

(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
2012 年 6 月 21 日(21.06.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/081623 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01) G01N 21/94 (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/078919
- (22) 国際出願日: 2011 年 12 月 14 日(14.12.2011)
- (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 2010-278308 2010 年 12 月 14 日(14.12.2010) JP
特願 2011-004306 2011 年 1 月 12 日(12.01.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 深澤 和彦(FUKAZAWA, Kazuhiko) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニコン 知的財産本部内 Tokyo (JP). 藤森 義彦(FUJIMORI, Yoshihiko) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 株式会社ニコ

ン 知的財産本部内 Tokyo (JP). 武田 信介(TAKEDA, Shinsuke) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 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(KAWAKITA, Kijuro); 〒1600022 東京都新宿区新宿一丁目 5 番 4 号 YKB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, 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, 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.

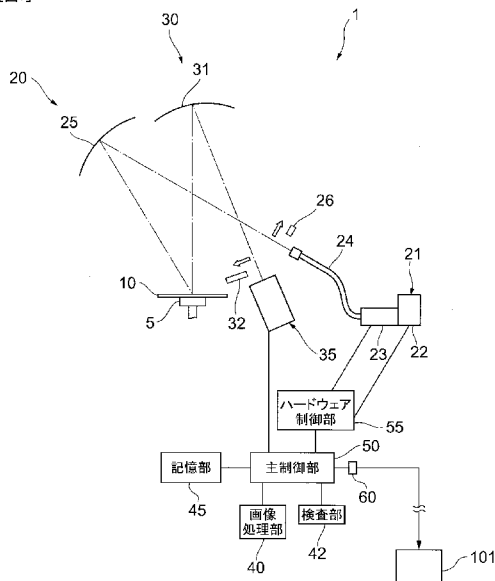
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: SURFACE INSPECTION DEVICE AND METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 表面検査装置及びその方法

【図1】



40 IMAGE PROCESSING UNIT
42 INSPECTION UNIT
45 STORAGE UNIT
50 MAIN CONTROL UNIT
55 HARDWARE CONTROL UNIT

(57) Abstract: [Problem] To provide a device that is capable of measuring the state of focus during exposure in a short time with good accuracy. [Solution] A surface inspection device (1) is configured in such a manner as to comprise: an image capturing device (35) that illuminates the surface of a wafer (10) having a prescribed pattern using an illumination system (20), and captures an image using light from the wafer (10); a storage unit (45) that stores information (reference data) related to a focus curve indicating the relationship between the signal strength and focus offset of an image; and an image processing unit (40) that uses the reference data stored in the storage unit (45) to determine the state of focus during exposure with respect to the pattern on the wafer (10) from the signal strength of the image captured by the image capturing device (35).

(57) 要約: 【課題】露光時のフォーカス状態を短時間で精度よく計測可能な装置を提供する。【解決手段】所定のパターンを有するウェハ10の表面を照明系20により照明し、ウェハ10からの光による画像を撮像する撮像装置35と、画像の信号強度とフォーカスオフセット量との関係を示すフォーカスカーブに関する情報(基準データ)を記憶する記憶部45と、記憶部45に記憶された基準データを利用して、撮像装置35により撮像された画像の信号強度から、ウェハ10上のパターンに対する露光時のフォーカス状態を判定する画像処理部40とを有して表面検査装置1が構成される。



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

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).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

表面検査装置及びその方法

技術分野

[0001] 本発明は、所定のパターンを有した基板の表面を検査する表面検査装置および表面検査方法に関する。また、このような表面検査装置および露光装置を備えた露光システム、並びにこのような表面検査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・スキャン方式の露光装置は、マスクパターンおよび投影レンズを介してスリット状の光を照射しながら、レチクルステージ（すなわち、マスクパターンが形成されたマスク基板）とウェハステージ（すなわち、半導体パターンを形成するウェハ）とを相対移動させて1ショット分だけ走査（＝スキャン）することにより、半導体ウェハに対して1ショット分の露光を行うようになっている。このようにすれば、スリット（光）の長辺とレチクルステージの相対スキャン距離で露光ショットの大きさが決まるため、露光ショットを大きくすることができる。

[0003] このような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、露光装置のウェハ面上でのフォーカスの状態をモニター（監視）している（ここでフォーカス管理とは、デフォーカス（非合焦）による不具合に限らず、ショット内若しくはウェハ全面においてフォーカス状態の変動を管理することをいう）。露光装置のフォーカスの状態を計測するには、例えば、専用のマスク基板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

[0004] 特許文献1：特開2002-289503号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、このような方法で露光装置のフォーカスの状態を計測する場合、マスクパターンの種類や露光装置の照明条件に制約があり、実際のデバイスとは異なるパターンでフォーカスの状態を計測することしかできない。

[0006] 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、基板に対して行われた加工の条件（例えば、露光時のフォーカス状態）を実際のデバイスのパターンで計測可能な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

[0007] このような目的達成のため、本発明に係る表面検査装置は、所定の加工条件で加工されたパターンを有する基板の表面の所定領域を照明光で照明する照明部と、前記所定領域内にあるパターンから第1方向に進む第1の光に応じた第1検出信号と、前記第1方向と異なる第2方向に進む第2の光に応じた第2検出信号とを検出する検出部と、複数の既知の加工条件で加工された複数のパターンを有する少なくとも1つの基板に対して、前記検出部により検出される第1検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第1基準データと、前記検出部により検出される第2検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第2基準データとを準備する準備部と、加工条件を求めるべき基板に対して前記検出部によって検出される第1検出信号と前記第1基準データとの一致度と、前記基板に対して前記検出部によって検出される第2検出信号と前記第2基準データとの一致度とに基づいて前記基板上のパターンの加工条件を判定する判定部とを有している。

[0008] なお、上述の表面検査装置において、前記パターンは前記所定領域毎の露

光により設けられるパターンであり、前記判定部で求められる前記加工条件は、前記露光時のフォーカス状態と露光量の少なくとも一方であり、前記加工条件の変化に対する前記第1検出信号の変化と、前記加工条件の変化に対する前記第2検出信号の変化とが相反することができる。

[0009] また、上述の表面検査装置において、前記判定部で判定される前記加工条件は前記フォーカス状態であり、前記フォーカス状態の変化に対する前記第1検出信号及び第2検出信号の変化は、前記露光量の変化に対する変化よりも大きいことができる。また、前記準備部は、前記第1基準データと前記第2基準データを記憶する記憶部であることができる。

[0010] また、上述の表面検査装置において、前記第1検出信号と前記第2検出信号の少なくとも一方は、回折光に基づくことができる。そして、前記第1方向と前記第2方向は、前記所定領域内にあるパターンで発生する異なる次数の回折光の進む方向であることができる。また、前記第1検出信号と前記第2検出信号の少なくとも一方は、所定の偏光成分に基づくことができる。

[0011] また、上述の表面検査装置において、前記検出部は前記第1方向とも前記第2方向とも異なる第3方向に進む第3の光に応じた第3検出信号を検出可能であり、前記準備部には、前記複数のパターンを有する基板に対して、前記検出部により検出される第3検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第3基準データがさらに記憶されており、前記判定部は、前記基板に対して前記検出部によって検出される第1検出信号と前記第1基準データとの一致度と、前記基板に対して前記検出部によって検出される第2検出信号と前記第2基準データとの一致度と、前記基板に対して前記検出部によって検出される第3検出信号と前記第3基準データとの一致度とに基づいて前記被検基板上のパターンの加工条件を判定することができる。

[0012] また、上述の表面検査装置において、前記基板を支持するステージをさらに有し、該ステージが前記基板の前記支持された面と略平行で前記照明光の進む方向に略直交する軸を中心に回動可能であることができる。また、前記検出部は、前記基板を照明する照明光の光路に挿抜自在に設けられ、前記照

明光のうち s 偏光成分を透過させるように構成された照明側偏光フィルタ、又は、第 1 又は第 2 の光路に挿抜自在に設けられ、前記第 1、第 2 の光のうち s 偏光成分を透過させるように構成された受光側偏光フィルタを備えることができる。

[0013] また、本発明に係る露光システムは、基板の表面に所定のパターンを露光する露光装置と、前記露光装置により露光されて表面に前記パターンが設けられた基板の表面検査を行う表面検査装置とを備え、前記表面検査装置は、本発明に係る表面検査装置であって、前記判定部で求められた前記加工条件として前記露光時のフォーカス状態を前記露光装置へ出力し、前記露光装置は、前記表面検査装置から入力された前記露光時のフォーカス状態に応じて、前記露光装置のフォーカスの設定を補正するようになっている。上述の露光システムは、前記基板に対して液体を介して前記所定のパターンを露光する液浸型の露光装置であることができる。

[0014] また、本発明に係る表面検査方法は、所定の加工条件で加工されたパターンを有する基板の表面の所定領域を照明光で照明し、前記所定領域内にあるパターンから第 1 方向に進む第 1 の光に応じた第 1 検出信号と、前記第 1 方向と異なる第 2 方向に進む第 2 の光に応じた第 2 検出信号とを検出し、複数の既知の加工条件で加工された複数のパターンを有する少なくとも 1 つの基板に対して、前記第 1 検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第 1 基準データと、前記第 2 検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第 2 基準データとを準備し、加工条件を求めるべき基板から検出される第 1 検出信号と前記第 1 基準データとの一致度と、前記被検基板から検出される第 2 検出信号と前記第 2 基準データとの一致度とに基づいて前記基板上のパターンの加工条件を判定するようになっている。

[0015] なお、上述の表面検査方法において、前記パターンは前記所定領域毎の露光により設けられるパターンであり、前記判定される前記加工条件は、前記露光時のフォーカス状態と露光量の少なくとも一方であり、前記加工条件の変化に対する前記第 1 検出信号の変化と、前記加工条件の変化に対する前記

第2検出信号の変化とが相反することができる。

[0016] また、上述の表面検査方法において、前記判定される前記加工条件は前記フォーカス状態であり、前記フォーカス状態の変化に対する前記第1検出信号及び第2検出信号の変化は、前記露光量の変化に対する変化よりも大きいとすることができる。また、前記第1基準データと前記第2基準データとを記憶し、該記憶された前記第1基準データと前記第2基準データとを呼び出すことにより前記準備を行うことができる。また、前記第1検出信号と前記第2検出信号の少なくとも一方は、回折光に基づくことができる。さらに、前記第1方向と前記第2方向は、前記所定領域内にあるパターンで発生する異なる次数の回折光の進む方向であることができる。

[0017] また、上述の表面検査方法において、前記第1検出信号と前記第2検出信号の少なくとも一方は、所定の偏光成分に基づくことができる。

[0018] また、上述の表面検査方法において、前記第1方向とも前記第2方向とも異なる第3方向に進む第3の光に応じた第3検出信号を検出可能であり、前記複数のパターンを有する基板に対して、前記第3検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第3基準データをさらに記憶し、前記基板から検出される第1検出信号と前記第1基準データとの一致度と、前記基板から検出される第2検出信号と前記第2基準データとの一致度と、前記基板から検出される第3検出信号と前記第3基準データとの一致度とに基づいて前記基板上のパターンの加工条件を判定することができる。

[0019] また、本発明に係る半導体デバイス製造方法は、基板の表面に所定の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って、前記露光の後に本発明に係る表面検査方法を用いて前記基板の検査を行うようになっている。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、基板に対して行われた加工の条件（例えば、露光時のフォーカス状態）を実際のデバイスのパターンで計測可能となる。

図面の簡単な説明

[0021] [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]半導体ウェハの表面の外観図である。

[図4]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5]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6]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7]条件振りウェ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8]条件振りウェハの一例を示す図である。

[図9]フォーカスカーブの一例を示す図である。

[図10] (a)、(b) は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11]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12]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。

[図13]異なる条件で撮像取得した条件振りウェ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14]異なる条件で撮像取得したウェ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15]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16]ウェ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17]露光システムの概要構成図である。

[図18]露光装置の制御ブロック図である。

[図19]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20]リソグラフィー工程を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、図面を参照して本発明の好ましい実施形態について説明する。本実

施形態の表面検査装置を図１に示しており、この装置により基板である半導体ウェハ１０（以下、ウェハ１０と称する）の表面を検査する。本実施形態の表面検査装置１は、図１に示すように、略円盤形のウェハ１０を支持するステージ５を備え、不図示の搬送装置によって搬送されてくるウェハ１０は、ステージ５の上に載置されるとともに真空吸着によって固定保持される。ステージ５は、ウェハ１０の回転対称軸（ステージ５の中心軸）を回転軸として、ウェハ１０を回転（ウェハ１０の表面内での回転）可能に支持する。この回転によるウェハの向きを、便宜的にウェハ方位角度と称することにする。また、ステージ５は、ウェハ１０を支持する支持面を通る軸（チルト軸）を中心に、ウェハ１０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。

[0023] 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の全面からの反射光や回折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の表面の像を検出し撮像する撮像装置３５と、画像処理部４０と、検査部４２と、記憶部４５とを備えて構成される。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。なお、表面検査装置１は主制御部５０と主制御部５０に接続されたハードウェア制御部５５とを備えており、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を制御し、また、主制御部５０は撮像装置３５からデジタル画像データを受け、画像処理部４０に送る。画像処理部４０で処理されたデータは主制御部５０により検査部４２に送られ検査を行う。検査結果及びデジタル画像データは主制御部５０により記憶部４５に

送られ記憶される。

[0024] そして、光源部 22 からの光は調光部 23 を通過し、所定の波長（例えば、248 nm の波長）を有する所定の強度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、導光ファイバ 24 から照明側凹面鏡 25 へ射出された照明光は、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 に保持されたウェハ 10 の表面に照射される。なお、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 を前述のチルト軸の周りにチルト（傾動）させてウェハ 10 の載置角度を変化させることにより調整可能である。

[0025] また、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、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（構造的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っている（照明側偏光フィルタ 26 の詳細については後述する）。

[0026] ウェハ 10 の表面からの出射光（回折光もしくは反射光）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 を主体に構成され、受光側凹面鏡 31 により集光された出射光（回折光もしくは反射光）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。

[0027] また、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、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っている（受光側偏光フィルタ 32 の詳細については後述する）。

[0028] 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、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。記憶部45には、良品ウェハの画像データが予め記憶されており、検査部42は、主制御部50からウェハ10の画像データと良品ウェハの画像データとを受け取り比較して、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の画像が図示しない画像表示装置で出力表示される。また、検査部42は、ウェハの画像を利用して露光装置101による露光時のフォーカス状態を求めることができるようになっている（詳細は後述する）。なお、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。

[0029] 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。なおこのとき、ウェハ10は、ウェハ10のパターンもしくは外縁部（ノッチやオリエンテーションフラット等）を基準としてア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。なお、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。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。なお、照明及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対象として照明及び受

光を行うこともできる。また、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 と電氣的に接続され、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。

[0030] 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 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。

[0031] 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するように（ラインパターンの場合、照明方向がラインに対して直交するように）ステージ 5 を回転させるとともに、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 θ_1 とし、 n 次回折光の出射角を θ_2 としたとき、ホイヘンスの原理より、次の数式 1 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）。

[0032] [数 1]

$$P = n \times \lambda / \{ \sin(\theta_1) - \sin(\theta_2) \} \quad \cdots (1)$$

[0033] 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 からの光は調光部 23 を通過し、所定の波長（例えば、248 nm の波長）を有する所定の強度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、

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。

[0034] そこで、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（以下、回折光に基づくウェハ 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、ウェハ 10 の回折画像を生成すると主制御部 50 を介して回折画像を検査部 42 へ送り、検査部 42 は、ウェハ 10 の画像データと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、画像処理部 40 及び検査部 42 による検査結果およびそのときのウェハ 10 の回折画像が図示しない画像表示装置で出力表示される。

[0035] 次に、表面検査装置 1 によりウェハ 10 表面の P E R 検査を行う場合について説明する。なお、繰り返しパターン 12 は、図 4 に示すように、複数のライン部 2 A がその短手方向（X 方向）に沿って一定のピッチ 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 2 A 同士の間は、スペース部 2 B である。また、ライン部 2 A 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。

[0036] ここで、繰り返しパターン 12 におけるライン部 2 A 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 2 A の線幅 D_A とスペース部 2 B の線幅 D_B は等しくなり、ライン部 2 A とスペース部 2 B 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值から外れると、ピッチ P は変わらないが、ライン部 2 A の線幅 D_A が設計値と異なってしまいとともに、スペース部 2 B の線幅 D_B とも異なってしまい、ライン部 2 A とスペース部 2 B との体積比が略 1 : 1 から外れる。

[0037] P E R 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 2 A

とスペース部 2 B との体積比の変化を利用して、繰り返しパターン 1 2 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值からの外れに起因し、ウェハ 1 0 のショット領域ごとに現れる。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。

[0038] P E R 検査では、図 2 に示すように、照明側偏光フィルタ 2 6 および受光側偏光フィルタ 3 2 が光路上に挿入される。また、P E R 検査を行うとき、ステージ 5 は、照明光が照射されたウェハ 1 0 からの正反射光を受光系 3 0 で受光できる傾斜角度にウェハ 1 0 をチルトさせるとともに、所定の回転位置で停止し、ウェハ 1 0 における繰り返しパターン 1 2 の繰り返し方向を、図 5 に示すように、ウェハ 1 0 の表面における照明光（直線偏光 L）の振動方向に対して、約 4 5 度だけ斜めになるように保持する。発明者らの知見によれば、ウェハ 1 0 における繰り返しパターン 1 2 の繰り返し方向を、ウェハ 1 0 の表面における照明光（直線偏光 L）の振動方向に対して、約 4 5 度だけ斜めになるようにした場合、繰り返しパターン 1 2 の検査の光量を最も高くすることができる。また、発明者らの知見によれば、ウェハ 1 0 における繰り返しパターン 1 2 の繰り返し方向を、ウェハ 1 0 の表面における照明光（直線偏光 L）の振動方向に対して約 2 2. 5 度又は約 6 7. 5 度に設定すれば検査の感度を高くすることができる。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。

[0039] 照明側偏光フィルタ 2 6 は、導光ファイバ 2 4 と照明側凹面鏡 2 5 との間に配設されるとともに、その透過軸が所定の方位に設定され、透過軸に応じて照明ユニット 2 1 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 2 4 の射出部が照明側凹面鏡 2 5 の焦点位置に配置されているため、照明側凹面鏡 2 5 は、照明側偏光フィルタ 2 6 を透過した光を平行光束にして、基板であるウェハ 1 0 を照明する。このように、導光ファイバ 2 4 から射出された光は、照明側偏光フィルタ 2 6 および照明側凹面鏡 2 5 を介し p 偏光の直線偏光 L（図 5 を参照）となり、照明光としてウェハ 1 0 の表面全体

に照射される。

[0040] このとき、直線偏光 L の進行方向（ウェハ10表面上の任意の点に到達する直線偏光 L の主光線方向）は光軸に略平行であることから、ウェハ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、ウェハ10に入射する直線偏光 L が p 偏光であるため、図5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（ウェハ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、ウェハ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、ウェハ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。

[0041] ウェハ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、このとき、繰り返しパターン12での構造的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、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、ウェハ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、ウェハ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ェハ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、直交の範疇である。

[0042] 表面検査装置 1 によりウェハ 10 表面の P E R 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。またこのとき、ステージ 5 は、照明光が照射されたウェハ 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ェハ 10 をチルトさせるとともに、所定の回転位置で停止し、ウェハ 10 における繰り返しパターン 12 の繰り返し方向を、ウェハ 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保持する。

[0043] 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 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 p 偏光の直線偏光 L となり、照明光としてウェハ 10 の表面全体に照射される。ウェハ 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、ウェハ 10 の像（反射像）が結像される。

[0044] このとき、繰り返しパターン 12 での構造的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、ウェハ 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、ウェハ 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ェハ 10 の反射像が形成される。

[0045] そこで、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（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、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 から入力されたウェハ 10 の画像信号に基づいて、ウェハ 10 のデジタル画像（以下、偏光に基づくウェハ 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、ウェハ 10 の偏光画像を生成すると主制御部 50 を介して偏光画像を検査部 42 に送り、検査部 42 は、ウェハ 10 の画像データと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。なお、良品ウェ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、良品ウェハと比較した信号強度変化（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。そして、画像処理部 40 及び検査部 42 による検査結果およびそのときのウェハ 10 の偏光画像が図示しない画像表示装置で出力表示される。

[0046] なお、信号強度とは、回折効率、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 P E R 検査に限らず、ウェハ 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、ウェハ 10 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、生成したウェハ 10 の正反射画像に基づいて、ウェハ 10 の表面における欠陥（異常）の有無を検査する。

[0047] 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ェ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、発明者らの知見によれば、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ォーカスとなる。

[0048] 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6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ェハを作成する（ステップS101）。このとき、露光ショット毎にフォーカスオフセット量を変化させて、同じフォーカスオフセット量のショットを複数設定してそれらをばらばらに配置して、露光し現像する。以下、このようなウェハを条件振りウェハ10a（図7および図8を参照）と称することにする。

[0049] ここで、同じフォーカスオフセット量のショットをばらばらに配置するのは、例えば、ウェ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、ウェハ上に形成されるレジスト膜（フォトレジスト）はスピコートで塗布形成される場合が多く、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粘度が上がり膜が厚くなる傾向があり、ウェ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（ウェハは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（ウェハはX+方向に移動）しながら露光するときの差である。

[0050] 条件振りウェハ10aは、例えば図7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7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、段階が同じでスキャン方向が逆方向の場合には「 $\bar{}$ 」を付している。例えば、番号12で表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で表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の中心を対称軸として、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7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、それらをばらばらに配置して条件振りウェハ10aを作っている。

[0051] 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。

[0052] 条件振りウェハ10aを作成すると、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、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、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て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。

[0053] 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10aの画像信号に基づいて、条件振りウェハ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8に示すようにショット内に設定した複数の設定領域（小さな長方形で囲んだ領域）A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。

[0054] 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に送り、検査部42は、図9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、発明者の知見によれば、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適宜基準フォーカスカーブと称する。但し、近似曲線の式として、必要に応じて他の任意の関数形（例えば3次式など）を採用してもよい。

[0055] 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10（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10（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11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。

[0056] これにより、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基づいて、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と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、ショット内のパターンはそれぞれ近似しているため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ので、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リソ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 は判定機能も有している。

[0057] 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っている。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について、図 12 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（図 13 を参照）を作成する（ステップ S201）。このとき例えば、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。

[0058] 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、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。次に、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。そして、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。

[0059] 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。

[0060] 条件振りウェハ10b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S203）。なおこのとき、同一ショット内での信号強度の平均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。

[0061] 次に、画像処理部40は平均化された回折画像を主制御部50を介して検査部42へ送り、検査部42は、複数の回折条件でそれぞれ撮像取得した回

折画像について、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、すなわちフォーカスカーブ（像面の傾きを計測する際に求めた基準フォーカスカーブと区別するため、以降適宜サンプルフォーカスカーブと称する）を求める（ステップS204）。これにより、異なるドーズ量ごとに、複数の回折条件にそれぞれ対応した複数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、基準フォーカスカーブの場合と同様に、サンプルフォーカスカーブの近似曲線をそれぞれ求める。なお、発明者の知見によれば、この場合にも、近似曲線の式には、4次式を用いるのが好ましい。但し、近似曲線の式として、必要に応じて他の任意の関数形（例えば3次式など）を採用してもよい。

[0062] 次に、検査部42は、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S205）。このとき例えば、ドーズ量変化や下地変化の影響の少ない回折条件に対応した3種類のサンプルフォーカスカーブ（他のサンプルフォーカスカーブと区別するため、以降適宜、基準サンプルフォーカスカーブと称する）を選択決定する。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、フォーカスの変化に感度がある複数のサンプルフォーカスカーブを抽出する。次に、フォーカスの変化に感度がある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い複数の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。なお、サンプルフォーカスカーブは、3種類の回折条件のそれぞれに対してドーズの異なる複数のサンプルフォーカスカーブがあるが、以降の計算では、フォーカス状態を計測しようとするウェハを露光したの

と同じドーズ量、もしくはそれに最も近いドーズ量のものを使用する。

[0063] これにより、ドーズ量変化や下地変化の影響の少ない回折条件および、当該回折条件に対応した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ォーカスカーブの一例を図13に示す。図13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13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エハ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。

[0064] 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と、画像処理部40は、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S206）。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。

[0065] なお、露光装置101が複数ある場合、同種の露光装置101であっても装置ごと、及び複数の照明条件を切り替え可能な場合にNA（開口数）が異なることがあるため、複数の露光装置ごと及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。

[0066] 3種類の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S207）。このとき、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種類の回折条件についてそれぞれ、ウエハ10の回折画像を撮像取得する。

- [0067] 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、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判定し（ステップS208）、ストリート等に該当する画素を計測対象から除外する。
- [0068] 各画素に対応する領域がショット内の計測領域か否か判定すると、画像処理部40は回折画像を主制御部50を介して検査部42へ送り、検査部42は、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を求める（ステップS209）。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。なお、複数の画素単位でフォーカスオフセット量を求める場合も、ショット性デフォーカスと異物によるデフォーカスとを区別する必要がある。そのために、フォーカスオフセット量を求める領域は、1ショットよりも小さい（例えば1／10の）領域とすることが望ましい。
- [0069] 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、複数のフォーカスオフセット量の候補が算出されることがある（条件によっては1つの候補のみが算出される場合もある）。これに対し、カーブのピークもしくはボトム的位置（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14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、3種類の回折条件のそれぞれに対して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。

[0070] これにより、ウェハ10の全面について画素ごとにフォーカスオフセット量を算出することができ、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判定することが可能になる。なお、図14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ェハ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ェハ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ェハ10の回折画像H3をそれぞれ示している。

[0071] 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15に示す。図15より、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。

[0072] ウェハ10の全面について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ないか検査する（ステップS210）。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。なお、記憶部は、表面検査装置1の外部（例えば、半導体製造ラインの管理室等）に用意し、回線を通じて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）を読み出すよう構成することもできる。

[0073] 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ェハ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図示しない画像表示装置に表示させる（ステップS211）。なお、画像表示装置は、本実施形態の表面検査装置1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ェハ10の画像の一例を図16に示す。なお、図16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。

[0074] このように、本実施形態の表面検査装置1によれば、検査部42は、撮像装置35によって検出される第1検出信号（第1信号強度K1）と第1基準データ（第1基準サンプルフォーカスカーブD1）との一致度と、第2検出信号（第2信号強度K2）と第2基準データ（第2基準サンプルフォーカスカーブD2）との一致度と、第3検出信号（第3信号強度K3）と第3基準データ（第3基準サンプルフォーカスカーブD3）との一致度とに基づいて、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（加工条件）を判定する。これにより、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、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。

[0075] 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。

[0076] 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。

[0077] また、ステージ5は、ウェハ10を支持する支持面を通るチルト軸を中心にチルト可能、すなわち、ウェハ10の支持された面と略平行で照明光の進む方向に略直交する軸を中心に回動可能に構成されている。これにより、短時間で回折条件（照明光の入射角等）を変更することができるため、異なる回折条件の複数の回折画像を短時間で撮像取得することが可能となり、露光時のフォーカス状態をより短時間で計測することができる。

[0078] 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（加工条件）を判定しているが、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い。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判定することができる。

[0079] 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。

[0080] 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１０ｂ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、偏光を用いた測定では、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ォーカスと考えられるため、ベストフォ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。

[0081] 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判定しているが、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、ウェハ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判定することもできる。

[0082] また、上述の実施形態において、検査部42で求められたウェハ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17および図18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ェハ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が形成されたウェハ10の検査を行う表面検査装置1とを備えて構成される。

[0083] 露光装置101は、図17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200（図18を参照）とを備えて構成される。なお、以下においては、図17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。

[0084] 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、レチクルブラインド等を備えた照明光学系とを有し、レチクルブ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。

[0085] 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17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1

21（図18を参照）によってXY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。

[0086] 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200に送られ、主制御装置200は、その位置情報に基づいてレチクルステージ駆動装置121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。

[0087] 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1/4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ェハ10を走査方向（Y軸方向）に移動させることで、ウェハ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。

[0088] 露光装置101には、液浸方式の露光を行うために局所液浸装置140が

設けられている。局所液浸装置 140 は、図 17 および図 18 に示すように、液体供給装置 141 と、液体回収装置 142 と、液体供給管 143 A と、液体回収管 143 B と、ノズルユニット 145 とを有して構成される。ノズルユニット 145 は、投影光学系 135 を構成する最も像面側（ウェハ側）の光学素子、ここでは先端レンズ 136 を保持する鏡筒 131 の下端部周囲を取り囲むように、投影ユニット 130 を保持する不図示のフレーム部材（露光装置 101 を構成するフレーム部材）に支持されている。また、ノズルユニット 145 は、図 17 に示すように、その下端面が先端レンズ 136 の下端面と略同一面になるように設定されている。

[0089] 液体供給装置 141 は、詳細な図示を省略するが、液体を貯蔵するタンクと、加圧ポンプと、温度制御装置と、液体の流量を制御するためのバルブとを有して構成され、液体供給管 143 A を介してノズルユニット 145 に接続されている。液体回収装置 142 は、詳細な図示を省略するが、回収した液体を貯蔵するタンクと、吸引ポンプと、液体の流量を制御するためのバルブとを有して構成され、液体回収管 143 B を介してノズルユニット 145 に接続されている。

[0090] 主制御装置 200 は、図 18 に示すように、液体供給装置 141 の作動を制御して液体供給管 143 A を介して先端レンズ 136 とウェハ 10 との間に液体（例えば、純水）を供給するとともに、液体回収装置 142 の作動を制御して液体回収管 143 B を介して先端レンズ 136 とウェハ 10 との間から液体を回収する。このとき、主制御装置 200 は、供給される液体の量と回収される液体の量とが常に等しくなるように、液体供給装置 141 および液体回収装置 142 の作動を制御する。したがって、先端レンズ 136 とウェハ 10 との間には、一定量の液体が常に入れ替わって保持され、これにより液浸領域（液浸空間）が形成される。このように、露光装置 101 では、照明光を、液浸領域を形成する液体を介してウェハ 10 に照射することによって、ウェハ 10 に対する露光が行われる。

[0091] 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ェハス

ステージ１５１と、ウェハステージ１５１を駆動するステージ駆動装置１５５（図１８を参照）とを有して構成される。ウェハステージ１５１は、不図示のエアスライダにより数 μm 程度のクリアランスを有してベース部材１０５の上方に浮上支持され、ウェハステージ１５１の上面においてウェハ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、ウェハステージ１５１は、ステージ駆動装置１５５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。

[0092] ウェハステージ１５１のXY平面内の位置情報はエンコーダ装置１５６（図１８を参照）によって検出される。エンコーダ装置１５６により検出された当該位置情報は主制御装置２００に送られ、主制御装置２００は、その位置情報に基づいてステージ駆動装置１５５を介してウェハステージ１５１の位置（および移動速度）を制御する。

[0093] 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、ウェハステージ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を支持するウェハステージ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ェハ１０を走査方向（Y軸方向）に移動させることで、ウェハ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のパターンが転写される。

[0094] 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）等を通じて、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。

[0095] 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、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。

[0096] 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１９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Ｓ３０１）、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Ｓ３０２）、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Ｓ３０３）、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Ｓ３０４）、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Ｓ３０５）、デバイスの検査を行う検査工程（ステップＳ３０６）等を経て製造される。

[0097] ここで、リソグラフィー工程の詳細について、図２０を参照しながら説明する。まず、ウェハを用意（ステップＳ４０１）し、不図示のスピコート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Ｓ４０２）。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、成膜を行う。レジストが成膜さ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Ｓ４０３）。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Ｓ４０４）。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Ｓ４０５）。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Ｓ４０６）。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（Ｓ４０７）。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Ｓ４０７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Ｓ４０８）。

[0098] 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判定され、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。

[0099] なお、上記実施形態において、露光装置として局所液浸装置１４０を備え

た液浸方式の露光装置 101 を例に挙げて説明したが、本教示はこれには限られず、本教示に係る露光システム及び半導体デバイスの製造方法は、液浸方式の露光装置でない露光装置にも適用することができる。

産業上の利用可能性

[0100] 本発明は、半導体デバイスの製造において、現像後の検査工程で用いられる検査装置に適用することができる。これにより、検査装置の検査精度の向上させることができ、半導体デバイスの製造効率を向上させることができる。

符号の説明

[0101]	1	表面検査装置	5	ステージ
	10	ウェハ (10a, 10b 条件振りウェハ)		
	20	照明系		
	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 (判定部)
	45	記憶部	50	主制御部
	100	露光システム	101	露光装置

請求の範囲

- [請求項1] 所定の加工条件で加工されたパターンを有する基板の表面の所定領域を照明光で照明する照明部と、
- 前記所定領域内にあるパターンから第1方向に進む第1の光に応じた第1検出信号と、前記第1方向と異なる第2方向に進む第2の光に応じた第2検出信号とを検出する検出部と、
- 複数の既知の加工条件で加工された複数のパターンを有する少なくとも1つの基板に対して、前記検出部により検出される第1検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第1基準データと、前記検出部により検出される第2検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第2基準データとを準備する準備部と、
- 加工条件を求めるべき基板に対して前記検出部によって検出される第1検出信号と前記第1基準データとの一致度と、前記基板に対して前記検出部によって検出される第2検出信号と前記第2基準データとの一致度とに基づいて前記基板上のパターンの加工条件を判定する判定部とを有することを特徴とする表面検査装置。
- [請求項2] 前記パターンは前記所定領域毎の露光により設けられるパターンであり、前記判定部で求められる前記加工条件は、前記露光時のフォーカス状態と露光量の少なくとも一方であり、
- 前記加工条件の変化に対する前記第1検出信号の変化と、前記加工条件の変化に対する前記第2検出信号の変化とが相反することを特徴とする請求項1に記載の表面検査装置。
- [請求項3] 前記判定部で判定される前記加工条件は前記フォーカス状態であり、前記フォーカス状態の変化に対する前記第1検出信号及び第2検出信号の変化は、前記露光量の変化に対する変化よりも大きいことを特徴とする請求項2に記載の表面検査装置。
- [請求項4] 前記準備部は、前記第1基準データと前記第2基準データを記憶する記憶部であることを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載

載の表面検査装置。

[請求項5] 前記第1検出信号と前記第2検出信号の少なくとも一方は、回折光に基づくことを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の表面検査装置。

[請求項6] 前記第1方向と前記第2方向は、前記所定領域内にあるパターンで発生する異なる次数の回折光の進む方向であることを特徴とする請求項5に記載の表面検査装置。

[請求項7] 前記第1検出信号と前記第2検出信号の少なくとも一方は、所定の偏光成分に基づくことを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の表面検査装置。

[請求項8] 前記検出部は前記第1方向とも前記第2方向とも異なる第3方向に進む第3の光に応じた第3検出信号を検出可能であり、

前記準備部には、前記複数のパターンを有する基板に対して、前記検出部により検出される第3検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第3基準データがさらに記憶されており、

前記判定部は、前記被検基板に対して前記検出部によって検出される第1検出信号と前記第1基準データとの一致度と、前記被検基板に対して前記検出部によって検出される第2検出信号と前記第2基準データとの一致度と、前記被検基板に対して前記検出部によって検出される第3検出信号と前記第3基準データとの一致度とに基づいて前記被検基板上のパターンの加工条件を判定することを特徴とする請求項1から7のいずれか一項に記載の表面検査装置。

[請求項9] 前記基板を支持するステージをさらに有し、該ステージが前記基板の前記支持された面と略平行で前記照明光の進む方向に略直交する軸を中心に回動可能であることを特徴とする請求項1から8のいずれか一項に記載の表面検査装置。

[請求項10] 前記検出部は、前記基板を照明する照明光の光路に挿抜自在に設けられ、前記照明光のうちs偏光成分を透過させるように構成された照

明側偏光フィルタ、又は、第1又は第2の光路に挿抜自在に設けられ、前記第1、第2の光のうちs偏光成分を透過させるように構成された受光側偏光フィルタを備える請求項1から8のいずれか一項に記載の表面検査装置。

[請求項11] 基板の表面に所定のパターンを露光する露光装置と、前記露光装置により露光されて表面に前記パターンが設けられた基板の表面検査を行う表面検査装置とを備え、

前記表面検査装置は、請求項1から10のいずれか一項に記載の表面検査装置であって、前記判定部で求められた前記加工条件として前記露光時のフォーカス状態を前記露光装置へ出力し、

前記露光装置は、前記表面検査装置から入力された前記露光時のフォーカス状態に応じて、前記露光装置のフォーカスの設定を補正することを特徴とする露光システム。

[請求項12] 前記露光装置は、前記基板に対して液体を介して前記所定のパターンを露光する液浸型の露光装置である請求項11に記載の露光システム。

[請求項13] 所定の加工条件で加工されたパターンを有する基板の表面の所定領域を照明光で照明し、前記所定領域内にあるパターンから第1方向に進む第1の光に応じた第1検出信号と、前記第1方向と異なる第2方向に進む第2の光に応じた第2検出信号とを検出し、

複数の既知の加工条件で加工された複数のパターンを有する少なくとも1つの基板に対して、前記第1検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第1基準データと、前記第2検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第2基準データとを準備し、

加工条件を求めるべき基板から検出される第1検出信号と前記第1基準データとの一致度と、前記基板から検出される第2検出信号と前記第2基準データとの一致度とに基づいて前記基板上のパターンの加工条件を判定することを特徴とする表面検査方法。

- [請求項14] 前記パターンは前記所定領域毎の露光により設けられるパターンであり、前記判定される前記加工条件は、前記露光時のフォーカス状態と露光量の少なくとも一方であり、
- 前記加工条件の変化に対する前記第1検出信号の変化と、前記加工条件の変化に対する前記第2検出信号の変化とが相反することを特徴とする請求項13に記載の表面検査方法。
- [請求項15] 前記判定される前記加工条件は前記フォーカス状態であり、前記フォーカス状態の変化に対する前記第1検出信号及び第2検出信号の変化は、前記露光量の変化に対する変化よりも大きいことを特徴とする請求項14に記載の表面検査方法。
- [請求項16] 前記第1基準データと前記第2基準データとを記憶し、該記憶された前記第1基準データと前記第2基準データとを呼び出すことにより前記準備を行うことを特徴とする請求項13から15のいずれか一項に記載の表面検査方法。
- [請求項17] 前記第1検出信号と前記第2検出信号の少なくとも一方は、回折光に基づくことを特徴とする請求項13から16の何れか一項に記載の表面検査方法。
- [請求項18] 前記第1方向と前記第2方向は、前記所定領域内にあるパターンで発生する異なる次数の回折光の進む方向であることを特徴とする請求項17に記載の表面方法。
- [請求項19] 前記第1検出信号と前記第2検出信号の少なくとも一方は、所定の偏光成分に基づくことを特徴とする請求項13から16のいずれか一項に記載の表面検査方法。
- [請求項20] 前記第1方向とも前記第2方向とも異なる第3方向に進む第3の光に応じた第3検出信号を検出可能であり、
- 前記複数のパターンを有する基板に対して、前記第3検出信号と前記既知の複数の加工条件の関係を示す第3基準データをさらに記憶し、

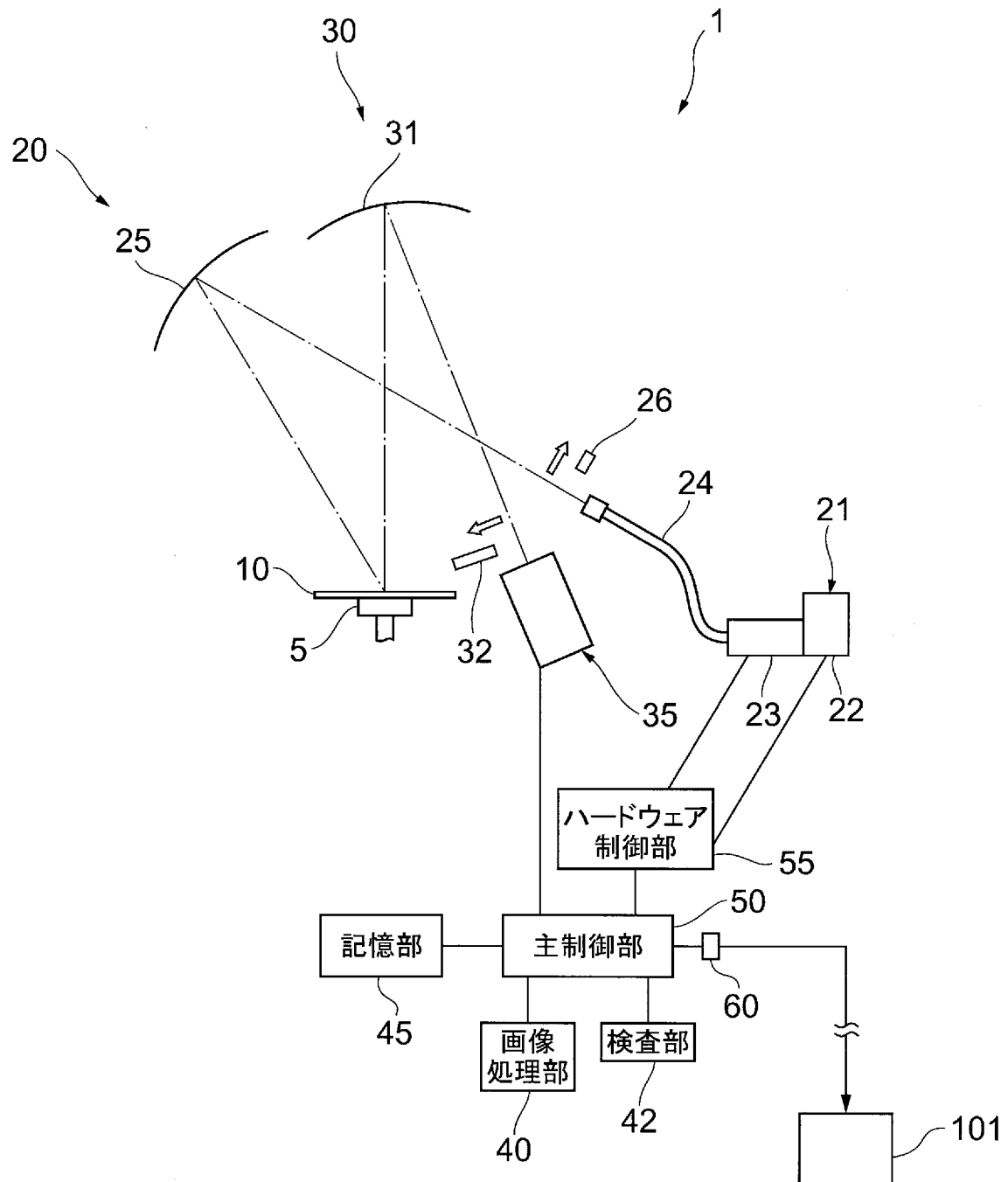
前記被検基板から検出される第 1 検出信号と前記第 1 基準データとの一致度と、前記被検基板から検出される第 2 検出信号と前記第 2 基準データとの一致度と、前記被検基板から検出される第 3 検出信号と前記第 3 基準データとの一致度とに基づいて前記被検基板上のパターンの加工条件を判定することを特徴とする請求項 13 から 19 のいずれか一項に記載の表面検査方法。

[請求項 21]

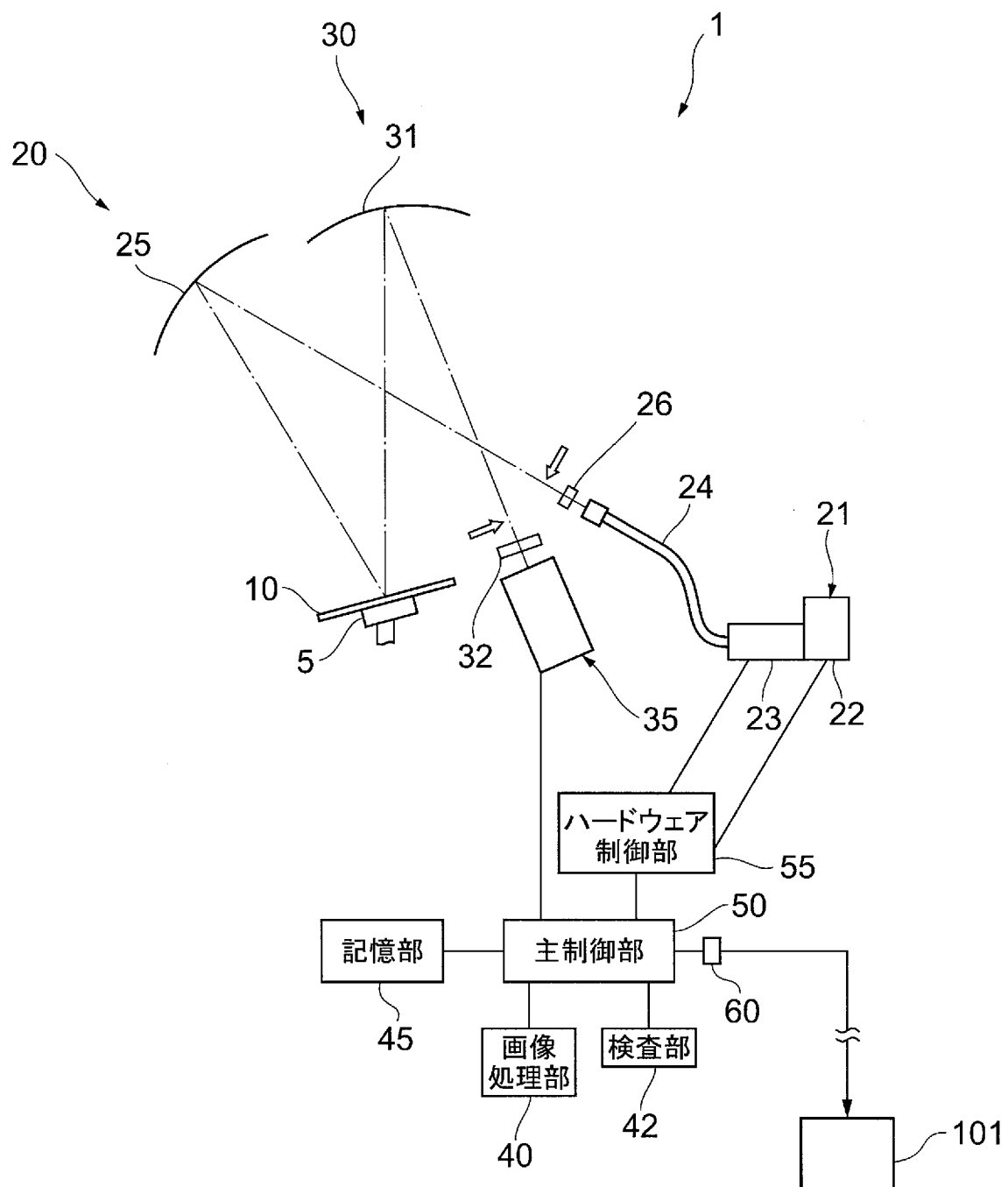
基板の表面に所定のパターンを露光するリソグラフィー工程を有した半導体デバイス製造方法であって、

前記露光の後に請求項 13 から 20 のいずれか一項に記載の表面検査方法を用いて前記基板の検査を行うことを特徴とする半導体デバイス製造方法。

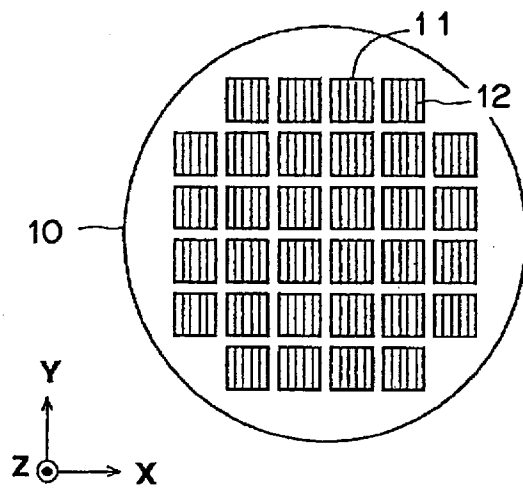
[図1]



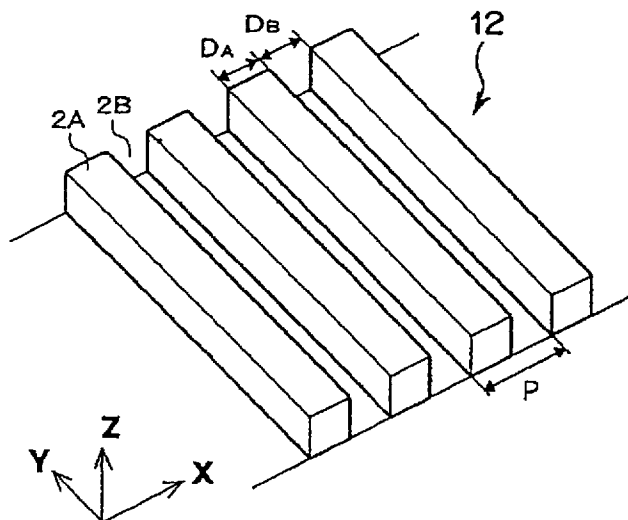
[図2]



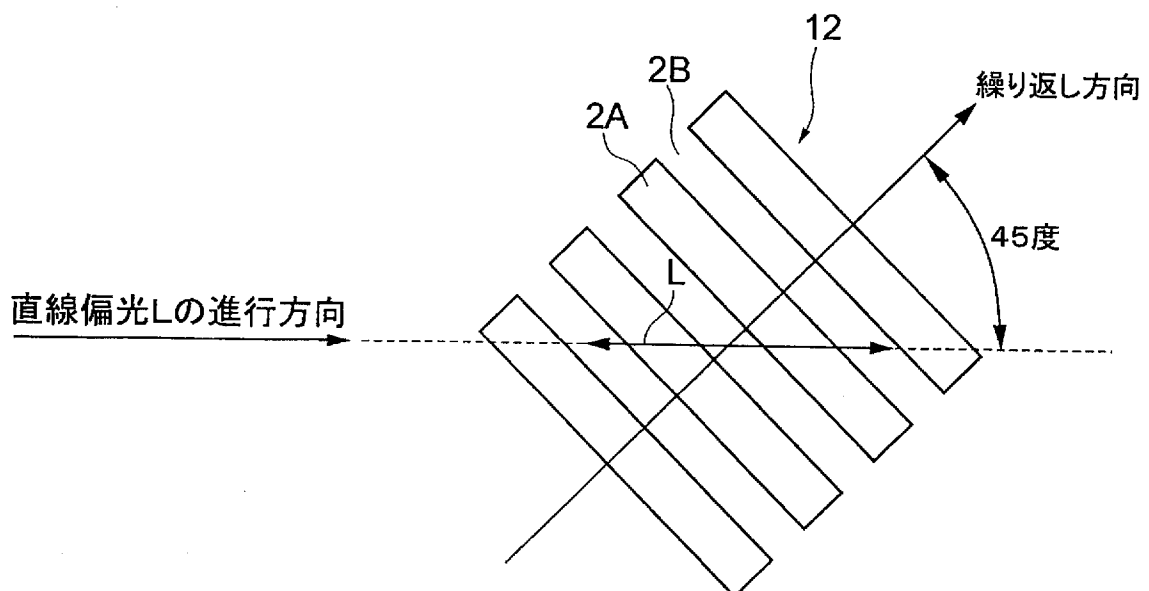
[図3]



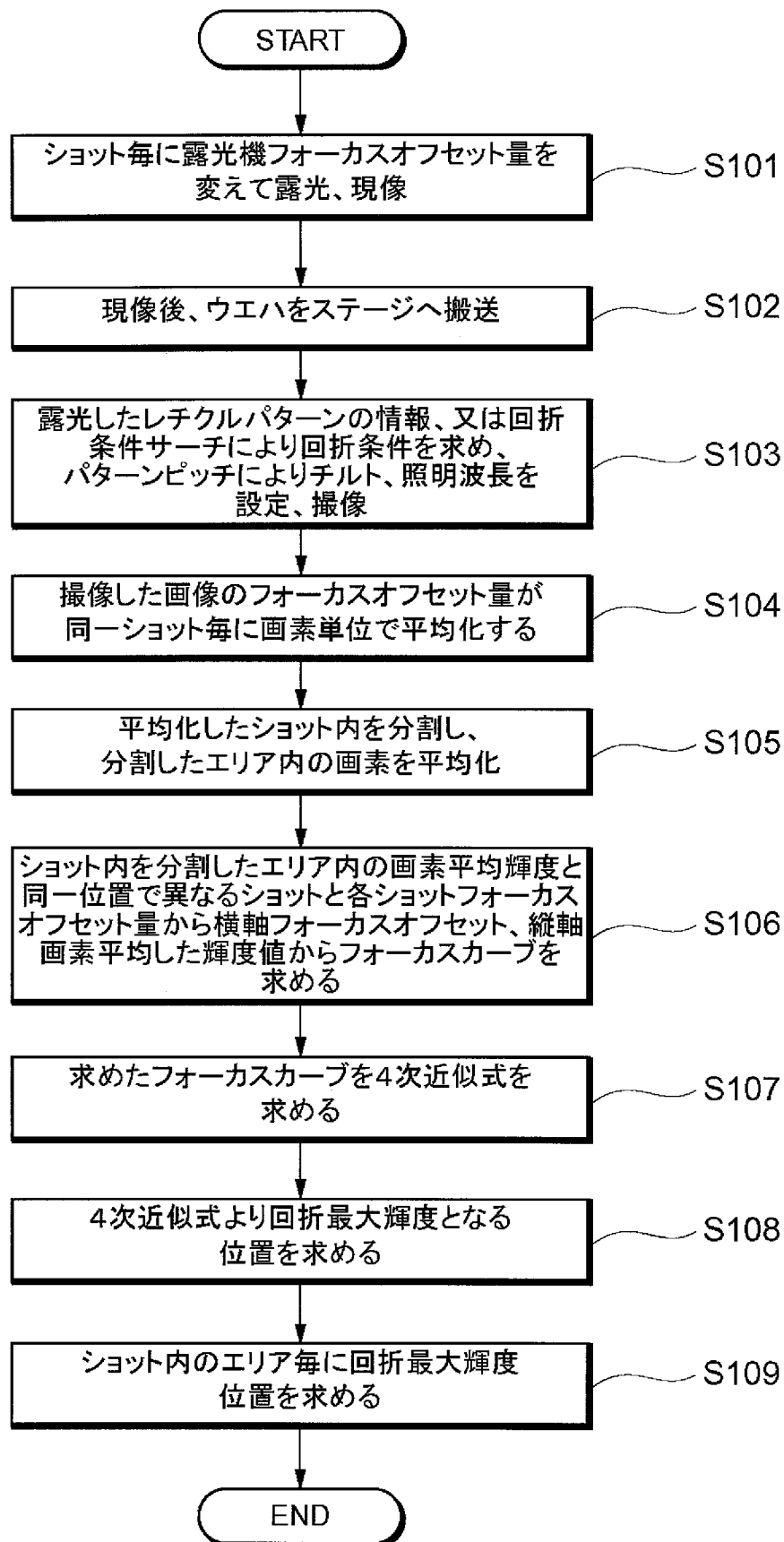
[図4]



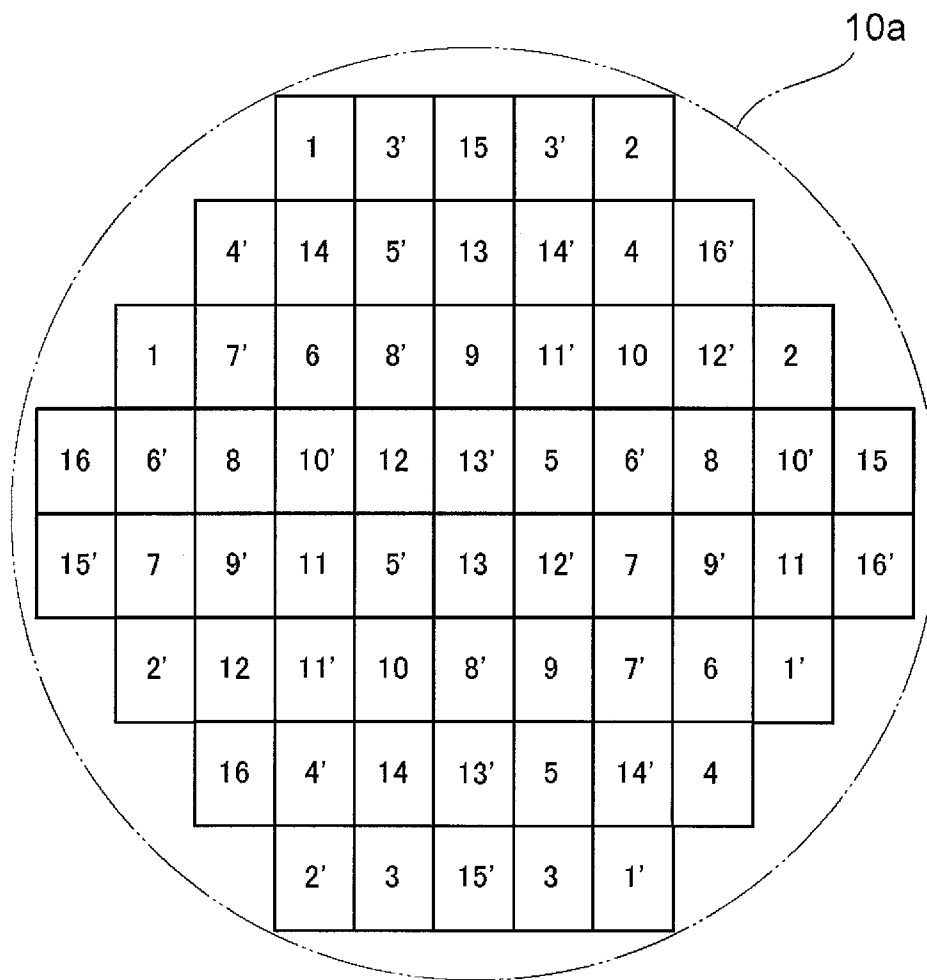
[図5]



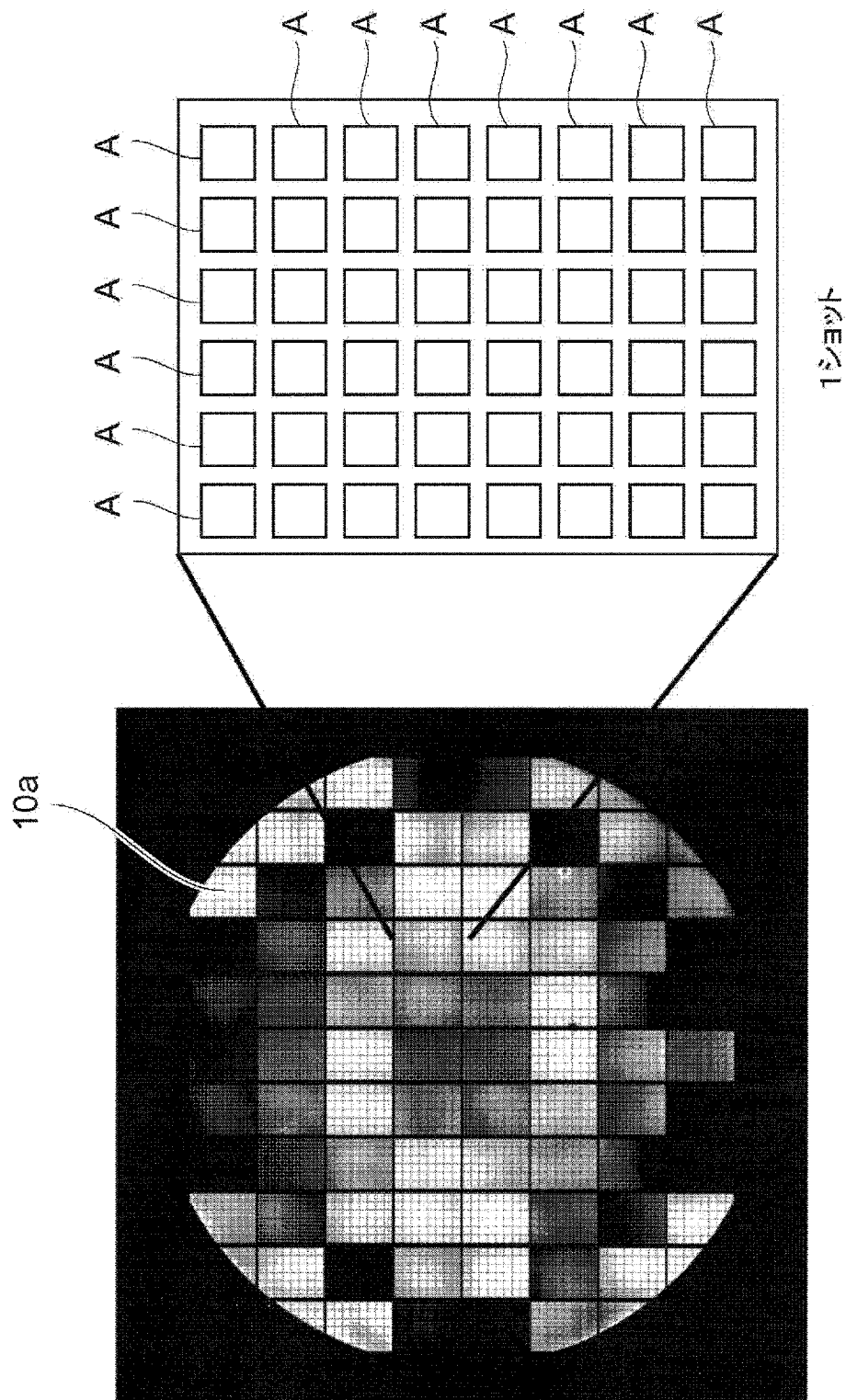
[図6]



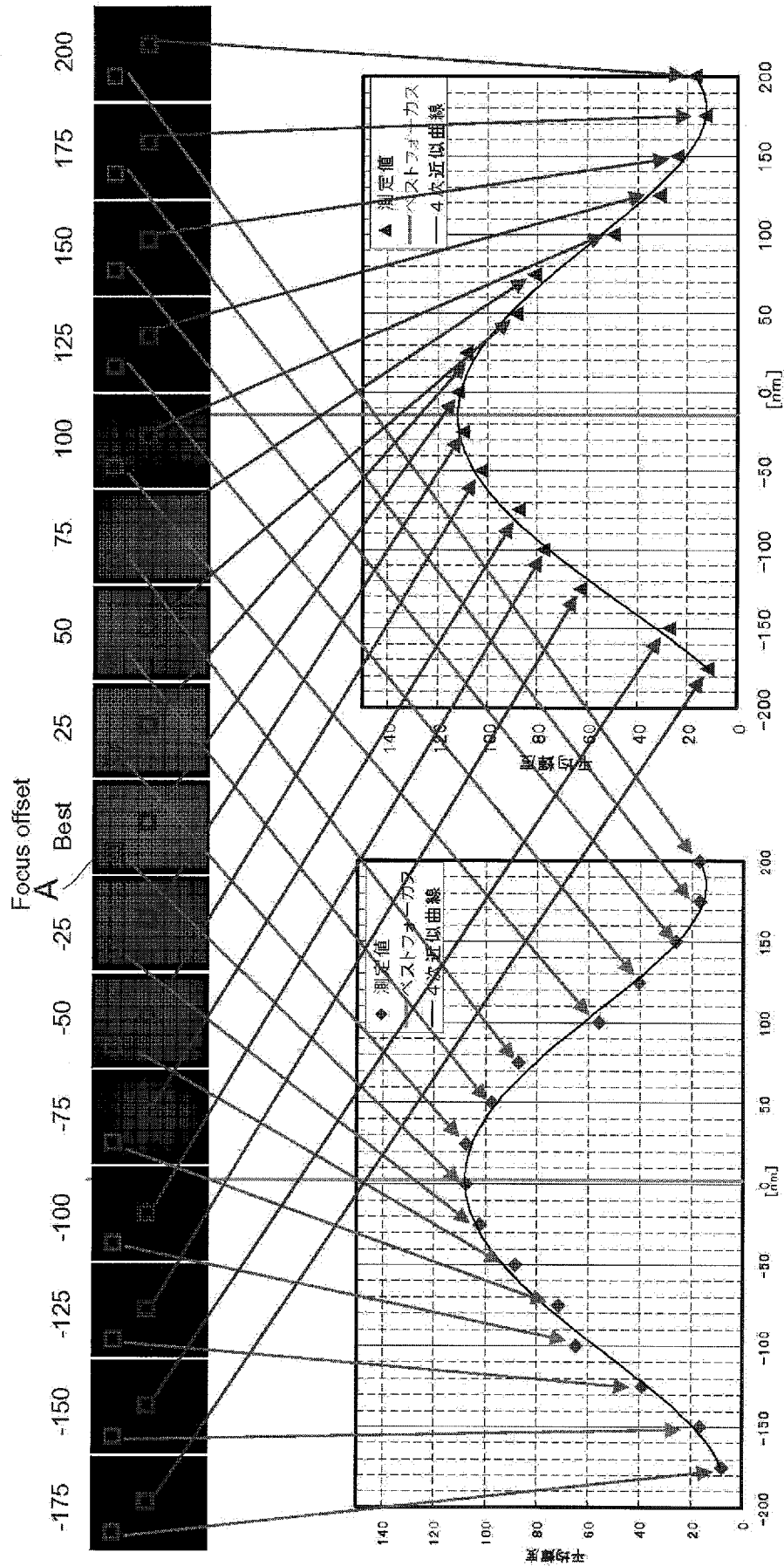
[図7]



[図8]

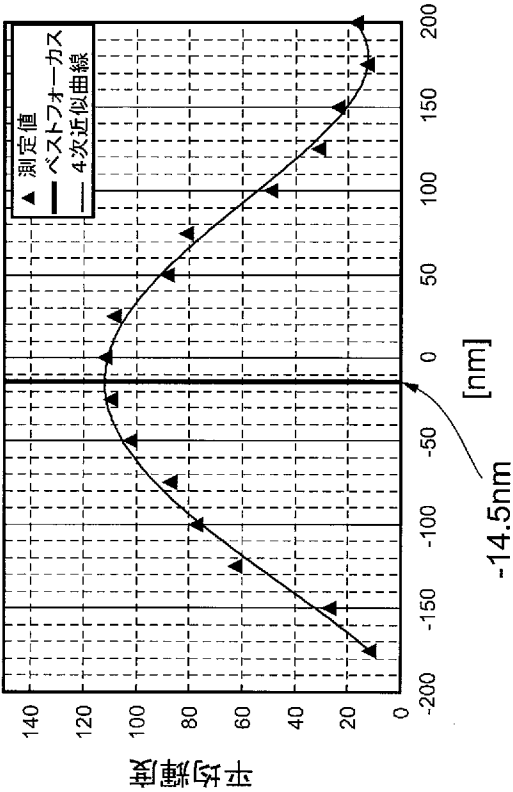


[図9]

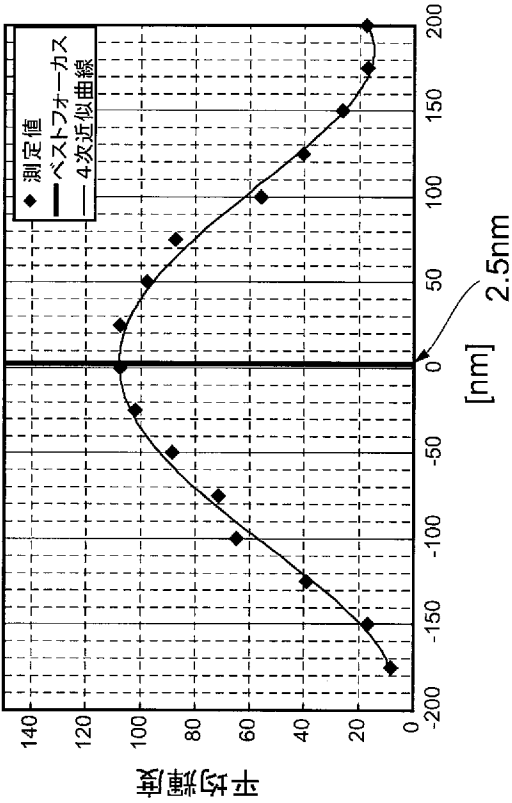


[図10]

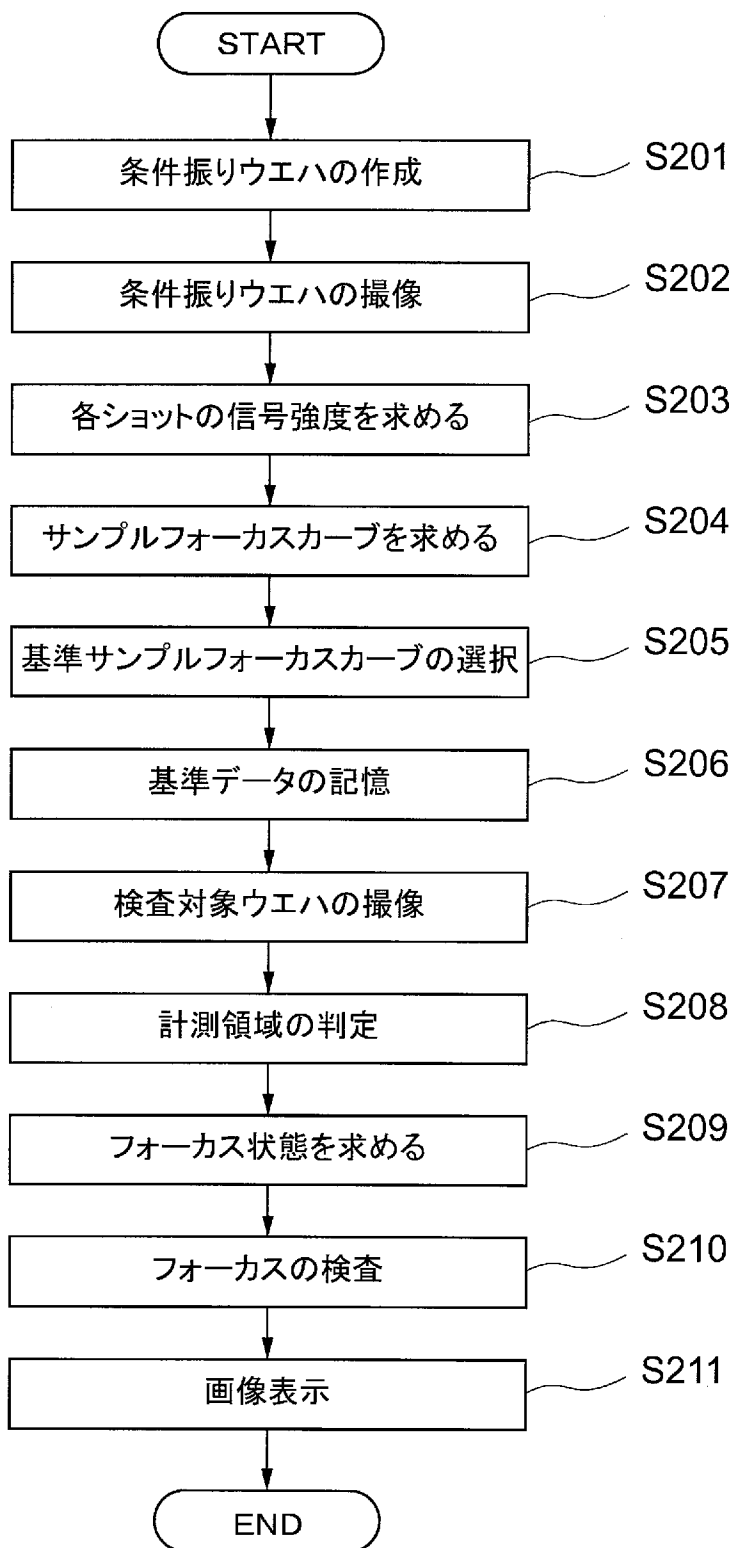
(b)



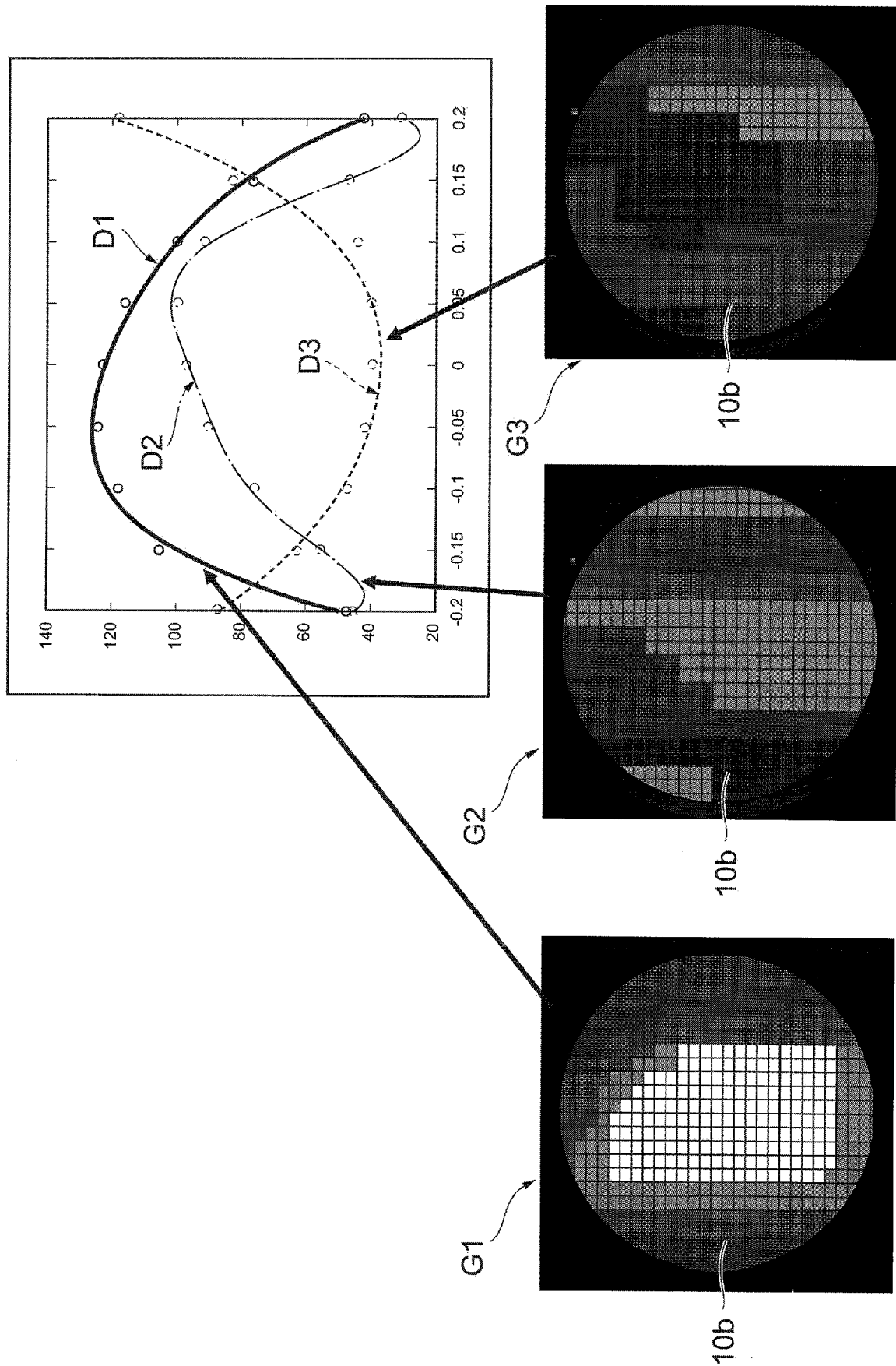
(a)



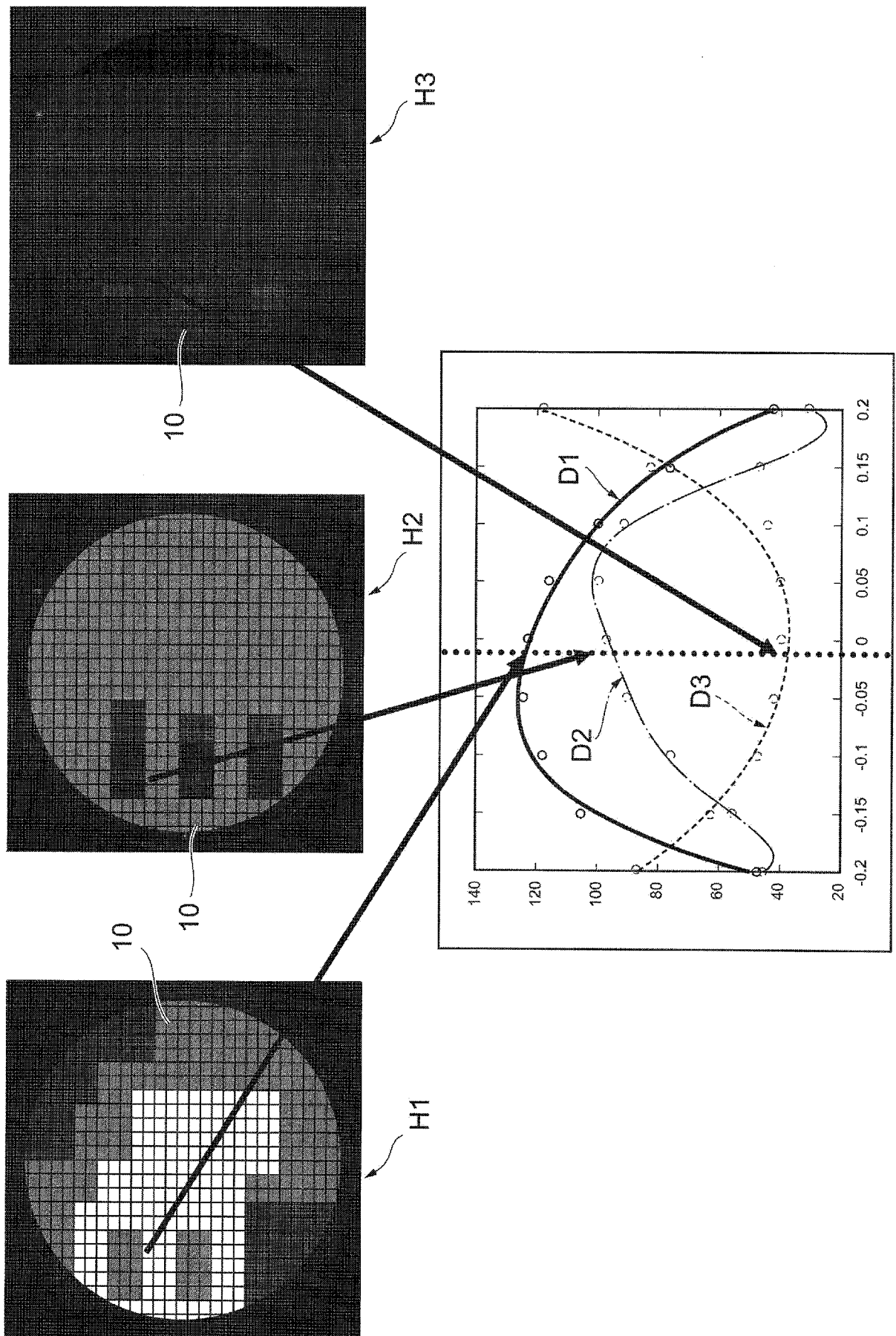
[図12]



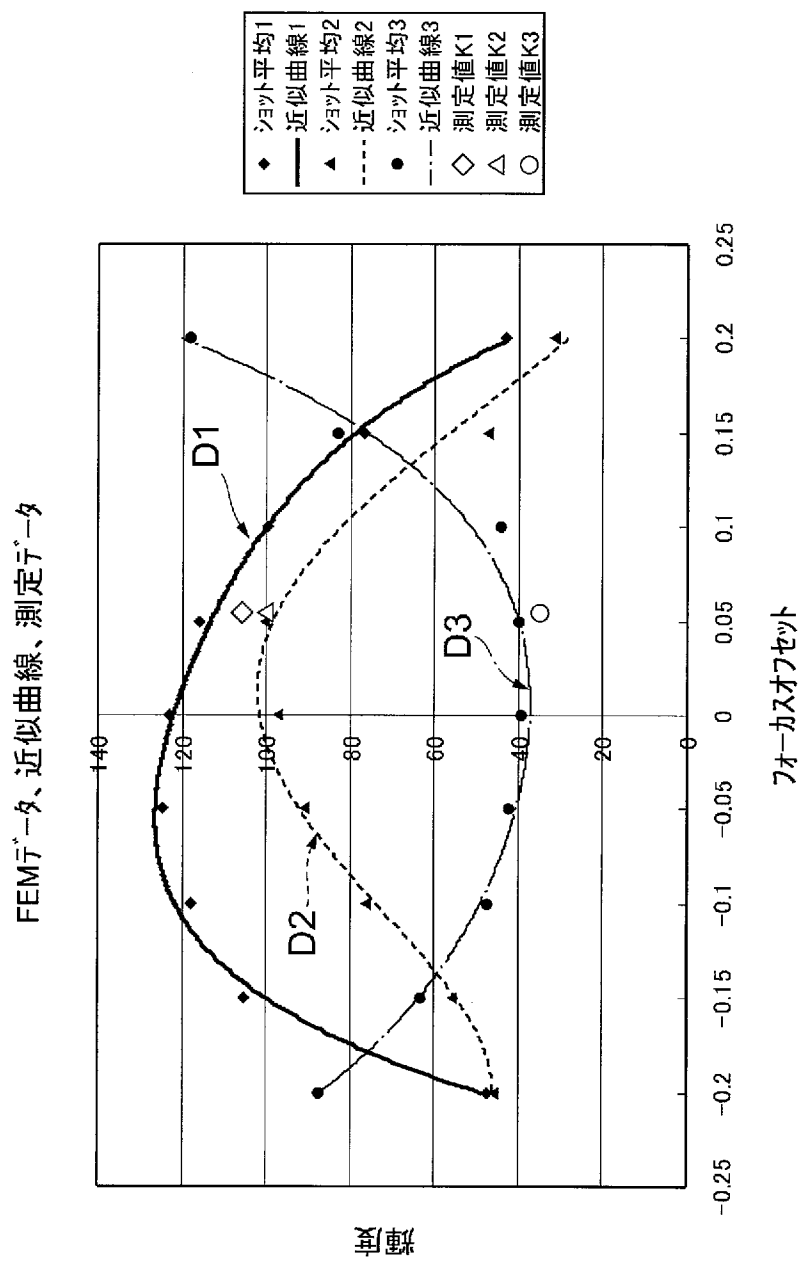
[図13]



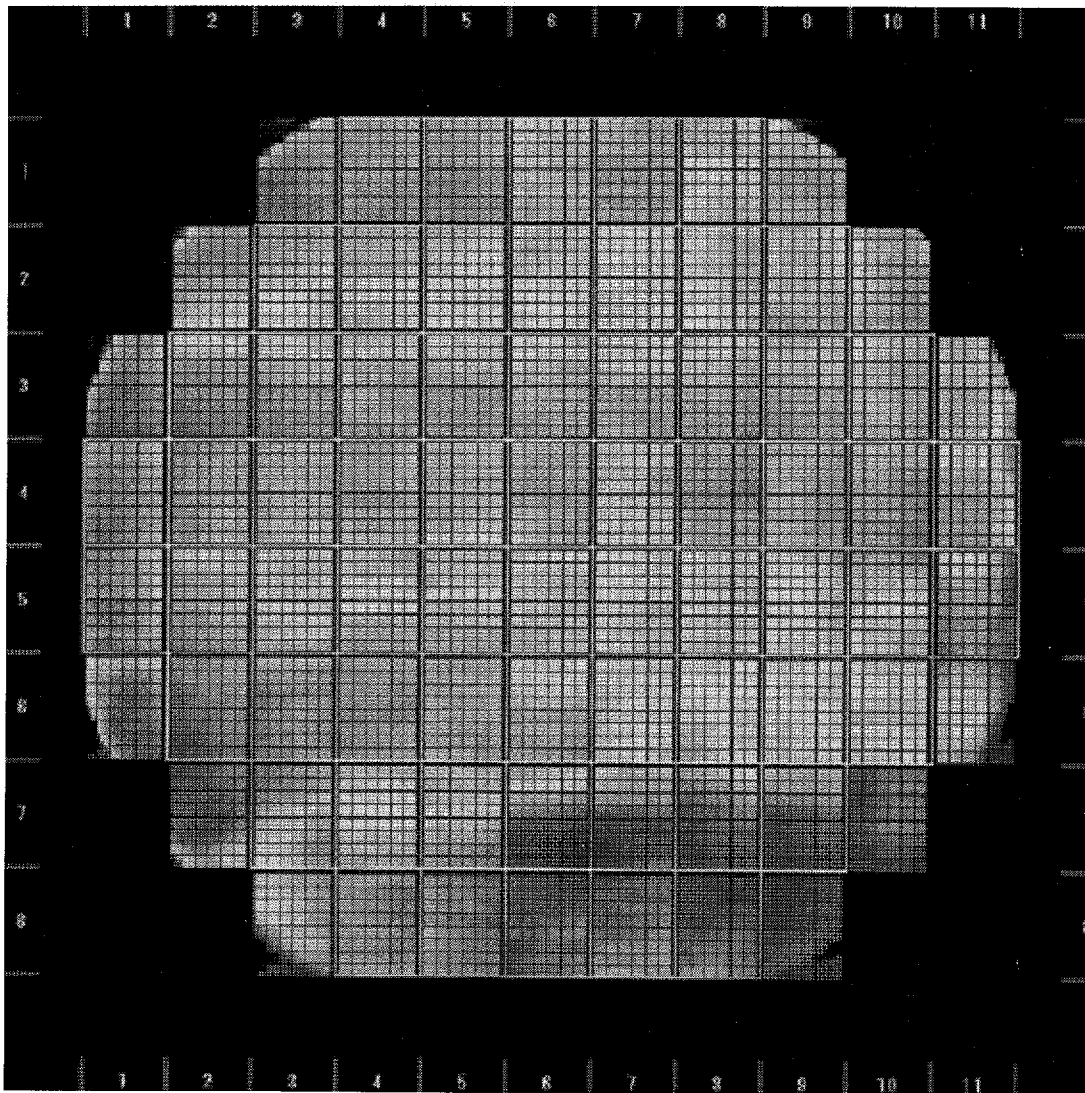
[図14]



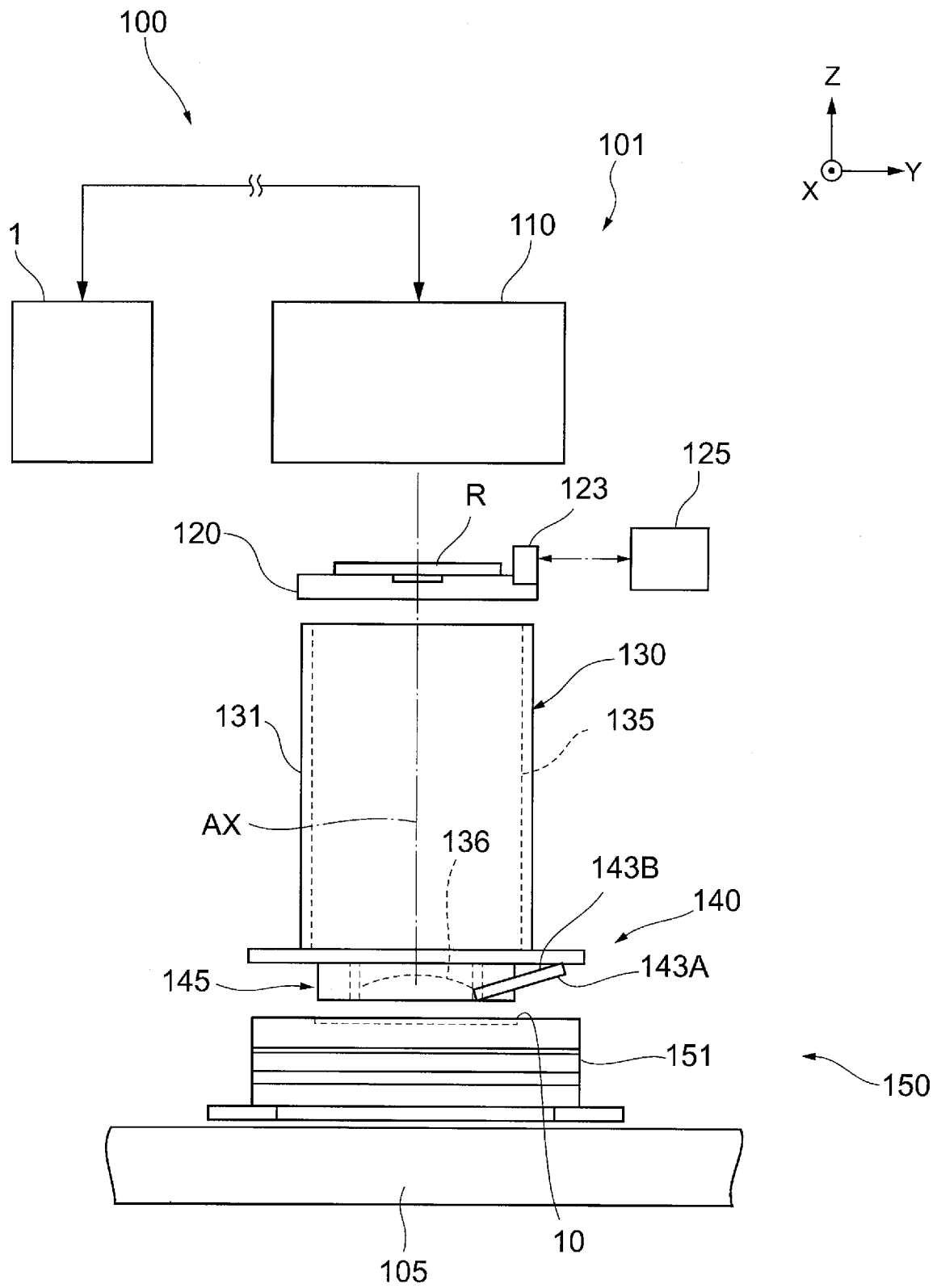
[図15]



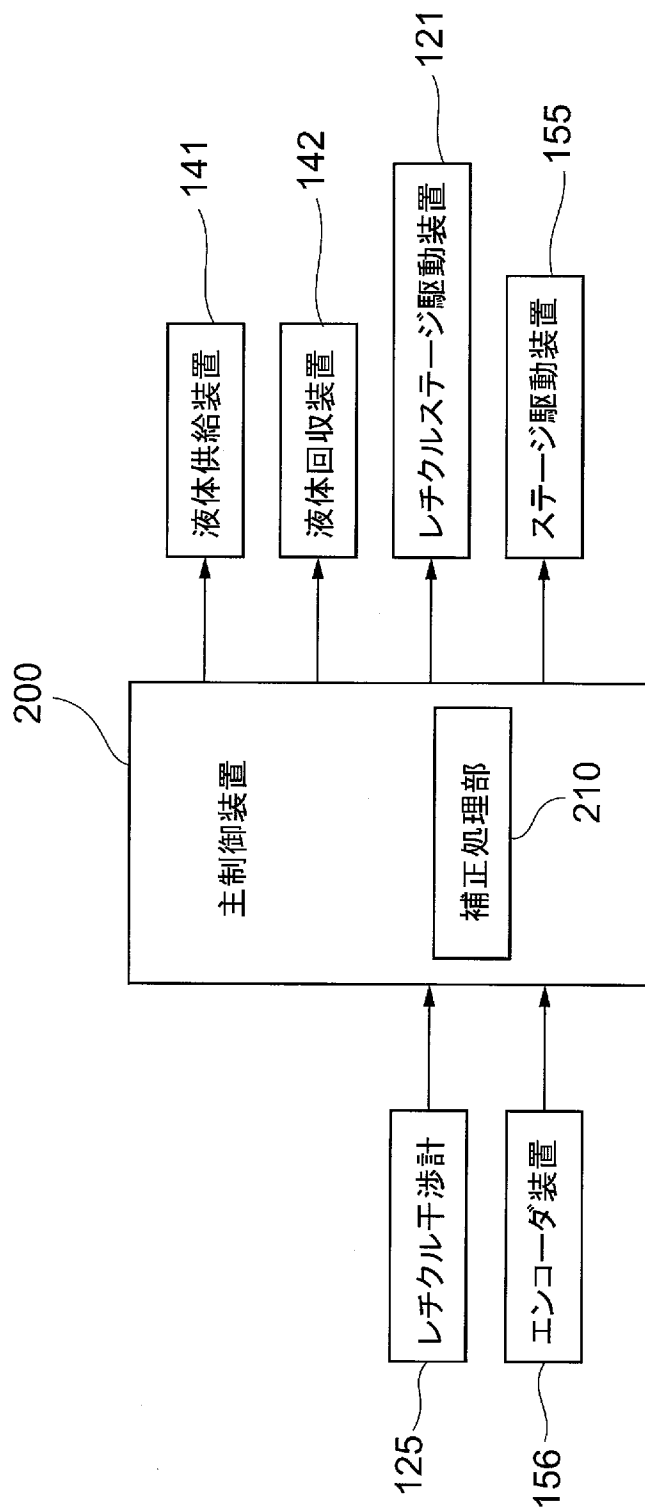
[図16]



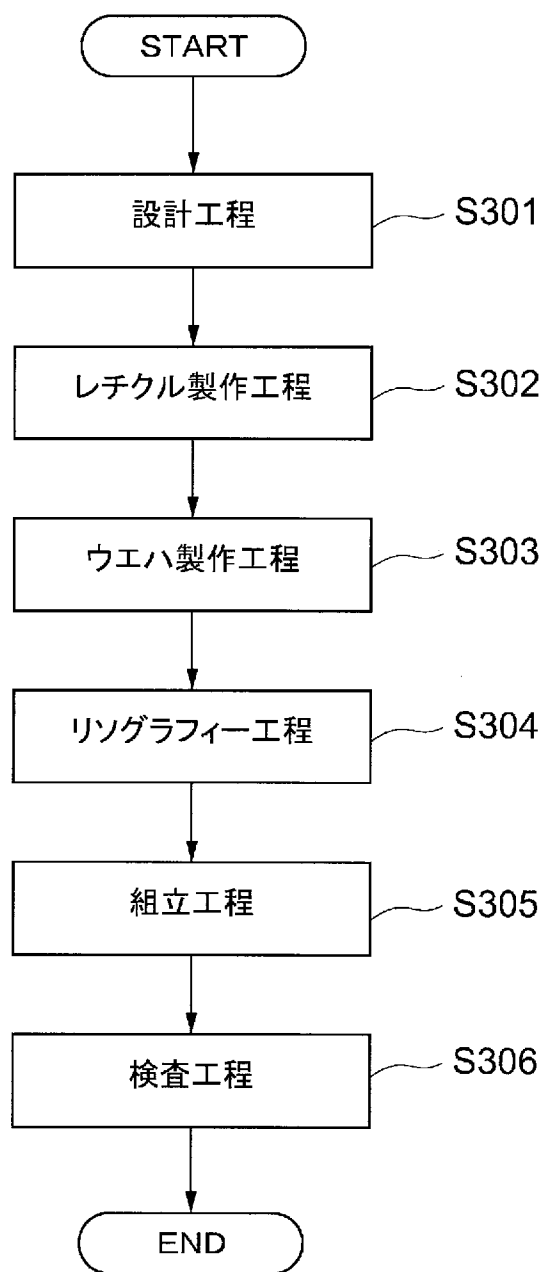
[図17]



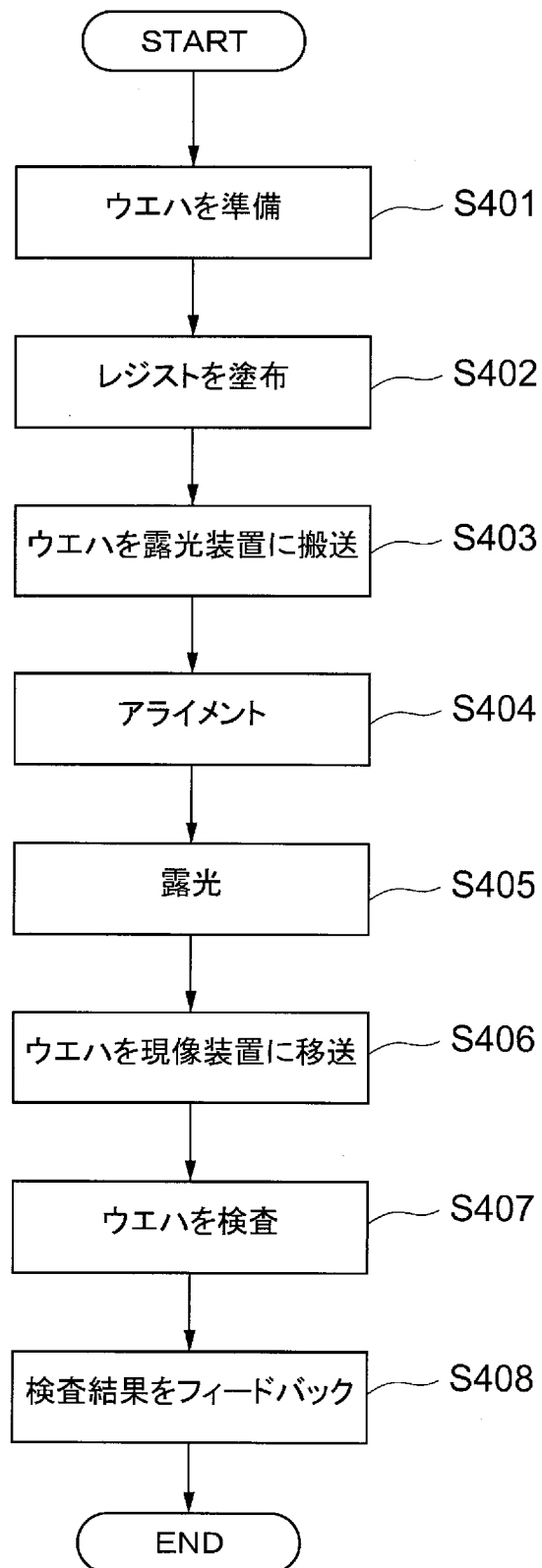
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/078919

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/027(2006.01)i, G01B11/00(2006.01)i, G01N21/94(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, G01B11/00, G01N21/94, 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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2007-304054 A (Nikon Corp.), 22 November 2007 (22.11.2007), paragraphs [0010] to [0051] (Family: none)	1-5, 7-17, 19-21 6, 18
A		
A	JP 2002-289503 A (Toshiba Corp.), 04 October 2002 (04.10.2002), paragraphs [0045] to [0060] & US 2002/0100012 A1	1-21
A	WO 2010/052934 A1 (Nikon Corp.), 14 May 2010 (14.05.2010), entire text; all drawings (Family: none)	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, exhibition 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 the 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
06 January, 2012 (06.01.12)Date of mailing of the international search report
17 January, 2012 (17.01.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/078919

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 02-224319 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 06 September 1990 (06.09.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-21
A	JP 2002-299205 A (Toshiba Corp.), 11 October 2002 (11.10.2002), entire text; all drawings & US 6667139 B2 & TW 569285 B & KR 10-2002-0077201 A & CN 1383187 A	1-21
A	JP 2003-168641 A (Mitsubishi Electric Corp.), 13 June 2003 (13.06.2003), entire text; all drawings & US 2003/0104292 A1 & KR 10-2003-0047690 A	1-21
A	JP 2006-186177 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 13 July 2006 (13.07.2006), entire text; all drawings & US 2006/0199089 A1	1-21
P,X	JP 2011-040434 A (Nikon Corp.), 24 February 2011 (24.02.2011), paragraphs [0014] to [0062] (Family: none)	1-21
E,X	WO 2011/135867 A1 (Nikon Corp.), 03 November 2011 (03.11.2011), paragraphs [0031] to [0049] (Family: none)	1-21

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/027 (2006.01)i, G01B11/00 (2006.01)i, G01N21/94 (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 (I P C))

Int.Cl. H01L21/027, G01B11/00, G01N21/94, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

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 2007-304054 A (株式会社ニコン) 2007. 11. 22, 段落 0 0 1 0 乃至 0 0 5 1	1-5, 7-17, 19-21
A	(ファミリーなし)	6, 18
A	JP 2002-289503 A (株式会社東芝) 2002. 10. 04, 段落 0 0 4 5 乃至 0 0 6 0 & US 2002/0100012 A1	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

0 6 . 0 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 1 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

佐野 浩樹

2 M

4 0 7 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 4

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	WO 2010/052934 A1 (株式会社ニコン) 2010.05.14, 全文全図 (ファミリーなし)	1-21
A	JP 02-224319 A (沖電気工業株式会社) 1990.09.06, 全文全図 (ファミリーなし)	1-21
A	JP 2002-299205 A (株式会社東芝) 2002.10.11, 全文全図 & US 6667139 B2 & TW 569285 B & KR 10-2002-0077201 A & CN 1383187 A	1-21
A	JP 2003-168641 A (三菱電機株式会社) 2003.06.13, 全文全図 & US 2003/0104292 A1 & KR 10-2003-0047690 A	1-21
A	JP 2006-186177 A (沖電気工業株式会社) 2006.07.13, 全文全図 & US 2006/0199089 A1	1-21
P, X	JP 2011-040434 A (株式会社ニコン) 2011.02.24, 段落 0 0 1 4 乃至 0 0 6 2 (ファミリーなし)	1-21
E, X	WO 2011/135867 A1 (株式会社ニコン) 2011.11.03, 段落 0 0 3 1 乃至 0 0 4 9 (ファミリーなし)	1-21