(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 6 月 6 日 (06.06.2013)

W 画P O | P C T

(10) 国際公開番号
WO 2013/081072 A1

(51) 国際特許分類：
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP20 12/080984

(22) 国際出願日： 2012 年 11 月 29 日 (29. 11.2012)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 201 1-260929 201 1 年 11 月 29 日 (29. 11.201 1) JP

(71) 出願人 株式会社ニコン(MKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100833 1 東京都千代田区有楽町一丁目１２番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者 ：藤森 義彦 (UJIMORI, Yoshihiko); 〒100833 1 東京都千代田区有楽町一丁目１２番１号 株式会社ニコン 知的財産本部内 Tokyo (JP)-

(74) 代理人 :川北 喜十郎 , 外(KAWAKITA, Kijuro et al); 〒1600022 東京都新宿区新宿一丁目5番4号 Ｙ Ｋ Ｂ マイクガーデン Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

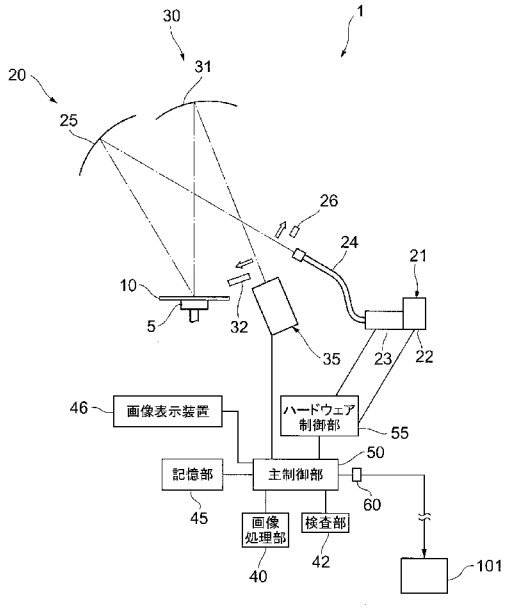
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：
– 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: MEASUREMENT DEVICE, MEASUREMENT METHOD, AND METHOD FOR MANUFACTURING SEMICON - DUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称 :測定装置、測定方法および半導体デバイス製造方法

[図1]



40 IMAGE PROCESSOR
42 INSPECTION UNIT
45 MEMORY UNIT
46 IMAGE DISPLAY DEVICE
50 MAIN CONTROLLER
55 HARDWARE CONTROLLER

(57) Abstract: Provided is a device capable of measuring, from a pattern of a device formed on a wafer, the focus state when the pattern was exposed. This invention is provided with: an illumination system (20) for using an illumination light to illuminate the wafer (10) having a pattern, formed by exposure, on the surface; a light-receiving system (30) and an imaging device (35) for detecting the illumination light that has been modulated by the pattern formed on the surface of the wafer (10), and outputting a detection signal; and an inspection unit (42) for measuring the exposure conaition of the pattern on the desired portion on the surface of the wafer (10) using the detection signal detected at a plurality of portions of the pattern.

(57) 要約： ウエハ上に形成されるデバイスのパターンから、パターンが露光された時のフォーカス状態を計測することができる装置を提供する。 露光により形成されたパターンを表面に有するウエハ１０を照明光で照明する照明系２０と、ウエハ１０の表面に形成されたパターンによって変調された照明光を検出して検出信号を出力する受光系３０および撮像装置３５と、ウエハ１０の表面上の所望の部分のパターンの露光条件を、該パターンの複数の部分で検出された検出信号を用いて測定する検査部４２とを備える。

WO 2013/081072 A1

明　細　書

発明の名称　:測定装置、測定方法および半導体デバイス製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板上に所定領域ごとに露光されたパターンの露光条件を測定する測定装置および測定方法に関する。また、このような測定方法を用いた半導体デバイス製造方法に関する。

背景技術

[0002] ステップ・アンド・スキャン方式に代表される露光装置においては、フォーカス (ウェハ面上でのパターンの合焦状態）の管理が非常に重要である。そこで、生産に先立ってテストレチクル露光などを行い、露光装置によってウェハ上に投影されるパターン (半導体回路パターン）像面と、ウェハの露光面 (レジストやトップコート処理がされた面）が一致するように調整されている。露光装置のフォーカスの状態を計測するには、例えば、専用のマスク (レチクル）を用いてテストパターンを露光・現像し、得られたテストパターンの位置ずれからフォーカスオフセット量を計測する方法が知られている (例えば、特許文献 1 を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1 :米国特許公開番号２００２/ ０１０００１２

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、フォーカスオフセットを求める専用パターンと実際のパターンとでは線幅や形状が異なる場合があり、専用パターンで求めたフォーカスオフセット (フォーカス状態）と実際のパターン (半導体回路パターン）のフォーカスオフセット状態とが異なるという課題があった。また、デバイスによっては、１チップ内に多くの異なる機能の部分がある場合があり、専用パターンから求めたフォーカスオフセットと実際のパターンのフォーカスオフ

セットで乖離が発生しやすいという課題があった。

[0005] 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、ウェハに投影されるデバイスのパターンのフォーカス状態を計測することができる装置および方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] このような目的達成のため、本発明に係る測定装置は、露光により形成されたパターンを表面に有する基板を照明光で照明する照明部と、前記パターンによって変調された照明光を検出して検出信号を出力する検出部と、所望の部分の前記パターンの露光条件を、該パターンの複数の部分で検出された検出信号を用いて測定する測定部とを備える。

[0007] なお、上記構成の測定装置において、前記測定部は、前記所望の部分のパターンの露光条件を、前記所望の部分を含む複数の部分で検出された検出信号を用いて測定するように構成されてもよい。

[0008] また、上記構成の測定装置において、前記測定部は、前記所望の部分の周囲の部分で検出された検出信号から、前記所望の部分のパターンの露光条件を測定するように構成されてもよい。

[0009] また、上記構成の測定装置において、前記測定部は、前記所望の部分で検出された検出信号と、該所望の部分以外の部分で検出された検出信号から求められた該所望の部分に対応する信号とから、該所望の部分のパターンの露光条件を測定するように構成されてもよい。

[001 0] また、上記構成の測定装置において、前記測定部は、前記所望の部分の周囲の部分で検出された信号から、前記所望の部分に対応する検出信号を補間により求めるように構成されてもよい。

[001 1] また、上記構成の測定装置において、前記測定部は、前記所望の部分のパターンの露光条件を、前記所望の部分と、前記所望の部分の周囲の部分であつて、前記所望の部分と相関のある部分で検出された検出信号を用いて測定するように構成されてもよい。

[001 2] また、上記構成の測定装置において、前記変調された照明光を検出する検

出条件が、前記部分ごとに設定されるように構成されてもよい。

[001 3] また、上記構成の測定装置において、前記検出部は、前記パターンによる回折または偏光に基づく変調を検出するように構成されてもよい。

[0014] また、上記構成の測定装置において、複数の露光条件で形成されたパターンで検出される検出信号を予め記憶した記憶部をさらに有し、前記測定部は、前記記憶部に記憶された検出信号と前記検出部で検出された検出信号を比較して前記表面上の所望の部分のパターンの露光条件を測定するように構成されてもよい。

[001 5] また、上記構成の測定装置において、前記測定部で測定される前記露光条件は、前記露光におけるフォーカス状態と露光量のうちの少なくとも一方であってもよい。

[001 6] また、本発明に係る測定方法は、露光により形成されたパターンを表面に有する基板を照明光で照明し、前記パターンによって変調された照明光を検出して検出信号を出力し、所望の部分の前記パターンの露光条件を、該パタ - ンの複数の部分で検出された検出信号を用いて測定するようになつている。

[001 7] なお、上記の測定方法において、前記所望の部分のパターンの露光条件を、前記所望の部分を含む複数の部分で検出された検出信号を用いて測定するようにしてもよい。

[001 8] また、上記の測定方法において、前記所望の部分のパターンの露光条件を、前記所望の部分で検出された検出信号と、該所望の部分以外の部分で検出された検出信号から求められた該所望の部分に対応する信号とから測定するようにしてもよい。

[001 9] また、上記の測定方法において、前記所望の部分の周囲の部分領域で検出された検出信号から前記所望の部分に対応する信号を求め、前記所望の部分のパターンの露光条件を測定するようにしてもよい。

[0020] また、上記の測定方法において、前記所望の部分の周囲の部分で検出された信号から、前記所望の部分に対応する検出信号を補間により求めるように

してもよい。

[0021] また、上記測定方法において、前記所望の部分のパターンの露光条件を、前記所望の部分で検出された検出信号と、該所望の部分以外の部分であつて、前記所望部分と相関のある部分で検出された検出信号から求められた該所望の部分に対応する信号とから測定するようにしてもよい。

[0022] また、上記の測定方法において、前記変調された照明光を検出する検出条件が、前記部分ごとに設定されるようにしてもよい。

[0023] また、上記の測定方法において、前記検出は、前記パターンによる回折または偏光の基づく変調を検出するようにしてもよい。

[0024] また、上記の測定方法において、複数の露光条件で形成されたパターンで検出される検出信号を予め記憶し、前記記憶された検出信号と前記検出された検出信号を比較して前記表面上の所望の部分のパターンの露光条件を測定するようにしてもよい。

[0025] また、上記の測定方法において、前記測定される前記露光条件は、前記露光におけるフオーカス状態と露光量のうちの少なくとも一方であつてもよい。

[0026] また、本発明に係る半導体デバイス製造方法は、基板の表面にパターンを露光するリソグラフィー工程を有し、前記露光の後に、本発明に係る測定方法を用いて、前記パターンが設けられた基板に対する前記露光時の露光条件を測定し、該測定された露光条件に基づいて露光条件を修正し、修正された露光条件で基板の表面にパターンを露光するようになっている。

発明の効果

[0027] 本発明によれば、ウエハ上に形成されるデバイスのパターンからパターンが露光された時のフオーカス状態を計測することができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]表面検査装置の概要構成図である。

[図2]表面検査装置の光路上に偏光フィルタが挿入された状態を示す図である。

[図3]半導体ウエハの表面の外観図である。

[図4] 1つのショット内の繰り返しパターンの配置構成を説明する平面図である。

[図5]繰り返しパターンの凹凸構造を説明する斜視図である。

[図6]直線偏光の入射面と繰り返しパターンの繰り返し方向との傾き状態を説明する図である。

[図7]露光装置の像面の傾きを求める方法を示すフローチャートである。

[図8]条件振りウエハで設定したフォーカスオフセット量を示す表である。

[図9]条件振りウエハの一例を示す図である。

[図10]フォーカスカーブの一例を示す図である。

[図11]フォーカスカーブとベストフォーカスとの関係を示すグラフである。

[図12]ショット内におけるフォーカスオフセット量の分布を示す図である。

[図13]露光装置による露光時のフォーカス状態を求める方法を示すフローチャートである(第1実施形態)。

[図14]異なる条件で撮像取得した条件振りウエハの回折画像およびフォーカスカーブを示す図である。

[図15]異なる条件で撮像取得したウエハの回折画像からフォーカスオフセット量を求める様子を示す図である。

[図16]フォーカスカーブと信号強度測定値との関係を示すグラフである。

[図17]ウエハの表面に対するフォーカスの変動状態を示す図である。

[図18]露光装置による露光時のフォーカス状態を求める方法を示すフローチャートである(第2実施形態)。

[図19]線形補間の計算式の一例を示す図である。

[図20] 1つのショット内の繰り返しパターンの配置構成を説明する平面図である(第2実施形態)。

[図21]露光装置による露光時のフォーカス状態を求める方法を示すフローチャートである(第3実施形態)。

[図22] 1つのショット内の繰り返しパターンの配置構成を説明する平面図で

ある (第4 実施形態)。

[図23] 露光装置による露光時のフォーカス状態を求める方法を示すフローチャートである (第4 実施形態)。

[図24] 図23のフローチャートにおけるステップS506のショット分割方法の具体例を示すフローチャートである。

[図25] 図24に示すショット分割方法の変形例を示すフローチャートである。

[図26] 露光装置による露光時のフォーカス状態を求める方法を示すフローチャートである (第5 実施形態)。

[図27] 露光システムの概要構成図である。

[図28] 半導体デバイス製造方法を示すフローチャートである。

[図29] リソグラフィー工程を示すフローチャートである。

[図30] 顕微鏡装置の概要構成図である。

[図31] 顕微鏡装置の光路上から偏光子および検光子が抜去され、ウェハチルト機構を備えた構成を示す図である。

[図32] 照明系倒れ角Tとチルト角Θとの関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。図1には、本発明に係る測定装置の機能を備える表面検査装置1を示しており、まず、この図1を参照して表面検査装置1の概略構成について説明する。

[0030] 表面検査装置1は、不図示の搬送装置によって搬送されてくる略円盤形の半導体ウエハ10 (以下、ウエハ10と称する)を真空吸着によって支持するステージ5を有して構成される。ステージ5は、ウエハ10の回転対称軸 (ステージ5の中心軸)を回転軸として、ウエハ10を回転 (ウエハ10の表面内での回転)可能に支持するようになっている。この回転によるウエハの向きを、便宜的にウエハ方位角度 (ノッチまたはオリエンテーションフラットを基準とした角度)と称することにする。また、ステージ5は、ウエハ10を支持する支持面または支持面と平行な面を通る軸を中心に、ウエハ1

０をチルト（傾動）させることが可能であり、照明光の入射角を調整できるようになっている。

[0031] 表面検査装置１は、さらに、ステージ５に支持されたウェハ１０の表面全面に照明光を平行光として照射する照明系２０と、照明光の照射を受けたときのウェハ１０の全面からの正反射光や回折光・散乱光等を集光する受光系３０と、受光系３０により集光された光を受けてウェハ１０の表面の像を検出する撮像装置３５と、画像処理部４０と、検査部４２と、記憶部４５と、画像表示装置４６と、主制御部５０と、主制御部５０に接続されたハードウェア制御部５５とを有して構成される。

[0032] 照明系２０は、照明光を射出する照明ユニット2１と、照明ユニット2１から射出された照明光をウェハ１０の表面に向けて反射させる照明側凹面鏡２５とを有して構成される。照明ユニット2１は、メタルハライドランプや水銀ランプ等の光源部２２と、光源部２２からの光のうち所定の波長を有する光を抽出し（選択的に透過させ）強度を調節する調光部２３と、調光部２３からの光を照明光として照明側凹面鏡２５へ導く導光ファイバ２４とを有して構成される。主制御部５０は、ハードウェア制御部５５を介して光源部２２と調光部２３を制御する。

[0033] 光源部２２から射出された光は、調光部２３を通過し、所定の波長（例えば、２４８ｎｍの波長）を有する所定の強度の照明光に調節される。そして、その照明光は、導光ファイバ２４から照明側凹面鏡２５へ射出され、導光ファイバ２４の射出部が照明側凹面鏡２５の焦点面に配置されているため、照明側凹面鏡２５により平行光束となってステージ５に支持されたウェハ１０の表面に照射される。なお、照明側凹面鏡２５と後述の受光側凹面鏡３１は固定されているが、ウェハ１０に対する照明光の入射角と出射角との関係は、ステージ５をチルト（傾動）させてウェハ１０の載置角度（支持角度）を変化させることにより調整可能である。

[0034] 導光ファイバ２４と照明側凹面鏡２５との間には、照明側偏光フィルタ２６が光路上へ挿抜可能に設けられており、図１に示すように、照明側偏光フ

ィルタ２６を光路上から抜去した状態で回折光を利用した検査（以下、便宜的に回折検査と称する）が行われる。一方、図２に示すように、照明側偏光フィルタ２６を光路上に挿入した状態で偏光（構造性複屈折による偏光状態の変化）を利用した検査（以下、便宜的にＰＥＲ検査と称する）が行われるようになつている（照明側偏光フィルタ２６の詳細については後述する）。

[0035] 照明系２０により照明光を照射されたウェハ１０の表面からの出射光（回折光もしくは正反射光・散乱光）は、受光系３０により集光される。受光系３０は、ステージ５に対向して配設された受光側凹面鏡３１を有して構成される。受光側凹面鏡３１により集光された出射光（回折光もしくは正反射光・散乱光）は、撮像装置３５の撮像面上に達し、ウェハ１０の像が結像される。

[0036] 受光側凹面鏡３１と撮像装置３５との間には、受光側偏光フィルタ３２が光路上へ挿抜可能に設けられており、図１に示すように、受光側偏光フィルタ３２を光路上から抜去した状態で回折検査が行われる。一方、図２に示すように、受光側偏光フィルタ３２を光路上に挿入した状態でＰＥＲ検査が行われるようになつている（受光側偏光フィルタ３２の詳細については後述する）。

[0037] 撮像装置３５は、撮像面上に形成されたウェハ１０の表面の像を光電変換して画像信号（デジタル画像データ）を生成し、主制御部５０に送る。主制御部５０は、撮像装置３５からウェハ１０の表面の像の画像信号を受け、その画像信号を画像処理部４０に出力する。画像処理部４０は、撮像装置３５から入力されたウェハ１０の画像信号に基づいて、ウェハ１０のデジタル画像を生成する。画像処理部４０で生成されたウェハ１０のデジタル画像は、主制御部５０を介して検査部４２に送られる。検査部４２は、主制御部５０（画像処理部４０）から送られてきたウェハ１０の画像データと、記憶部４５に予め記憶されている良品ウェハの画像データとを比較して、ウェハ１０の表面における欠陥（異常）の有無を検査する。そして、検査部４２による検査結果およびそのときのウェハ１０の画像が、画像表示装置４６で出力表

示されるとともに、記憶部４５に送られ記憶される。

[0038] また、検査部４２は、ウェハの画像を利用して露光装置１０１による露光時のフオーカス状態を求めることができるようになつている（詳細は後述する）。なお、ウェハ１０の表面における欠陥の有無の検査が、ウェハ１０の下地層の影響を受けやすい場合は、照明系２０に照明側偏光フィルタ２６を照明光がｓ偏光となるように配置し、ｓ偏光で照明することにより、下地層の影響を低減することができる。なお、この場合も受光側偏光フィルタ３２は光路から抜去しておく。

[0039] ところで、ウェハ１０は、露光装置１０１により最上層のレジスト膜に対して所定のマスクパターンが投影露光され、現像装置（図示せず）による現像後、不図示の搬送装置により、不図示のウェハカセットまたは現像装置からステージ５上に搬送される。このとき、ウェハ１０は、ウエ八１０のパターンもしくは外縁部（ノツチやオリエンテーションフラット等）を基準としてァライメントが行われた状態で、ステージ５上に搬送される。

[0040] ウェハ１０の表面には、図３に示すように、複数のチップ領域１１が縦横に（図３におけるＸＹ方向に）配列され、各チップ領域１１の中には、半導体パターンとしてラインパターンまたはホールパターン等の繰り返しパターン１２が形成されている。繰り返しパターン１２は、一例として、図４（ａ）に示すように、１種類もしくは複数種類の繰り返しパターンで構成される第１パターン領域Ａと、この第１パターン領域Ａとは繰り返しパターンの構成が異なる第２パターン領域Ｂとを有して構成されている。ウェハ１０に形成されるデバイスは、表面に形成されるパターンの面積が小さく、またパターンの構成が異なる領域が複数存在するロジックデバイスである。

[0041] なお、露光の１ショットには、複数のチップ領域が含まれることが多いが、図３では分かりやすさのために１チップが１ショットとしている。表面検査装置１においては、照明および受光は全面一括で行われることにより処理速度が向上するが、１ショット若しくはそれよりも小さい範囲を対象として照明および受光を行うこともできる。

[0042] 露光装置１０１は、前述のステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であり、ケーブル等を介して本実施形態の表面検査装置１の信号出力部６０と電気的に接続され、表面検査装置１からのデータ（信号）に基づいて露光制御の調整を可能に構成されている。

[0043] 以上のように構成される表面検査装置１を用いて、ウェハ１０の表面の回折検査を行うには、まず、図１に示すように照明側偏光フィルタ２６および受光側偏光フィルタ３２を光路上から抜去し、不図示の搬送装置により、ウェハ１０をステージ５上に搬送する。なお、搬送の途中で不図示のアライメント機構によりウェハ１０の表面に形成されているパターンの位置情報を取得しており、ウェハ１０をステージ５上の所定の位置に所定の方向で載置することができる。

[0044] 次に、ウェハ１０の表面上における照明方向とパターンの繰り返し方向とが一致（ラインパターンの場合、ラインに対して直交）するようにステージ５を回転させる。また、パターンのピッチをＰとし、ウェハ１０の表面に照射する照明光の波長をλとし、照明光の入射角をθ１とし、ｎ次回折光の出射角をθ２としたとき、ホイヘンスの原理より、次の数式を満足するように設定を行う（ステージ５をチルトさせる）。

[0045] [数1]

$$P = \eta \times \lambda / \{\sin\eta(\theta 1) - \sin(\theta 2)\}$$

[0046] 次に、照明系２０により照明光をウェハ１０の表面に照射する。このような条件で照明光をウェハ１０の表面に照射する際、照明ユニット２１における光源部２２から射出された光は、調光部２３を通過して所定の波長（例えば、２４８ｎｍの波長）を有する所定の強度の照明光に調整される。そして、その照明光が導光ファイバ２４から照明側凹面鏡２５へ射出され、照明側凹面鏡２５で反射した照明光が平行光束となってウェハ１０の表面に照射される。ウェハ１０の表面で回折した回折光は、受光側凹面鏡３１により集光されて撮像装置３５の撮像面上に達し、ウェハ１０の像（回折像）が結像される。ウェハ方位角度、照明波長、照明角度（入射角度）、射出角度、回折

次数などの組み合わせで決まる回折光の条件を「回折条件」と称する。

[0047] そこで、撮像装置３５は、撮像面上に形成されたウエハ１０の表面の像を光電変換して画像信号を生成し、その画像信号を主制御部５０を介して画像処理部４０に出力する。画像処理部４０は、撮像装置３５から入力されたウエハ１０の画像信号に基づいて、ウエハ１０のデジタル画像（以下、回折光に基づくウエハ１０のデジタル画像を便宜的に「回折画像」と称する）を生成する。また、画像処理部４０は、ウエハ１０の回折画像を生成すると、その回折画像を主制御部５０を介して検査部４２へ送る。検査部４２は、ウエハ１０の回折画像データと、記憶部４５に予め記憶されている良品ウエハの画像データとを比較して、ウエハ１０の表面における欠陥（異常）の有無を検査する。そして、画像処理部４０および検査部４２による検査結果およびそのときのウエハ１０の回折画像が、画像表示装置４６で出力表示されるとともに、記憶部４５に記憶される。なお、良品ウエハの回折画像の信号強度（輝度値）は、最も高い信号強度（輝度値）を示す場合が多いため、例えば、良品ウエハと比較した信号強度の変化（輝度変化）が予め定められた閾値（許容値）より大きければ「異常」と判定し、閾値より小さければ「正常」と判断する。

[0048] 次に、表面検査装置１によりウエハ１０の表面のＰＥＲ検査を行う場合について説明する。なお、ここでは繰り返しパターン１２が、図５に示すように、複数のライン部２Ａがその短手方向（Ｘ方向）に沿って一定のピッチ（間隔）Ｐで配列されたレジストパターン（ラインパターン）であるものとする。また、隣り合うライン部２Ａ同士の間は、スペース部２Ｂである。また、ライン部２Ａの配列方向（Ｘ方向）を「繰り返しパターン１２の繰り返し方向」と称することにする。

[0049] ここで、繰り返しパターン１２におけるライン部２Ａの線幅D_Aの設計値をピッチＰの1/２とする。設計値の通りに繰り返しパターン１２が形成された場合、ライン部２Ａの線幅D_Aとスペース部２Ｂの線幅D_Bは等しくなり、ライン部２Ａとスペース部２Ｂとの体積比は略１：１になる。これに対して、

繰り返しパターン１２を形成する際の露光フォーカスが適正値から外れると、ピッチＰは変わらないが、ライン部２Ａの線幅D_Aが設計値と異なってしまうとともに、スペース部２Ｂの線幅D_Bとも異なってしまう。そのため、ライン部２Ａとスペース部２Ｂとの体積比が略１：１から外れる。

[0050] ＰＥＲ検査は、上記のような繰り返しパターン１２におけるライン部２Ａとスペース部２Ｂとの体積比の変化を利用して、繰り返しパターン１２の異常検査を行うものである。なお、説明を簡単にするため、理想的な体積比（設計値）を１：１とする。体積比の変化は、露光フォーカスの適正値からの外れに起因して現れる。なお、体積比を断面形状の面積比と言い換えることもできる。

[0051] ＰＥＲ検査では、図２に示すように、照明側偏光フィルタ２６および受光側偏光フィルタ３２が光路上に挿入される。ＰＥＲ検査を行うとき、ステージ５は、照明光が照射されたウエハ１０からの正反射光を受光系３０で受光できる傾斜角度にウエハ１０をチルトさせる。また、ステージ５は、所定の回転位置で停止し、ウエハ１０における繰り返しパターン１２の繰り返し方向を、図６に示すように、ウエハ１０の表面における照明光（直線偏光Ｌ）の振動方向に対して、４５度だけ斜めになるように支持する。これは、繰り返しパターン１２の検査の光量を最も高くするためである。また、２２．５度や６７．５度とすれば検査の感度が高くなる。なお、角度はこれらに限らず、任意角度方向に設定可能である。

[0052] 照明側偏光フィルタ２６は、導光ファイバ２４と照明側凹面鏡２５との間に配設されて、その透過軸（フィルタを通過できる偏光の電場の振動方向）が所定の方位に設定され、透過軸に応じて照明ユニット２１からの光から直線偏光を抽出する。このとき、導光ファイバ２４の射出部が照明側凹面鏡２５の焦点位置に配置されているため、照明側凹面鏡２５は、照明側偏光フィルタ２６を透過した光を平行光束にして、基板であるウエハ１０を照明する。このように、導光ファイバ２４から射出された光は、照明側偏光フィルタ２６および照明側凹面鏡２５を介しｐ偏光の直線偏光Ｌ（図６を参照）とな

り、照明光としてウエハ１０の表面全体に照射される。

[0053] このとき、直線偏光Ｌの進行方向 (ウエハ１０の表面上の任意の点に到達する直線偏光Ｌの主光線の方向）は光軸に略平行であることから、ウエハ１０の各点における直線偏光Ｌの入射角度は、平行光束のため互いに同じとなる。また、ウエハ１０に入射する直線偏光Ｌがｐ偏光であるため、図６に示すように、繰り返しパターン１２の繰り返し方向が直線偏光Ｌの入射面 (ウエハ１０の表面における直線偏光Ｌの進行方向）に対して４５度の角度に設定された場合、ウエハ１０の表面における直線偏光Ｌの振動方向と繰り返しパターン１２の繰り返し方向とのなす角度も、４５度に設定される。言い換えると、直線偏光Ｌは、ウエハ１０の表面における直線偏光Ｌの振動方向が繰り返しパターン１２の繰り返し方向に対して４５度傾いた状態で、繰り返しパターン１２を斜めに横切るようにして繰り返しパターン１２に入射することになる。

[0054] ウエハ１０の表面で反射した正反射光は、受光系３０の受光側凹面鏡３１により集光されて撮像装置３５の撮像面上に達するが、繰り返しパターン１２で反射するとき、繰り返しパターン１２での構造性複屈折により直線偏光Ｌの偏光状態が変化する。受光側偏光フィルタ３２は、受光側凹面鏡３１と撮像装置３５との間に配設される。受光側偏光フィルタ３２の透過軸の方位は、上述した照明側偏光フィルタ２６の透過軸に対して直交するように設定されている (クロスニコルの状態）。したがって、受光側偏光フィルタ３２により、ウエハ１０ (繰り返しパターン１２）からの正反射光のうち直線偏光Ｌと振動方向が略直角な偏光成分 (例えば、ｓ偏光の成分）を通過させて、撮像装置３５に導くことができる。その結果、撮像装置３５の撮像面には、ウエハ１０からの正反射光のうち直線偏光Ｌに対して振動方向が略直角な偏光成分によるウエハ１０の反射像が形成される。なお、受光側偏光フィルタ３２を光軸を中心に回動可能とし、楕円偏光化した正反射光の短軸方向と受光側偏光フィルタ３２の透過軸を合わせるように調整することで、感度を向上させることができる。この場合も調整角度は数度であり、略直交の範疇

である。

[0055] 表面検査装置１によりウエハ１０の表面のＰＥＲ検査を行うには、まず、図２に示すように照明側偏光フィルタ２６および受光側偏光フィルタ３２を光路上に挿入し、不図示の搬送装置により、ウエハ１０をステージ５上に搬送する。なお、搬送の途中で不図示のアライメント機構によりウエハ１０の表面に形成されているパターンの位置情報を取得しており、ウエハ１０をステージ５上の所定の位置に所定の方向で載置することができる。またこのとき、ステージ５は、照明光が照射されたウエハ１０からの正反射光を受光系３０で受光できる傾斜角度にウエハ１０をチルトさせる。また、ステージ５は、所定の回転位置で停止し、ウエハ１０における繰り返しパターン１２の繰り返し方向を、ウエハ１０の表面における照明光（直線偏光Ｌ）の振動方向に対して、４５度だけ斜めになるように支持する。

[0056] 次に、照明系２０により照明光をウエハ１０の表面に照射する。このような条件で照明光をウエハ１０の表面に照射する際、照明ユニット２１の導光ファイバ２４から射出された光は、照明側偏光フィルタ２６および照明側凹面鏡２５を介してｐ偏光の直線偏光Ｌとなり、照明光としてウエハ１０の表面全体に照射される。ウエハ１０の表面で反射した正反射光は、受光側凹面鏡３１により集光されて撮像装置３５の撮像面上に達し、ウエハ１０の像（反射像）が結像される。

[0057] このとき、繰り返しパターン１２での構造性複屈折により直線偏光Ｌの偏光状態が変化し、受光側偏光フィルタ３２は、ウエハ１０（繰り返しパターン１２）からの正反射光のうち直線偏光Ｌと振動方向が略直角な偏光成分を通過させて（すなわち、直線偏光Ｌの偏光状態の変化を抽出して）、撮像装置３５に導くことができる。その結果、撮像装置３５の撮像面には、ウエハ１０からの正反射光のうち直線偏光Ｌと振動方向が略直角な偏光成分によるウエハ１０の反射像が形成される。

[0058] そこで、撮像装置３５は、撮像面上に形成されたウエハ１０の表面の像（反射像）を光電変換して画像信号（デジタル画像データ）を生成し、その画

像信号を主制御部５０を介して画像処理部４０に出力する。画像処理部４０は、撮像装置３５から入力されたウエハ１０の画像信号に基づいて、ウエハ１０のデジタル画像（以下、偏光に基づくウエハ１０のデジタル画像を便宜的に「偏光画像」と称する）を生成する。また、画像処理部４０は、ウエハ１０の偏光画像を生成すると、その偏光画像を主制御部５０を介して検査部４２に送る。検査部４２は、ウエハ１０の偏光画像データと、記憶部４５に予め記憶されている良品ウエハの画像データとを比較して、ウエハ１０の表面における欠陥（異常）の有無を検査する。そして、画像処理部４０および検査部４２による検査結果およびそのときのウエハ１０の偏光画像が、画像表示装置４６で出力表示されるとともに、記憶部４５に記憶される。なお、良品ウエハの反射画像の信号強度（輝度値）は、最も高い信号強度（輝度値）を示すものと考えられるため、例えば、良品ウエハと比較した信号強度の変化（輝度変化）が予め定められた閾値（許容値）より大きければ「異常」と判定し、閾値より小さければ「正常」と判断する。

[0059] なお、信号強度とは、反射効率、強度比、エネルギー比等、撮像装置３５の撮像素子で検出される光に応じた信号強度である。また、上述した回折検査およびＰＥＲ検査に限らず、ウエハ１０表面からの正反射光に基づく検査（以下、便宜的に「正反射検査」と称する）を行うことも可能である。正反射検査を行う場合、画像処理部４０は、ウエハ１０の表面からの正反射光に基づくデジタル画像（以下、便宜的に「正反射画像」と称する）を生成し、その正反射画像に基づいてウエハ１０の表面における欠陥（異常）の有無を検査する。

[0060] また、検査部４２は、露光装置１０１のフォーカスオフセット量をショット毎に変化させた条件で露光して現像したウエハの画像を利用して、露光装置１０１の回折光によるフォーカスカーブ（フォーカスオフセット量と信号強度の関係を示すカーブ）を求めることができる。このフォーカスカーブを利用して、１つのショット内の微小領域毎に回折光の信号強度が極大となるフォーカスオフセット量を求めるようにすれば、露光装置１０１により投影

露光されるマスクパターンの像面の傾きを求めることができる。なお、回折光の場合、ラインアンドスペースのデューティー比をラインが1に対してスペースが10以上とすれば、信号強度が極大となるフォーカスオフセット量がベストフオーカスとなる。

[0061] そこで、露光装置101により投影露光されるマスクパターンの像面の傾きを求める方法について、図7に示すフローチャートを参照しながら説明する。まず、露光装置101のフォーカスオフセット量（既知）を変化させて繰り返しパターンを形成したウエハを作成する（ステップS101）。このとき、図8に示すように、露光ショット毎にフォーカスオフセット量を変化させつつ、同じフォーカスオフセット量のショット（図8における同じ番号のショット）をウエハ上の異なる位置に設定して露光し、現像する。以下、このようなウエハを、条件振りウエハ10aと称することにする。

[0062] ここで、同じフォーカスオフセット量のショットをウエハ上の異なる位置に設定するのは、例えば、ウエハの中央側と外周側の間に発生するレジスト条件の相違や、スキャン露光時のいわゆる左右差などの影響を相殺する目的で行う。なお、ウエハ上に形成されるレジスト膜（フォトレジスト）はスピンコートで塗布形成される場合が多い。その場合には、レジスト原液がスピンにより広がるに連れ溶剤成分が揮発して粘度が上がり、膜が厚くなる傾向があり、ウエハの中央側と外周側の間にレジスト条件の相違が発生する。また、いわゆる左右差とは、例えば、スキャン方向をX方向とした場合に、レチクルがX+方向に移動（ウエハはX—方向に移動）しながら露光するときと、レチクルがX—方向に移動（ウエハはX+方向に移動）しながら露光するときの差である。

[0063] 条件振りウエハ10aは、例えば図8に示すように、フォーカスオフセット量を25nm刻みで—175nm~+200nmの16段階に振っている。なお、図8の各ショットには、25nm刻みで振ったフォーカスオフセット量の段階を番号（1~16）で示しており、同じフォーカスオフセット量でスキャン方向が逆方向の場合には「」を付している。例えば、番号12

で示したフォーカスオフセット量のショットのように、同じフォーカスオフセット量で行う露光を、レチクル移動Ｘ＋方向/ 中央側で１ショット、レチクル移動Ｘ＋方向／外周側で１ショット、レチクル移動χ＿方向／中央側で１ショット、レチクル移動Ｘ—方向/ 外周側で１ショットのように４箇所設定することができる。また例えば、番号１５で示したフォーカスオフセット量のショットのように、同じフォーカスオフセット量で行う露光を、条件振りウェハ１０ａの中心を対称点として、レチクル移動Ｘ＋方向/ 外周側で２ショット、レチクル移動Ｘ—方向/ 外周側で２ショットのように４箇所設定することができる。図８の例では、このようにフォーカスオフセット量を１６段階、各フォーカスオフセット量で４ショットの合計６４ショットで、それらを異なる位置に設定して (ばらばらに配置して) 条件振りウェハ１Ｏａを作成している。

[0064] なお、条件振りウェハを複数枚作り、フォーカスカーブを求めてもよい。その場合、各条件振りウェハのフォーカスオフセット量毎のショット配置は、フォーカスオフセット量以外の条件による影響を相殺するように設定することが好ましい。

[0065] 条件振りウェハ１０ａを作成すると、上述の回折検査の場合と同様にして、条件振りウェハ１０ａをステージ５上に搬送する (ステップＳ１０２)。次に、上述の回折検査の場合と同様に、照明系２０により照明光を条件振りウェハ１０ａの表面に照射し、撮像装置３５が条件振りウェハ１０ａの回折像を光電変換して画像信号を生成し、その画像信号を画像処理部４０に出力する (ステップＳ１０３)。このとき、条件振りウェハ１０ａについて、露光したマスクパターンの情報または回折条件サーチを利用して回折条件を求め、回折光が得られるように回折検査の場合と同様の設定を行う。回折条件サーチとは、正反射以外の角度範囲でステージ５のチルト角度を段階的に変化させ、それぞれのチルト角度で画像を取得し、画像が明るくなる、すなわち回折光が得られるチルト角度を求める機能のことを指す。

[0066] 次に、画像処理部４０は、撮像装置３５から入力された条件振りウェハ１

０ａの画像信号に基づいて、条件振りウエハ１０ａの回折画像を生成し、フォーカスオフセット量が同じショット毎に画素単位（それぞれのショットの対応する部分の画素同士）で信号強度の平均化を行う（ステップＳ１０４）。なお、回折検査で欠陥と判断された部分については、前述の平均化の対象から除外する。次に、画像処理部４０は、平均化によって得られた（すなわち、互いにフォーカスオフセット量の異なる）全てのショットについて、図９に示すようにショット内に設定した複数の設定領域Ａ（小さな長方形で囲んだ領域）での信号強度の平均値（以下、便宜的に「平均輝度」と称する）をそれぞれ求める（ステップＳ１０５）。ここまでの処理で、露光ショット内に複数設けられた設定領域Ａ毎に、フォーカスオフセットを２５ｎｍ刻みで－１７５ｎｍ～＋２００ｎｍの１６段階に振った時のそれぞれに対して平均輝度が得られる。

[0067] 次に、画像処理部４０は平均化されたデータを主制御部５０を介して検査部４２に送る。検査部４２は、図１０に示すように、平均輝度を求めた各設定領域Ａごとに、（互いにフォーカスオフセット量の異なる）各ショットにおける同位置の設定領域Ａでの平均輝度と、これに対応するフォーカスオフセット量との関係を示すグラフ、すなわちフォーカスカーブを求める（ステップＳ１０６）。フォーカスカーブを求めると、検査部４２は、フォーカスカーブの近似曲線をそれぞれ求める（ステップＳ１０７）。なお、近似曲線の式には、４次式を用いるのが好ましい。また、ここで求めたフォーカスカーブを「基準フォーカスカーブ」と称する。

[0068] 次に、検査部４２は、フォーカスカーブの近似曲線において平均輝度が極大（すなわち、フォーカスオフセット量が－１７５ｎｍ～＋２００ｎｍの範囲で最大）となるフォーカスオフセット量を求める（ステップＳ１０８）。例えば、図１１（ａ）に示すフォーカスカーブの場合、平均輝度が極大となるフォーカスオフセット量は２．５ｎｍとなる。また例えば、図１１（ｂ）に示すフォーカスカーブの場合、平均輝度が極大となるフォーカスオフセット量は－１４．５ｎｍとなる。このとき、平均輝度が極大となるフォーカス

オフセット量を各設定領域Aごとに求める (ステップS109)。このようにすれば、図12に示すように、ショット内における、回折光の平均輝度が極大となるフォーカスオフセット量の分布を求めることができる。

[0069] このように求めた、ショット内における、回折光の平均輝度が極大となるフォーカスオフセット量の分布により、露光装置101により露光されるスリット (光) の長辺方向におけるフォーカスオフセット量の傾き (すなわち、像面の傾斜量) および、露光装置101のレチクルステージおよびウェハステージとのスキャン方向におけるフォーカスオフセット量の傾きがそれぞれ (近似的に) 求まる。なお、回折光の平均輝度が極大となるフォーカスオフセット量がベストフォーカスでなくても、ショット内の近似したパターン部分を用いれば、フォーカスオフセット量と回折光の平均輝度との関係は同様であり、像面の傾きは各結像点の相対位置関係である。したがって、平均輝度の極大値を求めることで像面の傾きが求まる。このようにして求めた像面の傾きは、例えば、像面湾曲率や最大最小値・対角方向の傾斜など露光装置101が受け入れ可能なパラメータに変換された後に、主制御部50から信号出力部60を介して露光装置101に出力されて、露光装置101による露光に反映される。なお、本実施形態における像面の傾きとは、露光装置101における投影レンズによる投影像の像面傾斜とレチクルステージおよびウェハステージの走り誤差とによるウェハ上のフォトレジスト層に対する総合的な像面の傾きである。このように、検査部42は測定機能も有している。

[0070] さらに、検査部42は、検査対象となるウェハ10の回折画像から、露光装置101による露光時のフォーカス状態、より具体的には、ウェハ10の表面全体に対する露光装置101のフォーカスの変動状態を求めることができるようになつている。そこで、露光装置101による露光時のフォーカス状態を求める方法の第1の実施形態について、図13に示すフローチャートを参照しながら説明する。

[0071] まず、露光装置101のフォーカスオフセット量およびドーズ量 (露光量

）をマトリックス状に変化させて繰り返しパターンを形成した条件振りウェハ１０ｂ（所謂ＦＥＭウェハ）を作成する（ステップＳ２０１）。このとき形成される繰り返しパターンは、検査対象となるウェハ１０の繰り返しパターン１２と同様のパターンが形成される。すなわち、図４（ａ）に示すように、１種類もしくは複数種類の繰り返しパターンで構成される第１パターン領域Ａと、この第１パターン領域Ａとは繰り返しパターンの構成が異なる第２パターン領域Ｂとを有して構成される繰り返しパターンが形成される。条件振りウェハ１０ｂの作成は、例えば、条件振りウェハ１０ｂの中心の露光ショットをベストフォーカスおよびベストドーズとし、横方向に並ぶ露光ショットごとにフォーカスオフセット量を変化させるとともに、縦方向に並ぶ露光ショットごとにドーズ量を変化させて露光し、現像する。

[0072] ステップＳ２０１において条件振りウェハ１０ｂを作成すると、条件振りウェハ１０ｂの回折画像を撮像取得する（ステップＳ２０２）。条件振りウェハ１０ｂの回折画像を撮像取得するには、上述の回折検査の場合と同様に、まず、条件振りウェハ１０ｂをステージ５上に搬送する。そして、照明系２０により照明光を条件振りウェハ１０ｂの表面に照射し、撮像装置３５が条件振りウェハ１０ｂの回折像を光電変換して画像信号を生成し、画像信号を画像処理部４０に出力する。画像処理部４０は、撮像装置３５から入力された条件振りウェハ１０ｂの画像信号に基づいて、条件振りウェハ１０ｂの回折画像を生成する。このとき、ウェハの方位角度、照明波長、入射角および出射角などの組み合わせで決まる複数の条件について、すなわち、複数の回折条件についてそれぞれ、条件振りウェハ１０ｂの回折画像を撮像取得する。

[0073] なお、条件振りウェハ１０ｂの繰り返しパターンに、下地層がある場合や下地ムラがある場合、短波長（例えば、２４８ｎｍや３１３ｎｍ等）の照明光を使用すると、下地の影響を受け難くすることができる。また、照明光としてｓ偏光が得られるように、透過軸を所定の方位に設定した照明側偏光フィルタ２６を光路上に挿入しても、下地の影響を受け難くすることができる

。また、ｓ偏光による回折光のみを受光できるように、透過軸を所定の方位に設定した受光側偏光フィルタ３２を光路上に挿入しても、下地の影響を受け難くすることができる。

[0074] ステツプＳ２０２において条件振りウエハ１Ｏｂの回折画像を撮像取得すると、画像処理部４０は、複数の回折条件でそれぞれ撮像取得した複数の回折画像を、繰り返しパターンにおける第１パターン領域Ａの回折信号を捉えたものと、第２パターン領域Ｂの回折信号を捉えたものとに分類する (ステップＳ２０３）。第１および第２パターン領域Ａ，Ｂの位置情報は予め設計値として判っているため、その第１および第２パターン領域Ａ，Ｂの位置情報と、回折画像において回折信号強度が得られた位置情報とを比較することで、複数の回折画像を分類することができる。なお、第１パターン領域Ａの回折信号を捉えた回折画像の集まりを第１画像グループG_A、第２パターン領域Ｂの回折信号を捉えた回折画像の集まりを第２画像グループG_Bと称することにする。

[0075] ステップＳ２０３において回折画像を各画像グループに分類すると、画像処理部４０は、第１画像グループG_Aおよび第２画像グループG_Bのそれぞれにおいて、回折画像ごとに、各ショットの信号強度をそれぞれ求める (ステップＳ２０４）。なおこのとき、フォーカスオフセット量およびドーズ量が同じショット内での信号強度の平均値を求め、その平均値を各ショットの信号強度とする。これにより、像面の傾きの影響を除去することができる。

[0076] 次に、画像処理部４０は各ショットの信号強度の平均値を主制御部５０を介して検査部４２へ送る。検査部４２は、第１画像グループG_Aおよび第２画像グループG_Bのそれぞれにおいて、異なるドーズ量ごとに、 (互いにドーズ量が同じでフォーカスオフセット量の異なる）各ショットの信号強度と、これに対応するフォーカスオフセット量との関係を示すグラフ、すなわちフオ—カスカープ (像面の傾きを計測する際に求めた基準フォーカスカープと区別するため、以降 ｻンプルフォーカスカープ」と称する）を求める (ステップＳ２０５）。これにより、異なるドーズ量ごとに、第１および第２画像

グループG_A，G_Bのそれぞれにおいて複数の回折条件のサンプルフォーカスカーブを求めることができる。またこのとき、上述の基準フォーカスカーブの場合と同様に、サンプルフオーカスカーブの近似曲線をそれぞれ求める。なお、近似曲線の式には、4次式を用いるのが好ましい。

[0077] 次に、検査部42は、第1画像グループG_Aおよび第2画像グループG_Bのそれぞれにおいて、複数の回折条件のサンプルフォーカスカーブの中から、露光時のフォーカス状態を求めるのに使用する少なくとも2種類のサンプルフォーカスカーブを選択する (ステップS206)。すなわち、第1画像グループG_Aにおいて例えば3種類の基準サンプルフォーカスカーブ、第2画像グループG_Bにおいて3種類の基準サンプルフオーカスカーブ、合計6種類の基準サンプルフオーカスカーブを選択決定する。基準サンプルフオーカスカーブを選択決定するには、まず、複数のサンプルフォーカスカーブの中から、フォーカスオフセット量の変化に感度がある (フォーカス感度が高い)サンプルフォーカスカーブを抽出する。次に、フォーカス感度の高いサンプルフォーカスカーブの中から、ドーズ量の変化に対する感度が少なく (ドーズ感度が低く)下地変化の影響の少ないサンプルフォーカスカーブを抽出する。そして、フォーカス感度が高くてドーズ感度および下地変化の影響が低いサンプルフォーカスカーブの中から、カーブのピークもしくはボトムの位置 (フォーカスオフセット量)が互いに異なる少なくとも2種類 (例えば3種類)のサンプルフォーカスカーブを基準サンプルフォーカスカーブとして選択決定する。

[0078] これにより、第1および第2画像グループG_A，G_Bのそれぞれにおいて露光時のフォーカス状態を求めるのに使用する3種類の基準サンプルフォーカスカーブを求めることができる。このようにして求めた基準サンプルフオーカスカーブの一例を図14に示す。図14は、3種類の基準サンプルフオーカスカーブD1~D3とともに、第1基準サンプルフォーカスカーブD1が得られる回折画像G1、第2基準サンプルフォーカスカーブD2が得られる回折画像G2、および第3基準サンプルフォーカスカーブD3が得られる回

折画像Ｇ３をそれぞれ示している。なお、図１４に示す各回折画像Ｇ１～Ｇ３は、回折条件を変化させて撮像取得した条件振りウェハ１０ｂの回折画像である。また、パターンピッチや照明波長等は同じで、回折光の次数のみを変化させて各回折画像を撮像取得するようにしてもよい。

[0079] ステップＳ２０６において基準サンプルフォーカスカーブを選択決定すると、画像処理部４０は、第１画像グループG_Aおよび第２画像グループG_Bのそれぞれにおいて決定した基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式に関するデータを基準データとして記憶部４５に出力し、記憶させる (ステップＳ２０７)。なお、画像処理部４０は、基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式に限らず、近似曲線の式から求めたフォーカスオフセット量と信号強度の関係を示すデータマップを、基準データとして記憶部４５に出力し、記憶させるようにしてもよい。

[0080] なお、露光装置１０１が複数ある場合には、同種の露光装置１０１であっても、装置よって結像特性が異なることがあるため、複数の露光装置ごとに、および照明条件ごとに基準データを求め、記憶部４５に記憶させておくことが好ましい。

[0081] ステップＳ２０７において基準サンプルフォーカスカーブに関する基準データを記憶部４５に記憶させると、検査対象となるウェハ１０の回折画像を撮像取得する (ステップＳ２０８)。このとき、第１画像グループG_Aにおいて選択した基準サンプルフォーカスカーブが得られる回折画像と同じ回折条件においてそれぞれ、ウェハ１０の回折画像を撮像取得する。また、第２画像グループG_Bにおいて選択した基準サンプルフォーカスカーブが得られる回折画像と同じ回折条件においてそれぞれ、ウェハ１０の回折画像を撮像取得する。例えば、第１および第２画像グループG_A、G_Bにおいてそれぞれ３種類の基準サンプルフォーカスカーブ、合計６種類の基準サンプルフォーカスカーブを選択した場合には、当該６種類の基準サンプルフォーカスカーブが得られる回折画像と同じ６種類の回折条件において、ウェハ１０の回折画像を撮像取得する。

[0082] ステップＳ２０８において検査対象となるウェハ１０の回折画像を撮像取得すると、画像処理部４０は、第１および第２画像グループG_A，G_Bにおけるグループごとに、回折画像の画素毎の信号強度から、各画素に対応する領域がショット内の計測領域か否かを判定し、ストリート等に該当する画素を計測対象から除外する。そして、画像処理部４０は、回折画像ごとに、所定の画素数の信号強度の平均値を求め、その平均値を各ショットの信号強度として求める (ステップＳ２０９）。

[0083] 次に、画像処理部４０はこれらの信号強度の平均値の情報を、主制御部５０を介して検査部４２へ送る。検査部４２は、第１および第２画像グループG_A，G_Bにおけるグループごとに、検査対象となるウェハ１０の回折画像から、ウェハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスの変動状態 (以下、フォーカス状態とも称する）を求める (ステップＳ２１０）。このとき、記憶部４５に記憶された基準データ (すなわち、基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式もしくはデータマップ）を利用して、ウェハ１０の回折画像の信号強度から、ウェハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスオフセット量を、所定の画素ごとに (単数もしくは複数の画素単位で）求める。第１パターン領域Ａからは、図４に示す領域Ａの計測ポイントのフォーカス状態が求められ、第２パターン領域Ｂからは、図４に示す領域Ｂの計測ポイントのフォーカス状態が求められる。

[0084] フォーカスオフセット量を求める際、記憶部４５には、３種類の回折条件にそれぞれ対応した基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式 (もしくはデータマップ）が記憶されている。そのため、同じ条件でそれぞれ撮像取得されたウェハ１０の回折画像の信号強度から、所定の画素ごとに、それぞれフォーカスオフセット量を求めることができる。なお、フォーカスカーブは曲線であるため、１つの回折画像の信号強度から、フォーカスオフセット量の候補が複数 (条件によっては１つ）算出される。これに対し、カーブのピークもしくはボトムの位置 (フォーカスオフセット量）が互いに異なる３種類の基準サンプルフォーカスカーブＤ１～Ｄ３を用いることで、図１５に

示すように、算出されるフォーカスオフセット量が１つに決まる。例えば、各回折条件での信号強度と、この条件に対応する近似曲線との差分二乗和が最小になるフォーカスオフセット量を求める。なお、異なるドーズ量ごとに３種類の基準サンプルフォーカスカーブＤ１～Ｄ３をそれぞれ用意して、差分二乗和が最小になるドーズ量でのフォーカスオフセット量を採用するようにしてもよい。また、カーブの傾きが相対的に大きい（すなわち、フォーカスの変化に対する感度が相対的に高い）条件での信号強度に対して重み付けを行う（寄与度を高める）ようにしてもよい。また、差分二乗和の最小値が所定の値を超える画素については、異常値としてその結果を採用しないようにしてもよい。

[0085] これにより、フォーカスオフセット量を算出することができ、ウエハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスの変動状態を測定することが可能になる。なお、図１５は、３種類の基準サンプルフォーカスカーブＤ１～Ｄ３とともに、第１基準サンプルフォーカスカーブＤ１が得られる回折条件で撮像したウエハ１０の回折画像Ｈ１、第２基準サンプルフォーカスカーブＤ２が得られる回折条件で撮像したウエハ１０の回折画像Ｈ２、および第３基準サンプルフォーカスカーブＤ３が得られる回折条件で撮像したウエハ１０の回折画像Ｈ３をそれぞれ示している。

[0086] また、差分二乗和が最小になるフォーカスオフセット量における各信号強度（第１信号強度Ｋ１、第２信号強度Ｋ２、および第３信号強度Ｋ３）の測定値と基準サンプルフォーカスカーブＤ１～Ｄ３との関係を図１６に示す。この図１６に示すように、撮像装置３５によって検出される繰り返しパターン１２から第１の回折条件による回折光に応じた第１検出信号（第１信号強度Ｋ１）と、この回折条件に対応する第１基準データ（第１基準サンプルフォーカスカーブＤ１）との一致度、繰り返しパターン１２から第２の回折条件による回折光に応じた第２検出信号（第２信号強度Ｋ２）と、この回折条件に対応する第２基準データ（第２基準サンプルフォーカスカーブＤ２）との一致度、および、繰り返しパターン１２から第３の回折条件による回折光

に応じた第３検出信号（第３信号強度Ｋ３）と、この回折条件に対応する第３基準データ（第３基準サンプルフォーカスカーブＤ３）との一致度がそれぞれ高いことがわかる。

[0087] ステップＳ２１０において、第１および第２画像グループG_A，G_Bにおけるグループごとに露光装置１０１のフォーカスの変動状態を求めると、これらを統合して繰り返しパターン１２の全計測ポイントにおける露光装置１０１のフォーカスの変動状態を求める（ステップＳ２１１）。このとき、第１パターン領域Ａのフォーカス状態と、第２パターン領域Ｂのフォーカス状態との間に、フォーカス状態の微小なゲインやオフセット量の差などがある場合があるので、そのような場合にはこれらの微小な差を調整する、例えば図４（ｂ）に示す全計測ポイントのフォーカス状態を平滑化するようにしてもよい。

[0088] ステップＳ２１１において、繰り返しパターン１２の全計測ポイント（ウエハ１０の全面）について所定の画素ごとにフォーカスオフセット量を求めると、検査部４２は、求めたフォーカスオフセット量が異常であるか否かを検査する（ステップＳ２１２）。このとき、検査部４２は、例えば、求めたフォーカスオフセット量が所定の閾値の範囲内であるならば、正常と判定し、求めたフォーカスオフセット量が所定の閾値の範囲外であるならば、異常と判定する。

[0089] ステップＳ２１２においてフォーカスオフセット量の異常の有無を検査すると、画像処理部４０は、求めたフォーカスオフセット量をそれぞれ当該画素での信号強度に変換したウエハ１０の画像を生成し、フォーカスオフセット量の検査結果等とともに画像表示装置４６に表示させる（ステップＳ２１３）。また、当該ウエハ１０の画像および検査結果を記憶部４５に記憶させる。なお、画像表示装置４６は、表面検査装置１に備えられたものに限らず、検査装置の外部（例えば、半導体製造ラインの管理室等）に設けられて接続されたものを使用してもよい。ここで、フォーカスオフセット量を信号強度に変換したウエハ１０の画像の一例を図１７に示す。なお、図１７に示す

画像は、白黒画像に限らず、カラー画像で表示するようにしてもよい。

[0090] なお、ステツプＳ２０６において、例えば、第１および第２画像グループG_A，G_Bにおいて合計６種類の基準サンプルフォーカスカーブを選択する際、第１パターン領域Ａの回折条件の一つと、第２パターン領域Ｂの回折条件の一つとがたまたま一致する場合がある。その場合には、ステップＳ２０８において、その一致した回折条件を含む５種類の回折条件においてウェハ１０の回折画像を撮像取得するようにすればよい。

[0091] このように、本実施形態の表面検査装置１によれば、第１および第２画像グループG_A，G_Bにおけるグループごとに、計測領域の判定、信号強度を測定し、露光装置１０１のフォーカスの変動状態を求める。そして、グループごとに求めた露光装置１０１のフォーカスの変動状態を統合して、繰り返しパターン１２の全計測ポイント (ウェハ１０の全面）における露光装置１０１のフォーカスの変動状態を求めるようになつている。これにより、ウェハ１０上に形成されるパターンの面積が小さく、またパターンの構成が異なる領域が多数存在するロジックデバイスのウェハ１０であっても、実際の露光に用いるマスクパターンで露光したウェハ１０の画像に基づいて露光時のフォーカス状態を求めることができる。そのため、専用のマスク基板を用いる場合のように、その専用マスクによる計測に必要なパラメータの条件出し作業に時間を要さないため、露光時のフォーカス状態を短時間で計測することが可能になる。また、専用のマスクパターンではなく、実際のデバイスに用いるパターンを使用することができ、また、露光装置１０１の照明条件も制約されないため、実際のデバイスに用いるパターンの露光時のフォーカス状態を精度よく計測することが可能になる。

[0092] またこのとき、カーブのピークもしくはボトムの位置 (フォーカスオフセット量）が互いに異なる (すなわち、フォーカスの変化に対する検出信号の変化の仕方が異なる）３種類の基準データ (基準サンプルフォーカスカーブＤ１～Ｄ３）を用いることで、前述したように、算出されるフォーカスオフセット量が１つに決まる。そのため、露光時のフォーカス状態をより精度よ

く計測することができる。

[0093] また、フォーカスの変化に感度があってドーズ量（露光量）の変化に対する感度が少ない3種類の基準データ（基準サンプルフォーカスカーブＤ１～Ｄ３）を使用しており、フォーカスの変化に対する感度（検出信号の変化）は、ドーズ量の変化に対する感度（検出信号の変化）よりも大きくなっている。そのため、ドーズ量の変化による影響を除くことができ、露光時のフォーカス状態をより精度よく計測することができる。

[0094] 次に、露光装置１０１による露光時のフォーカス状態を求める方法の第２の実施形態について、図１８に示すフローチャートを参照しながら説明する。ところで、第１の実施形態では、第１および第２パターン領域Ａ，Ｂのそれぞれにおいて、フォーカス状態の計測に必要な複数の回折条件を求める（求められる）としていたが、第１および第２パターン領域Ａ，Ｂのそれぞれ単独では、計測に必要な複数の回折条件、すなわちフォーカス感度が高く、ドーズ感度が低く、下地変化の影響が小さく、ピークもしくはボトムの位置が異なる複数の回折条件を求めることができない場合がある。第１および第２パターン領域Ａ，Ｂのパターン密度がそれぞれ疎であったり、１種類の単純パターンの繰り返しで構成されている場合など、パターン形状により、第１および第２パターン領域Ａ，Ｂのそれぞれにおいてフォーカス状態の計測に必要な複数の回折条件を求めることができないことがある。第２の実施形態では、この場合において、露光時のフォーカス状態を求める方法について説明する。繰り返しパターンの配置構成は、第１の実施形態の説明で使用した図４と同様であつたとし、同じ図４を参照することにする。

[0095] 図１８に示すように、第２実施形態のステップＳ３０１～ステップＳ３０５までは、図１３に示す上述の第１実施形態のステップＳ２０１～Ｓ２０５までと同じである。すなわち、条件振りウエハ１０ｂ（図１４を参照）を作成し（ステップＳ３０１）、条件振りウエハ１０ｂを色々な回折条件で撮像する（ステップＳ３０２）。得られた複数の回折画像を、第１パターン領域Ａの回折信号を捉えたものと、第２パターン領域Ｂの回折信号を捉えたもの

とに分類する (ステップＳ３０３）。第１画像グループG_Aおよび第２画像グループG_Bのそれぞれにおいて、回折画像ごとに信号強度を測定し、ショット平均値を求め (ステップＳ３０４）、サンプルフォーカスカーブを求める （ステップＳ３０５）。

[0096] 次に、検査部４２は、第１画像グループG_Aおよび第２画像グループG_Bにおいて、複数のサンプルフォーカスカーブの中から、露光時のフォーカス状態を求めるのに使用する少なくとも１組 (少なくとも第１画像グループG_Aから１種類、第２画像グループG_Bから１種類）の基準サンプルフォーカスカーブを選択する (ステップＳ３０６）。例えば、第１画像グループG_Aにおいて１種類、第２画像グループG_Bにおいて２種類、合計３種類の基準サンプルフォーカスカーブを選択決定する。基準サンプルフォーカスカーブを選択決定するには、上述の実施形態と同様に、まず、複数のサンプルフォーカスカーブの中から、フォーカスオフセット量の変化に感度がある (フォーカス感度が高い）サンプルフォーカスカーブを抽出する。次に、フォーカス感度の高いサンプルフォーカスカーブの中から、ドーズ量の変化に対する感度が少なく （ドーズ感度が低く）下地変化の影響が小さいサンプルフォーカスカーブを抽出する。そして、フォーカス感度が高くてドーズ感度が低く下地変化の影響が小さいサンプルフォーカスカーブの中から、カーブのピークもしくはボトムの位置 (フォーカスオフセット量）が互いに異なるサンプルフォーカスカーブを基準サンプルフォーカスカーブとして選択決定する。

[0097] ステップＳ３０６において基準サンプルフォーカスカーブを選択決定すると、画像処理部４０は、第１画像グループG_Aおよび第２画像グループG_Bのそれぞれにおいて決定した基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式に関するデータを基準データとして記憶部４５に出力し、記憶させる (ステップＳ３０７）。なお、画像処理部４０は、基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式に限らず、近似曲線の式から求めたフォーカスオフセット量と信号強度の関係を示すデータマップを、基準データとして記憶部４５に出力し、記憶させるようにしてもよい。

[0098] なお、露光装置１０１が複数ある場合には、同種の露光装置１０１であっても、装置によって結像特性が異なることがあるため、複数の露光装置ごとに、および照明条件ごとに基準データを求め、記憶部４５に記憶させておくことが好ましい。

[0099] ステップＳ３０７において基準サンプルフォーカスカーブに関する基準データを記憶部４５に記憶させると、検査対象となるウェハ１０の回折画像を撮像取得する (ステップＳ３０８）。このとき、第１画像グループG_Aにおいて選択した基準サンプルフォーカスカーブが得られる回折画像と同じ回折条件においてそれぞれ、ウェハ１０の回折画像を撮像取得する。また、第２画像グループG_Bにおいて選択した基準サンプルフォーカスカーブが得られる回折画像と同じ回折条件においてそれぞれ、ウェハ１０の回折画像を撮像取得する。例えば、第１画像グループG_Aにおいて１種類、第２画像グループG_Bにおいて２種類の基準サンプルフォーカスカーブ、合計３種類の基準サンプルフォーカスカーブを選択した場合には、当該３種類の基準サンプルフォーカスカーブが得られる回折画像と同じ3種類の回折条件において、ウェハ１０の回折画像を撮像取得する。

[0100] ステップＳ３０８において検査対象となるウェハ１０の回折画像を撮像取得すると、画像処理部４０は、第１および第２画像グループG_A，G_Bにおけるグループごとに、回折画像の画素毎の信号強度から、各画素に対応する領域がショット内の計測領域か否かを判定し、ストリート等に該当する画素を計測対象から除外する。そして、画像処理部４０は、回折画像ごとに、測定ポイントでの信号強度の平均値を求め、その平均値を各測定ポイントの信号強度として求める (ステップＳ３０９）。

[0101] 次に、画像処理部４０は、フォーカスオフセットを求めるすべての回折条件のそれぞれについて信号強度が得られない計測ポイント (その回折条件で回折光を生じるパターンの無い所）について、補間により信号強度を求める（ステップＳ３１０）。第１画像グループG_Aから選択した回折条件で撮像した回折画像では、図４（ａ）に示す第１パターン領域Ａのみが明るい画像と

なっていて、第２パターン領域Ｂを含むそれ以外の部分は暗くなっている。このため、図４（ｂ）に示す計測ポイントのうち、第１パターン領域Ａ内にあるものは信号強度が得られるが、第２パターン領域Ｂ内にあるものは信号強度が得られない。したがって、第２パターン領域Ｂ内の計測ポイントについては、その計測ポイントの周辺にある第１パターン領域Ａ内の計測ポイントにおける信号強度から、補間により信号強度を求める。なお、補間には、一般的に知られているいくつかの方法があり、いずれの補間を用いてもよい。例えば、最近傍補間は、最も単純な補間であり、測定値の存在する最も近い点の値を求める点の値とするものである。線形補間は、周辺の複数点から線形計算により求める点の値を計算するものである。この線形補間の計算式の一例を数式２に示す。数式２は、求める点Ａ５の周辺の、測定値が存在する４点Ａ１～Ａ４が長方形の４隅の位置関係にある場合（図１９参照）の計算式の一例である。これ以外の場合も、線形計算により補間することが可能である。その他、３次畳み込み補間など、種々の方法がある。また、補間を行う際に、ショット全体の像面傾斜を考慮することにより、補間精度を向上することができる。

[01 02] [数2]

$$A5=\frac{x2-x3}{x2-x1}\left(\frac{y2-y3}{y2-y1}\,a1+\frac{y3-y1}{y2-y1}\,a4\right)+\frac{x3-x1}{x2-x1}\left(\frac{y2-y3}{y2-y1}\,a2+\frac{y3-y1}{y2-y1}\,a3\right)$$

[01 03] 次に、画像処理部４０は、これら信号強度の平均値の情報および補間により求めた信号強度を、主制御部５０を介して検査部４２へ送る。検査部４２は、検査対象となるウエハ１０の回折画像（信号強度）および、補間により求めた信号強度から、ウエハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスの変動状態（以下、フォーカス状態とも称する）を求める（ステップＳ３１１）。このとき、記憶部４５に記憶された基準データ（すなわち、基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式もしくはデータマップ）を利用して、ウエハ１０の回折画像の信号強度および補間により求めた信号強度から、ウエハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスオフセット量を、測

定ポイントごとに求める。なお、測定ポイントを複数の画素とせず、１つの画素とした場合は画素ごとにフォーカスオフセットを求める。

[01 04] ステップＳ３１１において、繰り返しパターン１２の全計測ポイントのフォーカスオフセット量を求めると、検査部４２は、求めたフォーカスオフセット量が異常であるか否かを検査する (ステップＳ３１２)。このとき、検査部４２は、例えば、求めたフォーカスオフセット量が所定の閾値の範囲内であるならば、正常と判定し、求めたフォーカスオフセット量が所定の閾値の範囲外であるならば、異常と判定する。

[01 05] ステップＳ３１２においてフォーカスオフセット量の異常の有無を検査すると、画像処理部４０は、測定ポイントごとに求めたフォーカスオフセット量をそれぞれの測定ポイントでの信号強度に変換したウエハ１０の画像 (図１７を参照)を生成し、フォーカスオフセット量の検査結果等とともに画像表示装置４６に表示させる (ステップＳ３１３)。また、当該ウエハ１０の画像および検査結果を記憶部４５に記憶させる。

[01 06] なお、ステップＳ３１０における補間では、ショットの境界付近の測定点の値を求める場合に、ショットを超えた測定点の値は使用せず、ショット内の近隣点のデータのみを用いて補間する方法と、ショットを超えた測定点を使用する方法とがある。計測しようとするフォーカス状態の問題として、ショット内変動が主である場合は前者、ウエハ全面の変動が主である場合は後者を用いる、等の使い分けをしてもよい。

[01 07] このように、第２実施形態の表面検査装置１によれば、第１および第２画像グループG_A，G_Bにおけるグループごとに計測領域の判定、信号強度を測定し、フォーカス状態を求めるために足りない部分の信号強度を補間により求める。そして、検査対象となるウエハ１０の回折画像 (信号強度)および、補間により求めた信号強度から、繰り返しパターン１２の全計測ポイント(ウエハ１０の全面)における露光装置１０１のフォーカスの変動状態を求めるようになつている。これにより、ウエハ１０上に形成されるパターンの面積が小さく、またパターンの構成が異なる領域が多数存在するロジックデ

バイスのウェハ１０であっても、実際の露光に用いるマスクパターンで露光したウェハ１０の画像に基づいて露光時のフォーカス状態を求めることができる。そのため、専用のマスク（レチクル）を用いる場合のように、その専用マスクによる計測に必要なパラメータの条件出し作業、すなわちテスト露光・線幅測定といった作業の時間を要さないため、露光時のフォーカス状態を短時間で計測することが可能になる。また、専用のマスクパターンではなく、実際のデバイスに用いるパターンを使用することができ、また、露光装置１０１の照明条件も制約されないため、露光時のフォーカス状態を精度よく計測することが可能になる。

[01 08] 次に、露光装置１０１による露光時のフォーカス状態を求める方法の第３の実施形態について、図２０および図２１を参照しながら説明する。図２０は、ウェハ１０の表面におけるパターンの上記実施形態とは異なる配置構成を示す図である。第３実施形態では、ウェハ１０の表面に、１チップ/１ショットではなく、図２０に示すように、１ショット内に小さなチップが４Ｘ５個（合計２０個）並んで配置された複数のチップ領域１１'が配列されている。チップ領域１１'の中に形成されている繰り返しパターン１２'は、繰り返しパターンの構成が互いに異なる第３パターン領域Ｃ、第４パターン領域Ｄ、および第５パターン領域Ｅを有して構成されている。このウェハ１０も、表面に形成されるパターン面積が小さく、またパターンの構成が異なる領域が複数存在するロジックデバイスのウェハである。なお、第３～第５パターン領域Ｃ～Ｅは、それぞれ単独ではフォーカス計測に必要な複数の回折条件を選択できず、第３～第５パターン領域Ｃ～Ｅのそれぞれにおいて１種類ずつ、合計３種類の回折条件を選択すれば、フォーカス計測ができるようなパターン構成であるとする。図２０（ｂ）は、フォーカスの計測ポイントを丸印で示したものである。

[01 09] 図２１に示すように、第３実施形態のステップＳ４０１～ステップＳ４０５までは、図１３に示す上述の第１実施形態のステップＳ２０１～Ｓ２０５までと同じである。すなわち、条件振りウェハ１０ｂ（図１４を参照）を作

成し (ステップＳ４０１)、条件振りウエハ１０ｂを色々な回折条件で撮像する (ステップＳ４０２)。得られた複数の回折画像を、第３パターン領域Ｃの回折信号を捉えたものと、第４パターン領域Ｄの回折信号を捉えたものと、第５パターン領域Ｅの回折信号を捉えたものとに分類する (ステップＳ４０３)。第３画像グループG_C、第４画像グループG_Dおよび第５画像ダル—プG_Eのそれぞれにおいて、回折画像ごとに信号強度を測定し、ショット平均値を求め (ステップＳ４０４)、サンプルフォーカスカーブを求める (ステツプＳ４０５)。

[01 10] 次に、検査部４２は、第３～第５画像グループG_C～G_Eにおいて、複数のサンプルフォーカスカーブの中から、露光時のフォーカス状態を求めるのに使用する少なくとも１組 (少なくとも第３画像グループG_Cから１種類、第４画像グループG_Dから１種類、第５画像グループG_Eから１種類)の基準サンプルフォーカスカーブを選択する (ステップＳ４０６)。例えば、第３画像グループG_Cにおいて１種類、第４画像グループG_Dにおいて１種類、第５画像グループG_Eにおいて１種類、合計３種類の基準サンプルフォーカスカーブを選択決定する。基準サンプルフォーカスカーブを選択決定するには、上述の実施形態と同様に、まず、複数のサンプルフォーカスカーブの中から、フオーカスオフセット量の変化に感度がある (フォーカス感度が高い)サンプルフオーカスカーブを抽出する。次に、フォーカス感度の高いサンプルフオ—カスカーブの中から、ドーズ量の変化に対する感度が少なく (ドーズ感度が低く)下地変化の影響の小さいサンプルフォーカスカーブを抽出する。そして、フォーカス感度が高くてドーズ感度が低く下地変化の影響の小さいサンプルフォーカスカーブの中から、カーブのピークもしくはボトムの位置 (フォーカスオフセット量)が互いに異なるサンプルフォーカスカーブを基準サンプルフォーカスカーブとして選択決定する。

[01 11] ステップＳ４０６において基準サンプルフォーカスカーブを選択決定すると、画像処理部４０は、第３画像グループG_C～G_Eのそれぞれにおいて決定した基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式に関するデータを基準デ

—タとして記憶部４５に出力し、記憶させる (ステップＳ４０７)。なお、画像処理部４０は、基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式に限らず、近似曲線の式から求めたフォーカスオフセット量と信号強度の関係を示すデータマップを、基準データとして記憶部４５に出力し、記憶させるようにしてもよい。

[01 12] なお、露光装置１０１が複数ある場合には、同種の露光装置１０１であっても、装置によって結像特性が異なることがあるため、複数の露光装置ごとに、および照明条件ごとに基準データを求め、記憶部４５に記憶させておくことが好ましい。

[01 13] ステップＳ４０７において基準サンプルフォーカスカーブに関する基準データを記憶部４５に記憶させると、検査対象となるウエハ１０の回折画像を撮像取得する (ステップＳ４０８)。このとき、第３～第５画像グループG_C～G_Eにおいて選択した基準サンプルフオーカスカーブが得られる回折画像と同じ回折条件のそれぞれにおいて、ウエハ１０の回折画像を撮像取得する。例えば、第３画像グループG_Cにおいて１種類、第４画像グループG_Dにおいて１種類、第５画像グループG_Eにおいて１種類の基準サンプルフォーカスカーブ、合計３種類の基準サンプルフォーカスカーブを選択した場合には、当該３種類の基準サンプルフォーカスカーブが得られる回折画像と同じ３種類の回折条件において、ウエハ１０の回折画像を撮像取得する。

[01 14] ステップＳ４０８において検査対象となるウエハ１０の回折画像を撮像取得すると、画像処理部４０は、第３～第５画像グループG_C～G_Eにおけるグループごとに、回折画像の画素毎の信号強度から、各画素に対応する領域がショット内の計測領域か否かを判定し、ストリート等に該当する画素を計測対象から除外する。そして、画像処理部４０は、回折画像ごとに、測定ポイントでの信号強度の平均値を求め、その平均値を各測定ポイントの信号強度として求める (ステップＳ４０９)。

[01 15] 次に、画像処理部４０は、これら信号強度の平均値の情報を、主制御部５０を介して検査部４２へ送る。検査部４２は、第３～第５画像グループG_C～

G_Eにおけるグループごとに求めた信号強度を、図２０（ｂ）に○印で示す計測ポイントの信号であると見なし、これらの信号強度から、ウエハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスの変動状態（以下、フォーカス状態とも称する）を求める（ステップＳ４１０）。このとき、記憶部４５に記憶された基準データ（すなわち、基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式もしくはデータマップ）を利用して、ウエハ１０の回折画像の信号強度により求めた信号強度から、ウエハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスオフセット量を、所定の画素ごとに（単数もしくは複数の画素単位で）求める。なお、各チップにおいて、第３～第５パターン領域Ｃ～Ｅの位置は互いに異なるが、フォーカス状態を求める計測ポイントのピッチに比べてその位置の差は小さいので、フォーカス状態を求める計測ポイントの信号であると見なすことができる。

[01 16] ステップＳ４１０において、繰り返しパターン１２のフォーカス状態を求める全計測ポイント（ウエハ１０の全面）についてフォーカスオフセット量を求めると、検査部４２は、求めたフォーカスオフセット量が異常であるか否かを検査する（ステップＳ４１１）。このとき、検査部４２は、例えば、求めたフォーカスオフセット量が所定の閾値の範囲内であるならば、正常と判定し、求めたフォーカスオフセット量が所定の閾値の範囲外であるならば、異常と判定する。

[01 17] ステップＳ４１１においてフォーカスオフセット量の異常の有無を検査すると、画像処理部４０は、画素ごとに求めたフォーカスオフセット量をそれぞれ当該画素での信号強度に変換したウエハ１０の画像（図１７を参照）を生成し、フォーカスオフセット量の検査結果等とともに画像表示装置４６に表示させる（ステップＳ４１２）。また、当該ウエハ１０の画像および検査結果を記憶部４５に記憶させる。

[01 18] なお、ステップＳ４１０において、各チップの第３～第５パターン領域Ｃ～Ｅの信号を計測ポイントの信号と見なすことは、別の言い方をすれば、上述の第２実施形態において最近傍補間により計測ポイントの信号強度を求め

ることである。第3実施形態においても、最近傍補間ではなく、線形補間や3次畳み込み補間などを用いて、第3～第5パターン領域C～Eから計測ポイントの信号強度を求めるようにしてもよい。精度の良い補間を用いることにより、より一層誤差の小さなフォーカス状態の計測を行うことができる。

[01 19] このように、第3実施形態の表面検査装置1によれば、第3～第5画像グループG_C～G_Eにおけるグループごとに計測領域の判定、信号強度を測定し、求めた信号強度をフォーカス状態を求める計測ポイントの信号と見なす。そして、計測ポイントの信号と見なした第3～第5画像グループGc～G_Eの信号強度から、繰り返しパターン12の全計測ポイント(ウエハ10の全面)における露光装置101のフォーカスの変動状態を求めるようになっている。これにより、ウエハ10上に形成されるパターンの面積が小さく、またパターンの構成が異なる領域が多数存在するロジックデバイスのウエハ10であっても、実際の露光に用いるマスクパターンで露光したウエハ10の画像に基づいて露光時のフォーカス状態を求めることができる。そのため、専用のマスク(レチクル)を用いる場合のように、専用マスクによる計測に必要なパラメータの条件出し作業に時間を要さないため、露光時のフォーカス状態を短時間で計測することが可能になる。また、専用のマスクパターンではなく、実際のデバイスに用いるパターンを使用することができ、また、露光装置101の照明条件も制約されないため、露光時のフォーカス状態を精度よく計測することが可能になる。

[01 20] 次に、露光装置101による露光時のフォーカス状態を求める方法の第4の実施形態について、図22～図25を参照しながら説明する。図22は、ウエハ10の表面におけるパターンの上記実施形態とは異なる配置構成を示す図である。第4実施形態では、ウエハ10の表面に複数のチップ領域11"が配列されており、そのチップ領域11"の中には繰り返しパターン12"が形成されている。繰り返しパターン12〃は、繰り返しパターンの構成が互いにことなる第1パターン領域A、第2パターン領域B、第3パターン領域C、第4パターン領域D、第5パターン領域E、および第6パターン領

域Ｆを有して構成されている。このウエハ１０も、表面に形成されるパターン面積が小さく、またパターンの構成が異なる領域が複数存在するロジックデバイスのウェハである。

[01 21] なお、第１および第２パターン領域Ａ，Ｂは、第１実施形態に示したように、領域ＡおよびＢのそれぞれにおいてフォーカス計測に必要な複数の回折条件を選択できるが、第３～第５パターン領域Ｃ～Ｅは、第２および第３実施形態に示したように、それぞれ単独ではフォーカス計測に必要な複数の回折条件を選択できない、パターン構成であるとする。第６パターン領域Ｆは、メモリー系のパターン構成であるとする。

[01 22] 図２３に示すように、第４実施形態のステップＳ５０１～ステップＳ５０５までは、図１３に示す上述の第１実施形態のステップＳ２０１～Ｓ２０５までと同じである。すなわち、条件振りウエハ１０ｂ（図１４を参照）を作成し（ステップＳ５０１）、条件振りウエハ１０ｂを色々な回折条件で撮像する（ステップＳ５０２）。得られた複数の回折画像を、第１～第６パターン領域Ａ～Ｆにおける各領域の回折信号を捉えたものに分類する（ステツプＳ５０３）。そして、第１～第６画像グループG_A～G_Fのそれぞれにおいて、回折画像ごとに信号強度を測定し、ショット平均値を求め（ステップＳ５０４）、グループ毎にサンプルフォーカスカーブを求める（ステップＳ５０５）。

[01 23] 次に、検査部４２は、ステップＳ５０５において求めたグループ毎のサンプルフォーカスカーブに基づいて、ショット内の計測ポイントについて同じ計測方法および回折条件で計測可能な計測ポイントをグルーピングしたショット部分領域にショットを分割する（ステップＳ５０６）。

[01 24] この分割方法は、例えば、図２４に示すように、ショット内の計測ポイントをＮ個（Ｎは整数）設定し、１からＮ番まで番号を振る（ステップＳ６０１）。計測ポイント毎に計測方法を検討し決定するが、現在検討する番号をＰとし、Ｐ＝１とおく（ステップＳ６０２）。そして、Ｐ番目の計測ポイントについて、その位置もしくはその近傍に回折信号が存在するパターン領域

（グループ）を抽出する（ステップＳ６０３）。抽出されたパターン領域を順番に調べ、Ｐ番目の計測ポイントを計測するために必要な複数の回折条件を一つのパターン領域から選択できるようなパターン領域が存在するかを調べる（ステップＳ６０４）。そのようなパターン領域が存在する場合には、Ｐ番目の計測ポイントの計測方法、すなわち一つのパターン領域から選択した複数の回折条件で計測することと、その回折条件を決定し、必要に応じて近傍の回折信号から補間する計算式を定義する（ステップＳ６０６）。一方、ステップＳ６０４において、測定ポイントのフォーカス状態を計測するための複数の回折条件が得られる一つのバターン領域が存在しない場合には、抽出した複数のパターン領域から計測に必要な複数の回折条件を選択できる組み合わせが存在するかを調べる（ステップＳ６０５）。そのような組み合わせが存在する場合には、Ｐ番目の計測ポイントの計測方法、すなわち複数のパターン領域から選択した複数の回折条件で計測することと、その回折条件を決定し、必要に応じて近傍の回折信号から補間する計算式を定義する（ステップＳ６０７）。一方、ステップＳ６０５において、複数のパターン領域からも計測に必要な複数の回折条件を選択できない場合には、その計測ポイントは計測不能と定義する（ステップＳ６０８）。ステップＳ６０６～６０８の後、計測方法を検討する番号Ｐを１つインクリメントし（ステップＳ６０９）、ＰがＮを超えたら全ての計測ポイントの計測方法を（計測不能）も含めて決定したことになる（ステップＳ６１０）ので、計測方法および回折条件が同じ計測ポイントをグルービングし（ステップＳ６１１）、ショット部分領域の分割が終了する。

[0125] なお、実際の計測時には、全ての計測ポイントの計測に必要な回折条件の全てで画像を取得する必要があるので、これらの回折条件の数が大きくなると計測時間が増大してしまう。そのため、全ての計測ポイントの計測に必要な回折条件の数をなるべく少なくする必要がある。したがって、例えば、図２５に示すように、一つの計測ポイントの計測方向および回折条件が決まったら、その同じ計測方法および回折条件で計測できる他の計測ポイントがな

いかを調べる (ステップＳ６０６' ，６０６" ，６０７' ，６０７") などして、一つの回折条件をなるべく多くの計測ポイントで共用するようにすることが有効である。

[01 26] このようにショットを複数のショット部分領域に分割すると、条件振りウエハ１０ｂにおいては、図２２（ｂ）に示すように、第１パターン領域Ａおよび第２パターン領域Ｂを有する第１ショット部分領域Ｘと、第３パターン領域Ｃ、第４パターン領域Ｄおよび第５パターン領域Ｅを有する第２ショット部分領域Ｙと、第６パターン領域Ｆを有する第３ショット部分領域Ｚに分割される。

[01 27] ステツプＳ５０６において、ショットを複数のショット部分領域に分割すると、ステップＳ５０５において求めた複数のサンプルフォーカスカーブを、第１～第３ショット部分領域Ｘ～Ｚのそれぞれに対応するものに分類する（ステップＳ５０７）。そして、ショット部分領域ごとに、露光時のフォーカス状態を求めるのに使用する基準サンプルフォーカスカーブを選択する（ステップＳ５０８）。基準サンプルフォーカスカーブを選択決定するには、上述の実施形態と同様に、まず、複数のサンプルフォーカスカーブの中から、フォーカスオフセット量の変化に感度がある (フォーカス感度が高い) サンプルフォーカスカーブを抽出する。次に、フォーカス感度の高いサンプルフォーカスカーブの中から、ドーズ量の変化に対する感度が少なく (ドーズ感度が低く) 下地変化の影響の小さいサンプルフォーカスカーブを抽出する。そして、フォーカス感度が高くてドーズ感度が低く下地変化の影響の小さいサンプルフォーカスカーブの中から、カーブのピークもしくはボトムの位置 (フォーカスオフセット量) が互いに異なるサンプルフォーカスカーブを基準サンプルフォーカスカーブとして選択決定する。

[01 28] ステップＳ５０８においてショット部分領域ごとに基準サンプルフォーカスカーブを選択決定すると、画像処理部４０は、第１～第３ショット部分領域Ｘ～Ｚのそれぞれにおいて決定した基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式に関するデータを基準データとして記憶部４５に出力し、記憶させ

る (ステップＳ５０９）。なお、画像処理部４０は、基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式に限らず、近似曲線の式から求めたフォーカスオフセット量と信号強度の関係を示すデータマップを、基準データとして記憶部４５に出力し、記憶させるようにしてもよい。

[01 29] なお、露光装置１０１が複数ある場合には、同種の露光装置１０１であっても、装置によって結像特性が異なることがあるため、複数の露光装置ごとに、および照明条件ごとに基準データを求め、記憶部４５に記憶させておくことが好ましい。

[01 30] ステップＳ５０９において、基準サンプルフォーカスカーブに関する基準データを記憶部４５に記憶させると、検査対象となるウェハ１０の回折画像を撮像取得する (ステップＳ５１０）。このとき、第１～第３ショット部分領域Ｘ～Ｚにおいて選択した基準サンプルフォーカスカーブが得られる回折画像と同じ回折条件のそれぞれにおいて、ウェハ１０の回折画像を撮像取得する。

[01 31] ステップＳ５１０において、検査対象となるウェハ１０の回折画像を撮像取得すると、画像処理部４０は、第１～第３ショット部分領域Ｘ～Ｚにおける領域ごとに、回折画像の画素毎の信号強度から、各画素に対応する領域がショット内の計測領域か否かを判定し、ストリート等に該当する画素を計測対象から除外する。そして、画像処理部４０は、回折画像ごとに、測定ポイントでの信号強度の平均値を求め、その平均値を各測定ポイントの信号強度として求め (ステップＳ５１１）、必要に応じて信号強度を補間により求める (ステップＳ５１２）。

[01 32] 次に、画像処理部４０は、これら信号強度の平均値の情報を、主制御部５０を介して検査部４２へ送る。検査部４２は、第１～第３ショット部分領域Ｘ～Ｚにおける領域ごとに、検査対象となるウェハ１０の回折画像から、ウェハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスの変動状態 (フォーカス状態）を求める (ステップＳ５１３）。このとき、記憶部４５に記憶された基準データ (すなわち、基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式も

しくはデータマップ）を利用して、ウエハ１０の回折画像の信号強度により求めた信号強度から、ウエハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスオフセット量を、測定ポイントごとに求める。

[01 33] ステップＳ５１３において、第１～第３ショット部分領域Ｘ～Ｚにおける領域ごとに露光装置１０１のフォーカスの変動状態を求めると、これらを統合して繰り返しパターン１２" の全計測ポイントにおける露光装置１０１のフォーカスの変動状態を求める (ステップＳ５１４）。

[01 34] ステップＳ５１４において、繰り返しパターン１２のフォーカス状態を求める全計測ポイント (ウエハ１０の全面）についてフォーカスオフセット量を求めると、検査部４２は、求めたフォーカスオフセット量が異常であるか否かを検査する (ステップＳ５１５）。このとき、検査部４２は、例えば、求めたフォーカスオフセット量が所定の閾値の範囲内であるならば、正常と判定し、求めたフォーカスオフセット量が所定の閾値の範囲外であるならば、異常と判定する。

[01 35] ステップＳ５１５においてフォーカスオフセット量の異常の有無を検査すると、画像処理部４０は、画素ごとに求めたフォーカスオフセット量をそれぞれ当該画素での信号強度に変換したウエハ１０の画像 (図１７を参照）を生成し、フォーカスオフセット量の検査結果等とともに画像表示装置４６に表示させる (ステップＳ５１６）。また、当該ウエハ１０の画像および検査結果を記憶部４５に記憶させる。

[01 36] なお、ステツプＳ５０６においてショットを複数のショット部分領域に分割するときに、パターン条件によりフォーカス計測を行うことができないショット部分領域がある場合には、その部分をショット計測不能部分領域としておき、そこでは計測を行わない。

[01 37] このように、第４実施形態の表面検査装置１によれば、第１～第６画像グループG_A～G_Fにおけるパターン領域ごとに求めたサンプルフオーカスカーブに基づいて、同じ計測方法および回折条件で計測可能な計測ボイントをグルービングしたショット部分領域にショットを分割する。そして、ショット

部分領域ごとに求めた露光装置１０１のフォーカスの変動状態を統合して、繰り返しパターン１２〃の全計測ポイント (ウエハ１０の全面）における露光装置１０１のフォーカスの変動状態を求めるようになつている。これにより、ウエハ１０上に形成されるパターンの面積が小さく、またパターンの構成が異なる領域が多数存在するロジックデバイスのウエハ１０であっても、実際の露光に用いるマスクパターンで露光したウエハ１０の画像に基づいて露光時のフォーカス状態を求めることができる。そのため、専用のマスク（レチクル）を用いる場合のように、その専用マスクによる計測に必要なパラメータの条件出し作業に時間を要さないため、露光時のフォーカス状態を短時間で計測することが可能になる。また、専用のマスクパターンではなく、実際のデバイスに用いるパターンを使用することができ、また、露光装置１０１の照明条件も制約されないため、露光時のフォーカス状態を精度よく計測することが可能になる。

[01 38] 次に、露光装置１０１による露光時のフォーカス状態を求める方法の第５の実施形態について、図２６に示すフローチャートを参照しながら説明する。第５の実施形態では、第１および第２パターン領域Ａ，Ｂのそれぞれにおいて、フォーカス状態の計測に必要な複数の回折条件を求められない場合において、露光時のフォーカス状態を求める方法について説明する。繰り返しパターンの配置構成は、第１の実施形態の説明で使用した図４と同様であるとし、同じ図４を参照することにする。

[01 39] 図２６に示すように、第５実施形態のステップＳ９０１～ステップＳ９０５までは、図１３に示す上述の第１実施形態のステップＳ２０１～Ｓ２０５までと同じである。すなわち、条件振りウエハ１０ｂ（図１４を参照）を作成し (ステップＳ９０１）、条件振りウエハ１０ｂを色々な回折条件で撮像する (ステップＳ９０２）。得られた複数の回折画像を、第１パターン領域Ａの回折信号を捉えたものと、第２パターン領域Ｂの回折信号を捉えたものとに分類する (ステップＳ９０３）。第１画像グループG_Aおよび第２画像グループG_Bのそれぞれにおいて、回折画像ごとに信号強度を測定し、ショット

平均値を求め (ステップＳ９０４）、サンプルフォーカスカーブを求める （ステツプＳ９０５）。

[0140] 次に、検査部４２は、第１画像グループG_Aおよび第２画像グループG_Bにおいて、複数のサンプルフォーカスカーブの中から、露光時のフォーカス状態を求めるのに使用する少なくとも１組 (少なくとも第１画像グループG_Aから１種類、第２画像グループG_Bから１種類）の基準サンプルフォーカスカーブを選択する (ステップＳ９０６）。例えば、第１画像グループG_Aにおいて１種類、第２画像グループG_Bにおいて２種類、合計３種類の基準サンプルフォーカスカーブを選択決定する。基準サンプルフォーカスカーブを選択決定するには、上述の実施形態と同様に、まず、複数のサンプルフォーカスカーブの中から、フォーカスオフセット量の変化に感度がある (フォーカス感度が高い）サンプルフォーカスカーブを抽出する。次に、フォーカス感度の高いサンプルフォーカスカーブの中から、ドーズ量の変化に対する感度が少なく （ドーズ感度が低く）下地変化の影響が小さいサンプルフォーカスカーブを抽出する。そして、フォーカス感度が高くてドーズ感度が低く下地変化の影響が小さいサンプルフォーカスカーブの中から、カーブのピークもしくはボトムの位置 (フォーカスオフセット量）が互いに異なるサンプルフォーカスカーブを基準サンプルフォーカスカーブとして選択決定する。

[0141] ステップＳ９０６において基準サンプルフォーカスカーブを選択決定すると、画像処理部４０は、第１画像グループG_Aおよび第２画像グループG_Bのそれぞれにおいて決定した基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式に関するデータを基準データとして記憶部４５に出力し、記憶させる (ステツプＳ９０７）。なお、画像処理部４０は、基準サンプルフォーカスカーブの近似曲線の式に限らず、近似曲線の式から求めたフォーカスオフセット量と信号強度の関係を示すデータマップを、基準データとして記憶部４５に出力し、記憶させるようにしてもよい。

[0142] なお、露光装置１０１が複数ある場合には、同種の露光装置１０１であつても、装置によって結像特性が異なることがあるため、複数の露光装置ごと

に、および照明条件ごとに基準データを求め、記憶部４５に記憶させておくことが好ましい。

[0143] ステップＳ９０７において基準サンプルフォーカスカーブに関する基準データを記憶部４５に記憶させると、検査対象となるウェハ１０の回折画像を撮像取得する (ステップＳ９０８)。このとき、第１画像グループG_Aにおいて選択した基準サンプルフォーカスカーブが得られる回折画像と同じ回折条件においてそれぞれ、ウェハ１０の回折画像を撮像取得する。また、第２画像グループG_Bにおいて選択した基準サンプルフォーカスカーブが得られる回折画像と同じ回折条件においてそれぞれ、ウェハ１０の回折画像を撮像取得する。例えば、第１画像グループG_Aにおいて１種類、第２画像グループG_Bにおいて２種類の基準サンプルフォーカスカーブ、合計３種類の基準サンプルフォーカスカーブを選択した場合には、当該３種類の基準サンプルフォーカスカーブが得られる回折画像と同じ3種類の回折条件において、ウェハ１０の回折画像を撮像取得する。

[0144] ステップＳ９０８において検査対象となるウェハ１０の回折画像を撮像取得すると、画像処理部４０は、第１および第２画像グループG_A，G_Bにおけるグループごとに、回折画像の画素毎の信号強度から、各画素に対応する領域がショット内の計測領域か否かを判定し、ストリート等に該当する画素を計測対象から除外する。そして、画像処理部４０は、回折画像ごとに、測定ポイントでの信号強度の平均値を求め、その平均値を各測定ポイントの信号強度として求める (ステップＳ９０９)。

[0145] ここで、例えば第１画像グループG_Aにおいて１種類の基準サンプルフォーカスカーブしか選択されていないため、画像処理部４０はフォーカスオフセット量を一意に決定することができない。例えば、図１６において、ある測定ポイントにおける測定値がＫ１であり、基準サンプルフォーカスカーブＤ１が選択されていると仮定すると、フォーカスオフセット量の候補として、約０．０５及び約－０．１４が挙げられ、このままではフォーカスオフセットを一意に決定することができない。

[0146] そこで、画像処理部４０は、ドーズ変動や下地の影響を受けず、上記測定ポイントと相関の高い部分（高相関ポイント）を求め、上記測定ポイントと高相関ポイントを用いてフォーカスオフセットを決定する（ステップＳ９１０）。ここで、スキャン露光の場合には、スリット長手方向のショットの１／８、スキャン方向のショットの１／１６の範囲から高相関ポイントを求める。また、一括露光の場合にはＸ，Ｙともショットの１／８の範囲から高相関ポイントを求める。高相関ポイントの求め方の一例として、以下のような手順が挙げられる。上記測定ポイントにおける基準サンプルフォーカスカーブ（例えば２種類）に、上記範囲内のあるポイントにおける、基準サンプルフォーカスカーブ（例えば１種類）を加味することにより、３種類の基準サンプルフォーカスカーブを用意したこととする。そして、第１実施形態と同様に、これらの３種類の基準サンプルフォーカスカーブを用いて、信号強度との差分二乗和が最小になるフォーカスオフセット量を求める。ここで、上記範囲内において、いくつかのポイントをサーチすることにより、上記差分二乗和の最小値が最も小さくなるポイントを探す。このように、上記範囲内において、上記手順において求めた差分二乗和の最小値が最も小さくなるポイントをサーチすることにより、高相関ポイントを求めることができる。

[0147] このようにして、画像処理部４０は、測定ポイントの基準サンプルフォーカスカーブだけでなく、測定ポイントと相関の高い高相関ポイントにおける基準サンプルフォーカスカーブも利用して、ウエハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスオフセット量を、測定ポイントごとに求める（ステップＳ９１１）。なお、測定ポイントを複数の画素とせず、１つの画素とした場合は画素ごとにフォーカスオフセットを求める。

[0148] ステップＳ９１１において、繰り返しパターン１２の全計測ポイントのフォーカスオフセット量を求めると、検査部４２は、求めたフォーカスオフセット量が異常であるか否かを検査する（ステップＳ９１２）。このとき、検査部４２は、例えば、求めたフォーカスオフセット量が所定の閾値の範囲内であるならば、正常と判定し、求めたフォーカスオフセット量が所定の閾値

の範囲外であるならば、異常と判定する。

[0149] ステップＳ９１２においてフォーカスオフセット量の異常の有無を検査すると、画像処理部４０は、測定ポイントごとに求めたフォーカスオフセット量をそれぞれの測定ポイントでの信号強度に変換したウエハ１０の画像（図１７を参照）を生成し、フォーカスオフセット量の検査結果等とともに画像表示装置４６に表示させる（ステップＳ９１３）。また、当該ウエハ１０の画像および求めたフォーカスオフセット量・検査結果を記憶部４５に記憶させる。

[0150] このように、第５実施形態の表面検査装置１によれば、第１および第２画像グループG_A，G_Bにおけるグループごとに計測領域の判定、信号強度を測定する。このとき、測定ポイントにおいて３種類の基準サンプルフォーカスカーブを用意できない場合には、測定ポイントと相関の高い高相関ポイントにおける基準サンプルフォーカスカーブも加味することにより、３種類の基準サンプルフォーカスカーブを用意することとした。これにより、ウエハ１０上に形成されるパターンの面積が小さく、またパターンの構成が異なる領域が多数存在するロジックデバイスのウエハ１０であっても、実際の露光に用いるマスクパターンで露光したウエハ１０の画像に基づいて露光時のフォーカス状態を求めることができる。そのため、専用のマスク（レチクル）を用いる場合のように、その専用マスクによる計測に必要なパラメータの条件出し作業、すなわちテスト露光・線幅測定といった作業の時間を要さないため、露光時のフォーカス状態を短時間で計測することが可能になる。また、専用のマスクパターンではなく、実際のデバイスに用いるパターンを使用することができ、また、露光装置１０１の照明条件も制約されないため、露光時のフォーカス状態を精度よく計測することが可能になる。

[0151] なお、上述の実施形態において、３種類の基準データ（基準サンプルフォーカスカーブＤ１～Ｄ３）を使用して、ウエハ１０上の繰り返しパターン１２に対する露光時のフォーカス状態（加工条件）を測定しているが、これに限られるものではなく、例えば、２種類の基準データや５種類の基準データ

であってもよく、フォーカスの変化に対する検出信号の変化の仕方が異なる少なくとも2種類の基準データを使用して、露光時のフォーカス状態を測定すればよい。

[01 52] また、上述の実施形態において、ウェハ10上のレジスト膜に露光形成された繰り返しパターン12の検査を行っているが、これに限られるものではなく、エッチング後のパターンの検査を行うようにしてもよい。これにより、露光時のフォーカス状態だけでなく、エッチング時の不具合(異常)を検出することができる。

[01 53] また、上述の実施形態において、条件振りウェハ10bの回折画像に加え、条件振りウェハ10Obの偏光画像(PER画像)を利用して、前述の場合と同様の方法により、異なるドーズ量ごとに、ウェハ方位角度、照明波長などで決まる偏光による複数のサンプルフォーカスカーブを求め、これらの中から、偏光による複数の基準サンプルフォーカスカーブを選択決定するようにしてもよい。これにより、偏光による基準サンプルフォーカスカーブ(基準データ)を用いて、撮像装置35により撮像取得した偏光画像の信号強度から、ウェハ10の表面に対する露光装置101のフォーカスの変動状態を求めるようにすれば、回折画像だけの場合と比べて検出条件が増えるため、露光時のフォーカス状態をより精度よく計測することができる。また、偏光では、フォーカスカーブで信号強度が極大となるフォーカスオフセット量がベストフオーカスと考えられるため、ベストフオーカスとなるフォーカスオフセット量を容易に知ることができる。例えば、第1検出信号が回折画像、第2検出信号が偏光画像、というように、回折画像と偏光画像を合わせて使用してもよい。

[01 54] また、上述の実施形態において、フォーカスの変化に感度があってドーズ量の変化に対する感度が少ない3種類の基準データ(基準サンプルフォーカスカーブD1~D3)を使用して、ウェハ10上の繰り返しパターン12に対する露光時のフォーカス状態を測定しているが、複数のサンプルフォーカスカーブの中から、ドーズ量の変化に感度があってフォーカスの変化に対す

る感度が少ない複数のサンプルフォーカスカーブを抽出することで、これらのサンプルフォーカスカーブのフォーカスをドーズで置き換えて同様にして得られるサンプルドーズカーブを利用して、ウエハ１０上の繰り返しパターン１２に対する露光時のドーズ量を測定することもできる。なお、ドーズ量の変化に対しては、ドーズ量の増加に従って、回折又は偏光の信号強度は単調減少又は単調増加する場合が多いが、その場合には、計測に使用するサンプルフォーカスカーブは複数でなく1種類でもよい。サンプルドーズカーブが単調減少又は単調増加の場合は、計測時に信号強度からドーズ量を一義的に決められるからである。

[01 55] また、上述の実施形態において、検査部４２で求められたウエハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスの変動状態（フォーカスオフセット量）を、主制御部５０から信号出力部６０を介して露光装置１０１に出力し、露光装置１０１の設定にフィードバックすることができる。そこで、前述の表面検査装置１を備えた露光システムについて、図２７を参照しながら説明する。この露光システム１００は、レジストが塗布されたウエハ１０の表面に所定のマスクパターン（繰り返しパターン）を投影露光する露光装置１０１と、露光装置１０１による露光工程および現像装置（図示せず）による現像工程等を経て、表面に繰り返しパターン１２が形成されたウエハ１０の検査を行う表面検査装置１とを備えて構成される。

[01 56] 露光装置１０１は、図２７に示すように、照明系１１０と、レチクルステージ１２０と、投影ユニット１３０と、局所液浸装置１４０と、ステージ装置１５０と、主制御装置（図示せず）とを備えて構成される。なお、以下においては、図２７に示した矢印Ｘ，Ｙ，Ｚの方向をそれぞれＸ軸方向、Ｙ軸方向、Ｚ軸方向として説明する。

[01 57] 照明系１１０は、詳細な図示を省略するが、光源と、オプティカルインテグレータ等を備えた照度均一化光学系と、レチクルプラインド等を備えた照明光学系とを有し、レチクルプラインドで規定されたレチクルＲ上のスリット状の照明領域を照明光（露光光）により略均一な照度で照明するように構

成されている。照明光としては、例えば、ＡｒＦエキシマレーザ光 (波長１９３ｎｍ) が用いられる。

[01 58] レチクルステージ１２０上には、所定のパターン (例えば、ラインパターン) がそのパターン面 (図２７における下面) に形成されたレチクル (フォトマスク) Ｒが、例えば真空吸着により固定保持されている。レチクルステージ１２０は、例えばリニアモータ等を備えるレチクルステージ駆動装置によってχγ平面内で移動可能であるとともに、走査方向 (ここではＹ軸方向とする) に所定の走査速度で移動可能に構成されている。

[01 59] レチクルステージ１２０のＸＹ平面内の位置情報 (Z軸回りの回転方向の回転情報を含む) は、レチクルステージ１２０に設けられたＹ軸に直交する反射面を有する第１反射鏡１２３およびＸ軸に直交する反射面を有する第２反射鏡 (図示せず) を介して、レチクル干渉計１２５によって検出される。レチクル干渉計１２５により検出された当該位置情報は主制御装置に送られ、主制御装置は、その位置情報に基づいてレチクルステージ駆動装置を介してレチクルステージ１２０の位置 (および移動速度) を制御する。

[01 60] 投影ユニット１３０は、レチクルステージ１２０の下方に配置され、鏡筒１３１と、鏡筒１３１内に保持された投影光学系１３５とを有して構成される。投影光学系１３５は、照明光の光軸ＡＸに沿って配列された複数の光学素子 (レンズエレメント) を有し、両側テレセントリックで、所定の投影倍率 (例えば1Ｚ４倍、１／５倍または１／８倍など) を有するように構成されている。このため、照明系１１０から射出された照明光によってレチクルＲ上の照明領域が照明されると、投影光学系１３５の物体面とパターン面が略一致して配置されるレチクルＲを透過した照明光により、投影光学系１３５を介してその照明領域内のレチクルＲのパターンの縮小像が、投影光学系１３５の像面側に配置されたウェハ１０上の露光領域 (レチクルＲ上の照明領域に共役な領域) に形成される。そして、レチクルステージ１２０とウェハ１０を保持するステージ装置１５０との同期駆動によって、照明領域に対してレチクルＲを走査方向 (Y軸方向) に移動させるとともに、露光領域に

対してウエハ１０を走査方向（Ｙ軸方向）に移動させることで、ウエハ１０上の１つのショット領域の走査露光が行われ、そのショット領域にレチクルＲのパターン（マスクパターン）が転写される。

[01 61] ステージ装置１５０は、投影ユニット１３０の下方に配置されたウエハステージ１５１と、ウエハステージ１５１を駆動するステージ駆動装置（図示せず）とを有して構成される。ウエハステージ１５１は、上面においてウエハ１０を真空吸着によって保持するように構成されている。そして、ウエハステージ１５１は、ステージ駆動装置を構成するモータにより、ベース部材１０５の上面に沿ってＸＹ平面内で移動可能になっている。

[01 62] ウエハステージ１５１のＸＹ平面内の位置情報はエンコーダ装置（図示せず）によって検出される。このエンコーダ装置により検出された当該位置情報は主制御装置に送られ、主制御装置は、その位置情報に基づいてステージ駆動装置を介してウエハステージ１５１の位置（および移動速度）を制御する。

[01 63] 以上のように構成される露光装置１０１において、照明系１１０から射出された照明光によってレチクルＲ上の照明領域が照明されると、投影光学系１３５の物体面とパターン面が略一致して配置されるレチクルＲを透過した照明光により、投影光学系１３５を介してその照明領域内のレチクルＲのパターンの縮小像が、ウエハステージ１５１上に支持されて投影光学系１３５の像面側に配置されたウエハ１０上の露光領域（レチクルＲ上の照明領域に共役な領域）に形成される。そして、レチクルステージ１２０とウエハ１０を支持するウエハステージ１５１との同期駆動によって、照明領域に対してレチクルＲを走査方向（Ｙ軸方向）に移動させるとともに、露光領域に対してウエハ１０を走査方向（Ｙ軸方向）に移動させることで、ウエハ１０上の１つのショット領域の走査露光が行われ、そのショット領域にレチクル尺のパターンが転写される。

[01 64] このようにして露光装置１０１による露光工程が実施されると、現像装置（図示せず）による現像工程等を経て、前述の実施形態に係る表面検査装置

１により、表面に繰り返しパターン１２が形成されたウェハ１０の表面検査を行う。またこのとき、表面検査装置１の検査部４２は、前述のようにして、ウェハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカスの変動状態を求め、主制御部５０から信号出力部６０および接続ケーブル（図示せず）等を介して、求めたフォーカスの変動状態（フォーカスオフセット量）に関する情報を露光装置１０１に出力する。そして、露光装置１０１の主制御装置２００に設けられた補正処理部２１０は、表面検査装置１から入力された露光装置１０１のフォーカスの変動状態に基づいて、ウェハ１０の表面に対する露光装置１０１のフォーカス状態が一定（露光装置によって露光されるパターンの像面とレジスト面が一致し、予め決められたエネルギー量となるドーズ量）となるように、露光装置１０１のフォーカスに関する各種設定パラメータ及び光学素子の配置状態を補正する。

[01 65] これにより、本実施形態の露光システム１００によれば、前述の実施形態に係る表面検査装置１から入力された露光時のフォーカス状態に応じて、露光装置１０１のフォーカスの設定を補正するため、露光時のフォーカス状態を短時間で精度よく計測することができので、より精度の高いフォーカス状態に基づいた補正が可能となり、露光装置１０１のフォーカスの設定をより適切に行うことができる。

[01 66] 続いて、このような露光システム１００を用いた半導体デバイス製造方法について、図２８を参照しながら説明する。半導体デバイス（図示せず）は、デバイスの機能・性能設計を行う設計工程（ステップＳ７０１）、この設計工程に基づいたレチクルを製作するレチクル製作工程（ステップＳ７０２）、シリコン材料からウェハを製作するウェハ製作工程（ステップＳ７０３）、露光等によりレチクルのパターンをウェハに転写する（露光工程、現像工程等を含む）リソグラフィー工程（ステップＳ７０４）、デバイスの組み立てを行う（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程等を含む）組立工程（ステップＳ７０５）、デバイスの検査を行う検査工程（ステップＳ７０６）等を経て製造される。

[01 67] ここで、リソグラフィー工程の詳細について、図２９を参照しながら説明する。まず、ウェハを用意 (ステップＳ８０１) し、不図示のスピンコータ等の塗布装置を用いて、ウェハ表面にレジストを所定の厚さとなるように塗布する (ステップＳ８０２)。このとき、塗布の終了したウェハに対し、塗布装置内の乾燥装置でレジストの溶剤成分を蒸発させ、固める。レジストが塗布され固められたウェハを不図示の搬送装置により露光装置１０１に搬送する (ステップＳ８０３)。露光装置１０１に搬入されたウェハは、露光装置１０１に備わっているアライメント装置によりアライメントされる (ステップＳ８０４)。アライメントの終了したウェハに、レチクルのパターンを縮小露光する (ステップＳ８０５)。露光の終了したウェハを露光装置１０１から不図示の現像装置に移送し、現像を行う (ステップＳ８０６)。現像の終了したウェハを表面検査装置１でセットし、前述のように露光装置１０１のフォーカス状態を求めるとともに、回折検査・偏光検査を行いウェハ上に作製されたパターンの検査を行う (Ｓ８０７)。検査で予め決められた基準以上に不良 (異常) が発生しているウェハはリワーク (再生処理) に回され、不良 (異常) が基準未満のウェハは、エッチング処理等の後処理をされる。なお、ステップＳ８０７で求められた露光装置１０１のフォーカス状態は、露光装置１０１にフォーカスの設定の補正のためにフィードバックされる (ステップＳ８０８)。フィードバックされたフォーカス状態が一定になった露光装置により、次の基板への露光が行われる。

[01 68] 本実施形態の半導体デバイス製造方法では、リソグラフィー工程において、前述の実施形態に係る露光システム１００を用いてパターンの露光を行う。すなわち、前述したように、露光装置１０１による露光工程が実施されると、現像装置 (図示せず) による現像工程等を経て、表面検査装置１により、表面に繰り返しパターン１２が形成されたウェハ１０の表面検査を行う。このとき、表面検査装置１によって露光時のフォーカス状態が測定され、露光装置１０１では、表面検査装置１から入力された露光時のフォーカス状態に応じて、露光装置１０１のフォーカスの設定が補正される。このように、

本実施形態の半導体デバイス製造方法によれば、露光時のフォーカス状態を短時間で精度よく計測することができるので、露光装置１０１のフォーカスの設定をより適切に行うことが可能となり、高集積度の半導体デバイスを生産性良く製造することができる。

[01 69] ここまでは、ウエハ１０の全面の画像を一括で撮像する光学系を用いて、ウエハ１０の全面におけるフォーカス状態を計測する構成について説明してきたが、これに限らず、より詳細な領域ごとのフォーカス状態を計測することも可能である。例えば、撮像倍率を上げて、１ショットを１枚の画像として取り込む構成とすれば、ショット単位でより細かい領域ごとのフォーカス状態の変化を計測することができる。その場合の装置構成は、上述の実施形態 (表面検査装置１) と基本的には同じ構成であるものの、光学系の撮像倍率を上げ、ウエハ面内の各ショットを撮像できるようにウエハと光学系の相対位置を変えるためのＸＹステージ等の機構を追加すればよい。

[01 70] このような装置において、ショット単位でより細かい領域ごとのフオーカス状態の変化を計測する場合には、計測対象のショット数分、繰り返し画像を撮る必要があるので、計測の時間はかかるが、より詳細な計測が可能である。例えば、ウエハ全面の画像を一括で撮像する場合にウエハ上の画素サイズが３００μｍであったとすると、ショット単位にすると、画素サイズを３０μｍ程度にすることができる。従って、より小さな領域ごとのフォーカス状態の計測が可能になり、その分繰り返しパターンの領域が小さいパターンも計測可能となる。もちろん、ロジックウエハのように各種パターンが散在するゥエハでは、上述のように信号の補間などを同様に行うことが必要である。

[01 7 1] このような詳細な領域ごとのフォーカス状態の計測を、顕微鏡装置を用いて行うこともできる。図３０は、ハーフミラー２０１、第１対物レンズ２０２、第２対物レンズ２０３およびイメージセンサ２０４を有する顕微鏡光学系に、偏光子２０５および検光子２０６を加えて構成され、ウエハ１０上のパターンを直線偏光の照明光で照射し、パターンでの構造性複屈折による偏

光状態の変化を検出する光学系を備える顕微鏡装置２００の概略構成図である。この顕微鏡装置２００では、顕微鏡視野内のパターンでの偏光状態の変化を２次元的に検出することが可能であり、また、光学系とウエハ１０の相対位置関係を変えて撮像を繰り返すことにより、ウエハ１０の全面において密に、もしくは祖にパターンでの偏光状態の変化を検出することが可能である。顕微鏡装置２００では、上述の実施形態と同様に、ゥ工ハ方位角度、照明波長、偏光子角度、検光子角度などの光学条件を変えた複数の光学条件で画像を取得し、複数のフォーカスカーブを取得することにより、フォーカス状態の計測が可能である。また、上述の実施形態と同様な信号の補間などを行うことにより、ロジックウエハ上のパターンのフオーカス状態の計測を行うことができる。

[01 72] 図３１は、顕微鏡装置２００において、偏光子２０５および検光子２０６を光路上から抜去し、ウエハ１０の表面を照明光の光軸に対してチル ト (傾動）させることが可能なウエハチル ト機構を加えて構成され、ウエハ１０上のパターンからの回折光を検出することが可能な顕微鏡装置２００' の概略構成図である。この顕微鏡装置２００では、上述の実施形態と同様に、ゥエハチル ト機構によりウエハ１０をチル トさせることにより、ウエハ方位角度、照明波長、照明角度 (入射角度）、射出角度、回折次数などの回折条件を変えた複数の回折条件で画像を取得し、複数のフォーカスカーブを取得することにより、フォーカス状態の計測が可能である。また、上述の実施形態と同様な信号の補間などを行うことにより、ロジックウエハ上のパターンのフオーカス状態の計測を行うことができる。さらに、図示しないが、図３０に示す偏光状態の変化を検出する光学系と、図３１に示す回折光を検出する回折光学系とを組み合わせて、両光学条件を用いてフォーカス状態の計測を行うように構成してもよい。

[01 73] なお、図３２を用いてウエハのチル ト角度と回折光との関係を説明する。ウエハ１０のチル ト角θと、回折光を発生するパターンピッチPとは、P(s i n e - s i n(- e)) = m λとの関係があり、この式は、2Psinθ = mλとなる。ここ

で、ｍは回折次数、スは照明光の波長であり、チルト角ｅは右回りを正とする。この式から、チルト角とパターンピッチに応じた回折光を検出することができる。したがって、顕微鏡装置２００'では、ウエハ１０をチルトさせることにより複数の回折条件で画像を取得することができる。なお、顕微鏡装置２００'においては、ウエハ上の各点において照明光の入射角度が同じで、さらにウエハ上の各点から同じ出射角度の回折光がイメージセンサに受光されるテレセントリック光学系になっていることが好ましい。

なお、上述の各実施形態の要件は、適宜組み合わせることができる。また、一部の構成要素を用いない場合もある。また、法令で許容される限りにおいて、上述の各実施形態及び変形例で引用した検査装置などに関する全ての公開公報及び米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

符号の説明

[0174] １　表面検査装置

１０　ウエハ（１０ａ，１０ｂ　条件振りウエハ）

２０　照明系（照明部）

３０　受光系（検出部）

３５　撮像装置（検出部）

４０　画像処理部

４２　検査部（測定部）

４５　記憶部

５０　主制御部

１００　露光システム

１０１　露光装置

２００、２００'　顕微鏡装置

請求の範囲

[請求項1] 露光により形成されたパターンを表面に有する基板を照明光で照明する照明部と、

前記パターンによって変調された照明光を検出して検出信号を出力する検出部と、

所望の部分の前記パターンの露光条件を、該パターンの複数の部分で検出された検出信号を用いて測定する測定部とを備える測定装置。

[請求項2] 前記測定部は、前記所望の部分のパターンの露光条件を、前記所望の部分を含む複数の部分で検出された検出信号を用いて測定する請求項1に記載の測定装置。

[請求項3] 前記測定部は、前記所望の部分の周囲の部分で検出された検出信号から、前記所望の部分のパターンの露光条件を測定する請求項1または2に記載の測定装置。

[請求項4] 前記測定部は、前記所望の部分で検出された検出信号と、該所望の部分以外の部分で検出された検出信号から求められた該所望の部分に対応する信号とから、該所望の部分のパターンの露光条件を測定する請求項1～3のいずれかに記載の測定装置。

[請求項5] 前記測定部は、前記所望の部分の周囲の部分で検出された信号から、前記所望の部分に対応する検出信号を補間により求める請求項3または4に記載の測定装置。

[請求項6] 前記測定部は、前記所望の部分のパターンの露光条件を、前記所望の部分と、前記所望の部分の周囲の部分であって、前記所望の部分と相関のある部分で検出された検出信号を用いて測定する請求項4に記載の測定装置。

[請求項7] 前記変調された照明光を検出する検出条件が、前記部分ごとに設定される請求項1～6のいずれかに記載の測定装置。

[請求項8] 前記検出部は、前記パターンによる回折または偏光に基づく変調を検出する請求項1～7のいずれかに記載の測定装置。

[請求項9] 複数の露光条件で形成されたパターンで検出される検出信号を予め記憶した記憶部をさらに有し、

前記測定部は、前記記憶部に記憶された検出信号と前記検出部で検出された検出信号を比較して前記表面上の所望の部分のパターンの露光条件を測定する請求項1～8のいずれかに記載の測定装置。

[請求項10] 前記測定部で測定される前記露光条件は、前記露光におけるフォーカス状態と露光量のうちの少なくとも一方である請求項1～9のいずれかに記載の測定装置。

[請求項11] 露光により形成されたパターンを表面に有する基板を照明光で照明し、

前記パターンによって変調された照明光を検出して検出信号を出力し、

所望の部分の前記/<ターンの露光条件を、該パターンの複数の部分で検出された検出信号を用いて測定する測定方法。

[請求項12] 前記所望の部分のパターンの露光条件を、前記所望の部分を含む複数の部分で検出された検出信号を用いて測定する請求項11に記載の測定方法。

[請求項13] 前記所望の部分のパターンの露光条件を、前記所望の部分で検出された検出信号と、該所望の部分以外の部分で検出された検出信号から求められた該所望の部分に対応する信号とから測定する請求項11または12に記載の測定方法。

[請求項14] 前記所望の部分の周囲の部分領域で検出された検出信号から前記所望の部分に対応する信号を求め、前記所望の部分のパターンの露光条件を測定する請求項11～13のいずれかに記載の測定方法。

[請求項15] 前記所望の部分の周囲の部分で検出された信号から、前記所望の部分に対応する検出信号を補間により求める請求項13または14に記載の測定方法。

[請求項16] 前記所望の部分のパターンの露光条件を、前記所望の部分で検出さ

れた検出信号と、該所望の部分以外の部分であって、前記所望部分と相関のある部分で検出された検出信号から求められた該所望の部分に対応する信号とから測定する請求項１３に記載の測定方法。

[請求項17] 前記変調された照明光を検出する検出条件が、前記部分ごとに設定される請求項１１～１６のいずれかに記載の測定方法。

[請求項18] 前記検出は、前記パターンによる回折または偏光の基づく変調を検出する請求項１１～１７のいずれかに記載の測定方法。

[請求項19] 複数の露光条件で形成されたパターンで検出される検出信号を予め記憶し、

前記記憶された検出信号と前記検出された検出信号を比較して前記表面上の所望の部分のパターンの露光条件を測定する請求項１１～１８のいずれかに記載の測定方法。

[請求項20] 前記測定される前記露光条件は、前記露光におけるフォーカス状態と露光量のうちの少なくとも一方である請求項１１～１９のいずれかに記載の測定方法。

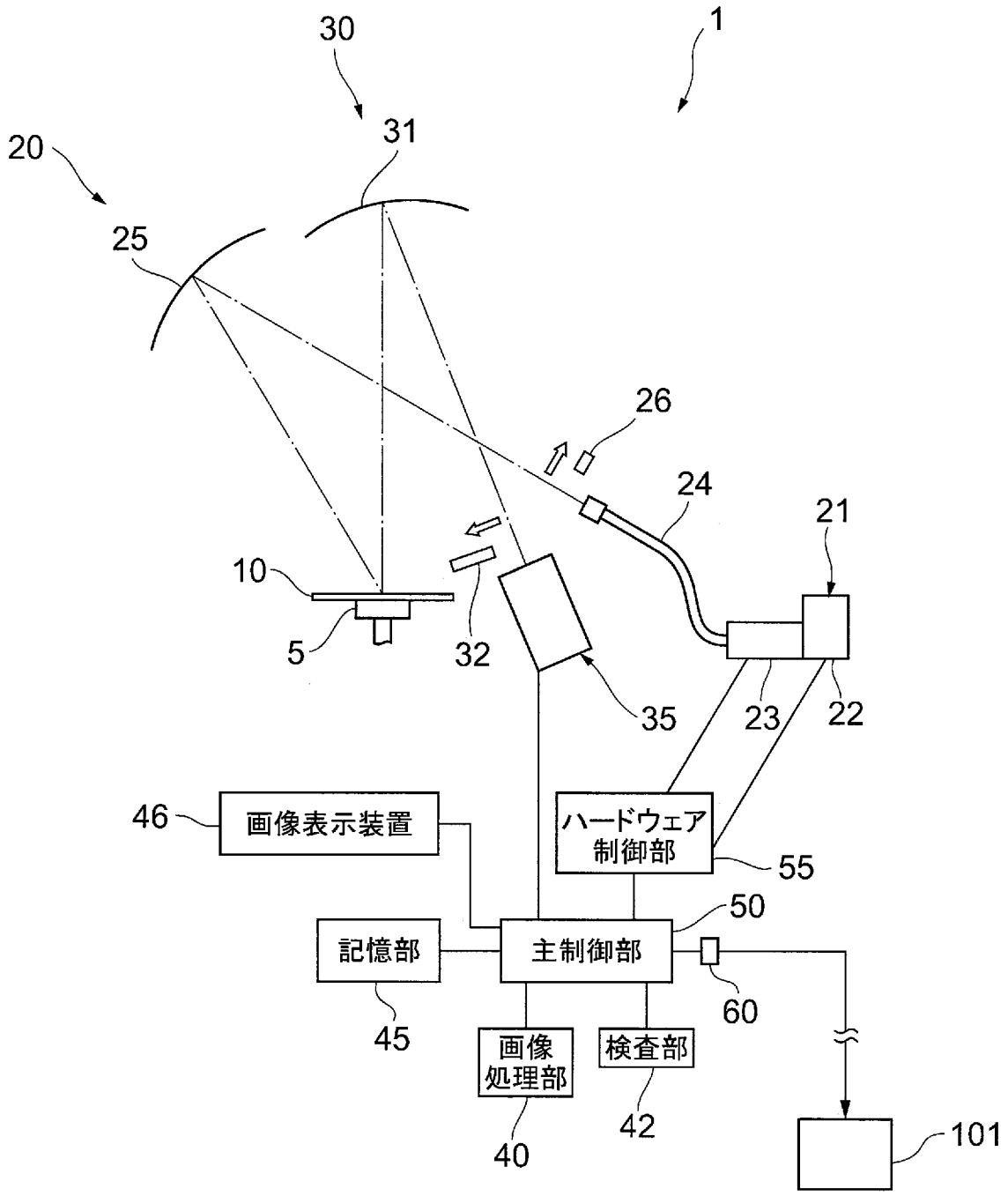
[請求項21] 基板の表面にパターンを露光するリソグラフィー工程を有した半導体デバイス製造方法であつて、

前記露光の後に、請求項１１～２０のいずれかに記載の測定方法を用いて、前記パターンが設けられた基板に対する前記露光時の露光条件を測定し、

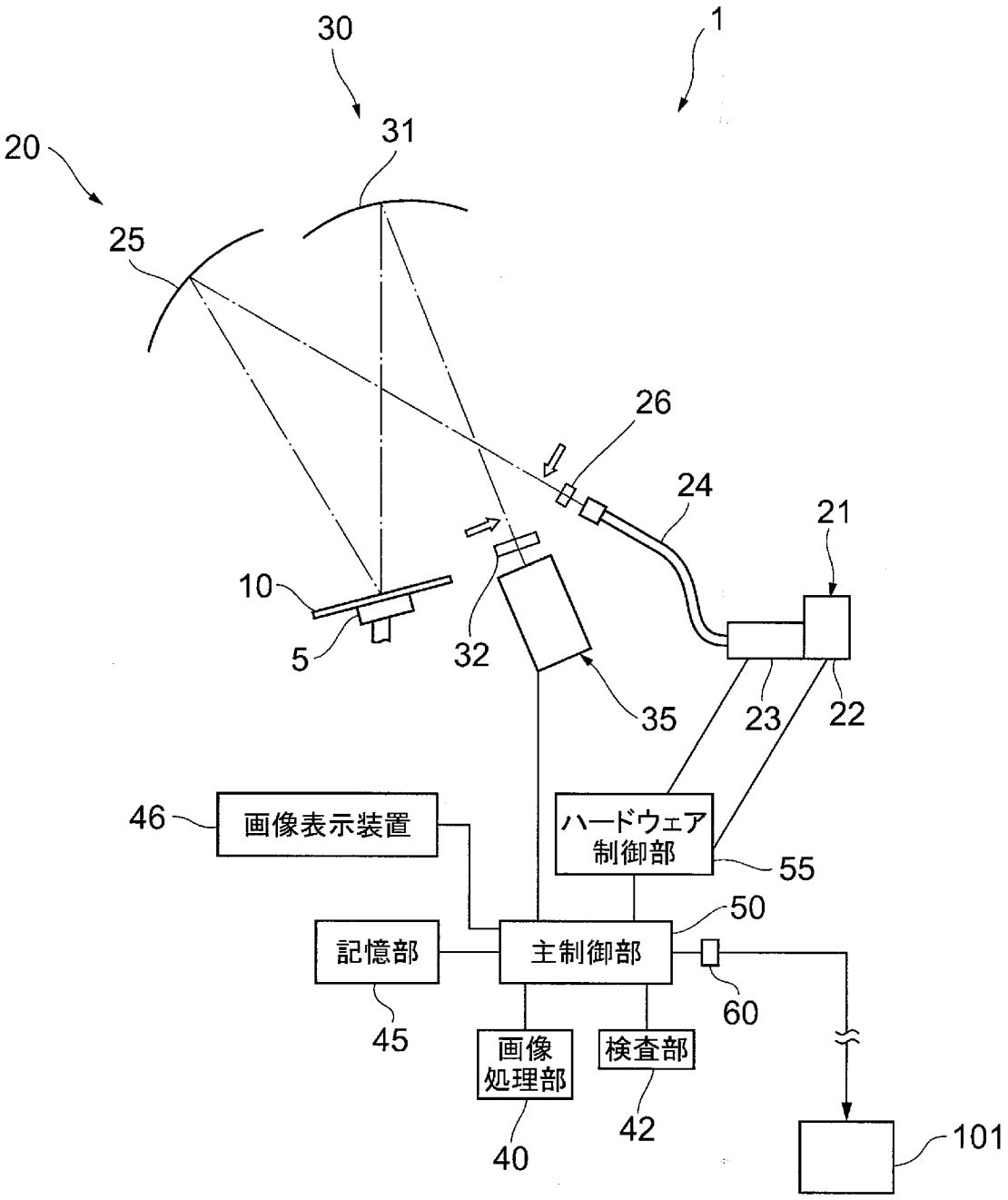
該測定された露光条件に基づいて露光条件を修正し、

修正された露光条件で基板の表面にパターンを露光する半導体デバイス製造方法。

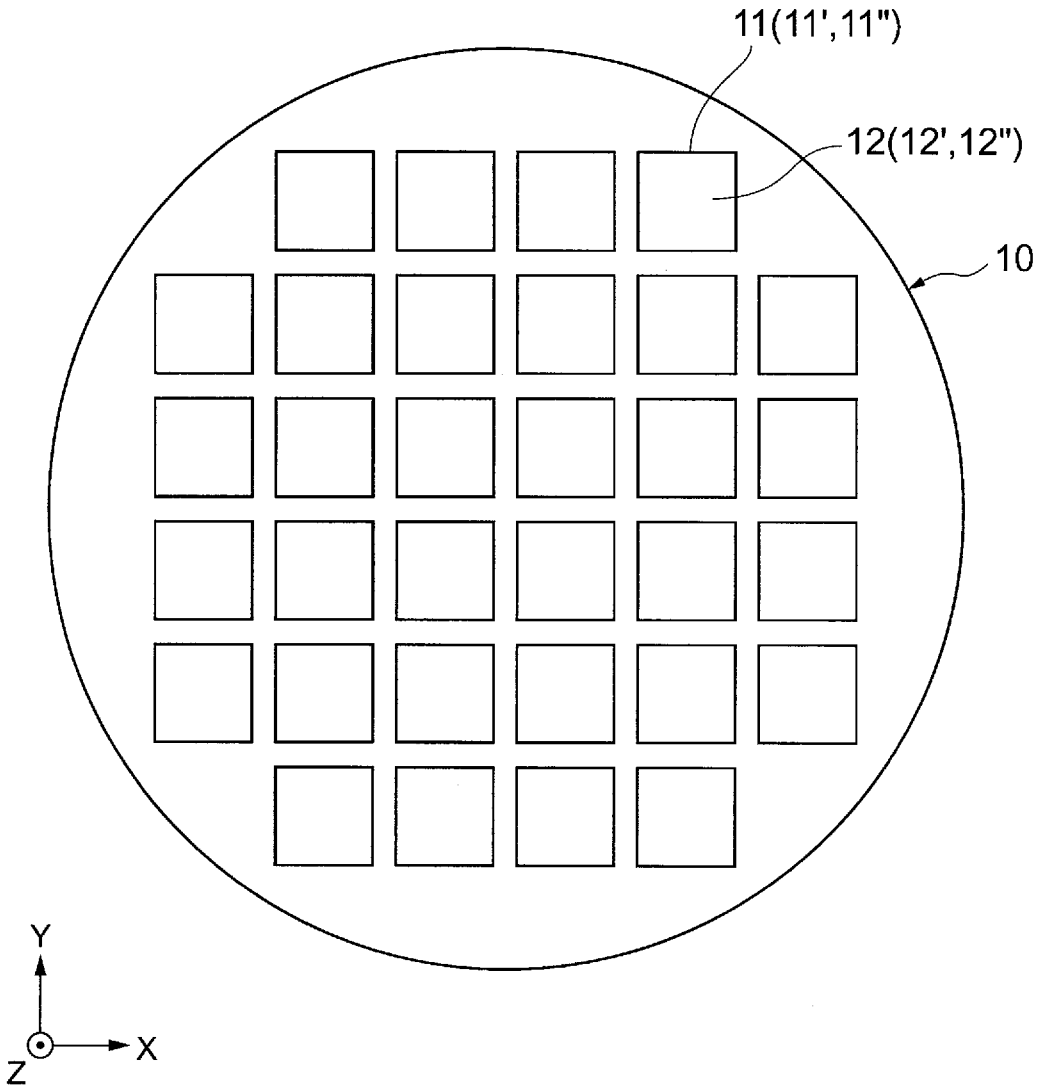
[図1]


30
1
31
20
25
26
24
21
10
5
32
35
23
22
46
画像表示装置
ハードウェア
制御部
55
50
記憶部
主制御部
60
45
画像
処理部
検査部
42
40
101

[図2]

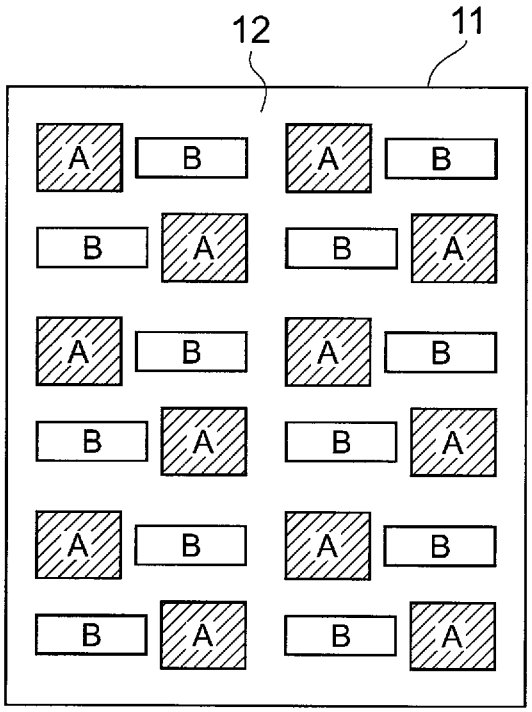

30
1
31
20
25
26
24
21
10
5
32
35
23
22
46
画像表示装置
ハードウェア
制御部
55
50
記憶部
主制御部
60
45
画像
処理部
検査部
42
40
101

[図3]

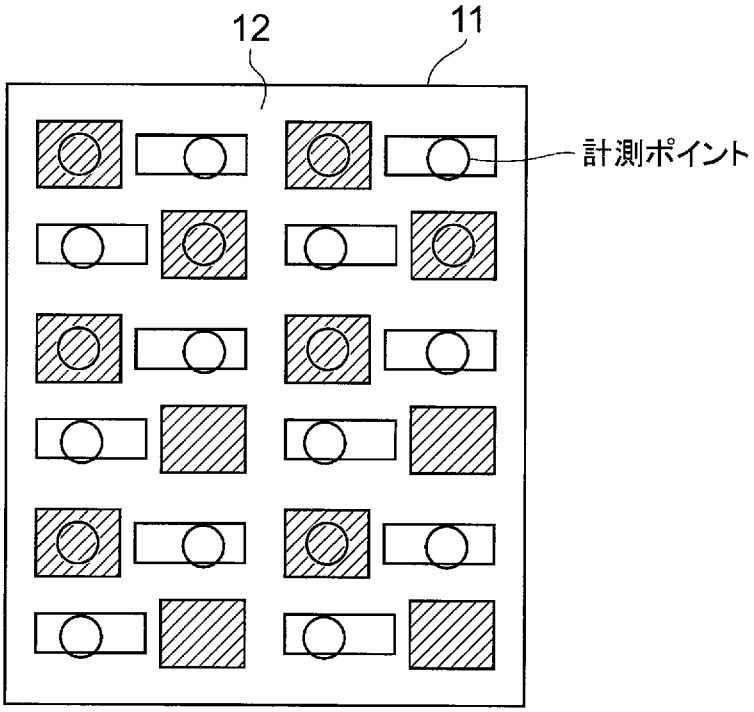


[図4]

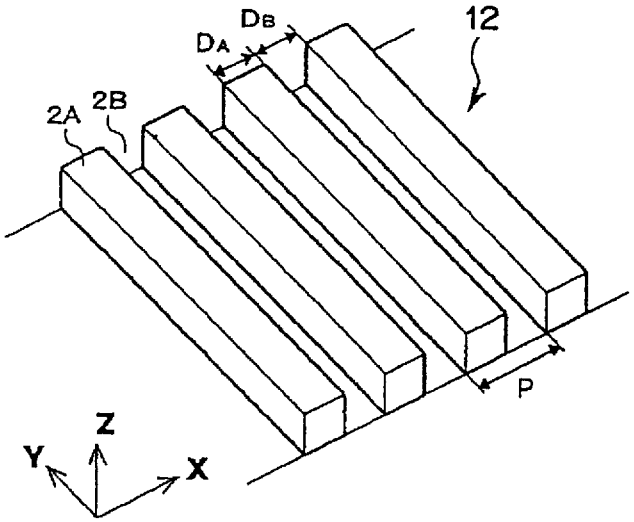
(a)



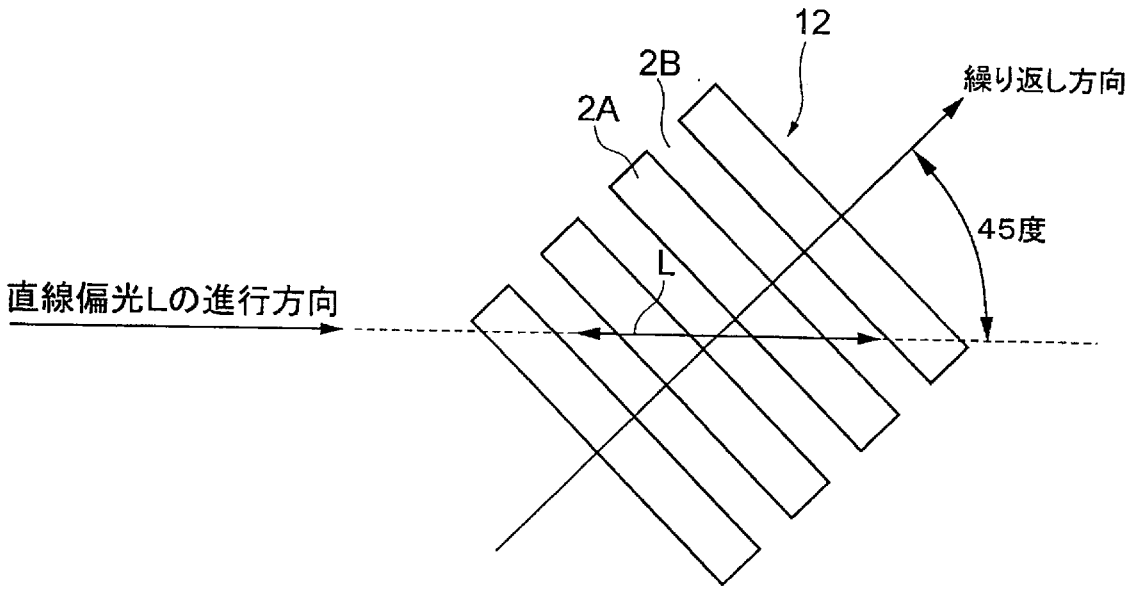
(b)



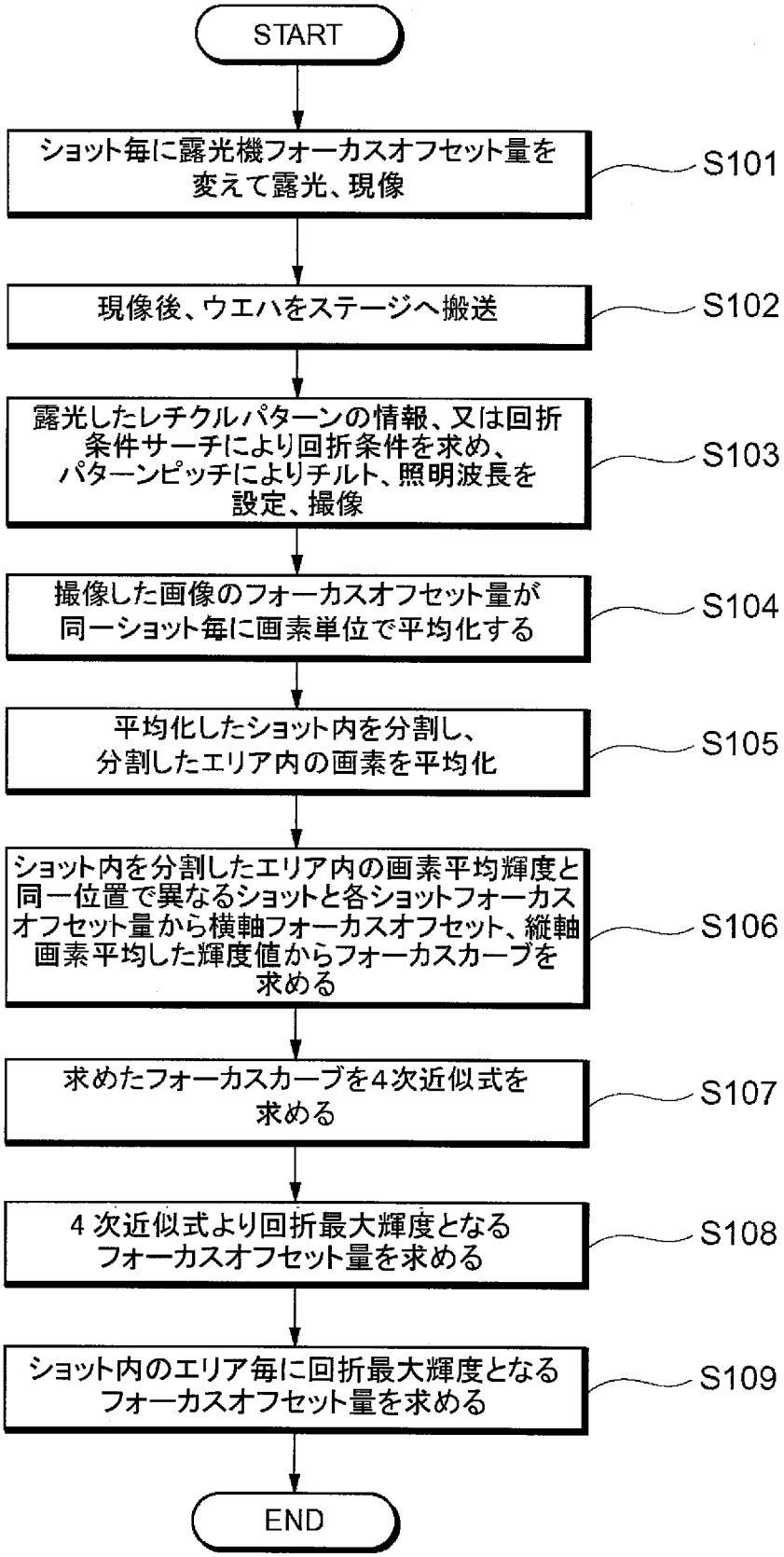
[図5]



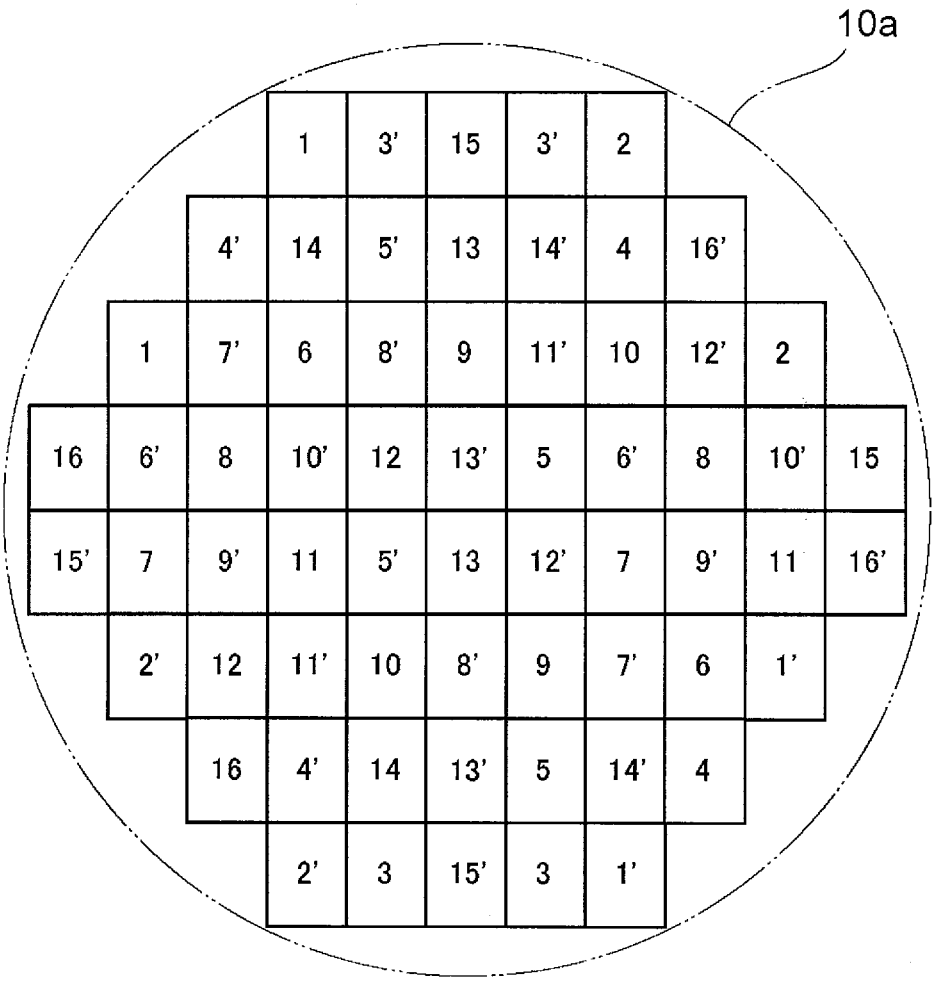
[図6]



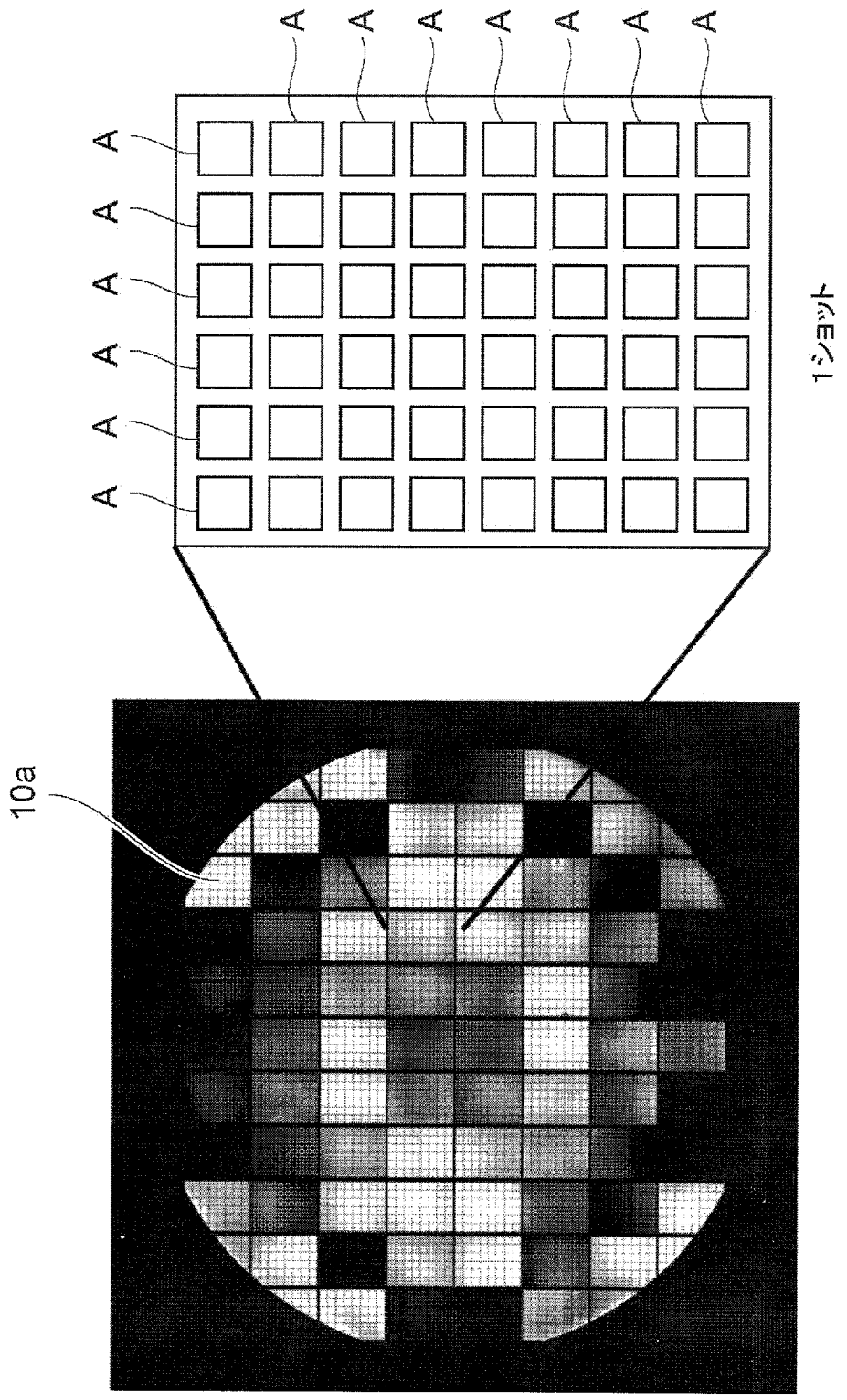
[図7]


START
ショット毎に露光機フォーカスオフセット量を変えて露光、現像
S101
現像後、ウエハをステージへ搬送
S102
露光したレチクルパターンの情報、又は回折条件サーチにより回折条件を求め、パターンピッチによりチルト、照明波長を設定、撮像
S103
撮像した画像のフォーカスオフセット量が同一ショット毎に画素単位で平均化する
S104
平均化したショット内を分割し、分割したエリア内の画素を平均化
S105
ショット内を分割したエリア内の画素平均輝度と同一位置で異なるショットと各ショットフォーカスオフセット量から横軸フォーカスオフセット、縦軸画素平均した輝度値からフォーカスカーブを求める
S106
求めたフォーカスカーブを4次近似式を求める
S107
4 次近似式より回折最大輝度となるフォーカスオフセット量を求める
S108
ショット内のエリア毎に回折最大輝度となるフォーカスオフセット量を求める
S109
END

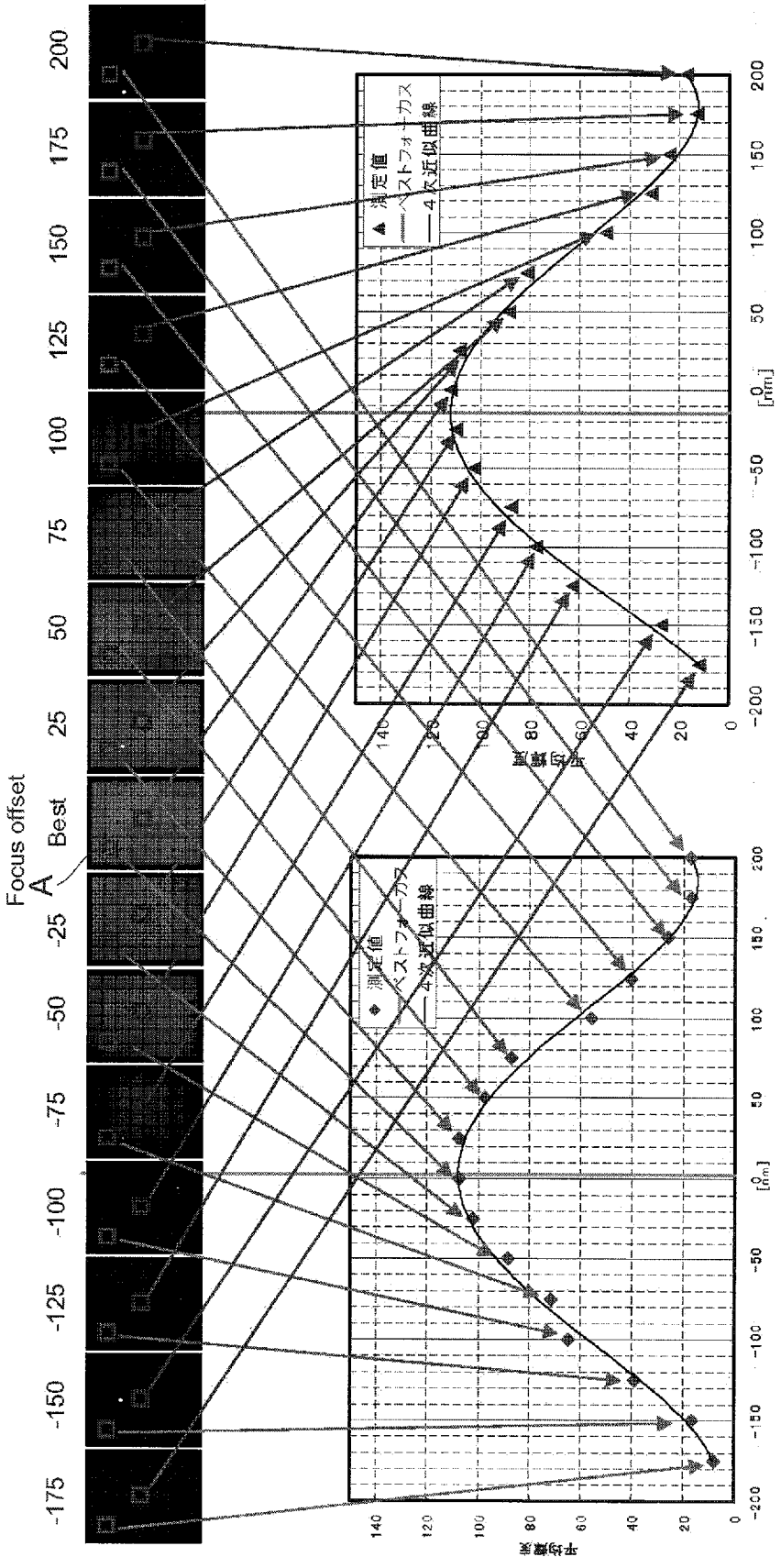
[図8]


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

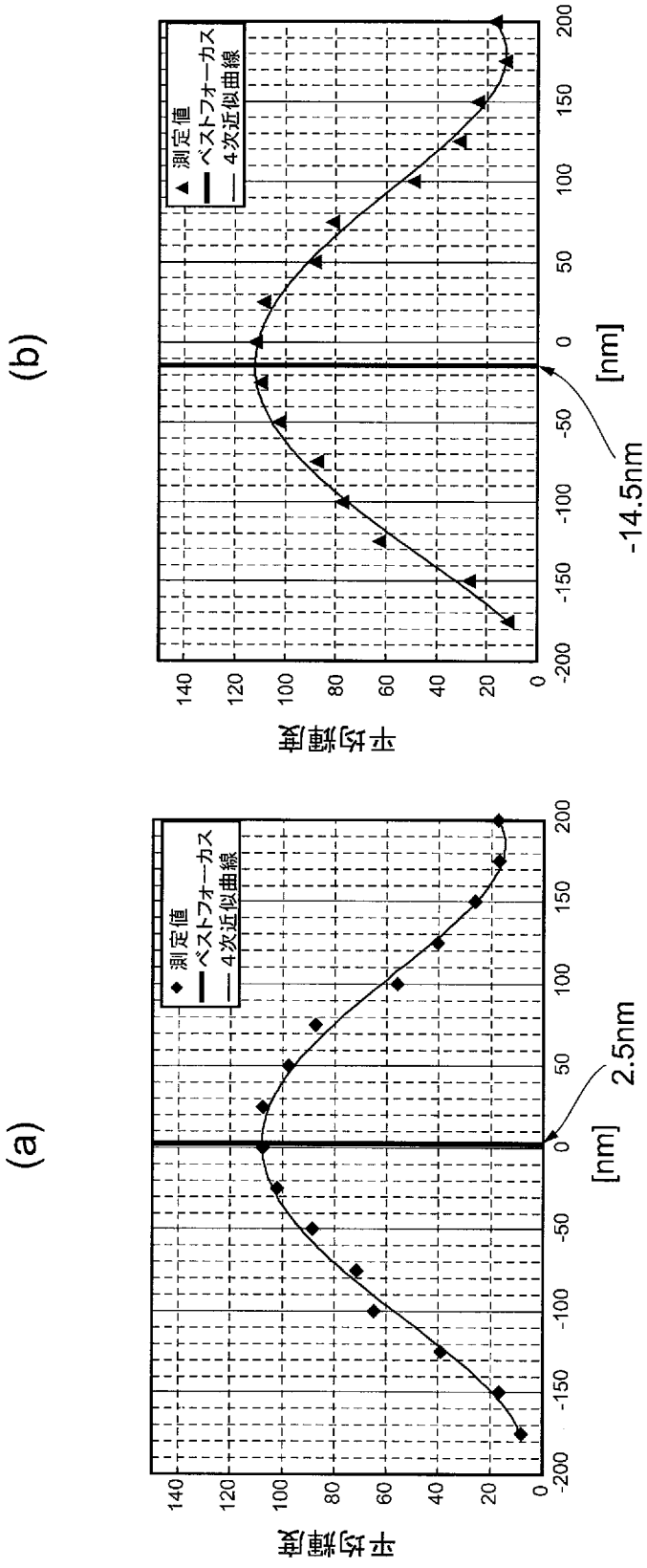
[図9]



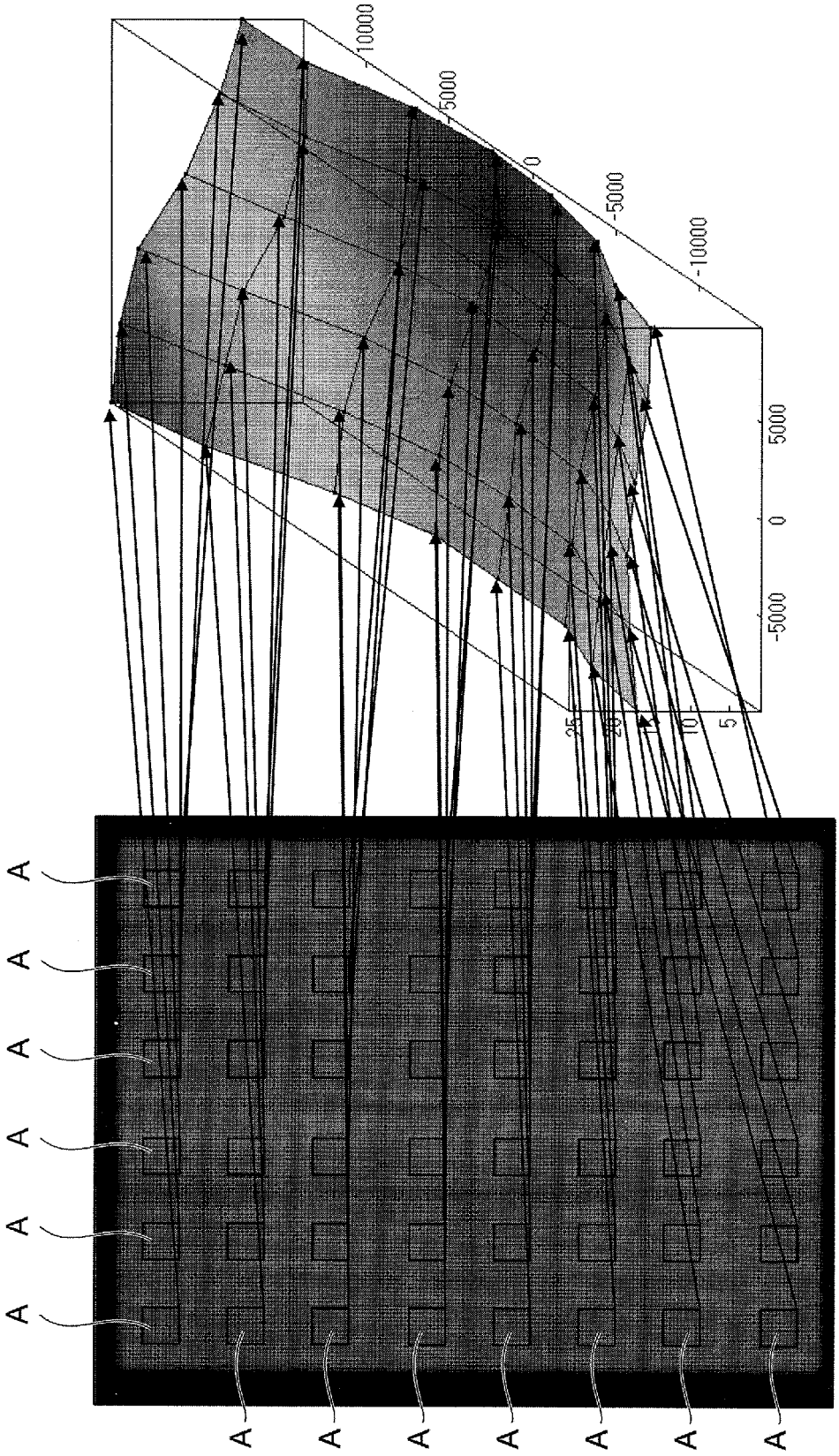
[図10]


Focus offset
A
Best
200
175
150
125
100
75
50
25
-25
-50
-75
-100
-125
-150
-175
測定値
ベストフォーカス
4次近似曲線
平均解像
[nm]

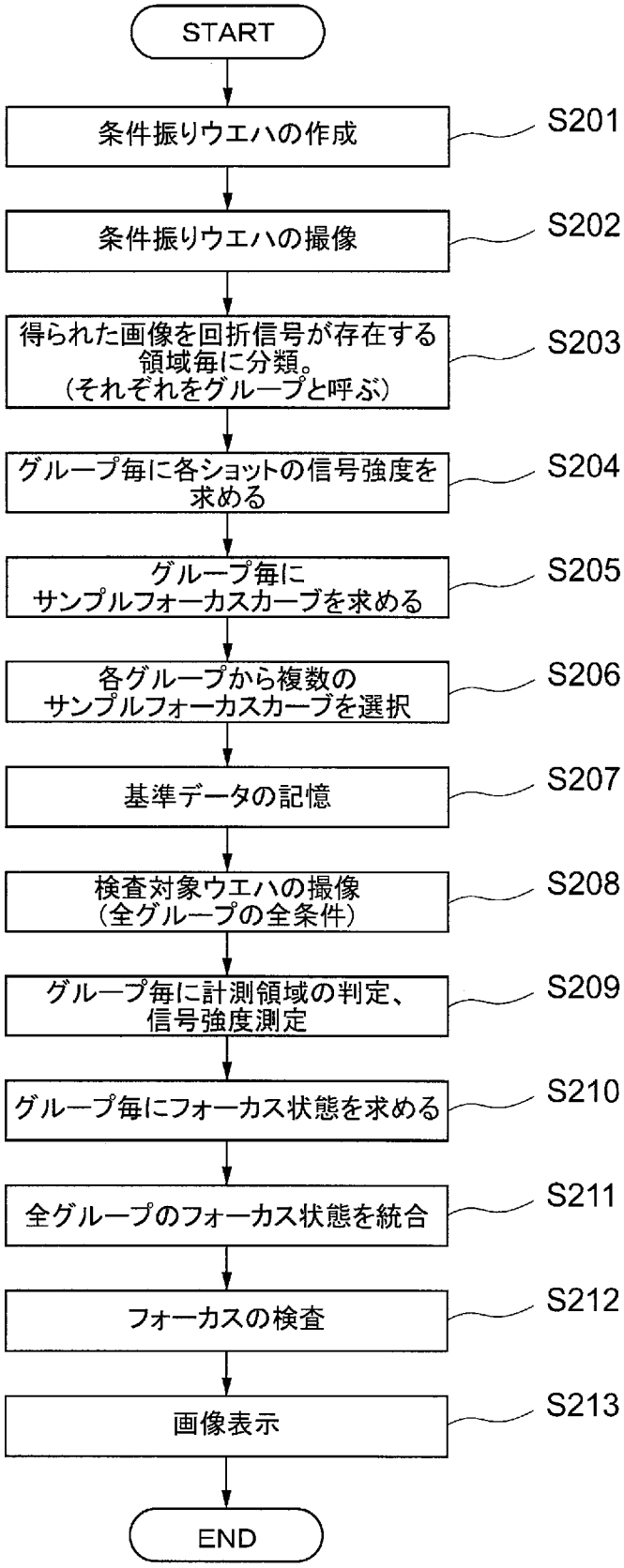
[図11]


(b)
測定値
ベストフォーカス
4次近似曲線
平均輝度
[nm]
-14.5nm
(a)
測定値
ベストフォーカス
4次近似曲線
平均輝度
[nm]
2.5nm

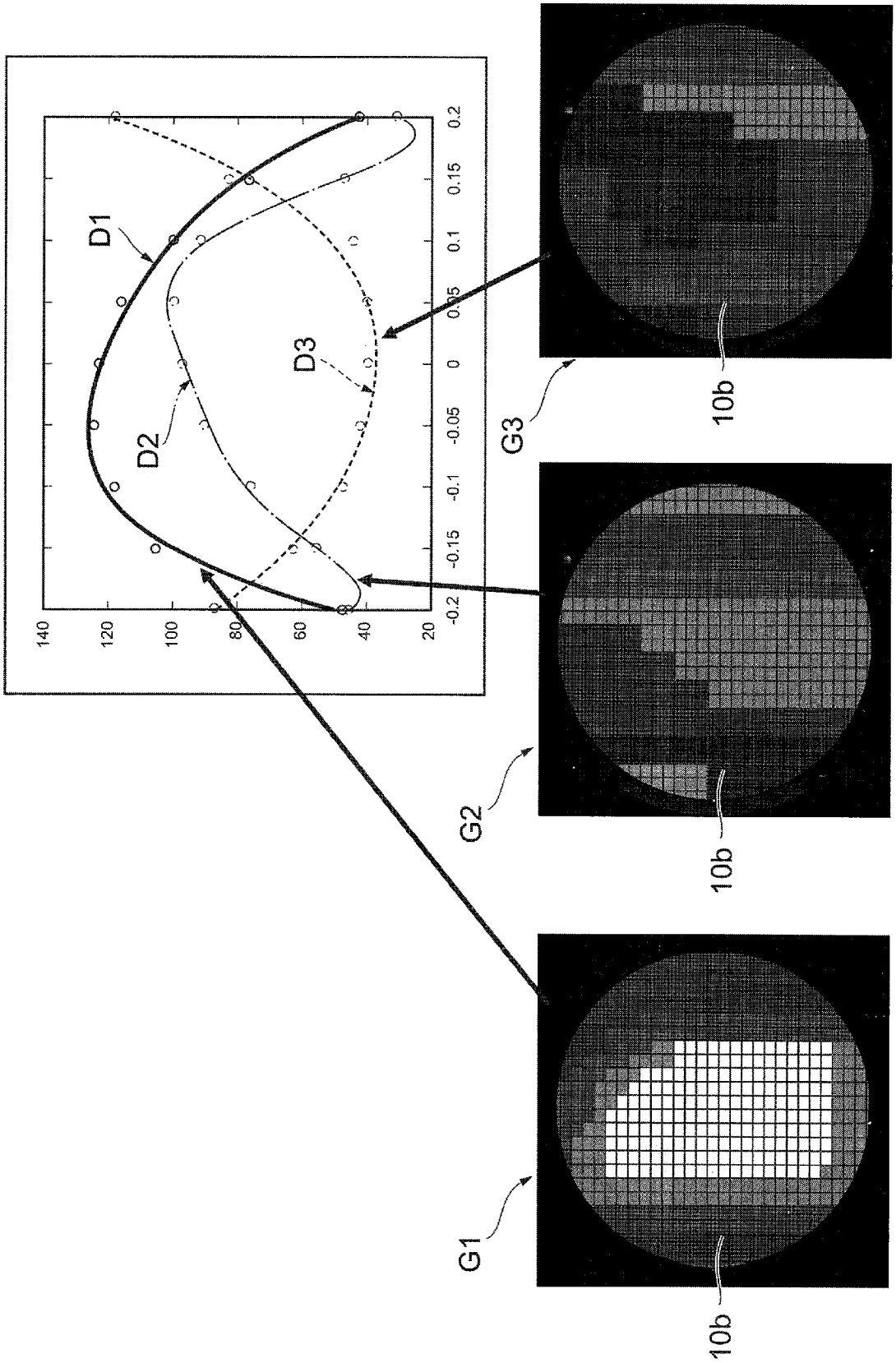
[図12]



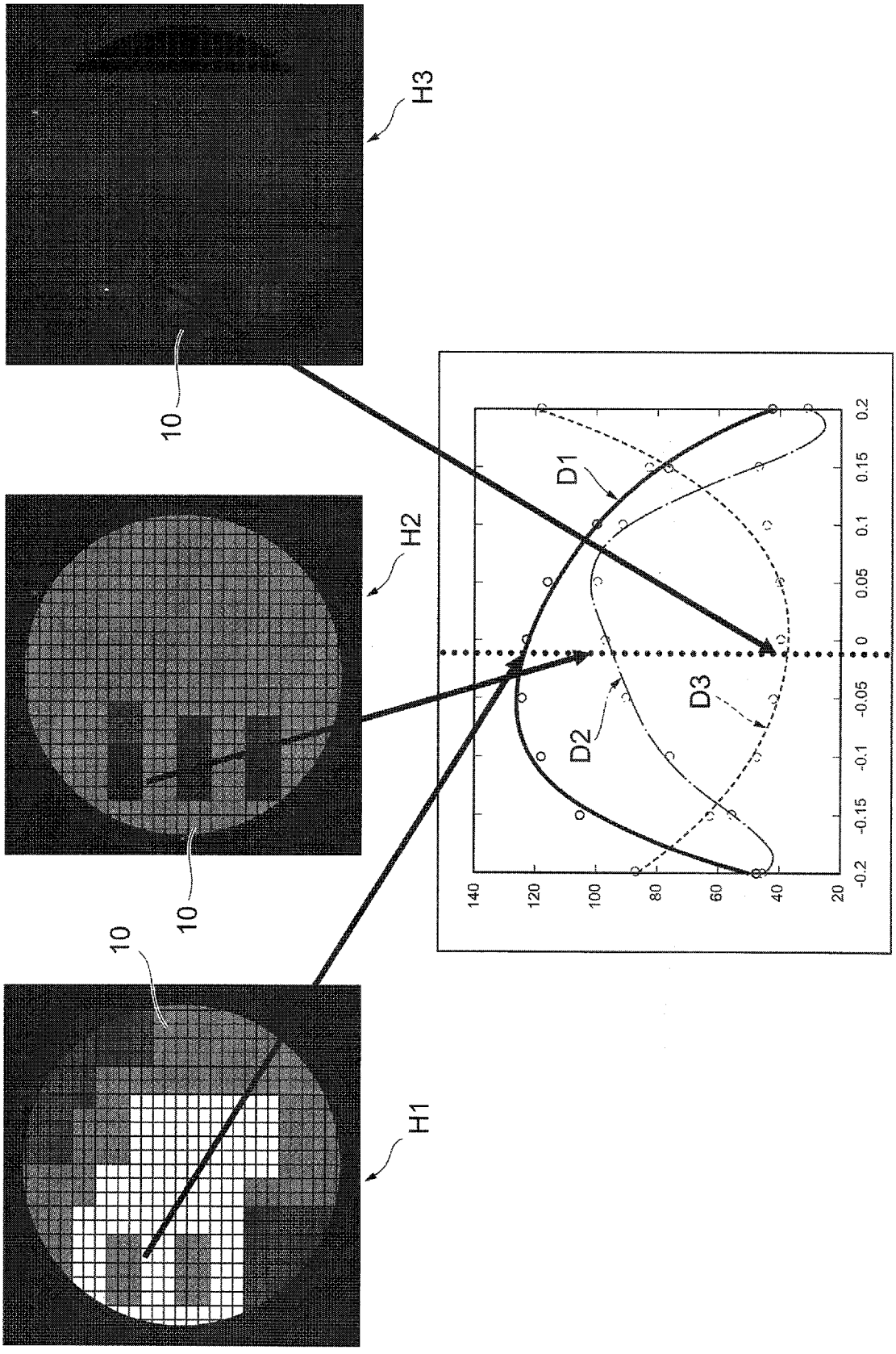
[図13]


START
条件振りウエハの作成
S201
条件振りウエハの撮像
S202
得られた画像を回折信号が存在する領域毎に分類。(それぞれをグループと呼ぶ)
S203
グループ毎に各ショットの信号強度を求める
S204
グループ毎にサンプルフォーカスカーブを求める
S205
各グループから複数のサンプルフォーカスカーブを選択
S206
基準データの記憶
S207
検査対象ウエハの撮像(全グループの全条件)
S208
グループ毎に計測領域の判定、信号強度測定
S209
グループ毎にフォーカス状態を求める
S210
全グループのフォーカス状態を統合
S211
フォーカスの検査
S212
画像表示
S213
END

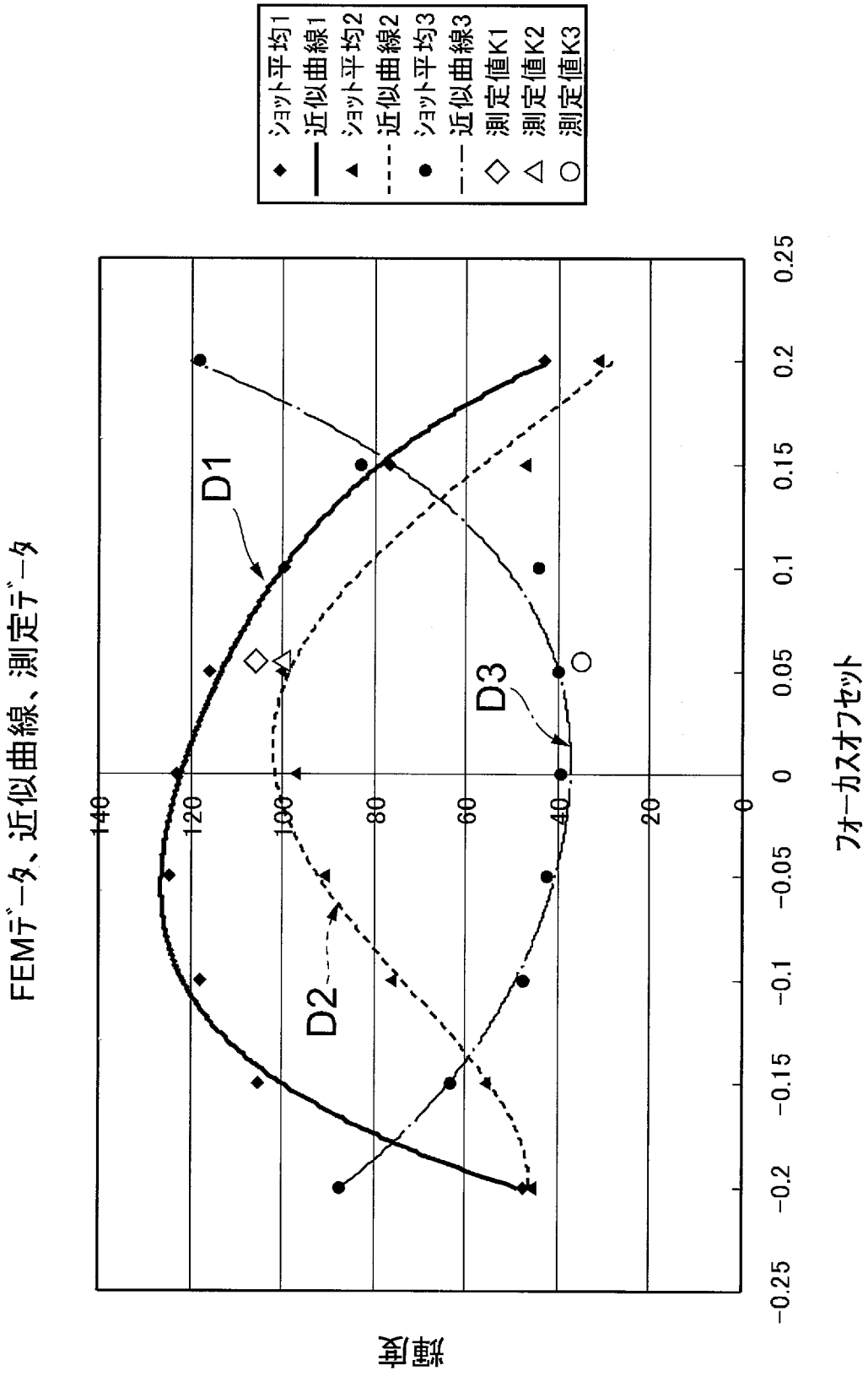
[図14]


D1
D2
D3
140
120
100
80
60
40
20
0.2
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-0.15
-0.2
G1
G2
G3
10b
10b
10b

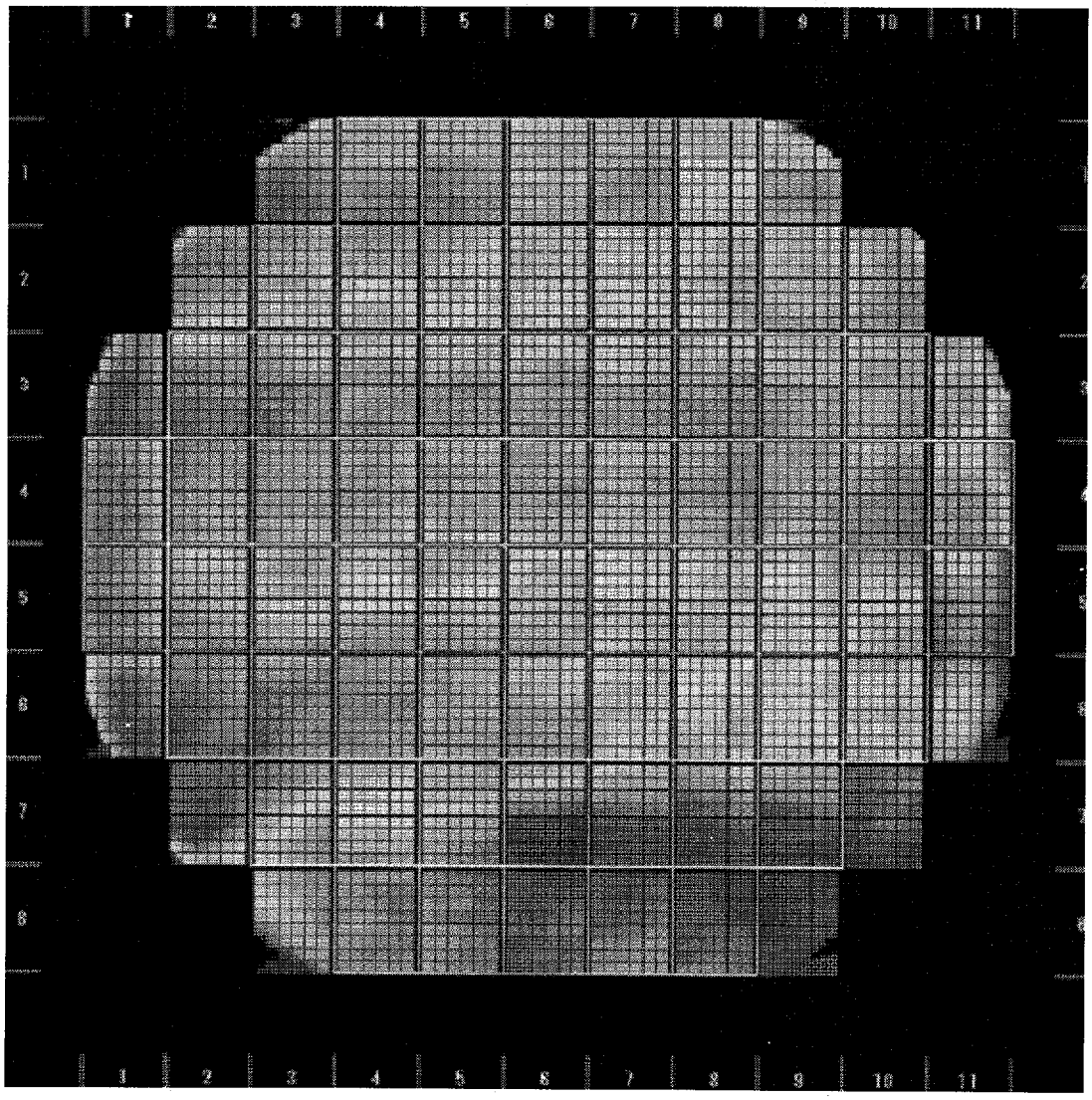
[図15]


H3
10
H2
10
10
H1
D1
D2
D3
140
120
100
80
60
40
20
0.2
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-0.15
-0.2

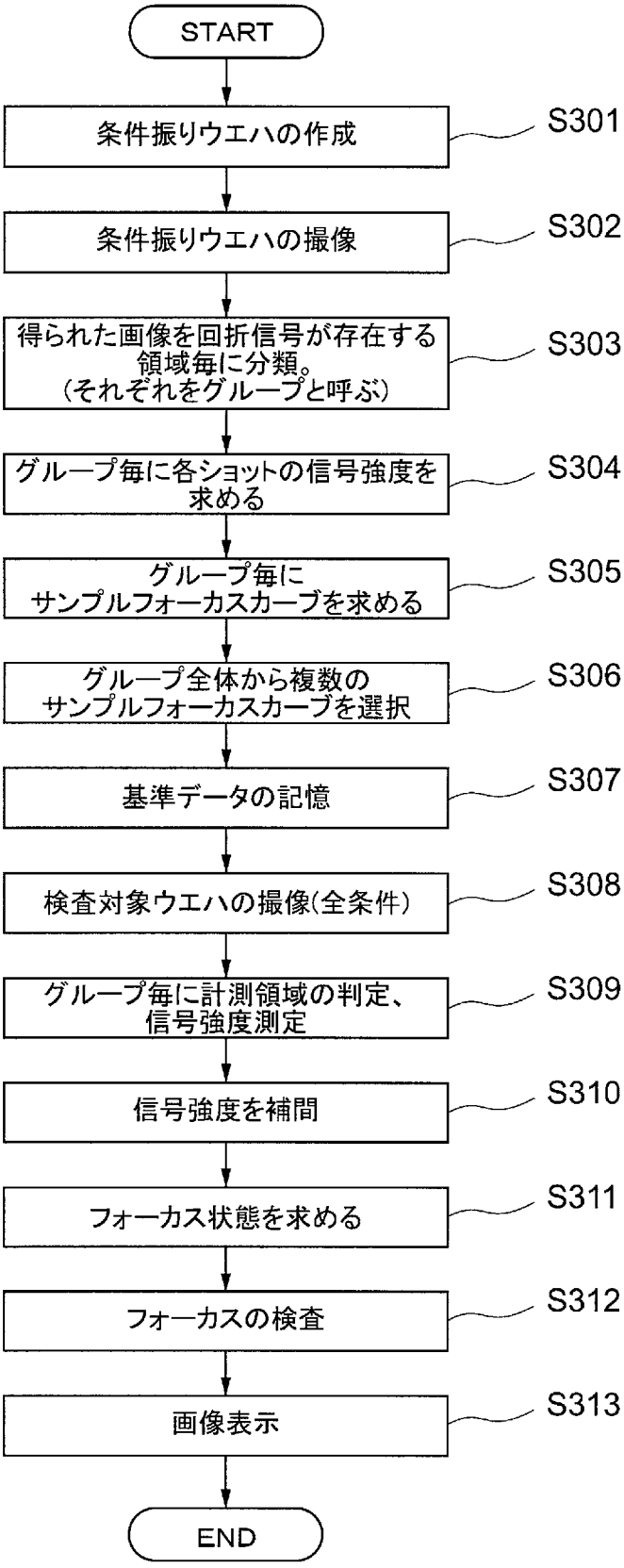
[図16]


ショット平均1
近似曲線1
ショット平均2
近似曲線2
ショット平均3
近似曲線3
測定値K1
測定値K2
測定値K3
D1
D2
D3
FEMデータ、近似曲線、測定データ
輝度
フォーカスオフセット
140
120
100
80
60
40
20
0
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
−0.05
−0.1
−0.15
−0.2
−0.25

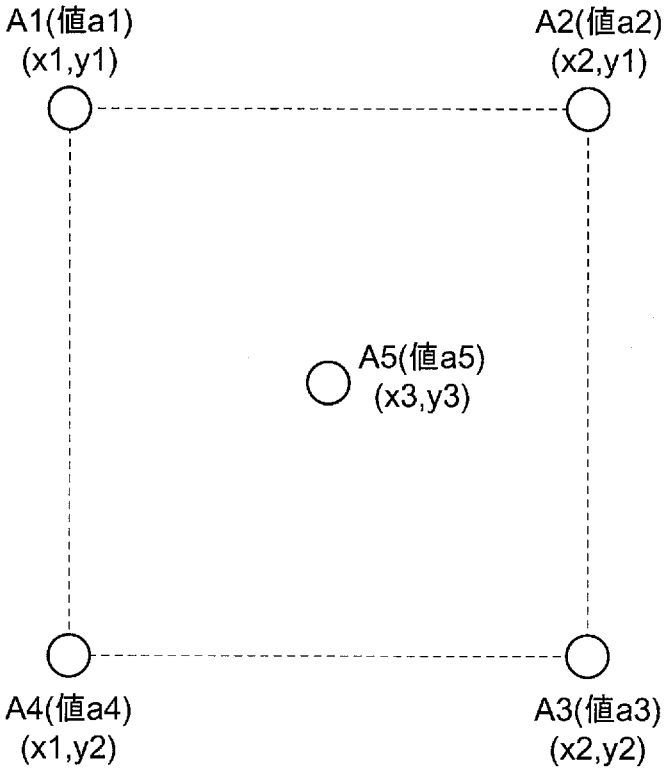
[図17]



[図18]

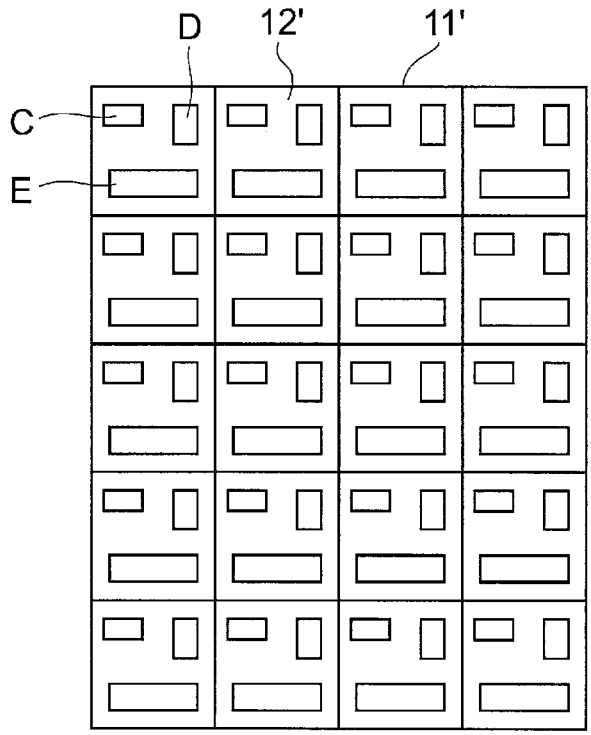

START
条件振りウエハの作成
S301
条件振りウエハの撮像
S302
得られた画像を回折信号が存在する領域毎に分類。(それぞれをグループと呼ぶ)
S303
グループ毎に各ショットの信号強度を求める
S304
グループ毎にサンプルフォーカスカーブを求める
S305
グループ全体から複数のサンプルフォーカスカーブを選択
S306
基準データの記憶
S307
検査対象ウエハの撮像(全条件)
S308
グループ毎に計測領域の判定、信号強度測定
S309
信号強度を補間
S310
フォーカス状態を求める
S311
フォーカスの検査
S312
画像表示
S313
END

[図19]

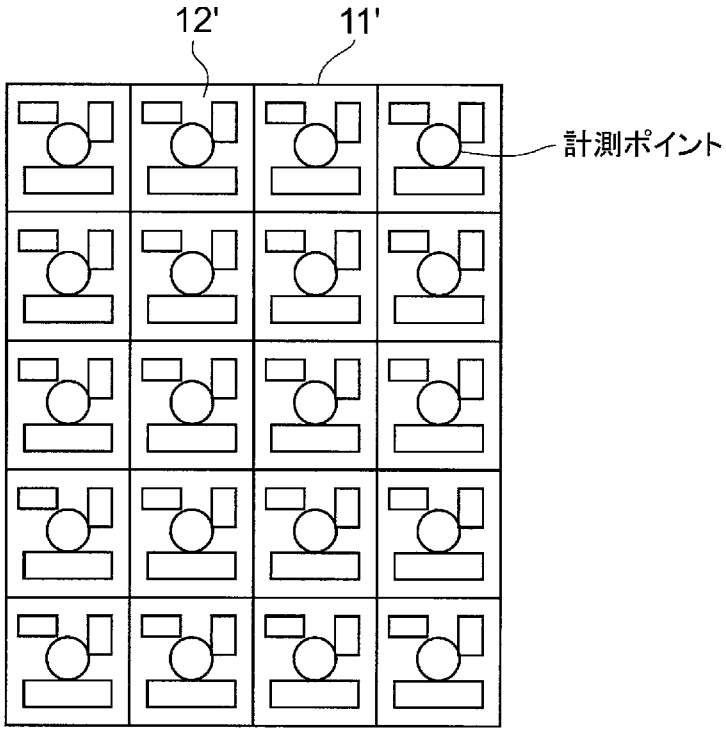


[図20]

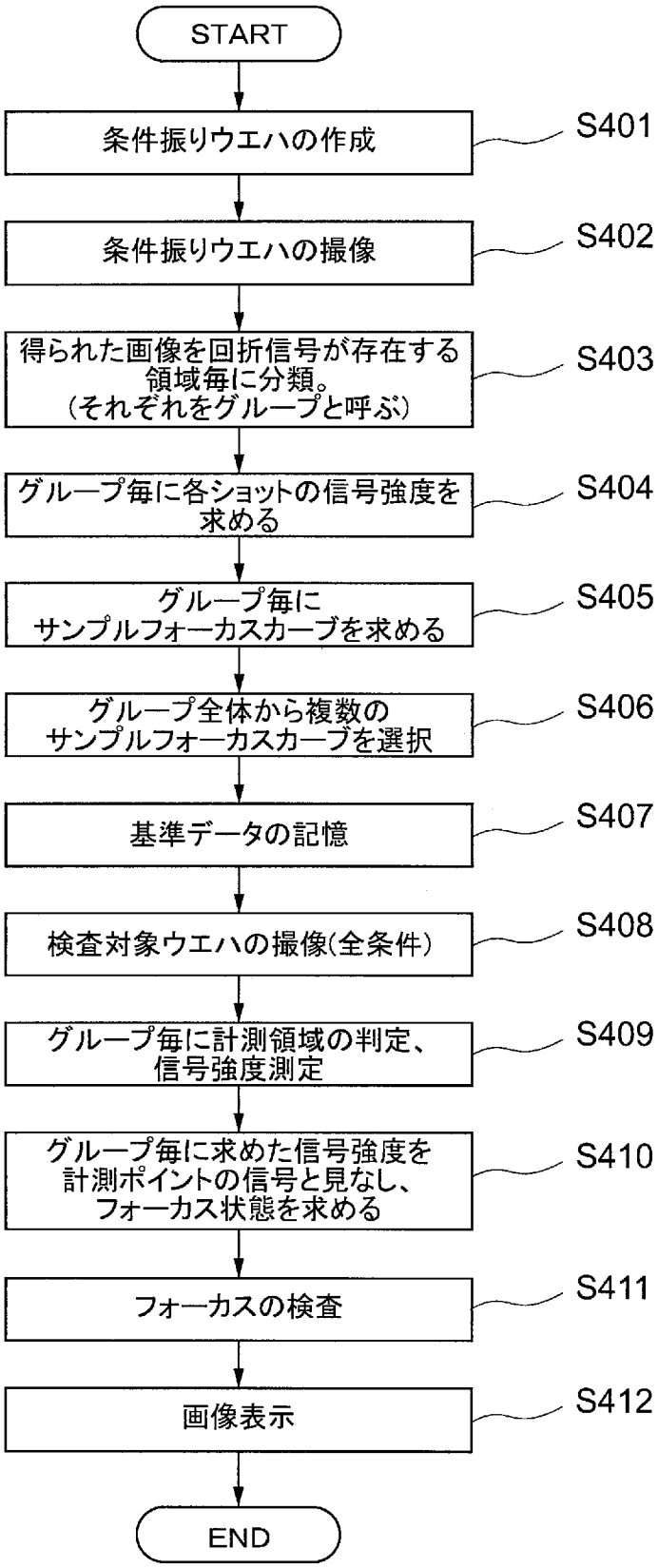
(a)



(b)

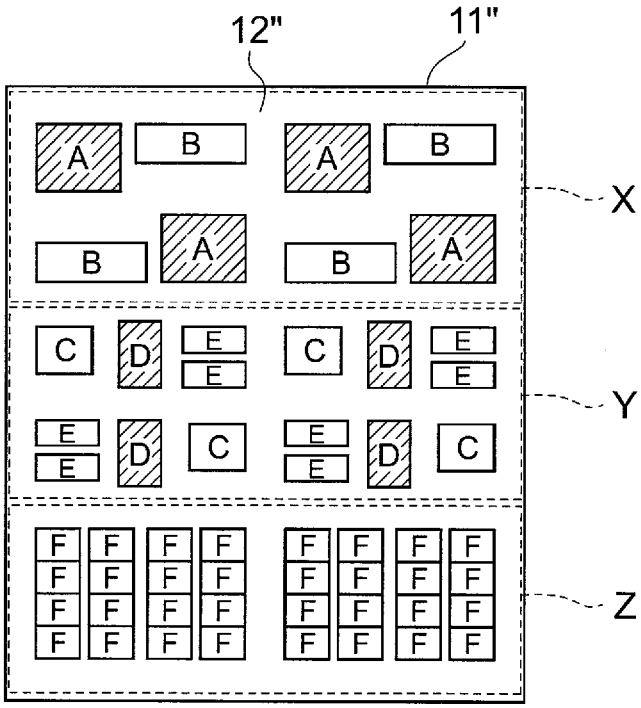


[図21]

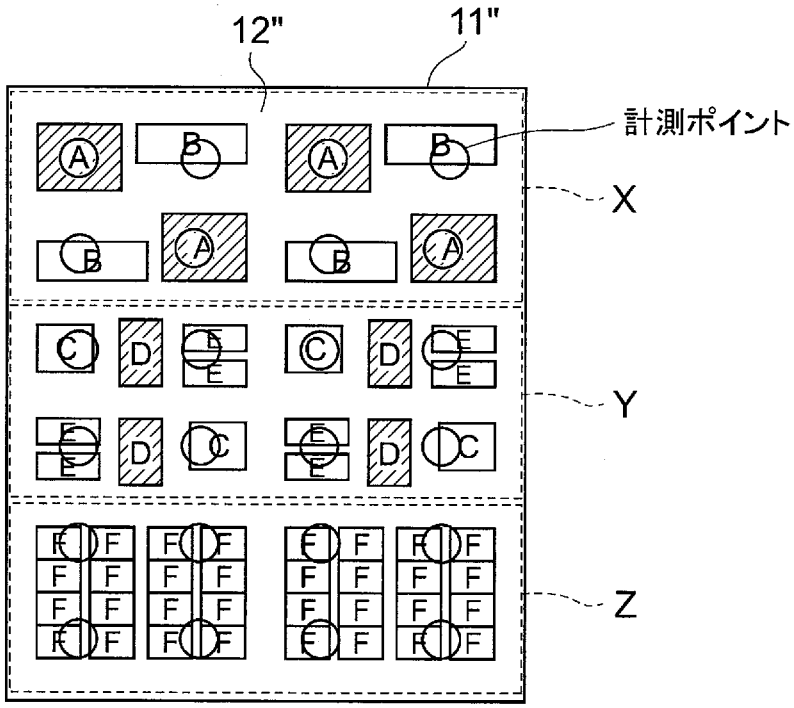

START
条件振りウエハの作成
S401
条件振りウエハの撮像
S402
得られた画像を回折信号が存在する領域毎に分類。(それぞれをグループと呼ぶ)
S403
グループ毎に各ショットの信号強度を求める
S404
グループ毎にサンプルフォーカスカーブを求める
S405
グループ全体から複数のサンプルフォーカスカーブを選択
S406
基準データの記憶
S407
検査対象ウエハの撮像(全条件)
S408
グループ毎に計測領域の判定、信号強度測定
S409
グループ毎に求めた信号強度を計測ポイントの信号と見なし、フォーカス状態を求める
S410
フォーカスの検査
S411
画像表示
S412
END

[図22]

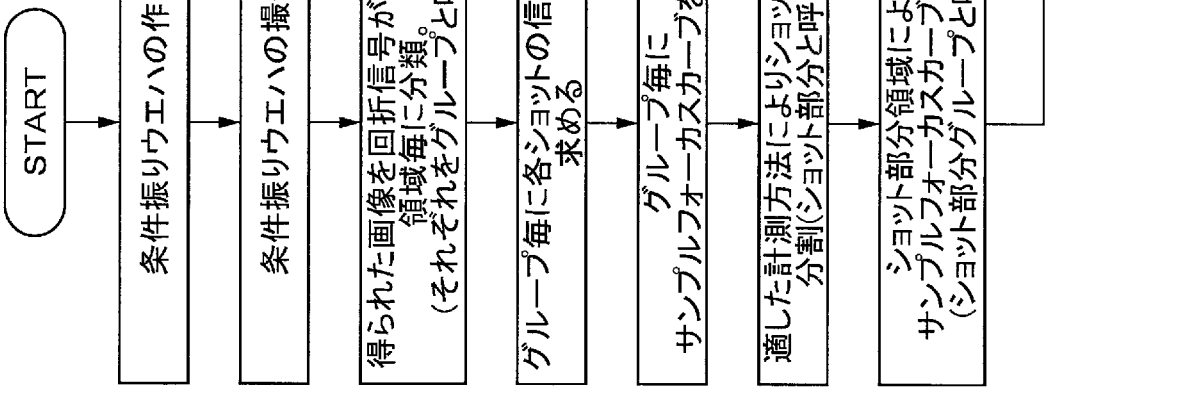
(a)



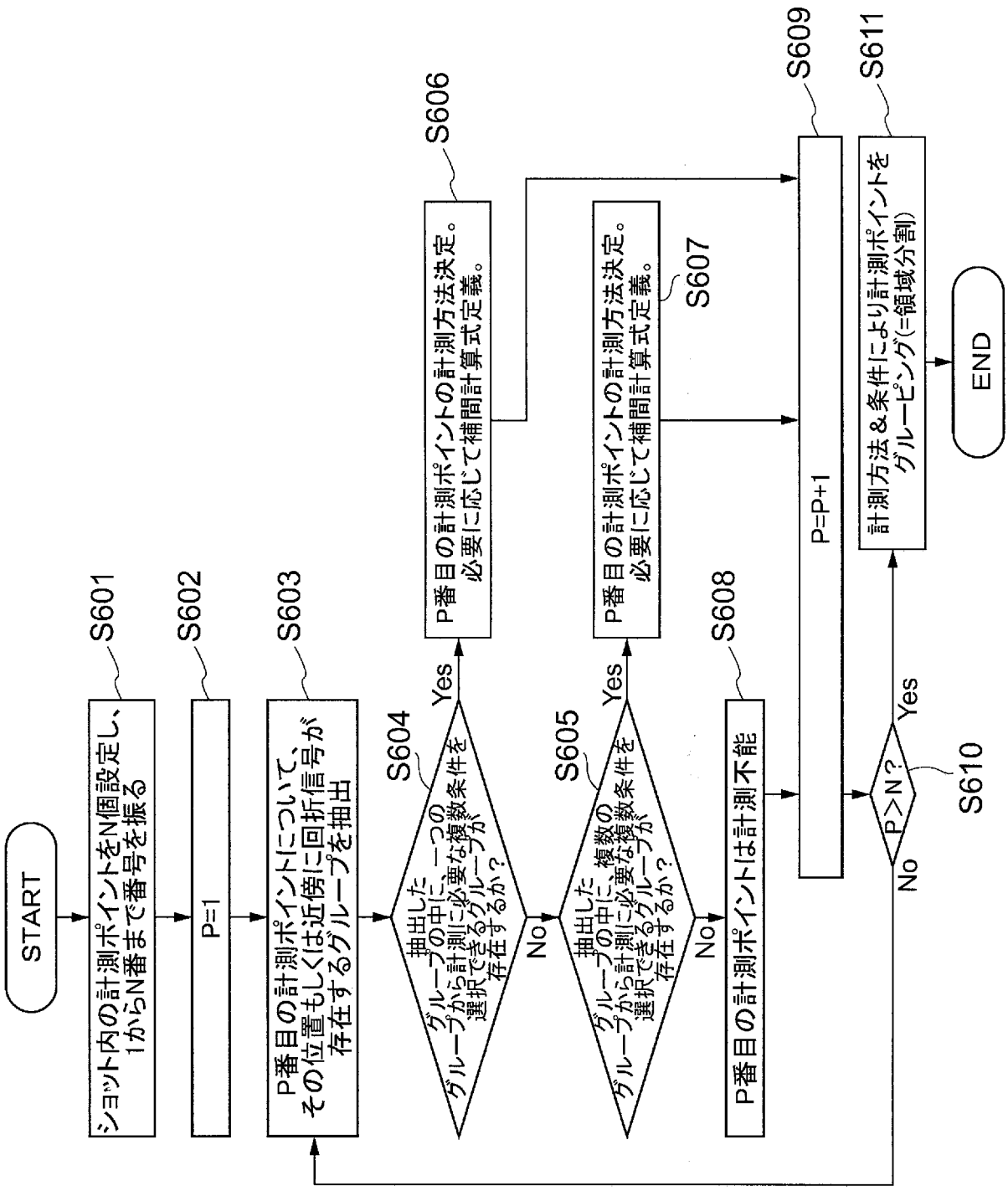
(b)



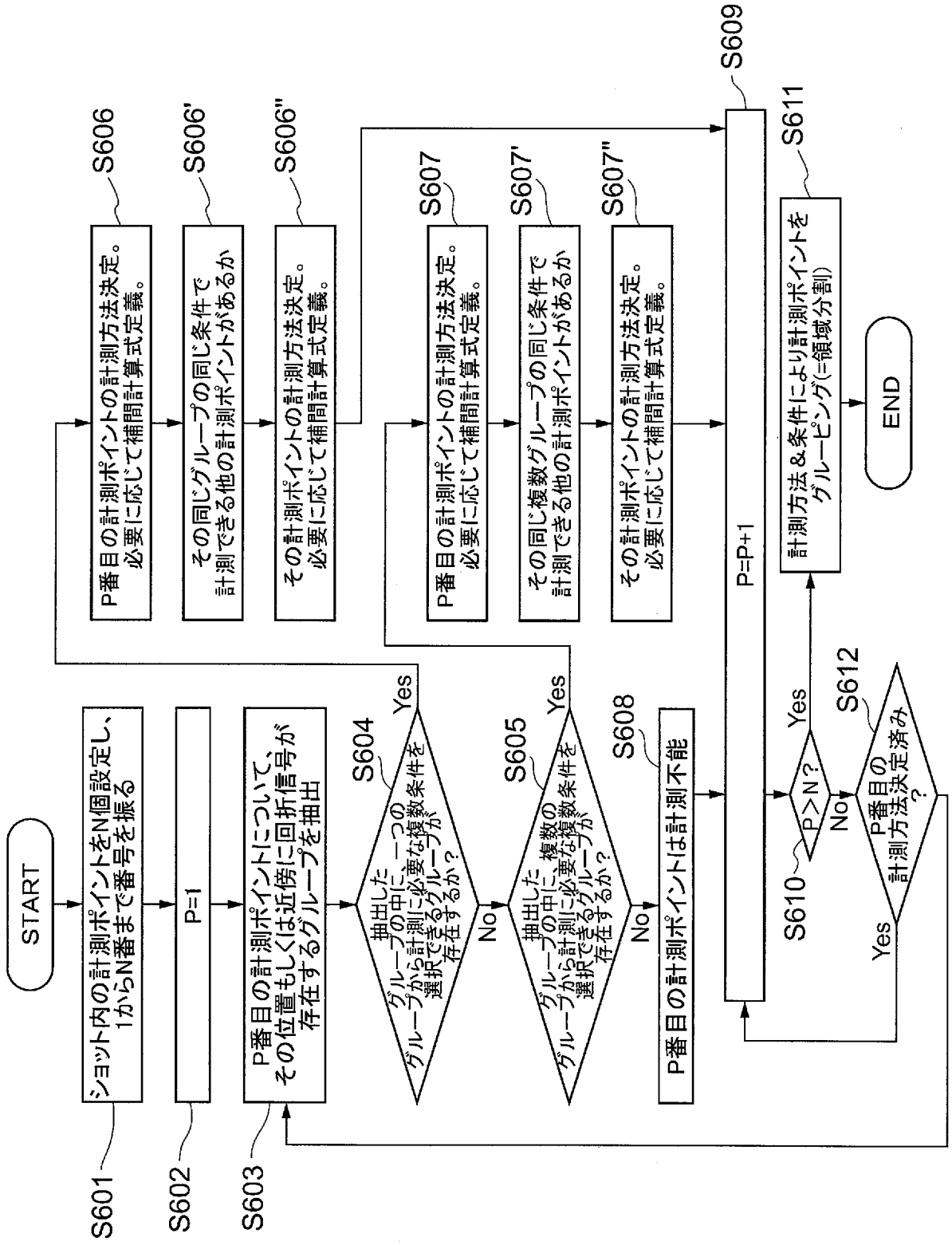
[図23]


START
S501
条件振りウエハの作成
S502
条件振りウエハの撮像
S503
得られた画像を回折信号が存在する領域毎に分類。(それぞれをグループと呼ぶ)
S504
グループ毎に各ショットの信号強度を求める
S505
グループ毎にサンプルフォーカスカーブを求める
S506
適した計測方法によりショット領域を分割(ショット部分と呼ぶ)
S507
ショット部分領域によりサンプルフォーカスカーブを分類(ショット部分グループと呼ぶ)
S508
ショット部分グループ毎に適した方法により複数条件を選択
S509
基準データの記憶
S510
検査対象ウエハの撮像(全条件)
S511
ショット部分グループ毎に計測領域の判定、信号強度測定
S512
必要に応じて信号強度を補間
S513
ショット部分毎にフォーカス状態を求める
S514
フォーカス状態の統合
S515
フォーカスの検査
S516
画像表示
END

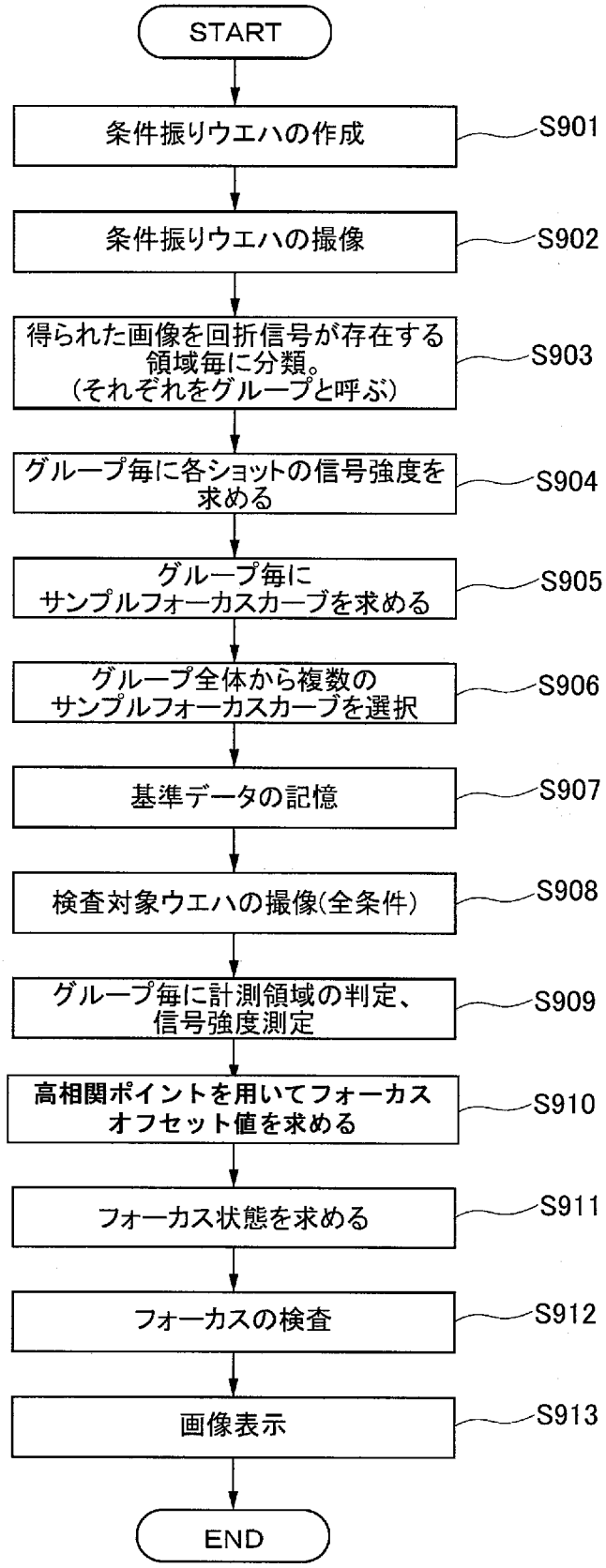
[図24]


START
S601
ショット内の計測ポイントをN個設定し、1からN番まで番号を振る
S602
P=1
S603
P番目の計測ポイントについて、その位置もしくは近傍に回折信号が存在するグループを抽出
S604
抽出したグループの中に、一つのグループから計測に必要な複数条件を選択できるグループが存在するか？
Yes
No
S606
P番目の計測ポイントの計測方法決定。必要に応じて補間計算式定義。
S605
抽出したグループの中に、複数のグループから計測に必要な複数条件を選択できるグループが存在するか？
Yes
No
S607
P番目の計測ポイントの計測方法決定。必要に応じて補間計算式定義。
S608
P番目の計測ポイントは計測不能
S609
P=P+1
S610
P>N？
Yes
No
S611
計測方法＆条件により計測ポイントをグルーピング(=領域分割)
END

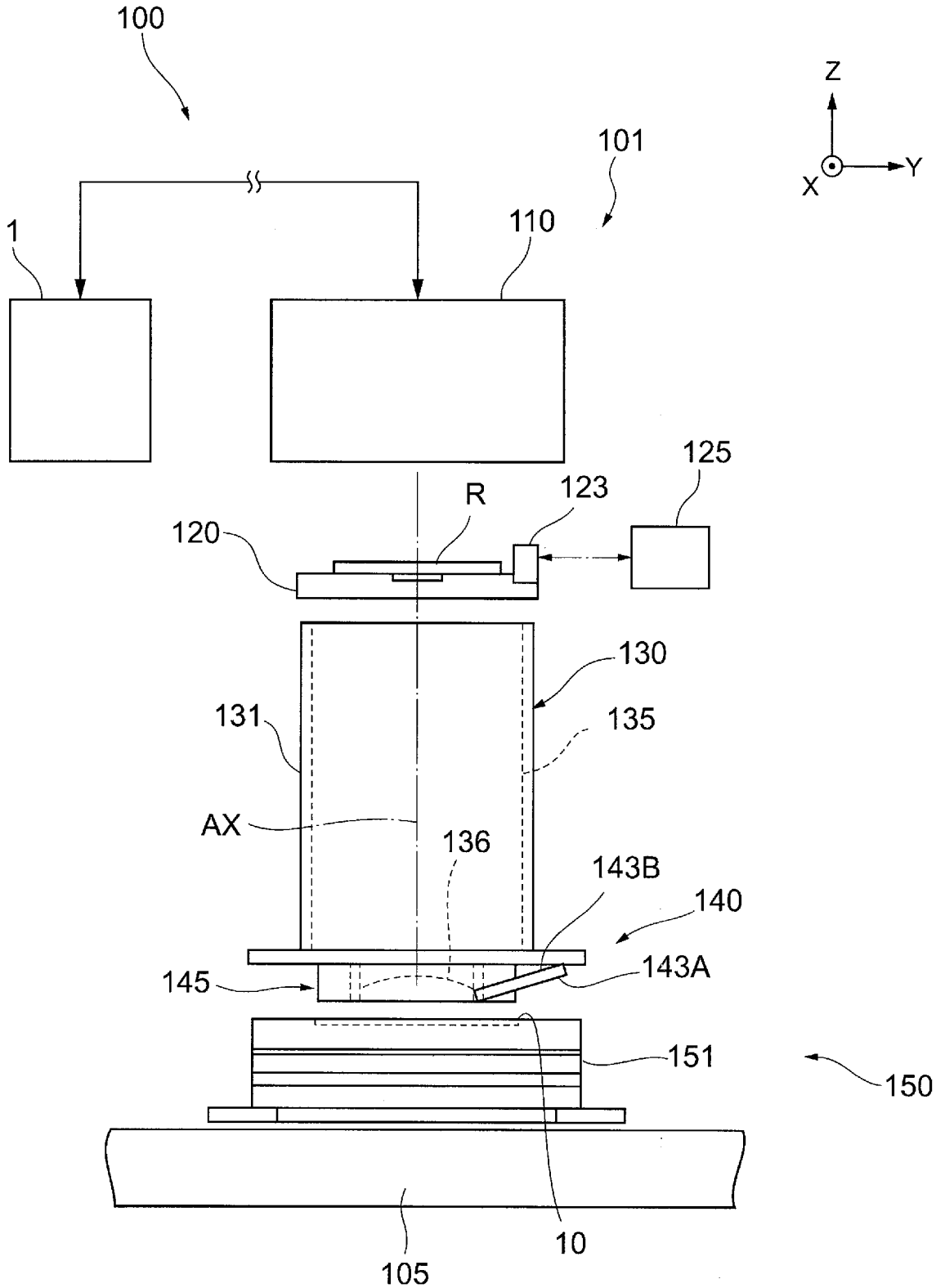
[図25]


START
ショット内の計測ポイントをN個設定し、1からN番まで番号を振る
S601
P=1
S602
P番目の計測ポイントについて、その位置もしくは近傍に回折信号が存在するグループを抽出
S603
S604
抽出したグループの中に、一つのグループから計測に必要な複数条件を選択できるグループが存在するか？
Yes
No
S605
抽出したグループの中に、複数のグループから計測に必要な複数条件を選択できるグループが存在するか？
Yes
No
S608
P番目の計測ポイントは計測不能
P番目の計測ポイントの計測方法決定。必要に応じて補間計算式定義。
S606
その同じグループの同じ条件で計測できる他の計測ポイントがあるか
S606'
その計測ポイントの計測方法決定。必要に応じて補間計算式定義。
S606"
P番目の計測ポイントの計測方法決定。必要に応じて補間計算式定義。
S607
その同じ複数グループの同じ条件で計測できる他の計測ポイントがあるか
S607'
その計測ポイントの計測方法決定。必要に応じて補間計算式定義。
S607"
P=P+1
S609
P>N？
Yes
No
S610
P番目の計測方法決定済み？
Yes
No
S612
計測方法＆条件により計測ポイントをグルーピング(=領域分割)
S611
END

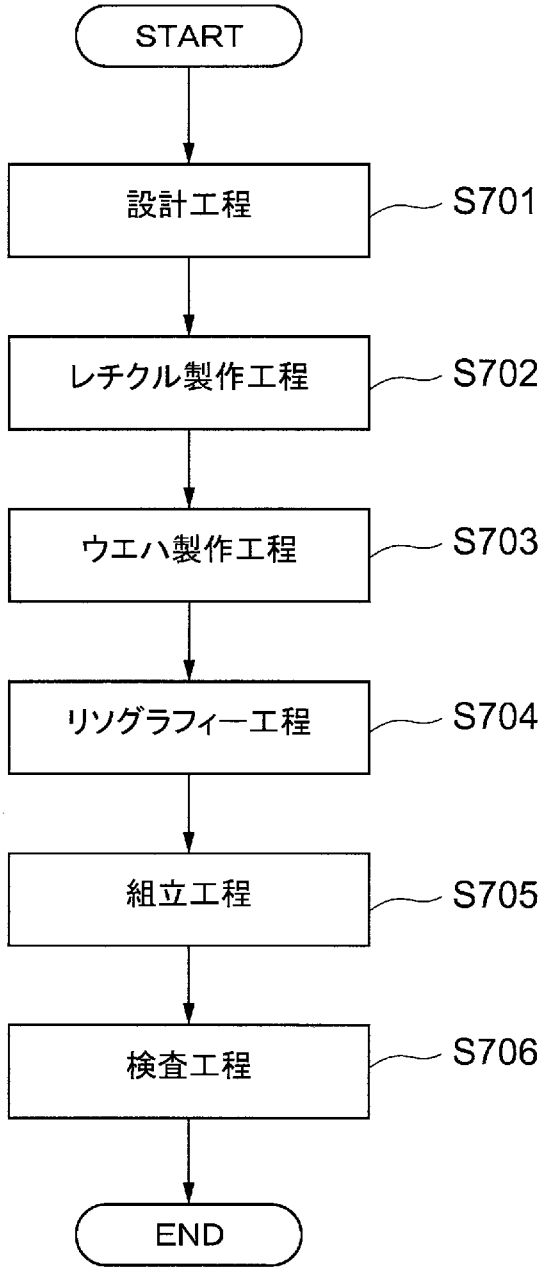
[図26]


START
条件振りウエハの作成
S901
条件振りウエハの撮像
S902
得られた画像を回折信号が存在する領域毎に分類。(それぞれをグループと呼ぶ)
S903
グループ毎に各ショットの信号強度を求める
S904
グループ毎にサンプルフォーカスカーブを求める
S905
グループ全体から複数のサンプルフォーカスカーブを選択
S906
基準データの記憶
S907
検査対象ウエハの撮像(全条件)
S908
グループ毎に計測領域の判定、信号強度測定
S909
高相関ポイントを用いてフォーカスオフセット値を求める
S910
フォーカス状態を求める
S911
フォーカスの検査
S912
画像表示
S913
END

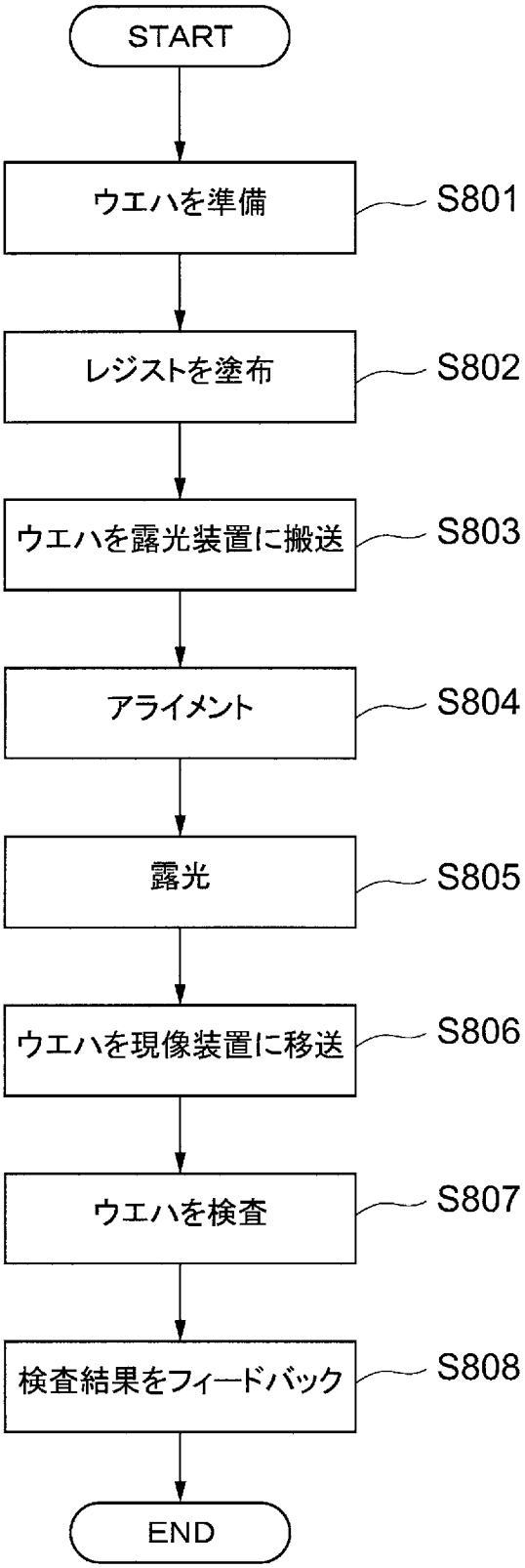
[図27]


100
101
Z
X
Y
1
110
125
R
123
120
130
131
135
AX
136
143B
140
145
143A
151
150
10
105

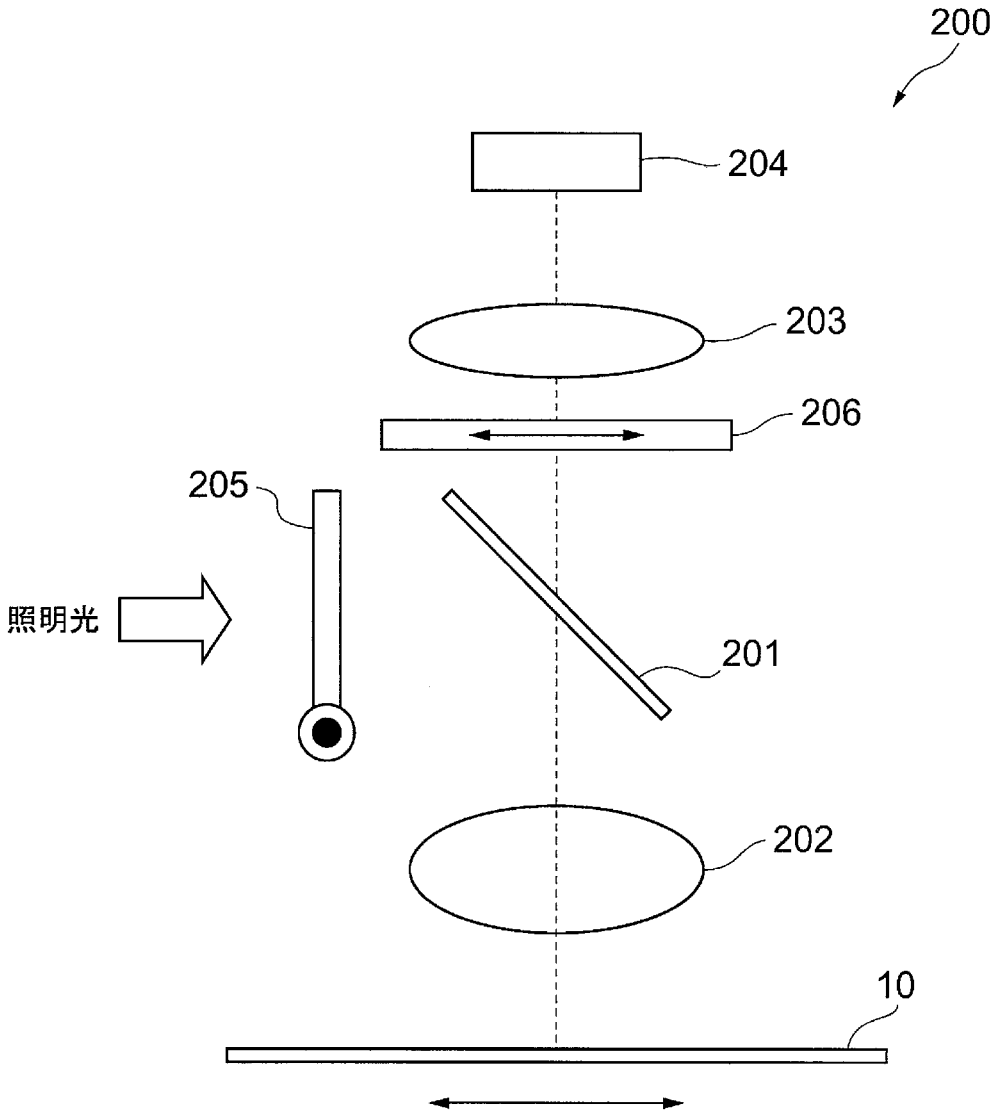
[図28]


START
設計工程
S701
レチクル製作工程
S702
ウエハ製作工程
S703
リソグラフィー工程
S704
組立工程
S705
検査工程
S706
END

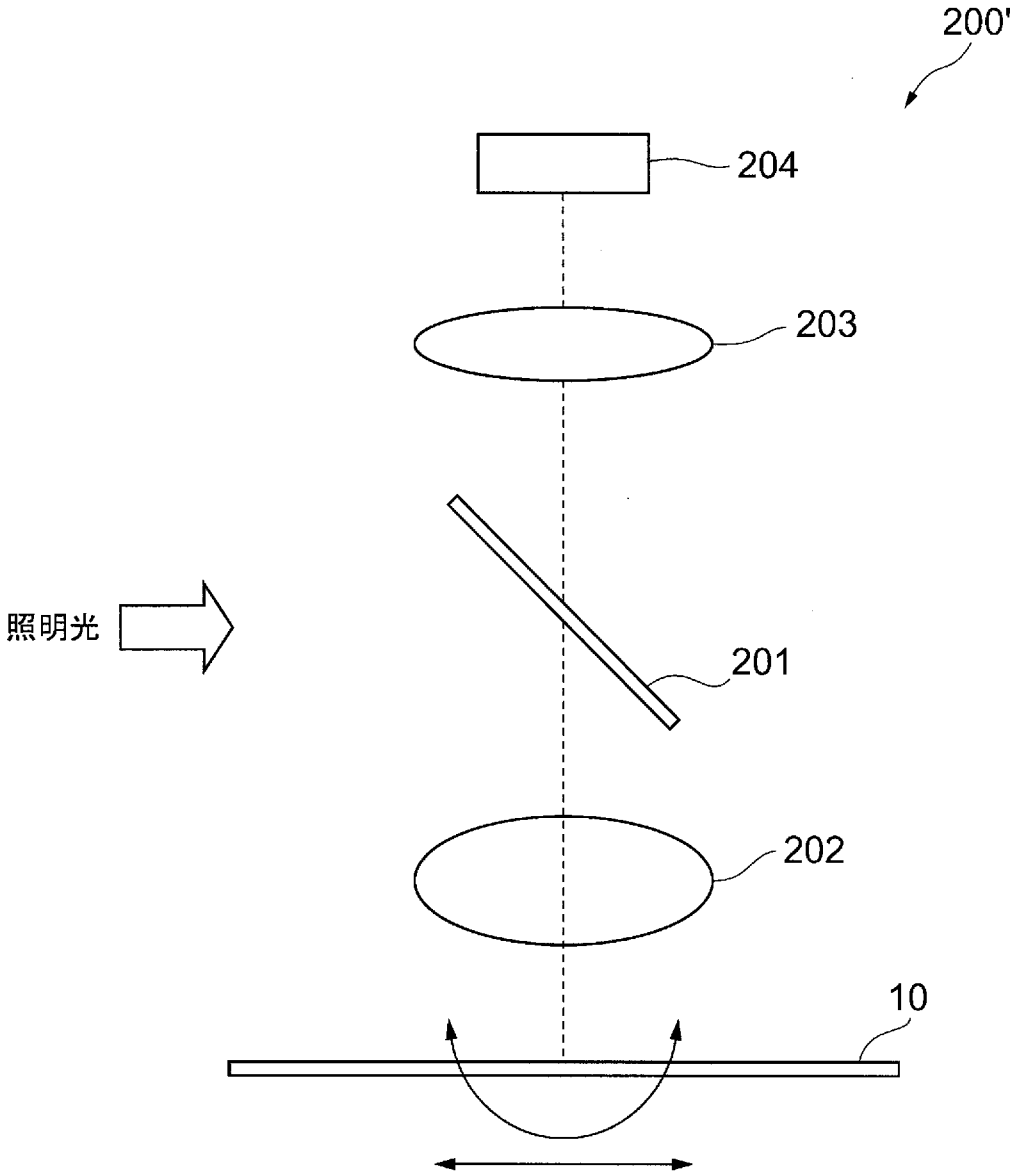
[図29]


START
ウエハを準備
S801
レジストを塗布
S802
ウエハを露光装置に搬送
S803
アライメント
S804
露光
S805
ウエハを現像装置に移送
S806
ウエハを検査
S807
検査結果をフィードバック
S808
END

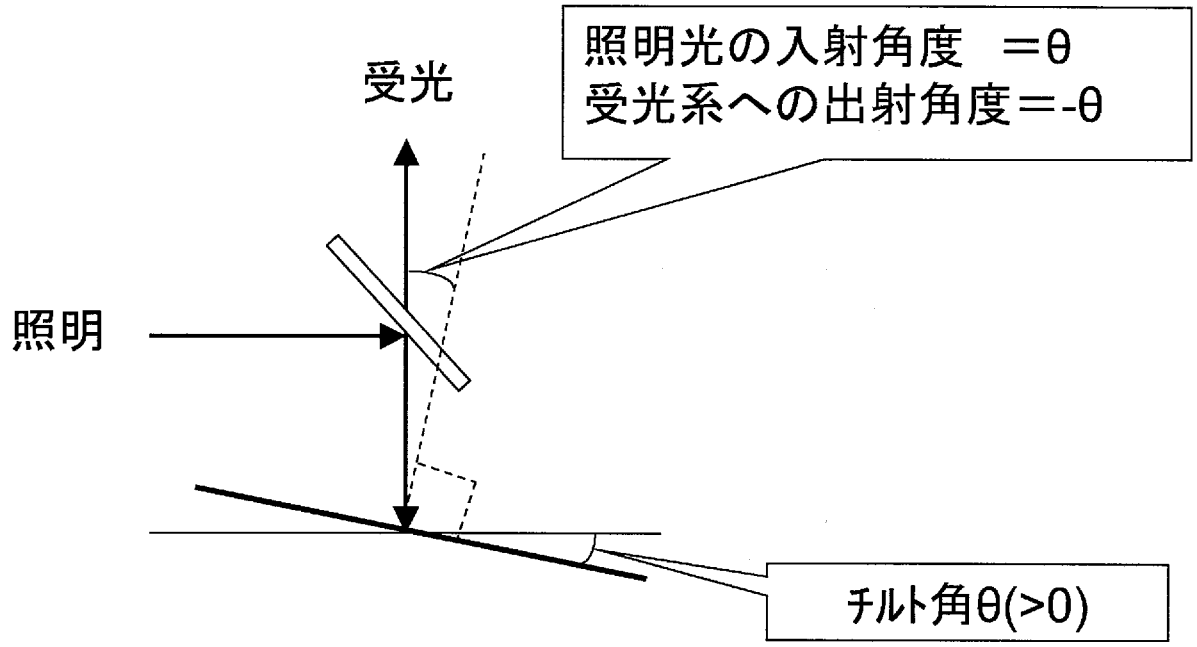
[図30]



[図31]



[図32]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT / JP2 012 / 080984

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01 L21/02 7{2006.01)i, G03F7/20 (2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2011-040433 A (Nikon Corp.), 24 February 2011 (24.02.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-21
X	JP 2011-040434 A (Nikon Corp.), 24 February 2011 (24.02.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-21
A	JP 2008-294094 A (Renesas Technology Corp.), 04 December 2008 (04.12.2008), entire text; all drawings & US 2008/0292977 A1 & CN 101312120 A & TW 200908087 A	1-21

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibnion or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying tiie invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 February, 2013 (14.02.13)	26 February, 2013 (26.02.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT / JP2 012/ 080984

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-135211 A (Nikon Corp.), 25 May 2006 (25.05.2006), paragraphs [0099] to [0106]; fig. 17 to 18 & US 2006/0098189 A1 & KR 10-2006-0052568 A	1-21

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2012/080984

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/027 (2006.01)i, G03F7/20 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/027, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-19
日本国公開実用新案公報	1971-20
日本国実用新案登録公報	1996-20
日本国登録実用新案公報	1994-20

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2011-040433 A (株式会社ニコン) 2011.02.24, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-21
X	JP 2011-040434 A (株式会社ニコン) 2011.02.24, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-21
A	JP 2008-294094 A (株式会社ルネサステクノロジ) 2008.12.04, 全文、全図 & US 2008/0292977 A1 & CN 101312120 A & TW 200908087 A	1-21

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 14.02.2013	国際調査報告の発送日 26.02.2013
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA／JP） 郵便番号100—8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 2M 3107 松岡 智也 電話番号 03-3581-1101 内線 3274

様式PCT／ISA／210（第2ページ）（2009年7月）

C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2006-135211 A (株式会社ニコン) 2006. 05. 25, 【0099】—【0106】段落、図17—18 & US 2006/0098189 A1 & KR 10-2006-0052568 A	1-21