可能となる。

【 0 0 7 5 】

そして、静電レンズ 7 2 は、それぞれが螺旋形状を有する複数の貫通孔 7 4 を有してい

50

る。これは、電子ビームが、磁場レンズ 90 が発生する磁場により、電子ビームの進行方向に対して垂直な方向にローレンツ力を受けて螺旋運動をするため、貫通孔 74 を電子ビームの軌道に合わせて螺旋形状にしたものである。ここで螺旋運動の軌道は、マルチ電子ビームの軌道中心軸に平行な軸を有する螺旋形状になる。言い換えると、電子ビームが螺旋する方向にあわせて、貫通孔 74 の形状が螺旋形状となっている。このため、螺旋形状の軸は、マルチビームの軌道中心軸に平行であることが好ましい。なお、螺旋形状が回転する方向は、電子ビームの進行方向に対して反時計回りとなる。

【0076】

さらに、電源 86 は、それぞれの貫通孔導電膜 75 a それぞれに、異なった電圧を印加することが好ましい。これにより、それぞれの貫通孔 74 を通過する電子ビームに速度差が生じ、その速度差に応じてそれぞれの電子ビームが異なる集光位置に集光するためである。これにより、それぞれの電子ビームの集光作用を調整することが出来るため、マルチビームの照射精度を向上させることが出来る。

10

【0077】

なお、螺旋軌道の形状は、軌道中心軸からの距離に応じて変わるため、複数の電極に電源から印加する電圧は、軌道中心軸からの距離に応じて変化させ、軌道中心軸からの距離に応じて大きくする、又は小さくすることが好ましい。

【0078】

本実施形態の検査装置によれば、マルチビームの照射精度が向上したマルチビーム電子鏡筒及び検査装置の提供が可能になる。

20

【0079】

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、比較回路 108、参照回路 112、電磁レンズ制御回路 124、及び静電レンズ制御回路 126 等は、上述した少なくとも一つの処理回路で構成されても良い。

【0080】

30

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。

【0081】

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。

【0082】

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マルチ電子ビーム検査装置は、本発明の範囲に包含される。

【符号の説明】

【0083】

40

20 マルチビーム
22 穴
24 制御電極
25 通過孔
26 対向電極
30 メンブレン領域
31 基板
32 外周領域
33 支持台
41 個別制御回路

50

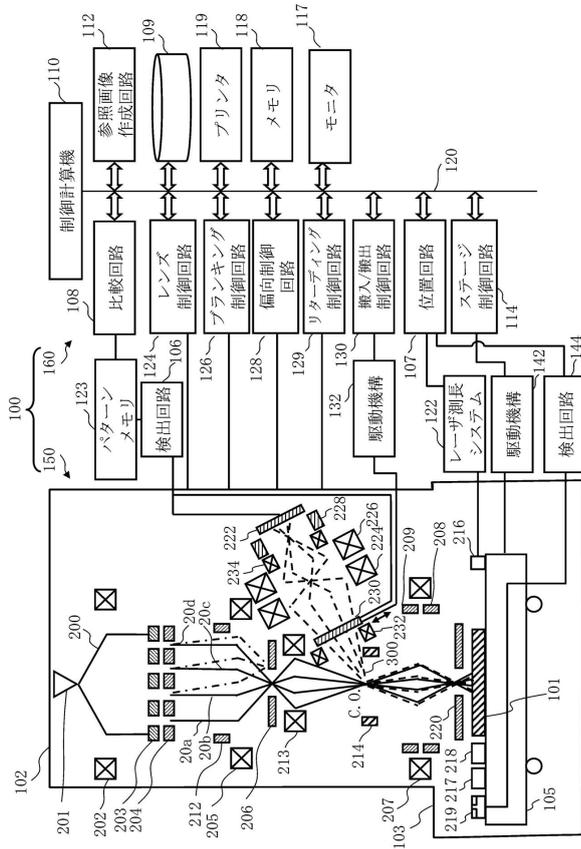
4 6	アンプ	
7 2	静電レンズ	
7 3	絶縁板	
7 4	貫通孔	
7 5	導電膜	
7 6	溝	
7 7	凹部	
8 6	電源	
9 0	磁場レンズ(電磁レンズ)	
9 1	コイル	10
9 2	ヨーク	
9 3	ポールピース上極	
9 4	ポールピース下極	
9 8	レンズ	
9 9	軌道中心軸(光軸)	
1 0 0	検査装置	
1 0 1	基板	
1 0 2	電子ビームカラム(マルチビーム電子鏡筒)	
1 0 3	検査室	
1 0 5	X Yステージ	20
1 0 6	検出回路	
1 0 7	位置回路	
1 0 8	比較回路	
1 0 9	記憶装置	
1 1 0	制御計算機	
1 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	メモリ	
1 1 9	プリンタ	30
1 2 0	バス	
1 2 2	レーザ測長システム	
1 2 3	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 2 9	リターディング制御回路	
1 3 0	搬入/搬出制御回路	
1 3 2	駆動機構	
1 3 4	検出回路	40
1 4 2	駆動機構	
1 5 0	画像取得機構	
1 6 0	制御系回路	
2 0 0	電子ビーム	
2 0 1	電子銃	
2 0 2	照明レンズ	
2 0 3	成形アパーチャアレイ基板	
2 0 4	ブランキングアパーチャアレイ機構	
2 0 5、2	1 3 縮小レンズ	
2 0 6	制限アパーチャ基板	50

- 207 対物レンズ
- 208 主偏向器
- 209 副偏向器
- 212 一括ブランキング偏向器
- 213 縮小レンズ
- 214 ビームセパレーター
- 216 ミラー
- 217、218 マーク
- 219 透過マーク
- 220 電極
- 222 マルチ検出器
- 224、226 投影レンズ
- 228 偏向器
- 230 広域偏向器
- 232、234 アライメントコイル

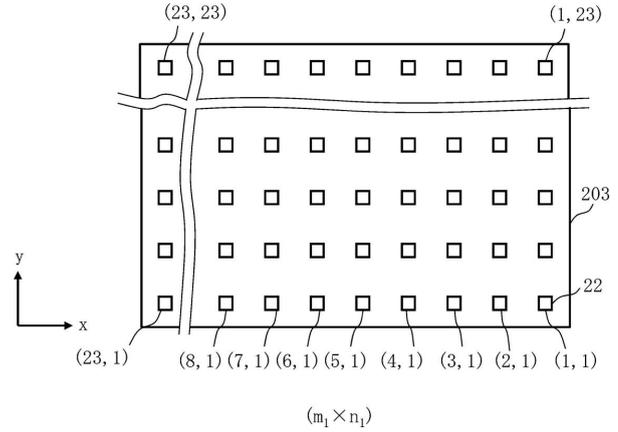
10

【図面】

【図1】



【図2】



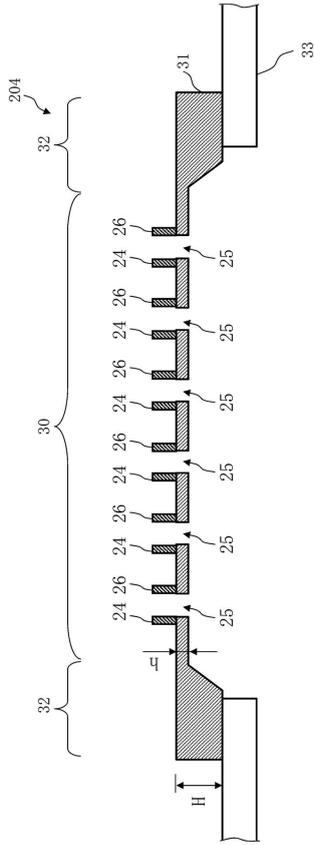
20

30

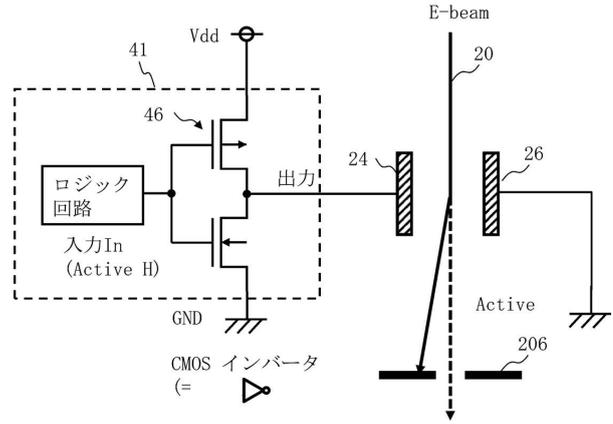
40

50

【図3】



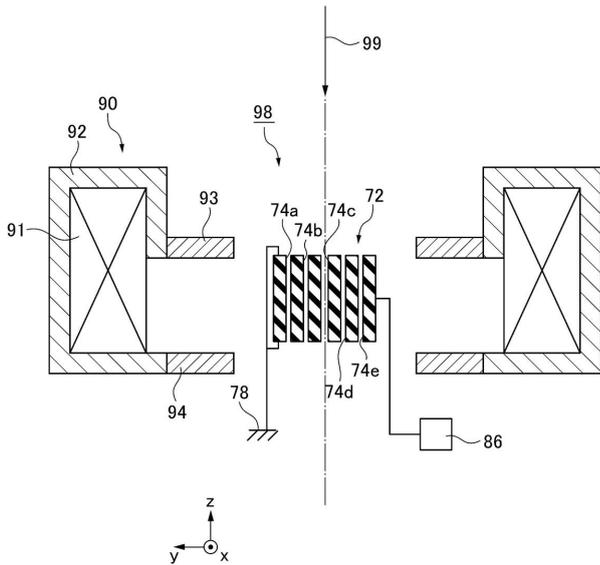
【図4】



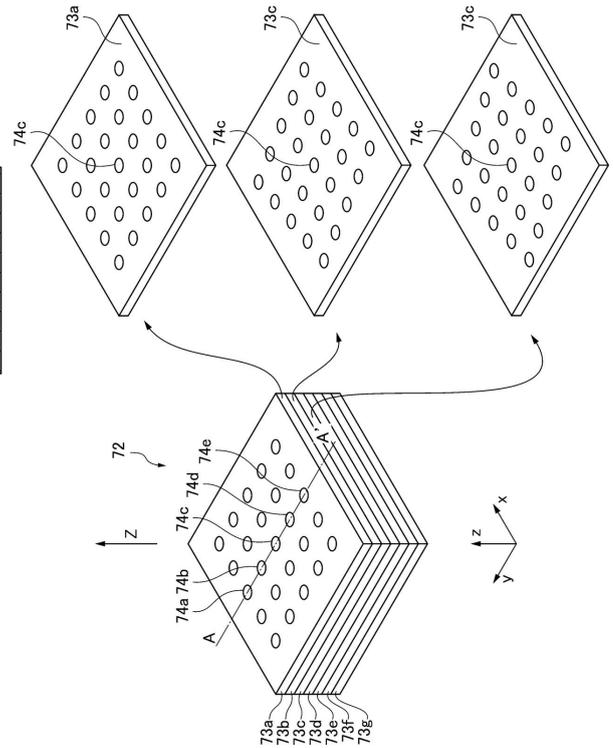
10

20

【図5】



【図6】

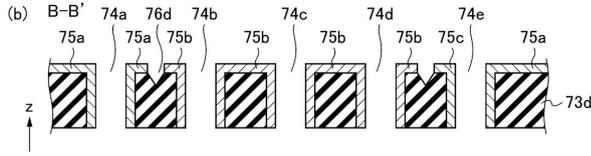
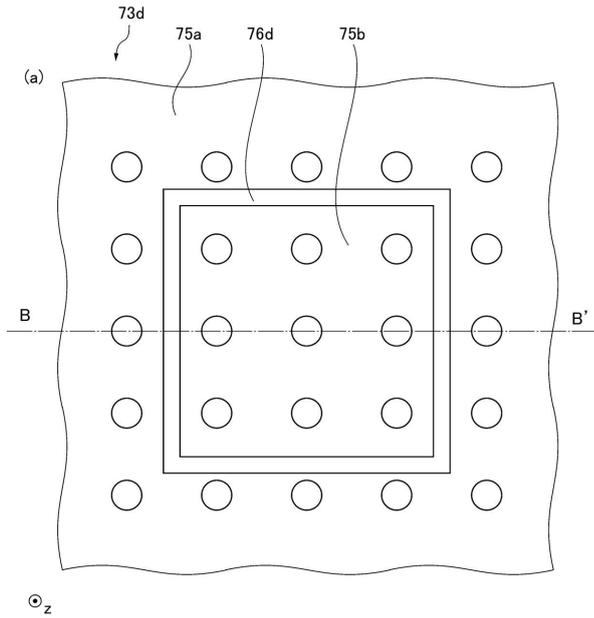


30

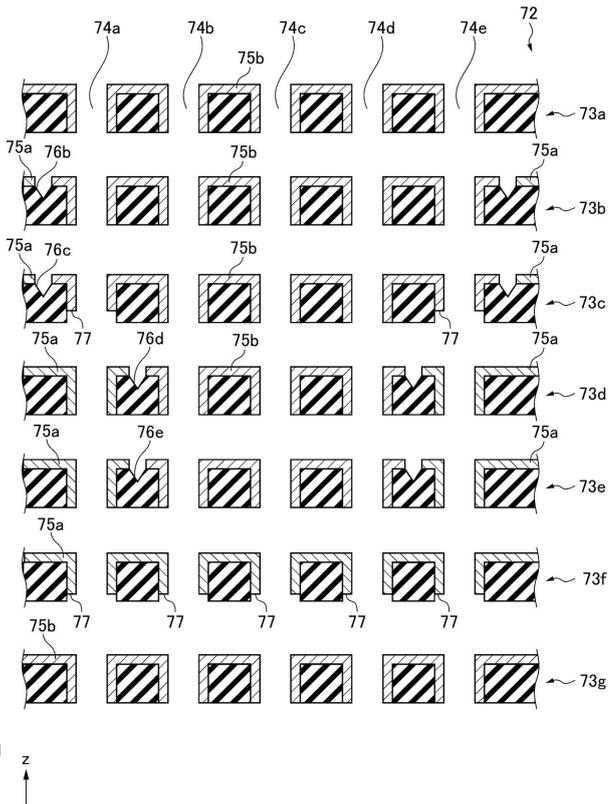
40

50

【 図 7 】



【 図 8 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 小笠原 宗博

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

審査官 後藤 大思

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 9 / 2 4 3 3 4 9 (W O , A 2)

特開 2 0 1 4 - 1 2 7 5 6 8 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 2 / 0 8 1 4 2 2 (W O , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 J 3 7 / 0 0 - 3 7 / 3 6