

(11) 特許出願公開番号

特開2010-20919

(P2010-20919A)

(43) 公開日 平成22年1月28日(2010.1.28)

(51) Int.Cl.

F l

テーマコード (参考)

HO 1 J 37/147 (2006.01)

HO 1 J 37/147

B

4M106

HO 1 L 21/66 (2006.01)

HO 1 L 21/66

J

5C033

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2008-177947 (P2008-177947)

(22) 出願日 平成20年7月8日 (2008.7.8)

(71) 出願人 501387839

株式会社日立ハイテクノロジーズ

東京都港区西新橋一丁目24番14号

(74) 代理人 100080001

弁理士 筒井 大和

(72) 発明者 李 ウェン

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地

株式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 幕内 雅巳

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地

株式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 今川 健吾

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地

株式会社日立製作所生産技術研究所内

最終頁に続く

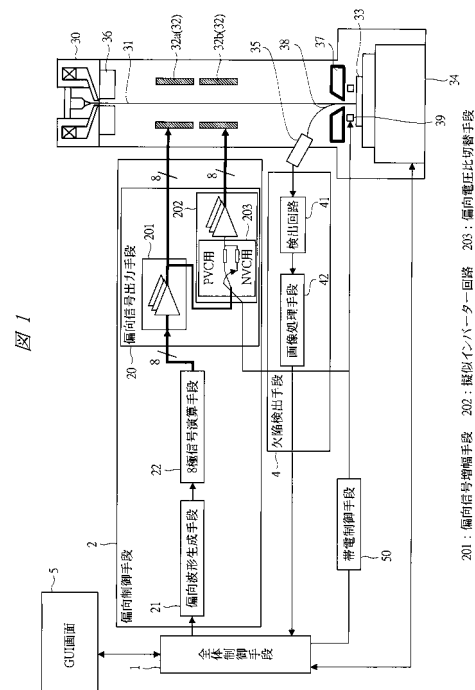
(54) 【発明の名称】 検査装置

(57) 【要約】

【課題】複数段多極構成の静電偏向器方式に基づいた電子ビーム式検査装置において、PVCモードとNVCモードのいずれにも対応できる偏向電圧生成方法を提供すると共に、偏向制御回路のノイズに起因する電子ビームの走査ずれを低減して検出感度を向上できる検査装置を提供する。

【解決手段】電子ビーム式検査装置において、静電偏向器を制御する偏向制御手段２は、偏向制御信号を生成する偏向波形生成手段２１と、生成された制御信号を増幅し、この増幅された制御信号を分岐して静電偏向器の各段に違う電圧を印加する偏向信号出力手段２０とを有する。偏向信号出力手段２０は、静電偏向器の各段に違う電圧を印加するために、帯電制御手段により設定されて帯電制御電極に印加する電圧に応じて静電偏向器の各段に印加する制御信号の電圧比を切り替える偏向電圧比切替手段２０３を有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検査試料を保持する試料台と、
前記被検査試料に電子ビームを照射する照射手段と、
前記電子ビームを偏向する複数段多極構成の静電偏向器と、
前記静電偏向器に偏向制御信号を出力して前記静電偏向器を制御する偏向制御手段と、
前記偏向制御手段により制御されて前記静電偏向器により偏向された電子ビームによる
前記被検査試料からの二次電子または反射電子を検出する検出手段と、
前記被検査試料上の帯電状態の制御による二次電子または反射電子を制御する帯電制御
電極と、

10

前記被検査試料ごとに選択される検査条件に従って前記帯電制御電極に印加する電圧を
設定する帯電制御手段とを有し、

前記偏向制御手段は、

前記偏向制御信号を生成する偏向信号生成手段と、

前記偏向信号生成手段により生成された制御信号を増幅し、この増幅された制御信号を
分岐して前記静電偏向器の各段に違う電圧を印加する偏向信号出力手段とを有し、

前記偏向信号出力手段は、前記静電偏向器の各段に違う電圧を印加するために、前記帯
電制御手段により設定されて前記帯電制御電極に印加する電圧に応じて前記静電偏向器の
各段に印加する制御信号の電圧比を切り替える偏向電圧比切替手段を有することを特徴と
する検査装置。

20

【請求項 2】

請求項 1 記載の検査装置において、

前記静電偏向器は、上段と下段の 2 段からなり、

前記偏向信号生成手段と前記偏向信号出力手段との間に、前記偏向信号生成手段により
生成された制御信号から前記静電偏向器の上段と下段の各極に印加する制御信号を演算す
る信号演算手段を有し、

前記偏向信号出力手段は、

前記信号演算手段により演算された制御信号を増幅し、前記静電偏向器の上段と下段に
共通な増幅手段と、

前記増幅手段により増幅された制御信号を分岐して前記静電偏向器の上段と下段に違う
電圧を印加する手段とを有することを特徴とする検査装置。

30

【請求項 3】

請求項 1 記載の検査装置において、

前記静電偏向器は、上段と下段の 2 段からなり、

前記偏向信号出力手段は、

前記偏向信号生成手段により生成された制御信号を増幅し、前記静電偏向器の上段と下
段に共通な増幅手段と、

前記増幅手段により増幅された制御信号を分岐して前記静電偏向器の上段と下段に違う
電圧を印加する手段とを有することを特徴とする検査装置。

【請求項 4】

40

請求項 1 記載の検査装置において、

前記静電偏向器は、上段と下段の 2 段からなり、

前記偏向信号生成手段と前記偏向信号出力手段との間に、前記偏向信号生成手段により
生成された制御信号から前記静電偏向器の上段と下段の各極に印加する制御信号を演算す
る信号演算手段を有し、

前記偏向信号出力手段は、前記信号演算手段により演算された制御信号を増幅し、前記
静電偏向器の上段と下段に共通な増幅手段を有し、

前記増幅手段は、前記偏向電圧比切替手段を有することを特徴とする検査装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載の検査装置において、

50

前記静電偏向器は、上段と下段の２段からなり、

前記偏向信号出力手段は、前記偏向信号生成手段により生成された制御信号を増幅し、
前記静電偏向器の上段と下段に共通な増幅手段を有し、

前記増幅手段は、前記偏向電圧比切替手段を有することを特徴とする検査装置。

【請求項 6】

被検査試料を保持する試料台と、

前記被検査試料に電子ビームを照射する照射手段と、

前記電子ビームを偏向する複数段多極構成の静電偏向器と、

前記静電偏向器に偏向制御信号を出力して前記静電偏向器を制御する偏向制御手段と、

前記偏向制御手段により制御されて前記静電偏向器により偏向された電子ビームによる
前記被検査試料からの二次電子または反射電子を検出する検出手段と、

前記被検査試料上の帯電状態の制御による二次電子または反射電子を制御する帯電制御
電極と、

前記被検査試料ごとに選択される検査条件に従って前記帯電制御電極に印加する電圧を
設定する帯電制御手段とを有し、

前記偏向制御手段は、

前記偏向制御信号を生成する偏向信号生成手段と、

前記偏向信号生成手段により生成された制御信号を増幅し、この増幅された制御信号を
分岐して前記静電偏向器の各段に同じ大きさの電圧を印加する偏向信号出力手段とを有す
ることを特徴とする検査装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載の検査装置において、

前記静電偏向器は、上段と下段の２段からなり、

前記偏向信号出力手段は、

前記偏向信号生成手段により生成された制御信号を増幅し、前記静電偏向器の上段と下
段に共通な増幅手段と、

前記増幅手段により増幅された制御信号を分岐して前記静電偏向器の上段と下段に同じ
大きさの電圧を印加する手段とを有することを特徴とする検査装置。

【請求項 8】

請求項 6 記載の検査装置において、

前記静電偏向器は、上段と下段の２段からなり、

前記偏向信号生成手段と前記偏向信号出力手段との間に、前記偏向信号生成手段により
生成された制御信号から前記静電偏向器の上段と下段の各極に印加する制御信号を演算す
る信号演算手段を有し、

前記偏向信号出力手段は、前記信号演算手段により演算された制御信号を増幅し、前記
静電偏向器の上段と下段に共通な増幅手段と、

前記増幅手段により増幅された制御信号を分岐して前記静電偏向器の上段と下段に同じ
大きさの電圧を印加する手段とを有することを特徴とする検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、半導体外観検査技術に関し、特に微細な回路パターンを有する半導体ウエハ
や、ホトマスク（露光マスク）、液晶等を検査する電子ビームを用いた電子ビーム式検査
装置に適用して有効な技術に関する。

【背景技術】

【０００２】

本発明者が検討したところによれば、半導体外観検査技術としては、例えば特許文献 1
～ 5、非特許文献 1～3 に記載される技術などが挙げられる。以下において、これらの文
献に記載された技術の内容や、これらの文献に記載の技術に相当する内容を示した図 2～
図 5 を用いて説明する。図 2 は特許文献 3、図 3 は特許文献 4、図 4 は特許文献 2 及び 5

10

20

30

40

50

、図 5 は非特許文献 2 及び 3、にそれぞれ記載されている内容に相当する技術である。

【0003】

例えば、半導体装置の製造技術では、半導体装置の製造過程における異常や不良発生を、早期に、あるいは、事前に検知するため、各製造工程の終了時において半導体ウエハ上のパターン検査が行われる。ウエハ上の回路等のパターンを検査する電子ビームを用いた検査方法及び検査装置では、検査対象のウエハに電子ビームをスキャンして照射し、発生する二次電子から検出画像を生成し、同様の回路パターンの画像同士を比較し、差が大きい場所を欠陥として判定を行う。

【0004】

従来の電子ビーム式検査装置について、以下、図 2、図 3 を用いて説明する。なお、図 2 は電子ビーム式検査装置に関する一般的な動作を説明するために、その構成の一例を示したものであり、図示する構成に限られるものではない。また、図 3 (a) に示した X、Y の座標は、例として電子ビームのスキャン方向を X 方向、ステージの移動方向を Y 方向として図示した。

【0005】

図 2 の検査装置において、電子銃 30 より射出した電子ビーム 31 は、集束レンズ 36 で集束され、静電偏向器 32 を介して偏向制御され、対物レンズ 37 等を経て試料 33 をスキャンしながら照射される。電子ビーム 31 が照射されると、試料 33 からは二次電子 38 が発生し、二次電子 38 は検出器 35 で検出される。

【0006】

例えば、図 3 に示す試料台 34 を図示する Y 方向へ連続的に移動させながら、電子ビーム 31 を、試料 33 上で図示する X 方向に繰返し走査するように静電偏向器 32 を動作させて、前記繰返し走査に同期して試料 33 から発生する二次電子 38 を検出器 35 で検出することで、図 3 (b) に示す試料 33 の二次元検出画像イメージ 60 を得る。試料台 34 を X 方向へ移動して検査する場合は、電子ビーム 31 が試料 33 上を Y 方向に繰返し走査するように制御を行う。

【0007】

検出器 35 で検出された信号は、検出回路 41 によってデジタル信号に変換される。画像処理手段 42 は、デジタル信号をもとに二次元の画像を生成して、この画像内にある欠陥を検出し、その検出結果を全体制御手段 1 に送信する。全体制御手段 1 は、G U I 画面 5 より入力された検査条件に応じて、電子銃 30、欠陥検出手段 4、偏向制御手段 2、対物レンズ 37、帯電制御手段 50、試料台 34 の制御を行う。

【0008】

ここでは、試料台 34 は、図 3 に表示する X 方向または Y 方向の 2 方向に連続的に移動する例を記したが、試料台 34 が物理的に回転し、図示する X 方向または Y 方向の一方向のみに連続的に移動するものでも構わず、試料台 34 の構成を限定するものではない。また、検出器 35 は、試料 33 から発生する二次電子 38 を検出するように構成したが、試料 33 から発生する透過電子若しくは吸収電子を検出するように構成してもよい。

【0009】

特に、特許文献 1 と非特許文献 1 においては、通常の走査型電子顕微鏡 (S E M) の 100 倍以上 (10 n A 以上) の電子線電流を基板に照射し、発生する二次電子・反射電子・透過電子の何れかを検出し、その検出信号から得られる画像により欠陥を検出する方法が開示されている。この中で、電子ビームをスキャン制御する電子ビーム偏向器は 2 段に配設した静電偏向器で構成するとともに、ビーム偏向制御回路を偏向波形発生手段と、上下 2 段偏向器に対して独立な高電圧増幅手段で構成し、±180 V のランプ波形を発生することが開示されている。

【0010】

また、技術の進歩に伴い、検査装置が対象とする回路パターンを形成する材質や構成は複雑化し、これに応じて欠陥の種類も増大している。従来の検査装置では、ウエハに照射する電子線のエネルギーである加速電圧や、対象物上での電界強度などを適切に設定する

10

20

30

40

50

ことにより、各種の欠陥に対応した検出条件を設定していた。特に電子光学系では、NVC (Negative Voltage Contrast: 負帯電) モード、および PVC (Positive Voltage Contrast: 正帯電) モードと称されるウェハ上の帯電状態により、検出可能となる欠陥の種類が大幅に異なることから、これら 2 つの検査モードを 1 台の検査装置で両立することが要求されている。

【0011】

図 4 に示した 2 段の静電偏向器 (上段静電偏向器 32a、下段静電偏向器 32b) を用いた偏向方式 ((a) PVC モード、(b) NVC モード) では、電子ビーム 31 の偏向支点 371 は、対物レンズ 37 の中心になることが望ましい。ここで、偏向支点 371 は静電偏向器 32 の構成、試料 33 上の帯電状態と上下 2 段の静電偏向器 32 に印加する偏向電圧の比率で決定される。PVC モードと NVC モードではウェハの帯電電圧 (PVC モードの帯電電荷 391、NVC モードの帯電電荷 392) が異なることから、各モードに応じて上段静電偏向器 32a と下段静電偏向器 32b への印加電圧比率をそれぞれ変更する必要があり、従来の検査装置では上下 2 段の静電偏向器 32 への印加電圧を個別に生成する構成となっていた。

【0012】

電子ビーム式検査装置における静電偏向器は、電極間隔が等間隔である 8 極形、あるいは電極間隔が非等間隔である 12 極形、20 極形が主に用いられ、各偏向器方式に対して、偏向制御手段には少なくとも偏向波形発生手段と電圧増幅手段が含まれる。

【0013】

この静電偏向器における偏向歪や収差を最小にするために、偏向器中で均一な電界範囲が広範囲であることが必要であり、偏向器の形状によって広範囲な電界範囲を得る条件が異なってくることが知られている。8 極静電偏向器の場合は、X、Y 方向に印加が必要な偏向電圧 V_x 、 V_y から図 5 に示すような関係で各極に分割された電圧を印加することが必要である。そのため、8 極静電偏向器を制御する偏向制御回路では、前記の関係で電極電圧を演算して出力する 8 極信号演算手段が必要となる。一方、12 極形と 20 極形の静電偏向器では、電極幅と間隔を変えることで、均一な電界範囲を広くすることが可能であり、電極信号演算手段は必要なくなる。但し、20 極形は製造工程が複雑であり、また 12 極形の方は 3 次歪と収差があることなどの問題がある。

【0014】

図 2 では、電子ビーム式検査装置の例として、前記の 2 段 8 極静電偏向器と偏向制御手段 2 を図示した。図 3 に示すようなスキャンを実現するために、偏向制御手段 2 の偏向波形生成手段 21 は X、Y 両方向の基本偏向信号を生成し、上下偏向信号分配手段 25 で上下 2 段偏向器用信号を分配した後、上段 8 極信号演算手段 26a と下段 8 極信号演算手段 26b でそれぞれ図 5 に示した関係を満足する 8 極信号を演算し、上段偏向信号増幅手段 27a と下段偏向信号増幅手段 27b で偏向器駆動用高電圧信号を増幅し、上段静電偏向器 32a と下段静電偏向器 32b に印加して、電子ビーム 31 の走査制御を行う。

【特許文献 1】特開平 5-258703 号公報

【特許文献 2】特開 2005-311018 号公報

【特許文献 3】特開 2003-197141 号公報

【特許文献 4】特開 2001-147114 号公報

【特許文献 5】特開 2007-329337 号公報

【非特許文献 1】P. Sandland et al "An electron-beam inspection system for x-ray mask production", J. Vac. Sci. Tech. B, Vol. 9, Issue 6, pp1289-1292 (1983), pp3005-3009 (1991)

【非特許文献 2】E. Goto et al "In-lens Deflection system with nonequisectioned-type multipoles electron static deflector", J. Vac. Sci. Tech. B, Vol. 1, Issue 4, pp1289-1292 (1983)

10

20

30

40

50

【非特許文献 3】C. H. Schaefer, "A theoretical performance comparison of six electrostatic e-beam deflectors", J. Vac. Sci. Tech. B, Vol. 4, Issue 5, pp 1237-1242 (1986)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

ところで、前記特許文献 1～5、非特許文献 1～3 に記載されるような検査装置では、検査対象であるウエハ上に形成される回路パターンの微細化に伴い、欠陥の検出感度の向上が要求されており、特に電子ビームに走査ずれが発生すると検出感度が向上できないという課題を有している。電子ビームの走査位置を制御するための電子ビーム偏向制御回路において、回路構成素子で発生した回路ノイズが被検査試料における電子ビームの走査ずれの原因であり、偏向制御手段の回路素子で発生した熱雑音などのランダムな回路ノイズ（偏向信号雑音 601）が図 6（b）に示すように偏向制御信号波形 600 に重畳し、図 6（a）に示すような電子ビーム走査ずれ 602 を発生させることになる。

【0016】

電子ビーム式検査装置は、同じ回路パターン同士間の検出画像を比較することで欠陥判定するため、ランダムな走査ずれが発生すると、本来検出すべき正常部のパターンと異なる位置のパターンまたは信号強度を検出することとなり、検出されたパターンは正常部のパターンとは異なる擬似欠陥となる。8 極以外のその他多極数を有する偏向器を用いた電子ビーム式検査装置においても、同様に偏向制御回路のノイズに起因した電子ビームの走査ずれが問題となる。

【0017】

なお、前記特許文献 1 には、検査対象であるウエハ上の同一箇所を N 回スキャンして N 回分の検出信号を加算することで、ランダムであるノイズの影響を低減する方法が開示されている。しかし上記の方法では N 回スキャンすることから、例えば、重ね合せを 2 回、4 回行くとそれぞれの検査速度は $1/2$ 倍、 $1/4$ 倍となり、原理的に検査速度が低下するという課題を有している。

【0018】

そこで、本発明は、上記問題に鑑み、2 段以上の複数段多極構成の静電偏向器方式に基づいた電子ビーム式検査装置において、PVC モードと NVC モードのいずれにも対応できる偏向電圧生成方法を提供すると共に、偏向制御回路のノイズに起因する電子ビームの走査ずれを低減して検出感度を向上できる検査装置を提供することを 1 つの目的とするものである。

【0019】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

【0021】

本発明における課題解決手段を説明する前に、まず偏向制御回路のノイズと電子ビームの走査ずれの関係について、図 7 を用いて説明する。図 7 では 2 段静電偏向器を用いて説明するが、偏向制御回路のノイズと電子ビームの走査ずれの関係については、2 段静電偏向器を用いた構成に限られるものではない。

【0022】

図 7 に示す 2 段静電偏向器において、試料（ウエハ）33 上の電子ビーム偏向量 S は、電子ビーム 31 の入射電圧 V_0 、上段静電偏向器 32a の長さ D_U 、下段静電偏向器 32b の長さ D_L 、上段静電偏向器 32a の偏向電圧 V_U 、 $-V_U$ 、下段静電偏向器 32b の

10

20

30

40

50

偏向電圧 V_L 、 $-V_L$ 、静電偏向器 32a、32b の内径 g 、偏向支点 371 から試料 33 までの距離 S_3 とした場合、以下の簡略式 (1) で与えられる。

【0023】

$$(式1) \quad S = 2 \times (D_L \times V_L - D_U \times V_U) \times S_3 / (g \times V_0)$$

上下静電偏向器に印加する偏向電圧を $V_U = V_L = V$ とした場合、電子ビーム偏向量 S は、

$$(式2) \quad S = 2 \times V \times (D_L - D_U) \times S_3 / (g \times V_0)$$

となる。

【0024】

電子ビーム走査ずれの要因である偏向制御回路のランダムノイズは、図 8 に示すように、上下 2 段の静電偏向器 32 に対する共通なノイズ N_{com} と、独立で非共通なノイズ $N_{no com U}$ 、 $N_{no com L}$ に分けられる。共通なノイズ N_{com} に起因する電子ビーム走査ずれ量は、

$$(式3) \quad \delta S_{com} = 2 \times N_{com} \times (D_L - D_U) \times S_3 / (g \times V_0)$$

である。

【0025】

一方、独立な非共通ノイズ $N_{no com U}$ と $N_{no com L}$ の大きさが同じ値 $N_{no com}$ と仮定すると、発生する電子ビーム走査ずれ量は、

$$(式4) \quad \delta S_{no com} = 2 \times N_{no com} \times ((D_L^2 + D_U^2)^{0.5}) \times S_3 / (g \times V_0)$$

となる。

【0026】

比較するために、 $N_{com} = N_{no com}$ と仮定すると、

$$(式5) \quad ((D_L^2 + D_U^2)^{0.5}) \gg (D_L - D_U)$$

であるから、

$$(式6) \quad \delta S_{no com} \gg \delta S_{com}$$

となる。

【0027】

上記より、偏向制御回路のノイズにおいて、上下 2 段静電偏向器で非共通なノイズ成分が電子ビームの走査ずれの主要因である。従って、電子ビームの走査ずれを低減するために、上下 2 段静電偏向器に印加する非共通部分の回路ノイズを低減することと、上下 2 段静電偏向器に対して偏向制御回路の共通化を図ることが必要となる。一方、試料上の帯電状態が異なる P V C と N V C の両方の検査モードを 1 つの電子ビーム式検査装置上で両立するため、帯電制御電極に印加する電圧に応じて上下 2 段静電偏向器に印加する偏向制御電圧の比率を切り替える回路方式と制御手段の提供が必要となる。

【0028】

そこで、本発明の代表的なものの概要は、電子ビーム式検査装置において、試料を保持する試料台と、試料に電子ビームを照射する照射手段と、電子ビームを偏向する複数段多極構成の静電偏向器と、静電偏向器に偏向制御信号を出力して静電偏向器を制御する偏向制御手段と、偏向制御手段により制御されて静電偏向器により偏向された電子ビームによる試料からの二次電子または反射電子を検出する検出手段と、試料上の帯電状態の制御による二次電子または反射電子を制御する帯電制御電極と、試料ごとに選択される検査条件に従って帯電制御電極に印加する電圧を設定する帯電制御手段とを有する。前記偏向制御手段は、偏向制御信号を生成する偏向信号生成手段と、この偏向信号生成手段により生成された制御信号を増幅し、この増幅された制御信号を分岐して静電偏向器の各段に違う電圧を印加する偏向信号出力手段とを有する。前記偏向信号出力手段は、静電偏向器の各段に違う電圧を印加するために、帯電制御手段により設定されて帯電制御電極に印加する電圧に応じて静電偏向器の各段に印加する制御信号の電圧比を切り替える偏向電圧比切替手段を有する。

【0029】

10

20

30

40

50

例えば、前記電子ビーム式検査装置で、静電偏向器が上段と下段の２段、電極間隔が等間隔である８極等の構成の場合には、偏向信号生成手段により生成された制御信号から静電偏向器の上段と下段の各極に印加する制御信号を演算する信号演算手段を有する。前記偏向信号出力手段は、信号演算手段により演算された制御信号を増幅し、静電偏向器の上段と下段に共通な増幅手段と、増幅手段により増幅された制御信号を分岐して静電偏向器の上段と下段に違う電圧を印加する手段とを有する。また、静電偏向器が上段と下段の２段、電極間隔が非等間隔である１２極、２０極等の構成の場合には、前記信号演算手段は不要で、前記偏向信号出力手段は、偏向信号生成手段により生成された制御信号を増幅し、静電偏向器の上段と下段に共通な増幅手段と、増幅手段により増幅された制御信号を分岐して静電偏向器の上段と下段に違う電圧を印加する手段とを有する。

10

【発明の効果】

【００３０】

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下のとおりである。

【００３１】

すなわち、代表的なものによって得られる効果は、複数段多極構成の静電偏向器方式に基づいた電子ビーム式検査装置において、ＰＶＣモードとＮＶＣモードのいずれにも対応できる偏向電圧生成方法を提供すると共に、偏向制御回路のノイズに起因する電子ビームの走査ずれを低減して検出感度を向上できる検査装置を提供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】

20

【００３２】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【００３３】

< 第１の実施の形態 >

本発明の第１の実施の形態に係る検査装置について、図１を用いて説明する。図１は、電子ビーム式検査装置の構成例を示す概略ブロック図である。本実施の形態では、前述した図２の電子ビーム式検査装置や図３～図５等で説明した内容と異なる部分を主として説明し、同様の部分の説明は省略するものとする。

30

【００３４】

本実施の形態の電子ビーム式検査装置は、被検査試料がウエハ等の自動検査装置への適用例であって、検査装置全体の制御を行う全体制御手段１と、静電偏向器に偏向制御信号を出力して静電偏向器を制御する偏向制御手段２と、偏向制御手段２により制御されて静電偏向器により偏向された電子ビームによる試料からの二次電子または反射電子を検出して信号処理する欠陥検出手段４と、検査条件の入力と検査結果の表示を行うＧＵＩ画面５と、検査装置本体などから構成される。

【００３５】

検査装置本体は、試料３３に電子ビーム３１を照射する照射手段である電子銃３０と、電子ビーム３１を偏向する複数段多極構成（ここでは２段８極構成の例）の静電偏向器３２（上段静電偏向器３２ａ、下段静電偏向器３２ｂ）と、試料３３を保持する試料台３４と、試料３３に照射された電子ビーム３１によって発生する二次電子（または反射電子等）３８を検出する検出器３５と、電子ビーム３１を集束させる集束レンズ３６と、対物レンズ３７と、帯電制御電極３９などから構成される。帯電制御電極３９は、ＧＵＩ画面５に入力した検査条件を記載したレシピ情報から試料３３ごとに選択する検査条件に従って帯電制御電極３９に印加する電圧を設定する帯電制御手段５０により制御される。

40

【００３６】

欠陥検出手段４は、検出器３５で検出された信号をデジタル信号に変換する検出回路４１と、変換されたデジタル信号をもとに二次元の画像を生成して、この画像内にある欠陥を検出する画像処理手段４２などから構成される。画像処理手段４２からの検出結果は全

50

体制御手段 1 に送信され、G U I 画面 5 に検査結果として表示される。また、全体制御手段 1 は、G U I 画面 5 より入力された検査条件に応じて、電子銃 3 0、欠陥検出手段 4、偏向制御手段 2、対物レンズ 3 7、帯電制御手段 5 0、試料台 3 4 などの制御を行う。

【0037】

偏向制御手段 2 は、全体制御手段 1 からの指令に従って、電子銃 3 0 から集束レンズ 3 6 と静電偏向器 3 2 と対物レンズ 3 7 とを通して試料台 3 4 上に設置された試料 3 3 に照射される電子ビーム 3 1 の偏向を制御する手段であり、電子ビーム 3 1 の偏向を制御する基本の偏向制御信号を生成する偏向波形生成手段（偏向信号生成手段）2 1 と、生成された偏向制御信号から静電偏向器 3 2 の各極に印加する電極制御信号を演算する 8 極信号演算手段 2 2 と、演算された電極制御信号を増幅し、この増幅された電極制御信号を分岐して静電偏向器 3 2 の各段に違う電圧を印加する偏向信号出力手段 2 0 などから構成される。

10

【0038】

偏向信号出力手段 2 0 は、8 極信号演算手段 2 2 で演算された電極制御信号を増幅する偏向信号増幅手段 2 0 1 と、増幅された電極制御信号から上段静電偏向器 3 2 a と下段静電偏向器 3 2 b に印加する信号を分岐する擬似インバーター回路 2 0 2 から構成される。さらに、擬似インバーター回路 2 0 2 の信号入力部分に、上段静電偏向器 3 2 a と下段静電偏向器 3 2 b に違う電圧を印加するために、帯電制御手段 5 0 により設定されて帯電制御電極 3 9 に印加する電圧に応じて上段静電偏向器 3 2 a と下段静電偏向器 3 2 b に印加する制御信号の電圧比を切り替える偏向電圧比切替手段 2 0 3 を有する。この偏向電圧比切替手段 2 0 3 は、例えば一端が共通に接続された 2 つの抵抗をスイッチで切り替えるような構成からなり、このスイッチを制御して抵抗値を変えることにより、上段静電偏向器 3 2 a と下段静電偏向器 3 2 b に印加する電圧は、P V C モードと N V C モードのそれぞれに必要な偏向電圧比に切り替えられる。

20

【0039】

以下に示す 2 つの理由で、この偏向電圧比切替手段 2 0 3 を有する擬似インバーター回路 2 0 2 を利用することが本実施の形態（本発明）の最良の形態である。

【0040】

（１）一般的に 2 桁以上のゲインを持つ偏向信号増幅手段 2 0 1 に対して、ゲインが約 1 の擬似インバーター回路 2 0 2 ではノイズが非常に低く、非共通な回路ノイズを最大限に低減できる。

30

【0041】

（２）偏向信号増幅手段 2 0 1 の出力信号は高電圧であるため、非反転入力回路方式を使用できない。

【0042】

よって、本実施の形態の構成では、電子ビーム走査ずれの主要因である上段静電偏向器 3 2 a 及び下段静電偏向器 3 2 b に対する非共通な回路ノイズが従来の回路構成に比べて大幅に低減でき、電子ビーム式検査装置の検出感度向上が実現できる。

【0043】

以下、電子ビーム式検査装置の簡単な検査動作を示しながら、各部の詳細な説明と具体的な動作を示す。

40

【0044】

図 1 において、G U I 画面 5 に入力した検査条件によって、全体制御手段 1 は検査シーケンスの決定を行い、各種走査パラメータおよびコマンドを偏向制御手段 2 に転送する。同時に、検査条件を記載したレシピ情報から検査試料ごとに選択する検査条件に従って、P V C と N V C のモードで必要な帯電制御情報を帯電制御手段 5 0 に転送し、帯電制御電極 3 9 に必要な帯電電圧信号を印加する。

【0045】

偏向制御手段 2 では、前記パラメータに従い、上段静電偏向器 3 2 a と下段静電偏向器 3 2 b で構成された静電偏向器 3 2 に与える電圧を制御することで電子ビーム 3 1 を偏向

50

し、ウェハ等の試料 3 3 上の目標位置をスキャンする。そのとき発生する二次電子 3 8 が、検出器 3 5 並びに欠陥検出手段 4 に設けられた検出回路 4 1 により試料 3 3 の情報として取り込まれ、更に画像処理手段 4 2 が二次電子 3 8 の情報をビーム偏向位置の画素データとして処理することにより、試料 3 3 の画像データが得られる。

【0046】

取得した画像データは、画像処理手段 4 2 において、試料 3 3 上の同パターンを持つ画像もしくは設計データと比較され、その結果を用いてパターンに差異のある個所の評価やプロセス管理の為のデータ処理を行うことで検査を行い、検査結果を G U I 画面 5 に表示する。

【0047】

偏向制御手段 2 の偏向波形生成手段 2 1 は、全体制御手段 1 からの走査制御パラメータにより、電子ビーム 3 1 を走査ラインの始点から終点まで直線的に走査できるようにランプ形の波形を有する偏向制御信号のデジタルデータを生成し、波形データからアナログ波形を変換する。その後、8 極信号演算手段 2 2 で上段下段 8 極構成の静電偏向器 3 2 の各極に印加するために必要な電極制御信号を分割演算し、偏向信号出力手段 2 0 の偏向信号増幅手段 2 0 1 で増幅する。

【0048】

偏向信号増幅手段 2 0 1 で増幅された高電圧の電極制御信号は 2 分岐に出力して、1 つが上段静電偏向器 3 2 a 及び下段静電偏向器 3 2 b の片方（例えば上段静電偏向器 3 2 a ）に直接印加する。もう 1 つは、擬似インバーター回路 2 0 2 を経由して上段静電偏向器 3 2 a 及び下段静電偏向器 3 2 b の残り片方（例えば下段静電偏向器 3 2 b ）に印加する。この場合に、試料 3 3 の帯電制御情報により帯電制御手段 5 0 は擬似インバーター回路 2 0 2 にある偏向電圧比切替手段 2 0 3 を制御し、擬似インバーター回路 2 0 2 の入力抵抗値を変えることにより回路ゲインを変え、P V C モードと N V C モードで必要となる上下偏向電圧比率を生成する。

【0049】

偏向信号出力手段 2 0 で増幅された偏向制御信号に基づき、静電偏向器 3 2 を制御して電子ビーム 3 1 の偏向を制御する。同時に、全体制御手段 1 からのコマンド指示に基づいて、試料 3 3 が搭載される試料台 3 4 は電子ビーム 3 1 との垂直方向で低速移動する。電子ビーム 3 1 がラインの始点から終点まで 1 ラインのスキャンが完了したら、その間に試料台 3 4 を移動させて試料 3 3 上の次の走査目標ラインに走査開始領域を配置し、連続的に次ラインのスキャンを開始する。

【0050】

以上説明したように、本実施の形態の電子ビーム式検査装置によれば、偏向波形生成手段 2 1 と 8 極信号演算手段 2 2 と偏向信号増幅手段 2 0 1 を上段静電偏向器 3 2 a と下段静電偏向器 3 2 b に対して共通化し、以降の回路で、増幅された制御信号を 2 分岐して、片方を上段静電偏向器 3 2 a に直接印加し、残りの片方を擬似インバーター回路 2 0 2 を経由して下段静電偏向器 3 2 b に印加する構成において、擬似インバーター回路 2 0 2 で P V C あるいは N V C モード対応の異なる偏向電圧比に帯電制御手段 5 0 の制御で切り替えることにより、上段及び下段の 2 段構成の静電偏向器 3 2 に印加する非共通ノイズを最小化することが可能となり、電子ビームの走査ずれを低減できる。

【0051】

この結果、P V C あるいは N V C のいずれのモードでも必要となる偏向電圧を上段静電偏向器 3 2 a と下段静電偏向器 3 2 b に印加するとともに、非共通ノイズを最小化することで偏向制御手段 2 の回路ノイズに起因する電子ビーム走査ずれを低減して、検出画像の画質を改善し、欠陥検出感度の向上を実現できる。

【0052】

なお、本実施の形態では、2 段 8 極構成の静電偏向器 3 2 に基づいた回路構成と動作を説明したが、その他の 3 段以上、電極間隔が等間隔である静電偏向器を使用する場合は、本発明の基本思想から簡単に構成できることはいうまでもない。

10

20

30

40

50

【0053】

<第2の実施の形態>

本発明の第2の実施の形態に係る検査装置について、図9を用いて説明する。図9は、電子ビーム式検査装置の偏向制御手段の回路構成例を示す概略ブロック図である。本実施の形態の電子ビーム式検査装置の基本構成は、前記第1の実施の形態とほぼ同様であるため、一部説明を省略する。ここでは、第1の実施の形態と異なる部分を主として説明する。

【0054】

本実施の形態の電子ビーム式検査装置において、前記第1の実施の形態と異なる部分は、電極間隔が非等間隔である12極あるいは20極の静電偏向器を制御する偏向制御手段の回路である。12極あるいは20極の静電偏向器を使用する場合は、偏向収差を最小にするため均一電界が最も広くとれる条件が電極幅の最適設計であり、電極に印加する電圧は±Xと±Yの4つのみが必要である（非特許文献2と非特許文献3）。そのため、偏向制御手段2に電極の信号演算手段の回路ブロックがなくてもよい。

【0055】

この場合の偏向制御手段2の最適構成は、図9に示すように、偏向波形生成手段21と偏向信号出力手段20の偏向信号増幅手段201は上段静電偏向器32aと下段静電偏向器32bに対して共通化し、増幅された制御信号を2分岐して、片方を上段静電偏向器32aに直接印加し、残りの片方を擬似インバーター回路202を経由して下段静電偏向器32bに印加する。擬似インバーター回路202中に、前記第1の実施の形態と同様に、PVCモードとNVCモードで必要となる上段静電偏向器32aと下段静電偏向器32bで異なる偏向電圧比の偏向電圧比切替手段203を配設し、帯電制御手段50からのPVC/NVCモード切替制御信号204の制御により偏向電圧比切替手段203のスイッチを切り換え、PVCモードあるいはNVCモードに必要な上下偏向電圧比率を生成する。

【0056】

これにより、本実施の形態の電子ビーム式検査装置によれば、2段構成の12極あるいは20極の静電偏向器32を用いた場合でも、前記第1の実施の形態と同様に、PVCモードとNVCモードに対応し、非共通ノイズを最小化することで偏向制御手段2の回路ノイズに起因する電子ビーム走査ずれを低減して、検出画像の画質を改善し、欠陥検出感度を向上できる。

【0057】

なお、本実施の形態では、2段12極あるいは20極構成の静電偏向器32に基づいた回路構成と動作を説明したが、その他の3段以上、電極間隔が非等間隔である静電偏向器を使用する場合は、本発明の基本思想から簡単に構成できることはいうまでもない。

【0058】

<第3の実施の形態>

本発明の第3の実施の形態に係る検査装置について、図10を用いて説明する。図10は、電子ビーム式検査装置の偏向制御手段の回路構成例を示す概略ブロック図である。前記第1の実施の形態で示した2段8極構成の静電偏向器に用いた電子ビーム式検査装置の偏向制御手段の回路は、本発明の非共通ノイズを低減することによる電子ビームの走査ずれ低減という基本思想に基づいて、図10に示す構成例でも可能である。

【0059】

本実施の形態の電子ビーム式検査装置において、図10に示す偏向制御手段2の回路構成は、偏向波形生成手段21と8極信号演算手段22までは上段静電偏向器32aと下段静電偏向器32bに対して共通化し、分割演算された信号を増幅する偏向信号増幅手段を上段偏向信号増幅手段205aと下段偏向信号増幅手段205bで個別に配設した回路構成である。上段偏向信号増幅手段205aと下段偏向信号増幅手段205b中に、PVCモードとNVCモードで必要となる上段静電偏向器32aと下段静電偏向器32bで異なる偏向電圧比の偏向電圧比切替手段203も個別に配設する。そして、PVC/NVCモード切替制御信号204により偏向電圧比切替手段203のスイッチを切り換え、PVC

モードあるいはNVCモードに必要な上下偏向電圧比率を生成する。

【0060】

これにより、本実施の形態の電子ビーム式検査装置によれば、偏向制御手段2の回路の非共通ノイズは前記第1の実施の形態より大きいものの、従来の回路構成(図2)と比べて低減され、欠陥検出感度の向上効果がある。さらに、PVCモードとNVCモードに対応した偏向電圧比切替手段203を個別に配設しているため、上下異なる偏向電圧種類へ対応でき、適用範囲が広がる。

【0061】

＜第4の実施の形態＞

本発明の第4の実施の形態に係る検査装置について、図11を用いて説明する。図11は、電子ビーム式検査装置の偏向制御手段の回路構成例を示す概略ブロック図である。本実施の形態に示す偏向制御手段の回路構成は、上段静電偏向器と下段静電偏向器に印加する偏向電圧が同じである電子ビーム式検査装置に適用する例である。

【0062】

本実施の形態の電子ビーム式検査装置において、偏向制御手段2の回路全体の全構成要素は、上段静電偏向器32aと下段静電偏向器32bに対して共通化して、偏向信号増幅手段201で増幅された制御信号を2分岐して、上段静電偏向器32a、下段静電偏向器32bにそれぞれ印加する。

【0063】

これにより、本実施の形態の電子ビーム式検査装置によれば、PVCモードあるいはNVCモードの一方のみしか対応できないが、偏向制御手段2の回路の上下非共通ノイズは2段の静電偏向器で相殺され、それに伴い電子ビーム走査ずれの低減による検出感度の向上が可能となる。例えば、PVCモードあるいはNVCモードの一方のみを有する検査装置では、静電偏向器の長さや間隔等の物理サイズの最適な設計により、上段静電偏向器32aと下段静電偏向器32bに印加する偏向電圧を等しくなるように実現可能である。

【0064】

さらに、静電偏向器の長さや間隔等の物理形状が可変できる構成を持つ電子ビーム式検査装置において、PVCやNVCモードに対応して静電偏向器の物理形状を変えて上段静電偏向器32aと下段静電偏向器32bに印加する電圧を一定とすることで、本実施の形態の偏向制御手段2の回路構成による検出感度の向上が実現できる。

【0065】

なお、図11の偏向制御手段2は、偏向波形生成手段21と偏向信号増幅手段201のみを記載して説明したが、本発明の趣旨を逸脱しない限り、その構成に限られるものではない。例えば、8極構成の静電偏向器に用いて、図1のように8極信号演算手段が必要である場合も、偏向信号増幅手段201で増幅した偏向信号を2分岐した上で、上段静電偏向器32aと下段静電偏向器32bに印加してもよいことはいうまでもない。

【0066】

以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0067】

本発明の検査装置は、微細な回路パターンを有する半導体ウエハや、ホトマスク(露光マスク)、液晶等を検査する電子ビームを用いた電子ビーム式検査装置に利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る電子ビーム式検査装置の構成例を示す概略ブロック図である。

【図2】従来の電子ビーム式検査装置の構成例を示す概略ブロック説明図である。

10

20

30

40

50

【図 3】電子ビーム式検査装置の走査例（a）と試料の二次元検出画像イメージ（b）を示す図である。

【図 4】２段静電偏向器を用いた偏向方式の P V C モード（a）と N V C モード（b）の説明図である。

【図 5】８極静電偏向器の各極に印加する電圧の関係説明図である。

【図 6】電子ビーム式検査装置の偏向信号雑音（b）と電子ビーム走査ずれ（a）の説明図である。

【図 7】２段静電偏向器の偏向制御回路ノイズと電子ビーム走査ずれの関係説明図である。

【図 8】２段静電偏向器の偏向制御回路のノイズモデルの説明図である。

10

【図 9】本発明の第 2 の実施の形態に係る電子ビーム式検査装置の偏向制御手段の回路構成例を示す概略ブロック図である。

【図 10】本発明の第 3 の実施の形態に係る電子ビーム式検査装置の偏向制御手段の回路構成例を示す概略ブロック図である。

【図 11】本発明の第 4 の実施の形態に係る電子ビーム式検査装置の偏向制御手段の回路構成例を示す概略ブロック図である。

【符号の説明】

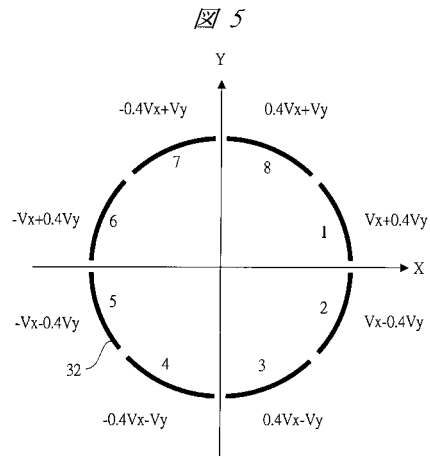
【0069】

1…全体制御手段、2…偏向制御手段、4…欠陥検出手段、5…G U I 画面、
 20…偏向信号出力手段、21…偏向波形生成手段、22…８極信号演算手段、25…
 上下偏向信号分配手段、26a…上段８極信号演算手段、26b…下段８極信号演算手段、
 27a…上段偏向信号増幅手段、27b…下段偏向信号増幅手段、
 30…電子銃、31…電子ビーム、32…静電偏向器、32a…上段静電偏向器、32b…
 下段静電偏向器、33…試料、34…試料台、35…検出器、36…集束レンズ、37…
 対物レンズ、38…二次電子、39…帯電制御電極、
 41…検出回路、42…画像処理手段、
 50…帯電制御手段、
 60…試料の二次元検出画像イメージ、
 201…偏向信号増幅手段、202…擬似インバーター回路、203…偏向電圧比切替
 手段、204…P V C / N V C モード切替制御信号、205a…上段偏向信号増幅手段、
 205b…下段偏向信号増幅手段、
 371…偏向支点、391…P V C モードの帯電電荷、392…N V C モードの帯電電
 荷、
 600…偏向制御信号波形、601…偏向信号雑音、602…電子ビーム走査ずれ。

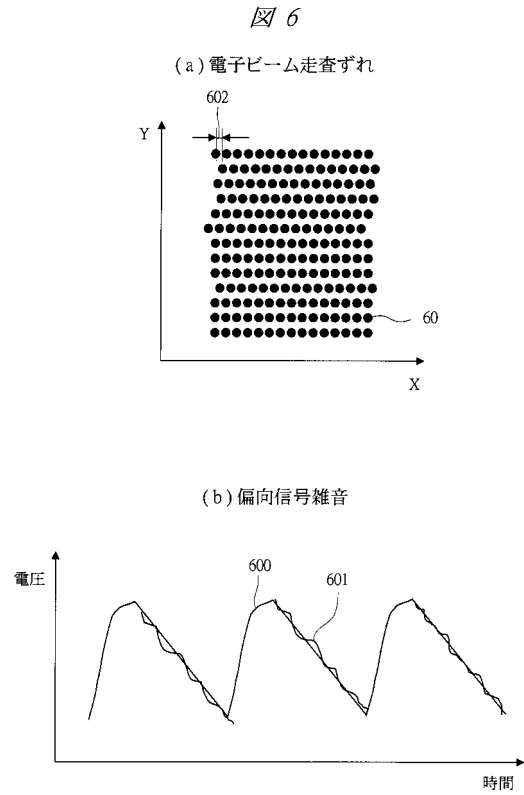
20

30

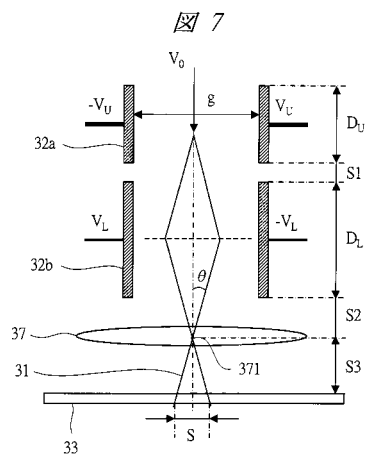
【図 5】



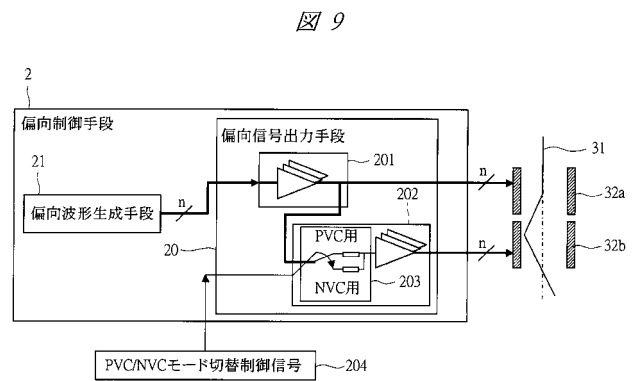
【図 6】



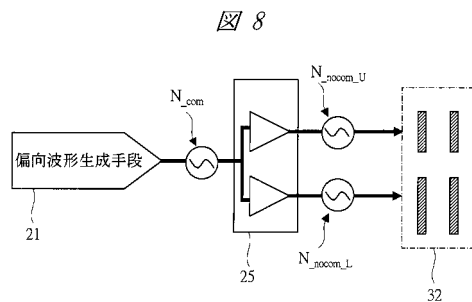
【図 7】



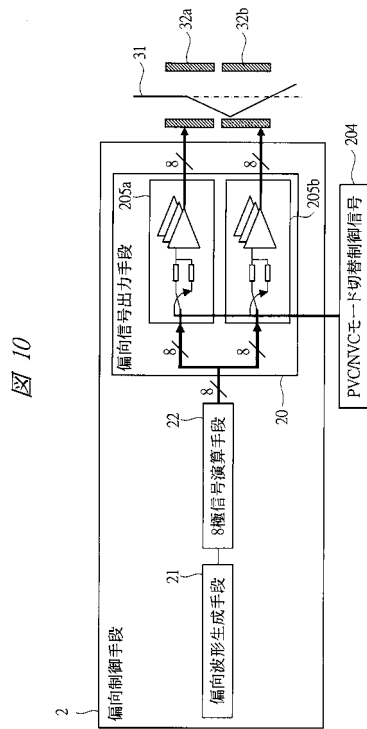
【図 9】



【図 8】

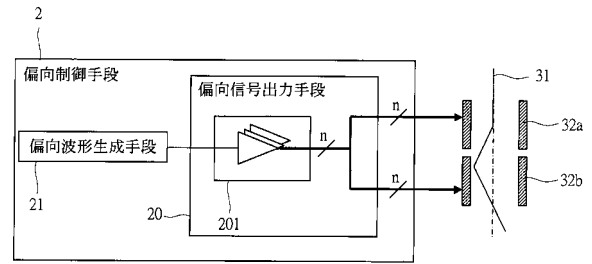


【図 10】



【図 11】

図 11



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 昌義

神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 郡司 康弘

茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ那珂事業所内

(72)発明者 船津 隆一

茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ那珂事業所内

Fターム(参考) 4M106 AA01 BA02 CA39 DB05 DB18

5C033 FF03