(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
2014 年 7 月 3 日(03.07.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/104194 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 21/956 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)
G01J 4/04 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/084890

(22) 国際出願日: 2013 年 12 月 26 日(26.12.2013)

(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 2012-286382 2012 年 12 月 27 日(27.12.2012) JP

(71) 出願人: 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１２番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 深澤　和彦 (FUKAZAWA, Kazuhiko); 〒1008331 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　ＹＫＢマイクガーデン Tokyo (JP).

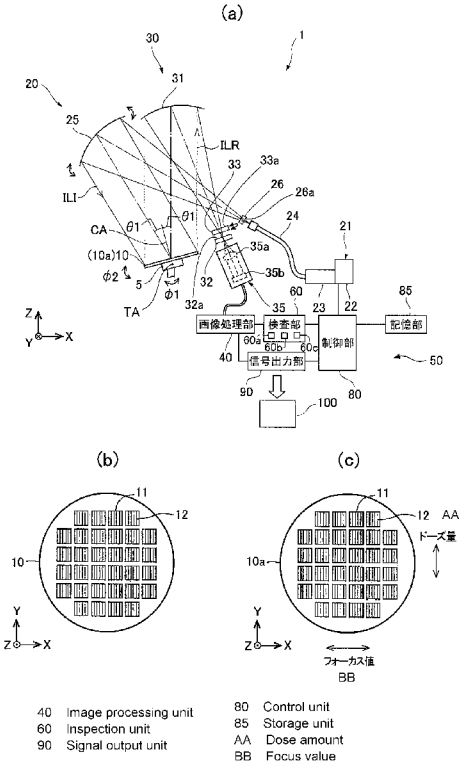
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, KM, 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**: INSPECTION APPARATUS, INSPECTION METHOD, EXPOSURE SYSTEM, EXPOSURE METHOD, AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称 : 検査装置、検査方法、露光システム及び露光方法、並びにデバイス製造方法



40 Image processing unit
60 Inspection unit
90 Signal output unit
80 Control unit
85 Storage unit
AA Dose amount
BB Focus value

(57) **Abstract**: In order to inspect each processing condition among a plurality of processing conditions with high accuracy using a substrate having a pattern processed under the plurality of processing conditions, an inspection apparatus (1) is provided with: a stage (5) which is able to hold a wafer (10) on which a pattern is formed under a plurality of exposure conditions; an illumination system (20) which illuminates the surface of the wafer (10) with polarized light; an image capturing device (35) and an image processing unit (40) which receive light emitted from the surface of the wafer (10), and detect a condition for prescribing the polarization state of the light; and a computing unit (50) which finds an apparatus condition for determining the exposure condition of the pattern on the basis of the condition for prescribing the polarization state of light emitted from a conditioned wafer (10a) on which a pattern is formed under a known exposure condition.

(57) 要約:　複数の加工条件のもとで加工されたパターンを有する基板を用いて、その複数の加工条件のうちの各加工条件を高精度に検査する。　検査装置１は、複数の露光条件のもとでパターンが表面に形成されたウェハ１０を保持可能なステージ５と、ウェハ１０の表面を偏光光で照明する照明系２０と、ウェハ１０の表面から射出した光を受光し、該光の偏光状態を規定する条件を検出する撮像装置３５及び画像処理部４０と、そのパターンの露光条件を判定するための装置条件を、既知の露光条件でパターンが形成された条件振りウェハ１０ａから射出した光の偏光状態を規定する条件に基づいて求める演算部５０と、を備える。

WO 2014/104194 A1

明　細　書

発明の名称 ：

検査装置、検査方法、露光システム及び露光方法、並びにデバイス製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板に形成されたパターンの加工条件を判定する検査技術、この検査技術を用いる露光技術、並びにこの露光技術を用いるデバイス製造技術に関する。

背景技術

[0002] デバイス（半導体デバイス等）を製造するためのリソグラフィ工程で使用されるスキャニングステッパー又はステッパー等の露光装置においては、露光量（いわゆる、ドーズ量）、フォーカス位置（投影光学系の像面に対する露光対象の基板のデフォーカス量）、及び露光波長等の複数の露光条件を高精度に管理する必要がある。そのためには、露光装置で基板を露光して、露光された基板に形成されるパターン等を用いて、その露光装置の実際の露光条件を高精度に判定する必要がある。

[0003] 例えば露光装置のフォーカス位置の従来の検査方法として、主光線が傾斜した照明光でレチクルの評価用のパターンを照明し、ステージで基板の高さを変化させながらそのパターンの像をその基板の複数のショットに順次露光し、露光後の現像によって得られたレジストパターンの横ずれ量を計測し、この計測結果から各ショットの露光時のフォーカス位置を判定する方法が知られている（例えば、特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許出願公開第２００２／０１０００１２号明細書

特許文献2：特開２０１０－２４９６２７号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：鶴田匡夫著：応用光学II（応用物理学選書），ｐ．２３３(培風館，１９９０）

非特許文献2：M.Totzeck,P.Graeupner, T.Heil, A.Goehnermeier, O.Dittmann, D.S.Kraehmer, V.Kamenov andD.G.Flagello: Proc. SPIE 5754, 23(2005)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 従来のフォーカス位置の検査方法においては、計測結果に露光量のばらつき等の影響もある程度は含まれている恐れがある。今後、個別の露光条件をより高精度に評価するためには、他の露光条件の影響をできるだけ抑制することが好ましい。

また、従来のフォーカス位置の検査方法では、専用の評価用のパターンを露光する必要があり、実デバイス用のパターンを露光する場合の評価が困難であった。

[0007] 本発明の態様は、このような問題に鑑みてなされたものであり、複数の加工条件（例えば露光条件）のもとでの加工により設けられたパターンを有する基板を用いて、その複数の加工条件の各加工条件を高精度に判定することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の第１の態様によれば、パターンの加工条件を判定する検査装置において、パターンが表面に形成された基板を保持可能なステージと、その基板の表面を偏光光で照明する照明部と、その基板の表面から射出した光を受光し、該光の偏光の状態を規定する条件を検出する検出部と、既知の前記加工条件でパターンが形成された基板から射出した光の前記偏光の状態を規定する条件に基づく、検査対象基板の表面に形成された検査対象パターンの前記加工条件を判定するための装置条件を記憶する記憶部と、

前記装置条件で前記検査対象基板の表面から射出した光の前記偏光状態を規定する条件に基づいて、前記検査対象パターンの前記加工条件を判定する検査部と、

を備える検査装置が提供される。

[0009] また、第２の態様によれば、基板の表面にパターンを露光する投影光学系を有する露光部と、第１の態様の検査装置と、その検査装置によって判定されたその加工条件に応じてその露光部における加工条件を補正する制御部と、を備える露光システムが提供される。

また、第３の態様によれば、検査対象のパターンの加工条件を判定する検査方法において、既知の前記加工条件でパターンが形成された基板から射出した光の偏光の状態を規定する条件に基づく検査条件で、前記検査対象のパターンが形成された検査対象基板の表面に偏光光を照明することと、

前記検査条件で前記検査対象基板の表面から射出した光を受光し、該光の前記偏光の状態を規定する条件を検出することと、

検出した前記偏光の状態を規定する条件に基づいて、前記検査対象のパターンの前記加工条件を判定することと、を含む検査方法が提供される。

[0010] また、第４の態様によれば、基板の表面にパターンを露光し、その第３の態様の検査方法を用いてその基板のその加工条件を判定し、その検査方法によって判定されるその加工条件に応じてその基板の露光時の加工条件を補正する露光方法が提供される。

また、第５の態様によれば、基板の表面にパターンを設ける加工工程を有するデバイス製造方法であって、その加工工程で第４の態様の露光方法を用いるデバイス製造方法が提供される。

発明の効果

[0011] 本発明の態様によれば、複数の加工条件のもとでの加工により設けられたパターンを有する基板を用いて、その複数の加工条件の各加工条件を高精度に評価できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]（ａ）は実施形態に係る検査装置の全体構成を示す図、（ｂ）はウェハを示す平面図、（ｃ）は条件振りウェハを示す平面図である。

[図2]（ａ）は繰り返しパターンの凹凸構造を示す拡大斜視図、（ｂ）は直線

偏光の入射面と繰り返しパターンの周期方向（又は繰り返し方向）との関係を示す図である。

[図3]（ａ）は露光量と偏光状態の変化との関係の一例を示す図、（ｂ）はフォーカス位置と偏光状態の変化との関係の一例を示す図である。

[図4]検査条件を求める方法（条件出し）の一例を示すフローチャートである。

[図5]露光条件の検査方法の一例を示すフローチャートである。

[図6]（ａ）は条件振りウェハ１０のショット配列の一例を示す平面図、（ｂ）は一つのショットを示す拡大図、（ｃ）はショット中の複数の設定領域の配列の一例を示す拡大図である。

[図7]（ａ）は入射角を変えた場合のストークスパラメータＳ２に対応する信号強度分布の変化の一例を示す図、（ｂ）は入射角を変えた場合のストークスパラメータＳ３に対応する輝度分布の変化の一例を示す図である。

[図8]（ａ）及び（ｂ）はそれぞれ入射角を変えた場合のストークスパラメータＳ１～Ｓ３の露光量及びフォーカス位置の変化に対する感度の変化の一例を示す図である。

[図9]（ａ）、（ｂ）、及び（ｃ）はそれぞれ入射光の偏光方向の角度を変えた場合のストークスパラメータＳ１、Ｓ２、及びＳ３の露光量及びフォーカス位置の変化に対する感度の変化の一例を示す図である。

[図10]（ａ）及び（ｂ）はそれぞれストークスパラメータＳ２と露光量及びフォーカス値との関係の一例を示す図、（ｃ）及び（ｄ）はそれぞれストークスパラメータＳ３と露光量及びフォーカス値との関係の一例を示す図である。

[図11]（ａ）及び（ｂ）は異なる検査条件で計測された露光量変化曲線及びフォーカス変化曲線を示す図である。

[図12]露光量の合否判定用テンプレートの一例を示す図である。

[図13]（ａ）は第２の実施形態におけるウェハの要部を示す拡大断面図、（ｂ）はスペーサ層が形成されたウェハの要部を示す拡大断面図、（ｃ）は図

１３（ｂ）の後工程のウェハを示す拡大断面図、（ｄ）はウェハに形成されたパターンの一部を示す拡大断面図、（ｅ）はストークスパラメータＳ２，Ｓ３のスペーサ層の堆積量に対する変化の一例を示す図、（ｆ）はストークスパラメータＳ２，Ｓ３のエッチング量に対する変化の一例を示す図である。

[図14]第２の実施形態において検査条件を求める方法（条件出し）の一例を示すフローチャートである。

[図15]第２の実施形態において加工条件の検査方法の一例を示すフローチャートである。

[図16]（ａ）は第３の実施形態の検査装置を示す図、（ｂ）は露光装置を示す概略構成図である。

[図17]第３の実施形態において検査条件を求める方法（条件出し）の一例を示すフローチャートである。

[図18]第３の実施形態において露光条件の検査方法の一例を示すフローチャートである。

[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。

発明を実施するための形態

[0013] ［第１の実施形態］

以下、本発明の好ましい第１の実施形態につき図１（ａ）～図１１（ｂ）を参照して説明する。図１（ａ）は本実施形態に係る検査装置１を示す。図１（ａ）において、検査装置１は、略円板形の半導体ウェハ（以下、単にウェハという。）１０を支持するステージ５を備え、不図示の搬送系によって搬送されてくるウェハ１０は、ステージ５の上面（載置面）に載置され、例えば真空吸着によって固定保持される。以下、傾斜していない状態のステージ５の上面に平行な面において、図１（ａ）の紙面に平行な方向にＸ軸を取り、図１（ａ）の紙面に垂直な方向にＹ軸を取り、Ｘ軸及びＹ軸を含む面に垂直な方向にＺ軸を取って説明する。なお、後述の図１（ｂ）、（ｃ）では、ウェハ１０等の表面に平行な面において、直交する２つの軸をＸ軸及びＹ

軸として、これらのＸ軸及びＹ軸を含む面に垂直な軸をＺ軸としている。図１（ａ）において、ステージ５は、ステージ５の上面の中心における法線ＣＡを回転軸とする回転角度φ１を制御する第１駆動部（不図示）と、例えばステージ５の上面の中心を通り、図１（ａ）の紙面に垂直な（図１（ａ）のＹ軸と平行な）軸ＴＡ（チルト軸）を回転軸とする傾斜角であるチルト角φ２（ウェハ１０の表面のチルト角）を制御する第２駆動部（不図示）とを介してベース部材（不図示）に支持されている。

[0014] 検査装置１はさらに、ステージ５に支持された、表面に所定の繰り返しパターンが形成されたウェハ１０の表面（以下、ウェハ面と称する）に照明光ＩＬＩを平行光として照射する照明系２０と、照明光ＩＬＩの照射を受けてウェハ面から射出する光（正反射光や回折光等）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面の像を検出する撮像装置３５と、撮像装置３５から出力される画像信号を処理して偏光の状態を規定する条件を求める画像処理部４０と、その条件の情報を用いてウェハ面のパターンの露光条件（加工条件）の判定等を行う演算部５０と、を備えている。撮像装置３５は、ウェハ面の像を形成する結像レンズ３５ａと、例えばＣＣＤやＣＭＯＳ等の２次元の撮像素子３５ｂとを有し、撮像素子３５ｂはウェハ１０の全面の像を一括して撮像して画像信号を出力する。

[0015] 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（画素毎の信号強度、ショット毎に平均化された信号強度、又はショットより小さい領域毎に平均化された信号強度等）の情報を生成し、この情報に基づいて得られる偏光の状態を規定する条件としての後述のストークスパラメータを演算部５０に出力する。偏光の状態を規定する条件は、一例として第１規定条件及び第２規定条件を含み、一例として第１規定条件は後述のストークスパラメータＳ２であり、第２規定条件は後述のストークスパラメータＳ３である。なお、画像処理部４０は、単にデジタル画像の情報（画素毎の信号強度分布の情報等）を演算部５０に出力することもできるように構成されている。また、演算部５０は、そのス

トークスパラメータ等の情報を処理する演算部６０ａ，６０ｂ，６０ｃを含む検査部６０と、画像処理部４０及び検査部６０の動作等を制御する制御部８０と、画像に関する情報等を記憶する記憶部８５と、得られる露光条件の検査結果（後述）を露光装置１００の制御部（不図示）に出力する信号出力部９０とを備えている。

[0016] 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面に向けて平行光として反射する照明側凹面鏡２５とを有する。照明ユニット２１は、メタルハライドランプ又は水銀ランプ等の光源部２２と、制御部８０の指令により光源部２２からの光のうち所定の波長（例えば、相異なる波長λ１、λ２、λ３等）の光を選択しその強度を調節する調光部２３と、調光部２３で選択され強度が調節された光を所定の射出面から照明側凹面鏡２５へ射出する導光ファイバ２４と、導光ファイバ２４の射出面から射出される照明光を直線偏光にする偏光子２６と、を有する。偏光子２６は、例えば、透過軸を有する偏光板であり、導光ファイバ２４の射出面から射出した照明光が入射する入射面２６ａの中心を通り、入射面２６ａと直交する軸を回転軸として回転可能である。すなわち、偏光子２６の透過軸の方位を任意の方位に設定可能であり、偏光子２６を介してウェハ面に入射する直線偏光光の偏光方向（すなわち、直線偏光光の振動方向）を任意の方向にすることができる。偏光子２６の回転角（すなわち、偏光子２６の透過軸の方位）は、制御部８０の指令に基づき、不図示の駆動部により制御される。また一例として、波長λ１は２４８ｎｍ、λ２は２６５ｎｍ、λ３は３１３ｎｍである。この場合、導光ファイバ２４の射出面が照明側凹面鏡２５の焦点面に配置されているため、照明側凹面鏡２５で反射される照明光ＩＬＩは平行光束となってウェハ面に照射される。ウェハ１０に対する照明光の入射角θ１は、制御部８０の指令により不図示の駆動機構を介して導光ファイバ２４の射出部の位置並びに照明側凹面鏡２５の位置及び角度を制御することで調整可能である。本実施形態において照明側凹面鏡２５の位置及び角度は、照明側凹面鏡２５がステージ５のチルト軸ＴＡを中

心に傾動されることにより制御され、ウェハ面へ入射する照明光の入射角θ１が調整される。本実施形態では、ウェハ１０の表面からの正反射光（ウェハ面からの射出角θ１の光）ＩＬＲが受光系３０に入射するようにステージ５のチルト角φ２が制御される。なお、ウェハ面に対する照明光の入射角θ１は、ステージ５の法線ＣＡとウェハ面に入射する主光線とのなす角度とし、ウェハ１０からの射出角θ２は、ステージ５の法線ＣＡとウェハ面から射出する主光線とのなす角度とする。

[0017] このように偏光子２６を光路上に挿入した状態では、直線偏光光を利用した検査が行われる。なお、偏光子２６を光路上から抜去した状態、又は偏光子２６が光路上にある状態で、ウェハ１０からの正反射光以外の回折光を利用した検査を行うこともできる。

[0018] 受光系３０は、ステージ５に対向して配置された受光側凹面鏡３１と、受光側凹面鏡３１で反射された光の光路上に配置される１／４波長板３３と、１／４波長板３３を通過した光の光路に配置される検光子３２とを有し、撮像装置３５の撮像素子３５ｂの撮像面は、受光側凹面鏡３１の焦点面に配置されている。このため、ウェハ面から射出する平行光は受光側凹面鏡３１、及び撮像装置３５の結像レンズ３５ａにより集光され、撮像素子３５ｂの撮像面にウェハ１０の像が結像される。検光子３２も、例えば、偏光子２６と同様に透過軸を有する偏光板であり、受光側凹面鏡３１で反射された光が入射する入射面３２ａの中心を通り、入射面３２ａと直交する軸を回転軸として回転可能である。すなわち、検光子３２の透過軸の方位を任意の方位に設定可能であり、検光子３２で変換する直線偏光の振動方向を任意の方向にすることができる。検光子３２の回転角（偏光板の透過軸の方位）は、制御部８０の指令に基づき、不図示の駆動部により制御される。一例として、検光子３２の透過軸は偏光子２６の透過軸に対して直交する方向（クロスニコル）に設定することができる。また、１／４波長板３３は、受光側凹面鏡３１で反射された光が入射する入射面３３ａの中心を通り、入射面３３ａと直交する軸を回転軸として回転可能である。１／４波長板３３の回転角は、制御

部８０の指令に基づき不図示の駆動部により３６０°の範囲内で制御可能である。１／４波長板３３を回転しながら得られるウェハ１０の複数の画像を処理することにより、後述のようにウェハ１０からの反射光の偏光の状態を規定する条件であるストークスパラメータを例えば画素毎に求めることができる。

[0019] また、ウェハ１０は、露光装置１００により最上層のレジスト（例えば、感光性樹脂）に対してレチクルを介し、所定のパターンが投影露光され、コータ・デベロッパ（不図示）による現像後、検査装置１のステージ５上に搬送される。なお、ステージ５上に搬送されたウェハ１０の上面には露光装置１００、及びコータ・デベロッパ（不図示）による露光・現像工程を経て繰り返しパターン１２（図１（ｂ）参照）が形成されている。このとき、ウェハ１０は、搬送途中で不図示のアライメント機構によりウェハ１０のショット内のパターン、ウェハ面のマーク（例えばサーチアライメントマーク）、又は外縁部（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。ウェハ面には、図１（ｂ）に示すように、複数のショット（ショット領域）１１が直交する２つの方向（Ｘ方向及びＹ方向とする。）にそれぞれ所定間隔で配列され、各ショット１１中には、半導体デバイスの回路パターンとしてラインパターン又はホールパターン等の凹凸の繰り返しパターン１２が形成されている。なお、図１（ｂ）、（ｃ）では、ウェハ１０，１０ａの表面に平行な面において、直交する２つの軸をＸ軸及びＹ軸として、Ｘ軸及びＹ軸を含む面に垂直な軸をＺ軸としている。繰り返しパターン１２は例えばレジストパターン等の誘電体を材料とするパターンでもよく、金属を材料とするパターンでもよい。なお、一つのショット１１中には複数のチップ領域が含まれていることが多いが、図１（ｂ）では分かりやすく一つのショット中に一つのチップ領域があるものとしている。

[0020] 検査部６０は制御部８０の指令により、後述のようにウェハ面の画像を処理して、ウェハ１０を露光した露光装置１００の露光量（いわゆる、ドーズ

量）、フォーカス位置（露光装置における投影光学系の光軸方向におけるレチクルパターンの像面の位置や、露光対象のウェハに対する投影光学系の光軸方向におけるレチクルパターンの像面のデフォーカス量等）、露光波長（中心波長及び／又は半値幅）、及び液浸法で露光する場合の投影光学系とウェハとの間の液体の温度等の複数の露光条件のうちの所定の露光条件を判定する。その露光条件の判定結果は露光装置１００内の制御部（不図示）に供給され、その検査結果に応じて露光装置１００はその露光条件の補正（例えばオフセットやばらつき等の補正）を行うことができる。なお、露光条件は、ウェハ上に形成される繰り返しパターンの加工条件の一例であり、一例としてその露光条件は、第１加工条件としての第１露光条件、及び第２加工条件としての第２露光条件を含む。一例として、その第１露光条件は露光量であり、その第２露光条件はフォーカス位置である。

[0021] 以上のように構成される検査装置１を用いて、ウェハ面からの反射光の偏光状態の変化に基づく検査を行う方法の一例につき説明する。この場合、図１（ｂ）のウェハ面の繰り返しパターン１２は、図２（ａ）に示すように、複数のライン部２Ａがその短手方向である配列方向（ここではＸ方向）に沿って、スペース部２Ｂを挟んで一定のピッチ（すなわち、周期）Ｐで配列されたレジストパターン（例えば、ラインパターン）であるものとする。ライン部２Ａの配列方向（Ｘ方向）を、繰り返しパターン１２の周期方向（又は繰り返し方向）とも呼ぶ。

[0022] 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。適正な露光条件（すなわち、露光量及びフォーカス位置）で繰り返しパターン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は等しくなると共に、ライン部２Ａの側壁部２Ａａはウェハ１０の表面に対してほぼ直角に形成され、ライン部２Ａとスペース部２Ｂとの体積比は略１：１になる。またそのときのライン部２ＡのＸ－Ｚ断面の形状は正方形や長方形となる。これに対して、繰り返しパターン１２を形成する際の露光装置１００におけるフォーカス位置が適正なフォーカ

ス位置から外れると、ピッチＰは変わらないが、ライン部２Ａの側壁部２Ａａはウェハ１０の表面に対して直角とならず、ライン部２ＡのＸ－Ｚ断面の形状は台形となる。したがって、ライン部２Ａの側壁部２Ａａライン部２Ａ及びスペース部２Ｂの線幅D_A，D_Bが設計値と異なってしまい、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。一方、露光装置１００における露光量が変化すると、ピッチＰと線幅D_Aが変化するため、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。

[0023] 本実施形態の検査は、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との体積比の変化に伴うウェハ面からの反射光の偏光状態の変化（いわゆる、ウェハ面上の繰り返しパターン１２における構造性複屈折による反射光の偏光状態の変化）を利用して、繰り返しパターン１２の状態（良否等）の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、フォーカス位置の適正値からのずれ等に起因し、ウェハ１０のショット１１ごとに、さらにはショット１１内の複数の領域ごとに現れる。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。

[0024] 本実施形態の検査装置１を用いて、ウェハ面のパターンの検査を行うには、制御部８０が記憶部８５に記憶されたレシピ情報（検査条件や手順等）を読み込み、以下の処理を行う。本実施形態では、偏光の状態を規定する条件としてウェハ面で正反射される光の次式（数１～数４）で定義されるストークス(Stokes)パラメータＳ０，Ｓ１，Ｓ２，Ｓ３を計測する。なお、その光の光軸に垂直な面内の互いに直交する軸をｘ軸及びｙ軸として、ｘ方向の直線偏光成分（横偏光）の強度をＩｘ、ｙ方向の直線偏光成分（縦偏光）の強度をＩｙ、ｘ軸に対して４５°傾斜した方向の直線偏光成分（４５°偏光）の強度をＩｐｘ、ｘ軸に対して１３５°（－４５°）傾斜した方向の直線偏光成分（１３５°偏光）の強度をＩｍｘ、右回りの円偏光成分の強度をＩｒ、左回りの円偏光成分の強度をＩｌとしている。

[0025]

[数1]

Ｓ０＝光束の全強度

[0026] [数2]

Ｓ１（横偏光と縦偏光との強度差）＝Ｉｘ－Ｉｙ

[0027] [数3]

Ｓ２（４５°偏光と１３５°偏光との強度差）＝Ｉｐｘ－Ｉｍｘ

[0028] [数4]

Ｓ３（右回り及び左回りの円偏光成分の強度差）＝Ｉｒ－Ｉｌ

[0029] また、以下ではストークスパラメータＳ０が１になるように規格化している。この場合、他のパラメータＳ１～Ｓ３の値は－１～＋１の範囲内になる。ストークスパラメータ（Ｓ０，Ｓ１，Ｓ２，Ｓ３）は、例えば完全な１３５°偏光では（１，０，－１，０）となり、完全な右回りの円偏光では（１，０，０，１）となる。

[0030] まず、検査対象の繰り返しパターン１２が形成されたウェハ１０がステージ５上の所定の位置に所定の方向で載置される。ステージ５のチルト角は、受光系３０でウェハ１０からの正反射光ＩＬＲを受光できるように、すなわち入射する照明光ＩＬＩの入射角θ１に対して受光系３０で受光する光のウェハ面に対する反射角（受光角又は射出角）が等しくなるように設定される。さらに、一例として、偏光子２６の角度は、ウェハ面に入射する照明光ＩＬＩが入射面に対して平行な方向に直線偏光したＰ偏光となるように設定される。また、ステージ５の回転角は、一例としてウェハ面における繰り返しパターン１２の周期方向が、図２（ｂ）に示すように、ウェハ面における照明光（図２（ｂ）ではＰ偏光の直線偏光の光Ｌとしている）の振動方向に対して、４５°で傾斜するように設定される。これは繰り返しパターン１２からの反射光の信号強度を最も高くするためである。また、周期方向とその振動方向との角度を２２．５°や６７．５°とすることによって検出感度（すなわち、露光条件の変化に対する検出信号又はパラメータの変化）が高くな

る場合には、その角度を変更してもよい。なお、その角度はこれらに限らず、任意角度に設定可能である。

[0031] このとき、ウェハ面に入射する照明光がＰ偏光であるため、図２（ｂ）に示すように、繰り返しパターン１２の周期方向が光Ｌの入射面（すなわち、ウェハ面における光Ｌの進行方向）に対して４５°の角度に設定された場合、ウェハ面における光Ｌの振動方向と繰り返しパターン１２の周期方向とのなす角度も、４５°に設定される。言い換えると、直線偏光の光Ｌは、ウェハ面における光Ｌの振動方向が繰り返しパターン１２の周期方向に対して４５°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入射する。

[0032] ウェハ面で反射した平行光の正反射光ＩＬＲは、受光系３０の受光側凹面鏡３１により集光されて１／４波長板３３及び検光子３２を介して撮像装置３５の撮像面に達する。このとき、繰り返しパターン１２での構造性複屈折により正反射光ＩＬＲの偏光状態が入射光の直線偏光に対して例えば楕円偏光に変化する。検光子３２の透過軸の方位は、一例として偏光子２６の透過軸に対して直交するように（クロスニコルの状態に）設定されている。従って、検光子３２により、ウェハ面からの偏光状態が変化した正反射光のうち、光Ｌと振動方向が略直角な偏光成分が抽出されて、撮像装置３５に導かれる。その結果、撮像装置３５の撮像面には、検光子３２で抽出された偏光成分によるウェハ面の像が形成される。なお、検光子３２の角度をそのクロスニコルの状態から所定角度ずらしてウェハ面の像を撮像することも可能である。

[0033] また、本実施形態では、一例として回転移相子法によりウェハ面からの反射光の偏光状態を示すストークスパラメータＳ０～Ｓ３を求めるものとする。この場合、１／４波長板３３の回転角θを段階的に複数の角度（例えば少なくとも４個の異なる角度）θi（ｉ＝１，２，…）に設定し、各回転角でそれぞれウェハ面の像を撮像素子３５ｂで撮像し、得られた画像信号を画像処理部４０に供給する。画像処理部４０には１／４波長板３３の回転角に関

する情報も供給されている。このとき、ストークスパラメータＳ０（各画素の全強度）を１／４波長板３３の回転角θに関してフーリエ変換したときの０次の係数をａ０／２、ｓｉｎ２θの係数をｂ２、ｃｏｓ４θの係数をａ４、ｓｉｎ４θの係数をｂ４とすると、ストークスパラメータＳ１、Ｓ２、Ｓ３はそれぞれ係数ａ４、ｂ４、ｂ２に対応していることから、画像処理部４０ではストークスパラメータＳ０～Ｓ３を求めることができる。

[0034] なお、回転移相子法は、例えば非特許文献１に「回転λ／４板による方法」として記載されている。また、ストークスパラメータの詳細な計算方法は、本出願人による特許文献２にも記載されているため、その計算方法は省略する。

画像処理部４０では、求めた撮像装置３５の画素毎のストークスパラメータの情報を検査部６０に出力する。検査部６０はその情報を用いてウェハ１０の繰り返しパターン１２を形成する際に使用された露光装置１００における露光条件等を判定する。そのようにウェハ面の画像の画素毎のストークスパラメータを求めたときの、検査装置１におけるウェハ面に対する照明光ＩＬＩの入射角θ１（もしくは、ウェハ面からの射出光の射出角θ２）、照明光ＩＬＩの波長λ（λ１～λ３等）、検光子３２の回転角度（すなわち、検光子３２の透過軸の方位）、偏光子２６の回転角度（すなわち、偏光子２６の透過軸の方位）、ステージ５の回転角度（すなわち、ウェハ１０の方位）等の組み合わせを一つの装置条件と呼ぶ。装置条件は検査条件と呼ぶこともできる。そのように偏光状態の変化に基づいた検査を行う場合、その装置条件は偏光条件と呼ぶこともできる。そして、複数の装置条件が上記の記憶部８５に記憶された検査装置１のレシピ情報に含まれている。本実施形態では、その複数の装置条件からウェハに形成されたパターンの露光条件を判定するのに適した装置条件を選択する。なお、照明光ＩＬＩの波長λ、ウェハ面に対する照明光ＩＬＩの入射角θ１、及び偏光子２６の回転角度が検査装置１の装置条件に含まれる照明条件の一例であり、ウェハ面からの射出光の射出角（すなわち、受光系３０による受光角）及び検光子３２の回転角度が検

査装置１の装置条件に含まれる検出部の検出条件の一例であり、ステージ５の回転角度、及びステージ５のチルト角φ２（すなわち、ウェハ面のチルト角）が検査装置１の装置条件に含まれるステージの姿勢条件の一例である。

[0035] 一例として、露光装置１００の検査対象の露光条件を露光量及びフォーカス位置とする。この場合、ウェハ面に直線偏光の光束が入射したときに、そのウェハ面に形成されたパターンの露光時の露光量が適正量より低い露光量Ｄ１（アンダードーズ）から最適な露光量Ｄ５（ベストドーズＤｂｅ）を経て、適正量より高い露光量Ｄ８（オーバドーズ）に変化することによりパターンのピッチと線幅が変化すると、図３（ａ）に示すように、定性的には、ウェハ面からの反射光の偏光状態は楕円偏光の長軸の方向（すなわち、楕円偏光の長軸の傾き）及び楕円率（すなわち、楕円偏光の短軸の長さと長軸の長さとの割合）の両方が変化する。また、楕円偏光の長軸の方向はストークスパラメータＳ２に対応し、楕円率はストークスパラメータＳ１及びＳ３に対応するため、露光量が変化すると反射光のストークスパラメータＳ１、Ｓ２、及びＳ３が変化する。

[0036] 一方、ウェハ面に直線偏光の光束が入射したときに、パターンの露光時のフォーカス位置が適正位置の範囲より低いフォーカス位置Ｆ１（アンダーフォーカス）から最適なフォーカス位置Ｆ４（ベストフォーカスＺｂｅ）を経て、適正位置の範囲より高いフォーカス位置Ｆ８（オーバフォーカス）に変化することにより、パターンの断面形状（すなわち、図２（ａ）におけるＸ－Ｚ断面の形状）が長方形（もしくは正方形）と台形の間で変化すると、図３（ｂ）に示すように、定性的には、そのウェハ面からの反射光の偏光状態は楕円偏光の長軸の方向はほぼ同じで、ほぼ楕円率のみが変化するという傾向がある。このため、フォーカス位置が変化したときには、反射光のストークスパラメータＳ１及びＳ３が比較的大きく変化し、ストークスパラメータＳ２はあまり変化しないという傾向がある。このように露光条件によって変化するストークスパラメータが異なることを利用して、ストークスパラメータの計測値から個別の露光条件の評価が可能となる。

[0037] 次に、本実施形態において、検査装置１を用いてウェハ面の繰り返しパターンからの光を検出して、そのパターンを形成する際に使用した露光装置１００の露光条件（ここでは露光量及びフォーカス位置）を判定する方法の一例につき図５のフローチャートを参照して説明する。また、その判定に際して予め装置条件（検査条件）を求める必要があるため、その装置条件を求める方法（以下、条件出しと称する）の一例につき図４のフローチャートを参照して説明する。これらの動作は制御部８０によって制御される。

[0038] まず、条件出しのために、図４のステップ１０２において、図１（ｃ）に示すウェハ１０ａが用意される。実際には、図６（ａ）に示すように、ウェハ１０ａの表面には、一例としてスクライブライン領域ＳＬ（デバイスのダイシング工程でチップ同士を切り分ける際の境界となる領域）を挟んでＮ個（Ｎは例えば数１０～１００程度の整数）のショットＳＡｎ（ｎ＝１～Ｎ）が配列される。そして、レジストを塗布したウェハ１０ａを図１（ａ）の露光装置１００に搬送し、露光装置１００によって、ウェハ１０ａの例えば走査露光時の走査方向（図１（ｃ）においてショットの長手方向であり、言い換えるとＹ軸に沿った方向）に配列されたショット間では露光量が次第に変化し、走査方向に直交する非走査方向（図１（ｃ）においてショットの短辺方向であり、言い換えるとＸ軸に沿った方向）に配列されたショット間ではフォーカス位置が次第に変化するように、露光条件を変化させながら各ショットＳＡｎに同じ実際に製品となるデバイス用のレチクル（不図示）のパターンを露光する。その後、露光済みのウェハ１０ａを現像することによって、各ショットＳＡｎに異なる露光条件のもとで繰り返しパターン１２が形成されたウェハ（以下、条件振りウェハと称する）１０ａが作成される。

[0039] 以下では、フォーカス位置として、最適なフォーカス位置Ｚｂｅに対するデフォーカス量（ここではフォーカス値と呼ぶ。）を用いるものとする。フォーカス位置に関しては、一例としてフォーカス値が２０ｎｍ刻みで－６０ｎｍ～０ｎｍ～＋６０ｎｍの７段階に設定される。後述の図１０（ｂ）等の横軸のフォーカス値の番号１～７は、その７段階のフォーカス値（－６０～

＋６０ｎｍ）に対応している。また、一例として最適なフォーカス位置Ｚｂｅ（フォーカス値が０）を含む適正なフォーカス値（例えば製造後のデバイスが動作不良を起こさないフォーカス値）の範囲を適正範囲５０Ｆとして表している。なお、フォーカス値を例えば３０ｎｍ又は５０ｎｍ刻みで複数段階に設定することも可能であり、フォーカス値を例えば２５ｎｍ刻みで－２００ｎｍ～＋２００ｎｍの１７段階等に設定することも可能である。

[0040] そして、露光量は、一例として、最適な露光量Ｄｂｅを中心として１．５ｍＪ刻みで９段階（１０．０ｍＪ，１１．５ｍＪ，１３．０ｍＪ，１４．５ｍＪ，１６．０ｍＪ，１７．５ｍＪ，１９．０ｍＪ，２０．５ｍＪ，２２．０ｍＪ）に設定される。なお、説明の便宜上、以下では露光量を７段階に設定するものとして、後述の図１０（ａ）等の横軸の露光量の番号１～７は、その７段階の露光量に対応している。また、一例として最適な露光量Ｄｂｅを含む適正な露光量（例えば製造後のデバイスが動作不良を起こさない露光量）の範囲を適正範囲５０Ｄとして表している。

[0041] 本実施形態の条件振りウェハ１０ａは、露光量とフォーカス位置とをマトリックス状に振って露光し現像したいわゆるＦＥＭウェハ(Focus Exposure Matrixウェハ）である。なお、フォーカス値の段階数と露光量の段階数の積で得られる露光条件の組み合わせの異なるショットの個数が、条件振りウェハ１０ａの全面のショット数よりも多い場合には、条件振りウェハ１０ａを複数枚作成してもよい。

[0042] 逆に、例えばショットＳＡｎの非走査方向の配列数がフォーカス値の変化の段階数よりも大きい場合、及び／又は走査方向の配列数が露光量の変化の段階数よりも大きい場合には、フォーカス値及び露光量が同じショットを複数個形成し、フォーカス値及び露光量が同じショットに関して得られる計測値を平均化してもよい。また、例えばウェハの中心部と周辺部とのレジストの塗布むらの影響、及び走査露光時のウェハの走査方向（図２（ｂ）の＋Ｙ方向又は－Ｙ方向）の相違の影響等を軽減するために、フォーカス値及び露光量が異なる複数のショットをランダムに配列してもよい。

[0043] 条件振りウェハ１０ａを作成すると、条件振りウェハ１０ａを検査装置１のステージ５上に搬送する。そして、制御部８０は記憶部８５のレシピ情報から複数の装置条件を読み出す。複数の装置条件としては、一例として照明光ＩＬＩの波長λが上記のλ１、λ２、λ３のいずれかとなり、照明光ＩＬＩの入射角θ１が１５°、３０°、４５°、６０°のいずれかとなり、偏光子２６の回転角がクロスニコル状態を中心として例えば５°程度の間隔で複数の角度に設定される条件を想定する。ここでは、波長λがλｎ（ｎ＝１～３）、入射角θ１がαｍ（ｍ＝１～４）、偏光子２６の回転角がβｊ（ｊ＝１～Ｊ，Ｊは２以上の整数）になる装置条件を条件ε（ｎ－ｍ－ｊ）で表すこともできる。なお、入射角θ１は、実際には例えば１５°、２０°、２５°、３０°、３５°、４０°、４５°、５０°、５５°、６０°のいずれかとなるように５°程度の間隔で設定してもよい。

[0044] そして、検査装置１において、照明光ＩＬＩの波長をλ１に設定し（ステップ１０４）、入射角θ１をα１に設定（併せて、ステージ５のチルト角を設定し、受光系３０の受光角を設定）し（ステップ１０６）、偏光子２６の回転角をβ１に設定し（ステップ１０８）、１／４波長板３３の回転角を初期値に設定する（ステップ１１０）。そして、この装置条件のもとで、照明光ＩＬＩ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の像を撮像して画像信号を画像処理部４０に出力する（ステップ１１２）。次に１／４波長板３３を全部の角度に設定したかどうかを判定し（ステップ１１４）、全部の角度には設定していない場合には、１／４波長板３３を例えば約１．４１°（すなわち、１／４波長板３３の回転可能な角度範囲３６０°を２５６分割した角度）だけ回転し（ステップ１１６）、ステップ１１２に戻って条件振りウェハ１０ａの像を撮像する。ステップ１１４で１／４波長板３３の角度が３６０°回転されるまでステップ１１２を繰り返すことによって、１／４波長板３３の異なる回転角に対応して２５６枚のウェハの像が撮像される。

[0045] その後、動作はステップ１１４からステップ１１８に移行し、画像処理部

４０は得られた２５６枚（又は少なくとも４枚）のウェハのデジタル画像から上述の回転移相子法によって、撮像素子３５ｂの画素毎にストークスパラメータＳ０～Ｓ３を求める（ステップ１１８）。このストークスパラメータＳ０～Ｓ３は検査部６０の第１演算部６０ａに出力され、第１演算部６０ａでは一例としてそのストークスパラメータのショット毎の平均値（以下、ショット平均値と称する）を求めて第２演算部６０ｂ及び記憶部８５に出力する。

[0046] その後、偏光子２６の回転角を全部の角度に設定したかどうかを判定し（ステップ１２０）、全部の角度に設定していない場合には、偏光子２６を例えば５°（又は－５°）回転して角度β２に設定し（ステップ１２２）、ステップ１１０に戻る。そして、回転移相子法でウェハ面の画像の画素毎のストークスパラメータの算出等（ステップ１１０～１１８）を実行する。その後、偏光子２６の回転角を全部の角度βｊ（ｊ＝１～Ｊ）に設定した場合には、ステップ１２０からステップ１２４に移行して、照明光ＩＬＩの入射角θ１を全部の角度に設定したかどうかを判定し、全部の角度に設定していない場合には、照明系２０及びステージ５を駆動して、入射角θ１をα２に設定し（ステップ１２６）、ステップ１０８に戻る。そして、回転移相子法でウェハ面の画像の画素毎のストークスパラメータの算出等（ステップ１０８～１２０）を実行する。その後、入射角θ１を全部の角度αｍ（ｍ＝１～４）に設定した場合には、ステップ１２４からステップ１２８に移行して、照明光ＩＬＩの波長λを全部の波長に設定したかどうかを判定し、全部の波長に設定していない場合には、照明ユニット２１で波長λをλ２に変更し（ステップ１３０）、ステップ１０６に戻る。そして、回転移相子法でウェハ面の画像の画素毎のストークスパラメータの算出等（ステップ１０６～１２４）を実行する。その後、波長λを全部の波長λｎ（ｎ＝１～３）に設定した場合には、ステップ１２８からステップ１３２に移行する。

[0047] 一例として、入射角θ１が１５°、３０°、４５°、及び６０°である場合に、ウェハの画像の画素毎に得られたストークスパラメータＳ２を信号強

度の変化で表した像が図７（ａ）の像ＡＳ２１，ＡＳ２２，ＡＳ２３，ＡＳ２４である。この例では入射角４５°のとき（像Ａ２３）にストークスパラメータＳ２の信号強度の変化が大きくなっている。一方、入射角θ１が１５°、３０°、４５°、及び６０°である場合に、ウェハの画像の画素毎に得られたストークスパラメータＳ３を信号強度の変化で表した像が図７（ｂ）の像ＡＳ３１，ＡＳ３２，ＡＳ３３，ＡＳ３４である。この例では入射角１５°のとき（像ＡＳ３１）にストークスパラメータＳ３信号強度の変化が比較的大きくなっている。

[0048] ここで、上述の全部の装置条件で計測したストークスパラメータＳ１～Ｓ３に関して、露光量の変化に対するストークスパラメータの計測値の変化の割合の絶対値である感度（以下、ドーズ感度と称する）及びフォーカス位置の変化に対するストークスパラメータの計測値の変化の割合の絶対値である感度（以下、フォーカス感度と称する）を求めた。このとき、パラメータＳ１～Ｓ３毎にドーズ感度が最大になる装置条件が互いに異なっており、さらにパラメータＳ１～Ｓ３毎にフォーカス感度が最大になる装置条件が互いに異なっていることが分かった。

[0049] 一例として、図８（ａ）は、入射角θ１を１５°から６０°まで５°間隔で変化させて得られた計測結果から求めたストークスパラメータＳ１，Ｓ２，Ｓ３のドーズ感度を示し、図８（ａ）は、入射角θ１を同じように変化させて得られた計測結果から求めたストークスパラメータＳ１，Ｓ２，Ｓ３のフォーカス感度を示す。図８（ａ）、（ｂ）の例では、パラメータＳ１，Ｓ２，Ｓ３のドーズ感度が最大になる入射角θ１（入射角度）はそれぞれ３５°、４５°、４０°であり、パラメータＳ１，Ｓ２，Ｓ３のフォーカス感度が最大になる入射角θ１はそれぞれ１５°、２５°、１５°である。

[0050] また、別の例として、受光系３０の偏光子２６の回転角を０°から９０°まで１０°間隔で変化させて回転位相子法により得られた計測結果から求めたストークスパラメータＳ１のドーズ感度及びフォーカス感度を図９（ａ）に示す。さらに、同じ条件で求めたストークスパラメータＳ２及びＳ３のド

ーズ感度及びフォーカス感度をそれぞれ図９（ｂ）及び（ｃ）に示す。図９（ａ）の例では、パラメータＳ１のドーズ感度及びフォーカス感度が最大になるときの偏光角度はそれぞれ１０°及び０°である。また、図９（ｂ）の例では、パラメータＳ２のドーズ感度及びフォーカス感度が最大になるときの角度はそれぞれ６０°及び９０°であり、図９（ｃ）の例では、パラメータＳ３のドーズ感度及びフォーカス感度が最大になるときの角度はそれぞれ０°及び８０°である。このように、パラメータＳ１～Ｓ３間で、ドーズ感度が最大になる装置条件が互いに異なっており、フォーカス感度が最大になる装置条件も互いに異なっている。

[0051] 上述の図８、及び図９のように、露光量が変化すると反射光のストークスパラメータＳ１、Ｓ２、及びＳ３が変化し、フォーカス位置が変化したときには、反射光のストークスパラメータＳ１及びＳ３が比較的大きく変化し、ストークスパラメータＳ２はあまり変化しない。このため、本実施形態では、一例として、ストークスパラメータＳ２及び／又はＳ３を用いて露光量を判定し、ストークスパラメータＳ３を用いてフォーカス位置を判定するものとする。

[0052] そこで、上記の全部の装置条件で計測したストークスパラメータのショット平均値を用いて、第２演算部６０ｂでは、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３のドーズ感度が高く、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３に関するフォーカス感度が低い装置条件（以下、第１の装置条件と呼ぶ）を決定する（ステップ１３２）。そして、この第１の装置条件及びこの装置条件で得られた、各露光量に対応するストークスパラメータＳ２及びＳ３の値をテーブル（以下、テンプレートと称する）にして記憶部８５に記憶する。

[0053] さらに、第２演算部６０ｂでは、ストークスパラメータＳ３のフォーカス感度が高く、ストークスパラメータＳ３のドーズ感度が低い装置条件（以下、第２の装置条件と称する）を決定する。そして、この第２の装置条件及びこの装置条件で得られた、各フォーカス値に対応するストークスパラメータＳ３の値をテーブル（以下、テンプレートと称する）にして記憶部８５に記

憶する（ステップ１３４）。

[0054] 具体的に、例えばある装置条件Ａ，Ｂ，Ｃのもとで計測された、露光量の変化に対するストークスパラメータＳ２のショット平均値がそれぞれ、図１０（ａ）の曲線ＢＳ２１，ＢＳ２２，ＢＳ２３であり、装置条件Ａ，Ｂ，Ｃのもとで計測されたフォーカス値の変化に対するストークスパラメータＳ２のショット平均値がそれぞれ、図１０（ｂ）の曲線ＣＳ２１，ＣＳ２２，ＣＳ２３であるとする。また、ある装置条件Ａ，Ｂ，Ｃのもとで計測された、露光量の変化に対するストークスパラメータＳ３のショット平均値がそれぞれ、図１０（ｃ）の曲線ＢＳ３１，ＢＳ３２，ＢＳ３３であり、装置条件Ａ，Ｂ，Ｃのもとで計測された、フォーカス値の変化に対するストークスパラメータＳ３のショット平均値がそれぞれ、図１０（ｄ）の曲線ＣＳ３１，ＣＳ３２，ＣＳ３３であるとする。なお、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３は規格化された値であり、曲線ＢＳ２１等は説明の便宜上で示されているデータである。

[0055] このとき、ストークスパラメータＳ２のドーズ感度が高く、フォーカス感度の低い第１の装置条件は、図１０（ａ）の曲線ＢＳ２１及び図１０（ｂ）の曲線ＣＳ２１に対応する装置条件Ａである。また、ストークスパラメータＳ３のドーズ感度が高く、フォーカス感度の低い第１の装置条件は、図１０（ｃ）の曲線ＢＳ３２及び図１０（ｄ）の曲線ＣＳ３２に対応する装置条件Ｂである。また、ストークスパラメータＳ３のフォーカス感度が高く、ドーズ感度の低い第２の装置条件は、図１０（ｄ）の曲線ＣＳ３１及び図１０（ｃ）の曲線ＢＳ３１に対応する装置条件Ａである。

[0056] 従って、第１の装置条件（ここでは装置条件Ａ）で得られた各露光量に対応するストークスパラメータＳ２の値をテーブル化したデータが、テンプレートＴＤ１として記憶部８５に記憶される。同様に、第１の装置条件（ここでは装置条件Ｂ）で得られた各露光量に対応するストークスパラメータＳ３の値をテーブル化したデータが、テンプレートＴＤ２として記憶部８５に記憶される。また、第２の装置条件（ここでは装置条件Ａ）で得られた各フォ

ーカス値に対応するストークスパラメータＳ３の値をテーブル化したデータが、テンプレートＴＦ１として記憶部８５に記憶される。なお、図１１（ａ）及び（ｂ）には露光量及びフォーカス値の適正範囲５０Ｄ，５０Ｆ（良品の範囲）が示されている。このように本実施形態では、装置条件として、第１の装置条件（装置条件Ａ，Ｂ）、及びこの第１の装置条件とは異なる第２の装置条件（装置条件Ｂ）が含まれている。また、その第１の装置条件は第１の検査条件、その第２の装置条件は第２の検査条件とみなすこともできる。

[0057] 以上の動作によって、ウェハの露光条件を判定する場合に使用する第１及び第２の装置条件を求める条件出しが終了したことになる。

次に、実際のデバイス製造工程において露光装置１００による露光によって繰り返しパターンが形成されたウェハに対して、検査装置１によって上記の条件出しで求められた２つの装置条件を用いてウェハ面からの反射光のストークスパラメータを計測することによって、露光装置１００の露光条件中の露光量及びフォーカス位置を以下のように判定する。この図５のフローチャートに示す検査動作はドーズ及びフォーカスモニターと呼ぶこともできる。まず、図６（ａ）と同じショット配列を持ち、レジストを塗布した実際の製品（例えば、半導体デバイス）となるウェハ１０を露光装置１００に搬送し、露光装置１００によって、ウェハ１０の各ショットＳＡｎ（ｎ＝１～Ｎ）に実際の製品用のレチクル（不図示）のパターンを露光し、露光後のウェハ１０を現像する。この際の露光条件は、全部のショットにおいて、露光量に関してはそのレチクルに応じて定められている適正な露光量であり、フォーカス位置に関しては適正なフォーカス位置である。

[0058] しかしながら、実際には露光装置１００における例えば走査露光時のスリット状の照明領域内の例えば非走査方向における僅かな照度むら及びステージの振動（外乱による振動を含む）等の影響によって、ウェハ１０のショットＳＡｎ毎（ショットＳＡｎ毎の繰り返しパターン毎）に露光量及びフォーカス位置のばらつき等が生じることや、さらに各ショットＳＡｎ内の複数の

設定領域１６毎に露光量及びフォーカス位置のばらつき等が生じることがあり、意図しない露光量の変化（例えば、適正な露光量からの変化）や意図しないフォーカス位置の変化（例えば、適正なフォーカス値からの変化）が起こる可能性があるため、その露光量及びフォーカス位置の評価を個別に行う。

[0059] そして、図５のステップ１５０において、露光及び現像後のウェハ１０は、不図示のアライメント機構を介して図１（ａ）の検査装置１のステージ５上にロードされる。そして、制御部８０は記憶部８５のレシピ情報から上記の条件出しで決定された第１及び第２の装置条件を読み出す。そして、装置条件をストークスパラメータＳ２，Ｓ３のドーズ感度が高い第１の装置条件（ここではそのうちのストークスパラメータＳ２用の装置条件Ａ）に設定し（ステップ１５２）、１／４波長板３３の回転角を初期値に設定する（ステップ１１０Ａ）。そして、照明光ＩＬＩをウェハ面に照射し、撮像装置３５がウェハ面の画像信号を画像処理部４０に出力する（ステップ１１２Ａ）。次に１／４波長板３３を全部の角度に設定したかどうかを判定し（ステップ１１４Ａ）、全部の角度には設定していない場合には１／４波長板３３を例えば約１．４１°（回転角度範囲３６０°を２５６分割した角度）だけ回転し（ステップ１１６Ａ）、ステップ１１２Ａに移行してウェハ１０の像を撮像する。ステップ１１４Ａで１／４波長板３３の角度が３６０°回転されるまでステップ１１２Ａを繰り返すことによって、１／４波長板３３の異なる回転角に対応して２５６枚のウェハ面の像が撮像される。

[0060] その後、動作はステップ１１８Ａに移行し、画像処理部４０は得られた２５６枚のウェハのデジタル画像から上述の回転移相子法によって、撮像装置３５の画素毎にストークスパラメータＳ２，Ｓ３を求める。このストークスパラメータは検査部６０の第１演算部６０ａに出力され、第１演算部６０ａでは一例としてそのストークスパラメータのショット平均値を求めて第３演算部６０ｃ及び記憶部８５に出力する。そして、全部の装置条件で判定したかどうかを判定し（ステップ１５４）、全部の判定用の装置条件に設定して

いない場合には、ステップ１５６で別の装置条件に設定してからステップ１１０Ａに移行する。

[0061] なお、本実施形態では、ストークスパラメータＳ３に対する第１の装置条件は装置条件Ｂであるため、ここでは装置条件Ｂが設定される。その後、ステップ１１０Ａ～１１８Ａが繰り返されて、装置条件Ｂのもとで画素毎にストークスパラメータ（ここではＳ３）が求めて記憶される。また、ストークスパラメータＳ３のフォーカス感度が高い第２の装置条件は、ここでは装置条件Ａと同じであるため、装置条件Ａが設定されたときに求められたストークスパラメータＳ３を第２の装置条件で求めたストークスパラメータとして使用する。なお、通常は、第２の装置条件として、別の装置条件を設定した状態で、ステップ１１０Ａ～１１８Ａが実行される。そして、ステップ１５４で第１及び第２の装置条件での判定が終了したときに動作はステップ１５８に移行する。

[0062] そして、ステップ１５８において、検査部６０の第３演算部６０ｃは、第１の装置条件で求めた画素毎のストークスパラメータＳ２，Ｓ３の値（Ｓ２ｘ，Ｓ３ｘとする）を、上述のステップ１３２で記憶したテンプレートＴＤ１，ＴＤ２に照らし合わせて露光量Ｄｘ１，Ｄｘ２を求める。なお、実際には露光量Ｄｘ１，Ｄｘ２はほぼ同じ値になる。また、一例として、その露光量Ｄｘ１，Ｄｘ２の平均値を露光量の計測値Ｄｘとしてもよい。この計測値Ｄｘの最適な露光量Ｄｂｅからの差分（誤差）の分布が制御部８０に供給され、さらに表示装置（不図示）に表示される。

[0063] さらに、ステップ１６０において、第３演算部６０ｃは、第２の装置条件で求めた画素毎のストークスパラメータＳ３の値（Ｓ３ｙとする）を、ステップ１３４で記憶したテンプレートＴＦ１に照らし合わせてフォーカス値Ｆｙを求める。この計測値Ｆｙの最適なフォーカス位置Ｚｂｅからの差分（誤差）の分布が制御部８０に供給され、さらに表示装置（不図示）に表示される。

[0064] その後、制御部８０の制御のもとで信号出力部９０から露光装置１００の

制御部（不図示）に、ウェハ１０の全面の露光量の誤差分布（露光量むら）及びフォーカス位置の誤差分布（デフォーカス量の分布）の情報が提供される（ステップ１６２）。これに応じて露光装置１００の制御部（不図示）では、例えばそのドーズむら及び／又はデフォーカス量の分布がそれぞれ所定の許容範囲を超えている場合に、露光量及び／又はフォーカス位置の露光条件を補正するために、例えば走査露光時の照明領域の走査方向の幅の分布の補正等を行う。これによって、その後の露光時に露光量分布の誤差及びデフォーカス量が低減される。その後、ステップ１６４で露光装置１００において、補正された露光条件のもとでウェハを露光する。

[0065] 本実施形態によれば、実際に製品となるデバイス用のパターンが形成されたウェハ１０を用いて２つの装置条件のもとでストークスパラメータを用いた判定を行うことによって、そのパターンの形成時に使用された露光装置１００の露光条件中の露光量及びフォーカス位置を互いの影響を除去して高精度に推定又は判定できる。

上述のように、本実施形態の検査装置１及び検査方法は、露光量及びフォーカス位置を含む複数の露光条件のもとでの露光によりウェハ１０に設けられた凹凸の繰り返しパターン１２の露光条件を判定する装置及び方法である。そして、検査装置１は、パターン１２が表面に形成されたウェハ１０を保持可能なステージ５と、ウェハ１０の表面を直線偏光の照明光ＩＬＩ（偏光光）で照明する照明系２０と、ウェハ１０の表面から射出した光を受光し、該光のストークスパラメータＳ１～Ｓ３（偏光の状態を規定する条件）を検出する撮像装置３５及び画像処理部４０と、検査対象のウェハ１０の表面に形成された検査対象のパターン１２の露光条件を判定するための検査装置１の装置条件を、既知の露光条件でパターン１２が形成された条件振りウェハ１０ａから射出した光のストークスパラメータに基づいて求める演算部５０と、を備え、演算部５０によって求められた装置条件でウェハ１０の表面から射出した光のストークスパラメータに基づいて、パターン１２の露光条件を判定している。

[0066] また、本実施形態の検査方法は、パターン１２が表面に形成されたウェハ１０の表面を偏光光で照明し、ウェハ１０の表面から射出した光を受光するステップ１１２，１１２Ａと、この光のストークスパラメータを検出するステップ１１８，１１８Ａと、検査対象のウェハ１０の表面に形成された検査対象のパターン１２の露光条件を判定するための装置条件（検査条件）を、既知の露光条件でパターン１２が形成された条件振りウェハ１０ａから射出した光のストークスパラメータに基づいて求めるステップ１３２，１３４と、求められたその装置条件でウェハ１０の表面から射出した光のストークスパラメータに基づいて、パターン１２の露光条件を判定するステップ１５８，１６０と、を含んでいる。

[0067] この実施形態によれば、複数の加工条件としての複数の露光条件のもとでの露光により設けられた凹凸の繰り返しパターン１２を有するウェハ１０を用いて、その複数の露光条件のうちの露光量及びフォーカス位置をそれぞれ他の露光条件の影響を抑制した状態で高精度に推定又は判定できる。また、別途評価用のパターンを使用する必要がなく、実際に製品となるデバイス用のパターンが形成されたウェハからの光を検出することによって露光条件が判定できるため、実際に露光するパターンに関する露光条件を効率的に、かつ高精度に判定できる。

[0068] また、本実施形態では、露光条件の検査時に使用する第１及び第２の装置条件は、既知の第１及び第２の露光条件（露光量及びフォーカス位置）を組み合わせた露光条件でパターンが形成された条件振りウェハ１０ａから射出した光のストークスパラメータＳ２，Ｓ３の変化が、それぞれ第１及び第２の露光条件の変化（感度）に対して他方の露光条件が変化した場合より大きくなる条件である。従って、第１及び第２の露光条件を他の露光条件の影響をより抑制して判定できる。

[0069] また、本実施形態の露光システムは、ウェハの表面にパターンを露光する投影光学系を有する露光装置１００（露光部）と、本実施形態の検査装置１と、を備え、検査装置１の演算部５０によって判定される第１及び第２の露

光条件に応じて露光装置１００における露光条件を補正している。

また、本実施形態の露光方法は、本実施形態の検査方法を用いてウェハの第１及び第２の露光条件を判定し（ステップ１５０～１６０）、その検査方法によって推定される第１及び第２の露光条件に応じてウェハの露光時の露光条件を補正している（ステップ１６２）。

[0070] このように、検査装置１又はこれを用いる検査方法によって推定される第１及び第２の露光条件に応じて露光装置１００による露光条件を補正することによって、実際にデバイス製造のために使用されるウェハを用いて、効率的に、かつ高精度に露光装置１００における露光条件を目標とする状態に設定できる。

また、上記の実施形態では、露光量及びフォーカス位置に対応して第１及び第２の装置条件を求めているが、例えばアンダードーズ及びオーバードーズに関して独立に感度の高い装置条件を求め、アンダーフォーカス及びオーバーフォーカスに関して独立に感度の高い装置条件を求めてもよい。

[0071] なお、本実施形態において、光源部２２からの光を偏光子２６で直線偏光に変換した直線偏光光をウェハへ照明しているがウェハを照明する光は直線偏光光でなくてもよい（図１（ａ）参照）。例えば、ウェハを円偏光で照明してもよい。この場合、例えば、偏光子２６に加えて１／２波長板を設けることにより、光源部２２からの光を偏光子２６と１／２波長板で円偏光光に変換してウェハへ照明する。また、ウェハを円偏光以外の楕円偏光で照明してもよい。光源部２２からの光を直線偏光や楕円偏光（円偏光を含む楕円偏光）に変換する構成は、上記以外にも公知の構成を適用することができる。また、光源部２２として、メタルハライドランプや水銀ランプ等の非偏光光を射出する光源以外にも、直線偏光光や楕円偏光光を射出する光源を利用することもできる。この場合、偏光子２６を省略することができる。

[0072] なお、本実施形態において、１／４波長板３３は、受光系３０の受光側凹面鏡３１で反射された光の光路上に配置されているが、この配置に限定されない。例えば、１／４波長板３３は照明系２０に配置させてもよい。具体的

には、照明系２０において、導光ファイバ２４からの光が偏光子２６を通過した光の光路上に配置されてもよい。この場合、偏光子２６と照明側凹面鏡２５との間の光路上に配置される。

[0073] なお、本実施形態において、受光系３０で受光したウェハ１０の表面からの正反射光によって算出したストークスパラメータに基づいて、露光装置１００の露光条件を評価したが、正反射光でなくてもよい。例えば、ウェハ１０の表面からの回折光を受光系３０で受光し、算出したストークスパラメータに基づいて、露光条件を評価してもよい。この場合、既知の回折条件に基づいて、受光系３０がウェハ１０の表面からの回折光を受光するように、制御部８０は受光系３０を制御する。

[0074] なお、本実施形態における複数の装置条件は、照明光ＩＬＩの波長λ、照明光ＩＬＩの入射角θ１（反射光の射出角θ２）、及び偏光子２６の回転角度を含む条件としたが、波長λ、入射角θ１、及び偏光子２６の回転角度の少なくとも一つを使用してもよい。また、これらの条件に限定されない。装置条件は、検査装置１において調整可能な他の任意の条件とすることもできる。例えば、検光子３２の回転角度（透過軸の方位）やステージ５の回転角度（ウェハ１０の方位）等を装置条件にしてもよい。

[0075] なお、本実施形態において、信号出力部９０は、得られた露光条件の判定結果を露光装置１００に出力しなくてもよい。例えば、信号出力部９０は、複数の露光装置等の動作を統括的に制御するホストコンピュータ（不図示）に露光条件の判定結果を出力してもよい。

この場合、図５のステップ１６２において、ウェハ１０の全面の露光量の誤差分布（露光量むら）及びフォーカス位置の誤差分布（デフォーカス量の分布）の情報は、信号出力部９０からホストコンピュータ（不図示）に提供されてもよい。そして、ホストコンピュータ（不図示）は提供された情報に基づいて、露光装置１００もしくは露光装置１００を含む複数の露光装置へ露光条件（露光量とフォーカス位置の少なくとも一方）を補正するための指令を出してもよい。また、例えば、信号出力部９０は、得られた露光条件の

判定結果に基づいて、露光条件が適正ではない旨の警告を露光装置１００やホストコンピュータに提供してもよい。

[0076] なお、本実施形態では、回転移相子法により、１／４波長板３３を約１．４１°（１／４波長板３３の回転可能な角度範囲３６０°を２５６分割した角度）ずつ回転させて、２５６枚のウェハ１０の像を撮像してストークスパラメータを求めたが、１／４波長板３３の角度を２５６個の異なる角度に設定して２５６枚のウェハ１０の像を撮像しなくてもよい。ストークスパラメータに関する未知数は４個（Ｓ０～Ｓ３）であるため、１／４波長板３３の角度を４個の異なる角度に設定し、最低、４枚のウェハ１０ｄの像を撮像するのみでもよい。

[0077] なお、本実施形態おいて、ストークスパラメータＳ０～Ｓ３は、検査部６０の第１演算部６０ａに出力され、第１演算部６０ａではそのストークスパラメータＳ０～Ｓ３のショット毎の平均値（ショット平均値）が求められるが、ショット毎の平均値でなくてもよい。例えば、条件振りウェハ１０ａのスクライブライン領域ＳＬを除いた全部のショットＳＡｎ（図６（ｂ）参照）内に対応する画素のストークスパラメータを算出し、算出結果を平均化してもよい。図６（ｃ）に示すように、ショット内の設定領域１６毎にストークスパラメータの平均値を求めてもよい。このようにショット平均値を算出するのは、露光装置１００の投影光学系の収差の影響等を抑制するためである。なお、その収差の影響等をさらに抑制するために、例えば図６（ｂ）のショットＳＡｎの中央部の部分領域ＣＡｎ内に対応する画素のストークスパラメータを平均化した値を算出してもよい。また、複数のショットに対応する画素毎の平均値を算出してもよい。

[0078] ただし、予め投影光学系の収差の影響（デジタル画像に与える誤差分布）を求めておき、デジタル画像の段階でその収差の影響を補正することも可能である。この場合には、ショット平均値の代わりに、ショットＳＡｎ内のｌ個（ｌは例えば数１０の整数）の長方形等の設定領域１６（図６（ｃ）参照）毎に平均値を算出し、例えばショットＳＡｎ内で同じ位置にある設定領域

１６の平均値を用いてこれ以降の処理を行うようにしてもよい。設定領域１６の配列は、例えば走査方向に６行で非走査方向に５列であるが、その大きさ及び配列は任意である。

[0079] なお、本実施形態の条件出しにおいて、ストークスパラメータＳ２のドーズ感度が高く、フォーカス感度が低い装置条件（装置条件Ａ）と、ストークスパラメータＳ３のドーズ感度が高く、フォーカス感度が低い装置条件（装置条件Ｂ）とを決定（第１の装置条件の決定）したが、この方法に限られなくてもよい。例えば、対象のストークスパラメータのドーズ感度とフォーカス感度の差がより大きくなるように、ストークスパラメータＳ２とＳ３を所望の演算式で演算してもよい（第２の装置条件についても同様に演算式で演算してもよい）。ストークスパラメータＳ２とＳ３の演算式は種々の演算式を用いることができ、例えば、「Ｓ２＋Ｓ３」（和）や「$S2^2+S3^2$」（二乗和）等の演算式としてもよい。上記のように所望の演算式を使用して求めた検査装置１の装置条件で露光条件の評価を行うことで、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３について個別に２つの装置条件を求める方法に比べ、より高精度に露光条件を評価することが可能となる。

[0080] なお、本実施形態の条件出しにおいて、露光装置１００により繰り返しパターンが形成された条件振りウェハ１０ａを用いて求めたテンプレートＴＤ１，ＴＤ２、及びＴＦ１を使用して、条件出しで利用した露光装置１００の露光条件を求めたが、テンプレートＴＤ１，ＴＤ２、及びＴＦ１を用いて、露光装置１００とは異なる号機の露光条件（露光量及びフォーカス位置）を求めてもよい。

[0081] なお、本実施形態の条件出しにおいて、ストークスパラメータＳ０～Ｓ３を算出したが、ストークスパラメータＳ０は光束の全強度を表しているため、露光条件を判定するためには、ストークスパラメータＳ１～Ｓ３のみを求めてもよい。また、ストークスパラメータを撮像素子３５ｂの画素毎に求めたが複数画素毎に求めてもよい。例えば、ストークスパラメータを２×２画素毎に求めても良い。また、本実施形態では、露光量が変化すると反射光の

ストークスパラメータＳ１、Ｓ２、及びＳ３が変化し、フォーカス位置が変化したときには、反射光のストークスパラメータＳ１及びＳ３が比較的大きく変化し、ストークスパラメータＳ２はあまり変化しない（図３（ａ）及び（ｂ）を参照）。このため、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３のみから露光量及びフォーカス位置の条件を互いに独立に判定することが可能であることから、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３を求めるだけでもよい。

[0082] なお、本実施形態の条件出しにおいて、条件振りウェハ１０ａとして、ＦＥＭウェハを用いたが、ＦＥＭウェハに加えてウェハ上に形成されたショットが全て適正な露光条件で形成されたウェハ（以下、良品ウェハと称する）を利用してもよい。この場合、まず、図４のステップ１１８で良品ウェハのストークスパラメータのショット平均値を算出する。次に、ＦＥＭウェハ上のショットと良品ウェハ上のショットとで、ウェハ上における位置が互いに同じショット同士のショット平均値の差分を算出する。そして、算出した差分値（つまり、適正値からの露光条件の変化に応じたストークスパラメータの変化量）に基づいて、ドーズ感度が高く、フォーカス感度が低い第１の装置条件とフォーカス感度が高く、ドーズ感度が低い第２の装置条件を決定する。なお、ショット平均値の差分でなくてもよく、割合などを算出しても良い。

[0083] なお、本実施形態において、実際に製品となるデバイス用のパターンの露光条件を求めるために、露光量の評価ではストークスパラメータＳ２、及びＳ３、フォーカス位置の評価ではストークスパラメータＳ３をそれぞれ利用しているが、利用するストークスパラメータの種類はこれに限られなくてもよい。例えば、露光量の評価ではストークスパラメータＳ１、及びＳ２、フォーカス位置の評価ではストークスパラメータＳ１、及びＳ３をそれぞれ利用してもよい。また、露光量の評価では、ストークスパラメータＳ１は、露光量及びフォーカス位置の両方の変化に対応して変化するため、露光量の判定をストークスパラメータＳ１（又はＳ１，Ｓ２，Ｓ３から選択された少なくとも一つのパラメータ）を用いて行い、フォーカス位置の判定をストーク

スパラメータＳ１（又はＳ１，Ｓ３から選択された少なくとも一つのパラメータ）を用いて行うようにしてもよい。また、露光量、及びフォーカス位置のそれぞれの変化に対するウェハ面からの楕円偏光光の変化が図３に示すような変化とはならない場合は、露光量の変化に対するストークスパラメータの変化、及びフォーカス位置の変化に対するストークスパラメータの変化に基づいて第１の装置条件、及び第２の装置条件が求められるように適宜、ストークスパラメータの種類を選択すればよい。

[0084] なお、本実施形態では、ステップ１３２、及びステップ１３４で記憶部８５に記憶されるテンプレートは、任意の各露光条件に対応する任意のストークスパラメータの値をテーブルにしたものとしたが、テンプレートはテーブルに限られことはなく、例えば、任意の露光条件に対する任意のストークスパラメータの値を任意の関数で数学的にフィッティングして得られた曲線や近似式としてもよい。例えば、図１１（ａ）及び（ｂ）において、第１の装置条件（ここでは装置条件Ａ及びＢ）で得られた露光量に対するストークスパラメータＳ２，Ｓ３の変化を示す曲線ＢＳ２１，ＢＳ３２をテンプレートＴＤ１，ＴＤ２としてもよいし、曲線ＢＳ２１，ＢＳ３２のそれぞれの近似式をテンプレートＴＤ１，ＴＤ２としてもよい。同様に第２の装置条件(ここでは装置条件Ａ)で得られた曲線ＣＳ３２をテンプレートＴＦ１としてもよいし、曲線ＣＳ３２の近似式をテンプレートＴＦ１としてもよい。

[0085] また、図１２に示すように、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３の二次元的な分布の中で、適正範囲ＥＧ、適正範囲を上回る露光量の範囲ＥＢ１、及び適正範囲を下回る露光量の範囲ＥＢ２を設定し、この二次元的な分布を良否判定のためのテンプレートとしてもよい。この場合、パラメータＳ２，Ｓ３の値を（Ｓ２，Ｓ３）で表し、良品範囲ＥＧを近似的に次のような中心座標が（ｓａ，ｓｂ）で半径がｓｒの円の内部としてもよい。計測されるパラメータの値（Ｓ２，Ｓ３）を以下の数式（数５）の左辺の演算式に代入して得られる値が以下の数式（数５）を満たすときに、その計測値は良品を表していることになる。

[0086] [数5]

$$(S2-sa)^2+(S3-sb)^2 \leqq sr^2$$

[0087] この場合、図１２の二次元のテンプレートを用いて、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３の値（Ｓ２ｘ，Ｓ３ｘ）から当該画素の露光量が適正範囲、適正範囲を上回露光量の範囲、又は適正範囲を下回る露光量の範囲かを判定し、この判定結果の情報を制御部８０に供給してもよい。

[0088] なお、本実施形態のステップ１５８及びステップ１６０では、計測値Ｄｘの適正な露光量Ｄｂｅからの差分及び計測値Ｆｙの適正なフォーカス位置Ｚｂｅからの差分が算出されなくてもよい。例えば、ステップ１５８及びステップ１６０で算出された計測値Ｄｘ及び計測値Ｆｙや、適正な露光量Ｄｂｅに対する計測値Ｄｘの割合及び適正なフォーカス位置Ｚｂｅに対する計測値Ｆｙの割合等、種々の演算手法を用いてもよい。また、これらの露光条件の判定結果は、表示装置（不図示）に表示されなくてもよい。

[0089] さらに、上記の実施形態では、露光条件として露光量及びフォーカス位置を判定しているが、露光条件として、露光装置１００における露光光の波長、照明条件（例えばコヒーレンスファクタ（σ値）、投影光学系ＰＬの開口数、又は液浸露光時の液体の温度等を判定するために上記の実施形態の判定を使用してもよい。

[0090] ［第２の実施形態］

第２の実施形態につき図１３（ａ）～図１５を参照して説明する。本実施形態においては、不図示のデバイス製造システムの加工条件を判定するために図１（ａ）の検査装置１を使用する。また、本実施形態では、いわゆるスペーサ・ダブルパターニング法（又はサイドウォール・ダブルパターニング法）で微細なピッチの繰り返しパターンが形成されたウェハの加工条件を判定する。なお、本実施形態における、デバイス製造システムは、露光装置１００、不図示の薄膜形成装置、及び不図示のエッチング装置を含む。

[0091] スペーサ・ダブルパターニング法では、まず、図１３（ａ）に示すように、ウェハ１０ｄの例えばハードマスク層１７の表面に、レジストの塗布、露

光装置１００によるパターンの露光、及び現像によって、複数のレジストパターンのライン部２Ａをピッチ Ｐで配列した繰り返しパターン１２が形成される。一例として、ピッチＰは露光装置１００の解像限界に近いとする。この後、図１３（ｂ）に示すように、ライン部２Ａをエッチング装置（不図示）によるエッチング（いわゆる、スリミング）を利用してライン部２Ａの線幅を半分（ライン部２Ａの幅の１／２となったライン部をライン部１２Ａと称する）にして、薄膜形成装置（不図示）でライン部１２Ａを覆うようにスペーサ層１８を堆積する。その後、エッチング装置（不図示）でウェハ１０ｄのスペーサ層１８を所定の厚さだけエッチングした後、そのエッチング装置でライン部１２Ａのみを除去することで、図１３（ｃ）に示すように、ハードマスク層１７上に線幅がほぼＰ／４の複数のスペーサ部１８Ａをピッチ Ｐ／２で配列した繰り返しパターンが形成される。その後、複数のスペーサ部１８Ａをマスクとしてハードマスク層１７をエッチングすることによって、図１３（ｄ）に示すように、線幅がほぼＰ／４のハードマスク部１７Ａをピッチ Ｐ／２で配列した繰り返しパターン１７Ｂが形成される。この後、一例として、繰り返しパターン１７Ｂをマスクとして、ウェハ１０ｄのデバイス層１０ｄａのエッチングを行うことで、露光装置１００の解像限界のほぼ１／２のピッチの繰り返しパターンが形成できる。さらに、上記の工程を繰り返すことによって、ピッチがＰ／４の繰り返しパターンを形成することも可能である。

[0092] また、検査装置１を用いて回折検査を行う場合、回折が起こるためには繰り返しパターンのピッチが検査装置１の照明光ＩＬＩの波長λの１／２以上でなければならない。そのため、照明光として波長が２４８ｎｍの光を用いた場合、ピッチＰが１２４ｎｍ以下の繰り返しパターン１２では回折光ＩＬＤが発生しなくなる。このため、図１３（ａ）の場合のように、ピッチＰが露光装置１００の解像限界に近いと、回折検査は次第に困難になる。さらに、図１３（ｄ）の場合のように、ピッチがＰ／２（さらにはＰ／４）の繰り返しパターン１７Ｂに関しては、正反射光ＩＬＲのみが発生するため、回折

検査は困難である。

[0093] 本実施形態の検査装置１では、ストークスパラメータを計測するために正反射光を検出しているため、図１３（ｄ）のように、回折光が発生しない繰り返しパターン１７Ｂが各ショットに形成されたウェハ１０ｄからの光を検出して、繰り返しパターン１７Ｂの加工条件を高精度に判定できる。

本実施形態において、ウェハ１０ｄのパターン１７Ｂからの反射光のストークスパラメータから加工条件を判定するときに使用する複数の装置条件を選択する動作（条件出し）では、デバイス製造システム（不図示）による繰り返しパターン１７Ｂの加工条件として、図１３（ｂ）のスペーサ層１８のエッチング量ｔｅ及びスペーサ層１８の堆積量ｔｓ（薄膜堆積量）を想定する。

[0094] また、本実施形態において、スペーサ層１８の堆積量ｔｓ及びエッチング量ｔｅの評価に利用するストークスパラメータを前述の第１実施形態と同様にＳ２及びＳ３とする。なお、スペーサ層１８の堆積量ｔｓ及びエッチング量ｔｅの評価にストークスパラメータＳ２及びＳ３を利用することはあくまで一例であり、本実施形態において、スペーサ層１８の堆積量ｔｓ及びエッチング量ｔｅの評価に利用するストークスパラメータの種類は、堆積量ｔｓの変化に対する各ストークスパラメータＳ０～Ｓ３の変化の大きさ、及びエッチング量ｔｅの変化に対する各ストークスパラメータＳ０～Ｓ３の変化の大きさを考慮して選択してもよい。つまり、堆積量ｔｓの変化に対する変化が大きく、かつエッチング量ｔｅの変化に対する変化が小さいストークスパラメータをＳ０～Ｓ３から選択し、エッチング量ｔｅの変化に対する変化が大きく、かつ堆積量ｔｓの変化に対する変化が小さいストークスパラメータをＳ０～Ｓ３から選択してもよい。

[0095] 以下、本実施形態において、検査装置１を用いてウェハ面の繰り返しパターン１７Ｂからの光を検出して、そのパターンを形成する際に使用したデバイス製造システムの加工条件を判定する方法の一例につき図１５のフローチャートを参照して説明する。また、その判定に際して使用される装置条件（

検査条件）を求める方法の一例につき図１４のフローチャートを参照して説明する。これらの動作は制御部８０によって制御される。なお、図１４及び図１５において、図４及び図５のステップに対応するステップには類似の符号を付してその説明を省略又は簡略化する。

[0096] まず、条件出しのために、図１４のステップ１０２Ａにおいて、条件振りウェハを作成する。この場合、図１３（ａ）～（ｄ）のスペーサ・ダブルパターニング・プロセスを、例えば５種類の堆積量ｔｓ（ｔｓ３～ｔｓ７）及び５種類のエッチング量ｔｅ（ｔｅ３～ｔｅ７）を組み合わせた２５（＝５×５）回のプロセスで実行して、２５枚の条件振りウェハ（不図示）の各ショットにそれぞれ繰り返しパターン１７Ｂを形成する。なお、堆積量ｔｓ５が適正な堆積量であり、エッチング量ｔｅ５が適正なエッチング量であるとする。一例として、エッチング量ｔｅ３，ｔｅ４はエッチング不足であり、エッチング量ｔｅ６，ｔｅ７はエッチング過剰である。

作成された複数（ここでは２５枚）の条件振りウェハは順次、図１（ａ）の検査装置１のステージ５上に搬送される。そして、複数の条件振りウェハのそれぞれにおいて、ステップ１０２Ａ～１３０Ａの動作が実行される。

[0097] すなわち、各条件振りウェハ（不図示）は検査装置１のステージ５上に搬送される。そして、制御部８０は記憶部８５のレシピ情報から複数の装置条件を読み出す。複数の装置条件としては、一例として照明光ＩＬＩの波長λが上記のλｎ（ｎ＝１～３）のいずれかとなり、照明光ＩＬＩの入射角θ１がαｍ（ｍ＝１～４）（例えば１５°、３０°、４５°、６０°）のいずれかとなり、偏光子２６の回転角がクロスニコル状態を中心として例えば５°程度の間隔で複数の角度βｊ（ｊ＝１～Ｊ，Ｊは２以上の整数）に設定される装置条件ε（ｎ－ｍ－ｊ）を想定する。

[0098] そして、検査装置１において、照明光ＩＬＩの波長をλ１に設定し（ステップ１０４Ａ）、入射角θ１をα１に設定し（ステップ１０６Ａ）、偏光子２６の回転角をβ１に設定し（ステップ１０８Ａ）、１／４波長板３３の回転角を初期値に設定する（ステップ１１０Ｂ）。そして、この装置条件のも

とで、照明光ＩＬＩを条件振りウェハの表面に照射し、撮像装置３５が条件振りウェハの像を撮像して画像信号を画像処理部４０に出力する（ステップ１１２Ｂ）。次に１／４波長板３３を全部の角度に設定したかどうかを判定し（ステップ１１４Ｂ）、全部の角度には設定していない場合には、１／４波長板３３を例えば約１．４１°（１／４波長板３３の回転可能な角度範囲３６０°を２５６分割した角度）だけ回転し（ステップ１１６Ｂ）、ステップ１１２Ｂに戻って条件振りウェハの像を撮像する。ステップ１１４Ｂで１／４波長板３３の角度が３６０°回転されるまでステップ１１２Ｂを繰り返すことによって、１／４波長板３３の異なる回転角に対応して２５６枚のウェハの像が撮像される。

[0099] その後、動作はステップ１１４Ｂからステップ１１８Ｂに移行し、画像処理部４０は得られた２５６枚のウェハのデジタル画像から上述の回転移相子法によって、撮像素子３５ｂの画素毎にストークスパラメータＳ０～Ｓ３を求める。このストークスパラメータＳ０～Ｓ３は検査部６０の第１演算部６０ａに出力され、第１演算部６０ａでは一例としてそのストークスパラメータのウェハ毎の平均値（以下、ウェハ平均値と称する）を求めて第２演算部６０ｂ及び記憶部８５に出力する。このようにウェハ平均値を求めるのは、本実施形態の各条件振りウェハでは加工条件（ここでは、スペーサ層の堆積量、及びスペーサ層のエッチング量）が同じであるからである。

[0100] この場合、条件振りウェハのスクライブライン領域ＳＬを除いた全部のショットＳＡｎ（図６（ｂ）参照）内に対応する画素のストークスパラメータを算出し、算出結果をウェハ内で平均化してもよい。

[0101] その後、偏光子２６の回転角が全部の角度βｊ（ｊ＝１～Ｊ）に設定されるまで、回転移相子法でウェハ面の画像の画素毎のストークスパラメータの算出等（ステップ１２２Ａ、１１０Ｂ～１１８Ｂ）を実行する。その後、ステップ１２０Ａからステップ１２４Ａに移行して、入射角θ１が全部の角度αｍ（ｍ＝１～４）に設定されるまで、回転移相子法でウェハ面の画像の画素毎のストークスパラメータの算出等（ステップ１２６Ａ、１０８Ａ～１２

０Ａ）を実行する。その後、ステップ１２４Ａからステップ１２８Ａに移行して、波長λが全部の波長λｎ（ｎ＝１～３）に設定されるまで、回転移相子法でウェハ面の画像の画素毎のストークスパラメータの算出等（ステップ１３０Ａ、１０６Ａ～１２４Ａ）を実行する。その後、ステップ１２８Ａからステップ１３２Ａに移行する。

[0102] 次に、上記の全部の装置条件で計測したストークスパラメータ（ここではＳ２，Ｓ３とする）の情報を用いて、検査部６０の第２演算部６０ｂでは、スペーサ層の堆積量ｔｓの変化に対するストークスパラメータＳ２の変化の割合の絶対値（以下、堆積量感度と称する）が高く、エッチング量ｔｅの変化に対するストークスパラメータＳ２の変化の割合の絶対値（以下、エッチング感度と称する）が低い装置条件を第１の装置条件として決定し、この第１の装置条件で得られたスペーサ層の堆積量ｔｓの変化に対するストークスパラメータＳ２の値をテーブル化したテンプレートを記憶部８５に記憶する（ステップ１３２Ａ）。さらに、第２演算部６０ｂでは、ストークスパラメータＳ３のエッチング感度が高く、堆積量感度が低い装置条件を第２の装置条件として決定し、この第２の装置条件で得られたエッチング量ｔｅの変化に対するストークスパラメータＳ３の値をテーブル化したテンプレートを記憶部８５に記憶する（ステップ１３４Ａ）。

[0103] 具体的に、例えばある装置条件Ｄのもとで計測されたストークスパラメータＳ２（ウェハ平均値）のスペーサ層の堆積量ｔｓに対する変化が図１３（ｅ）の曲線ＢＳ２４であり、エッチング量ｔｅに対する変化が図１３（ｆ）の曲線ＣＳ２４であるとする。また、ある装置条件Ｅのもとで計測されたストークスパラメータＳ３のスペーサ層の堆積量ｔｓに対する変化が図１３（ｅ）の曲線ＢＳ３４であり、エッチング量ｔｅに対する変化が図１３（ｆ）の曲線ＣＳ３４であるとする。なお、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３は規格化された値であり、曲線ＢＳ２４等は説明の便宜上で示されているデータである。また、説明の便宜上、検査装置１の装置条件は、装置条件εから２種類（装置条件Ｄ、及び装置条件Ｅ）のみにおける曲線（加工条件の変化に

対するストークスパラメータの変化）を示した。

[0104] このとき、装置条件Ｄが、ストークスパラメータＳ２の堆積量感度が高く、エッチング感度が低い第１の装置条件である。また、装置条件Ｅが、ストークスパラメータＳ３の堆積量感度が高く、エッチング感度が低い第２の装置条件である。従って、第１の装置条件（ここでは装置条件Ｄ）で得られたスペーサ層の堆積量ｔｓに対するストークスパラメータＳ２の変化を示す値をテーブル化したデータがスペーサ層の堆積量に関する第１のテンプレートとして記憶部８５に記憶される。また、第２の装置条件（ここでは装置条件Ｅ）で得られたエッチング量ｔｅに対するストークスパラメータＳ３の変化を示す値をテーブル化したデータがエッチング量に関する第２のテンプレートとして記憶部８５に記憶される。それらの曲線ＢＳ２４，ＣＳ２４にはそれぞれ適正範囲が設定されている。

[0105] 以上の動作によって、ウェハのパターン１７Ｂの加工条件を判定する場合に使用する第１及び第２の装置条件を求める条件出しが終了したことになる。

次に、実際のデバイス製造工程において繰り返しパターン１７Ｂが形成されたウェハ１０ｄに対して、検査装置１によってストークスパラメータを計測して、加工条件中のスペーサ層の堆積量ｔｓ及びスペーサ層のエッチング量ｔｅを判定する。このため、図１５のステップ１５０Ａにおいて、製造されたウェハ１０ｄは、不図示のアライメント機構を介して図１（ａ）の検査装置１のステージ５上にロードされる。そして、制御部８０は記憶部８５のレシピ情報から上記の条件出しで決定された第１及び第２の装置条件を読み出す。そして、装置条件をスペーサ層の堆積量の変化に対するストークスパラメータＳ２の感度が高い第１の装置条件（装置条件Ｄ）に設定し（ステップ１５２Ａ）、１／４波長板３３の回転角を初期値に設定する（ステップ１１０Ｃ）。そして、照明光ＩＬＩをウェハ面に照射し、撮像装置３５がウェハ面の画像信号を画像処理部４０に出力する（ステップ１１２Ｃ）。次にステップ１１４Ｃで１／４波長板３３の角度が３６０°回転されたと判定され

るまで、１／４波長板３３を例えば３６０°／２５６だけ回転し（ステップ１１６Ｃ）、ウェハ１０ｄの像を撮像する（ステップ１１２Ｃ）という動作を繰り返すことで、１／４波長板３３の異なる回転角に対応して２５６枚のウェハ面の像が撮像される。

[0106] その後、動作はステップ１１８Ｃに移行し、画像処理部４０は得られた２５６枚のウェハのデジタル画像から上述の回転移相子法によって、撮像装置３５の画素毎にストークスパラメータＳ２を求める。このストークスパラメータは検査部６０の第１演算部６０ａに出力され、第１演算部６０ａでショット毎のストークスパラメータの平均値（ショット平均値）が求められて第３演算部６０ｃ及び記憶部８５に出力される。そして、ここでは、第２の装置条件での判定が終わっていないため、動作はステップ１５４Ａからステップ１５６Ａに移行して、装置条件を第２の装置条件（装置条件Ｅ）に設定してからステップ１１０Ｃに戻る。

[0107] その後、ステップ１１０Ｃ～１１８Ｃが繰り返されて、第２の装置条件のもとでストークスパラメータＳ３のショット平均値が求められて記憶される。その後、動作はステップ１５８Ａに移行する。

[0108] そして、ステップ１５８Ａにおいて、検査部６０の第３演算部６０ｃは、第１の装置条件で求めた画素毎のストークスパラメータＳ２の値（Ｓ２Ａｘとする）を、上述のステップ１３２Ａで記憶した第１のテンプレートに照らし合わせて、スペーサ層の堆積量ｔｓｘを求める。この計測値ｔｓｘのスペーサ層の堆積量の最適値からの差分（誤差）の分布が制御部８０に供給され、さらに必要に応じて表示装置（不図示）に表示される。

[0109] さらに、ステップ１６０Ａにおいて、第３演算部６０ｃは、第２の装置条件で求めた画素毎のストークスパラメータＳ３の値（Ｓ３Ａｙとする）を、ステップ１３４Ａで記憶した第２のテンプレートに照らし合わせて、エッチング量ｔｅｙを求める。この計測値ｔｅｙのエッチング量の最適値からの差分（誤差）の分布が制御部８０に供給され、さらに必要に応じて表示装置（不図示）に表示される。

[0110] なお、本実施形態のステップ１５８Ａ及びステップ１６０Ａでは、計測値ｔｓｘ，ｔｅｙの最適値からの差分が算出されなくてもよい。例えば、ステップ１５８Ａ及びステップ１６０Ａで算出された計測値ｔｓｘ，ｔｅｙの最適値に対する割合等を求めても良い。

[0111] その後、制御部８０の制御のもとで信号出力部９０からデバイス製造システムのホストコンピュータ等の制御部（不図示）に、ウェハの全面のスペーサ層の堆積量の誤差分布（スペーサ層の堆積量のむら）及びスペーサのエッチング量の誤差分布（エッチング量のむら）の情報が提供される（ステップ１６２Ａ）。これに応じてデバイス製造システムの制御部（不図示）では、例えばそのスペーサ層の堆積量のむらが所定の適正範囲を超えている場合には、薄膜形成装置（不図示）にそのスペーサ層の堆積量のむらを補正するように制御情報を送る。また、エッチング量のむらが所定の適正範囲を超えている場合には、その制御部は、エッチング装置（不図示）にそのエッチング量のむらを補正するように制御情報を送る。これによって、その後のスペーサ・ダブルパターニング・プロセスの実行時（ステップ１６４Ａ）に堆積むら及び／又はエッチングむらが減少し、ピッチＰ／２の繰り返しパターン１７Ｂを高精度に製造できる。

[0112] なお、ステップ１６２Ａにおいて、ウェハ１０の全面のエッチング量のむら及びスペーサ層の堆積量のむらの情報は、信号出力部９０からデバイス製造システムの制御部（不図示）ではなく、薄膜形成装置（不図示）及びエッチング装置（不図示）の個別の制御部に直接供給されてもよい。また、デバイス製造システムのホストコンピュータ（不図示）に供給されてもよい。

この実施形態によれば、実際に製品となるデバイス用の繰り返しパターン１７Ｂが形成されたウェハ１０ｄを用いて２つの装置条件のもとで反射光の偏光状態の検査を行うことによって、そのパターンの形成時に使用されたエッチング装置におけるエッチング量をスペーサの堆積量の影響を除去して高精度に判定できる。さらに、薄膜形成装置におけるスペーサの堆積量をエッチング量の影響を除去して高精度に判定又は推定できる。

[0113] 上述のように、本実施形態の検査装置１及び検査方法は、スペーサ層の堆積量及びスペーサ層のエッチング量を含む複数の加工条件のもとでの加工によりウェハ１０ｄに設けられた凹凸の繰り返しパターン１７Ｂの加工条件を判定する装置及び方法である。そして、検査装置１は、パターン１７Ｂが表面に形成されたウェハ１０ｄを保持可能なステージ５と、ウェハ１０ｄの表面を直線偏光の照明光ＩＬＩ（偏光光）で照明する照明系２０と、ウェハ１０の表面から射出した光を受光し、該光のストークスパラメータＳ１～Ｓ３（偏光の状態を規定する条件）を検出する撮像装置３５及び画像処理部４０と、検査対象のウェハ１０ｄの表面に形成された検査対象のパターン１７Ｂの加工条件を判定するための検査装置１の装置条件を、既知の加工条件でパターン１７Ｂが形成された条件振りウェハから射出した光のストークスパラメータに基づいて求める演算部５０と、を備え、演算部５０によって求められた装置条件でウェハ１０ｄの表面から射出した光のストークスパラメータに基づいて、パターン１７Ｂの加工条件を判定している。

[0114] また、本実施形態の検査方法は、パターン１７Ｂが表面に形成されたウェハ１０ｄの表面を偏光光で照明し、ウェハ１０ｄの表面から射出した光を受光するステップ１１２Ｂ，１１２Ｃと、この光のストークスパラメータを検出するステップ１１８Ｂ，１１８Ｃと、検査対象のウェハ１０ｄの表面に形成された検査対象のパターン１７Ｂの加工条件を判定するための装置条件（検査条件）を、既知の露光条件でパターン１７Ｂが形成された条件振りウェハから射出した光のストークスパラメータに基づいて求めるステップ１３２Ａ，１３４Ａと、求められたその装置条件でウェハ１０ｄの表面から射出した光のストークスパラメータに基づいて、パターン１７Ｂの加工条件を判定するステップ１５８Ａ，１６０Ａと、を含んでいる。

[0115] この実施形態によれば、複数の加工条件のもとでの加工により設けられた凹凸の繰り返しパターン１７Ｂを有するウェハ１０ｄを用いて、その複数の加工条件のうちのスペーサ層の堆積量及びスペーサ層のエッチング量をそれぞれ他の加工条件の影響を抑制した状態で高精度に推定又は判定できる。ま

た、別途評価用のパターンを使用する必要がなく、実際に製品となるデバイス用のパターンが形成されたウェハからの光を検出することによって加工条件が判定できるため、実際に形成するパターンに関する加工条件を効率的に、かつ高精度に判定できる。

[0116] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態において、ウェハを円偏光で照明してもよい。この場合、例えば、偏光子２６に加えて１／２波長板を設けることにより、光源部２２からの光を偏光子２６と１／２波長板で円偏光光に変換してウェハへ照明する。また、ウェハを円偏光以外の楕円偏光で照明してもよい。光源部２２からの光を直線偏光や楕円偏光（円偏光を含む楕円偏光）に変換する構成は、上記以外にも公知の構成を適用することができる。また、光源部２２として、直線偏光光や楕円偏光光を射出する光源を利用することもできる。

[0117] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態において、ウェハ１０の表面からの回折光を受光系３０で受光し、算出したストークスパラメータに基づいて、露光条件を評価してもよい。この場合、既知の回折条件に基づいて、受光系３０がウェハ１０の表面からの回折光を受光するように、制御部８０は受光系３０を制御する。

[0118] なお、前述の第１実施形態と同様に、本実施形態における複数の装置条件は、検光子３２の回転角度（検光子３２の透過軸の方位）やステージ５の回転角度（ウェハの方位）等を含めることができる。

[0119] なお、前述の第１実施形態と同様に、ストークスパラメータに関する未知数は４個（Ｓ０～Ｓ３）であるため、１／４波長板３３の角度を少なくとも４個の異なる角度に設定し、最低、４枚のウェハ１０ｄの像を撮像すればよい。

[0120] なお、本実施形態におけるステップ１３２Ａ及びステップ１３４Ａで記憶部８５に記憶されるテンプレートは、任意の各加工条件に対応する任意のストークスパラメータの値をテーブル化したデータとしたが、テンプレートはテーブルに限られことはない。例えば、任意の加工条件に対する任意のスト

ークスパラメータの変化を任意の関数で数学的にフィッティングして得られた曲線（例えば、図１３（ｅ）、（ｆ）を参照）や近似式としてもよい。

[0121] なお、本実施形態におけるステップ１３２Ａ及びステップ１３４Ａでは、第１の装置条件を１種類のストークスパラメータＳ２に基づいて、装置条件（装置条件Ｄ）を決定したが、例えば、ストークスパラメータＳ２とＳ３を用いるなど、複数種類のストークスパラメータに基づいて装置条件を決定してもよい。この場合、対象の複数種類のストークスパラメータのエッチング感度と堆積量感度の差がより大きくなるように、複数種類のストークスパラメータを所望の演算式で演算する（第２の装置条件についても同様に演算式で演算してもよい）。複数種類のストークスパラメータの演算式は和や二乗和など種々の演算式を用いることができる。上記のように所望の演算式を使用して求めた検査装置１の装置条件で露光条件の評価を行うことで、１種類のストークスパラメータに対応する装置条件を求める方法に比べ、より高精度に加工条件を評価することが可能となる。

[0122] なお、加工条件を判定するために使用するストークスパラメータとしては、ストークスパラメータＳ１，Ｓ２，Ｓ３から選択された少なくとも一つの任意のパラメータを使用できる。

[0123] なお、本実施形態における加工条件としては、エッチング量及びスペーサの堆積量等の他に、エッチング装置、及び薄膜形成装置における加工条件として変化させる可能性のある条件を含めることができる。例えば、なお、ハードマスク層１７の堆積量やライン部１２Ａを形成するときのエッチング量（スリミング量）であっても良い。また、エッチング装置の加工条件は、エッチング装置におけるエッチングの時間や温度等でもよく、薄膜形成装置の加工条件は、薄膜形成装置における薄膜の堆積時間や温度等でもよい。さらに、エッチング装置や薄膜形成装置に限られず、例えば、ウェハにレジストを成膜するとともに、露光装置による露光後にレジストを現像するコータ／ディベロッパーにおける加工条件でもよい。この場合、コータ／ディベロッパーの加工条件は、ウェハへ塗布したレジストのベイクの温度や時間、露光

後のレジストの現像時間や現像液の液温でもよい。

[0124] なお、本実施形態のステップ１５８Ａ及びステップ１６０Ａでは、計測値ｔｓｘのスペーサ層の堆積量の適正値からの差分及び計測値ｔｅｙのエッチング量の適正値からの差分が算出されなくてもよい。例えば、ステップ１５８Ａ及びステップ１６０Ａで算出された計測値ｔｓｘ及び計測値ｔｅｙや、適正なスペーサ層の堆積量に対する計測値Ｄｘの割合及び適正なエッチング量に対する計測値Ｆｙの割合等、種々の演算手法を用いてもよい。また、これらの露光条件の判定結果は、表示装置（不図示）に表示されなくてもよい。

[0125] ［第３の実施形態］

第３の実施形態につき図１６（ａ）～図１８を参照して説明する。図１６（ａ）、（ｂ）において、図１（ａ）に対応する部分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。図１６（ｂ）は本実施形態に係る露光装置１００Ａを示す。図１６（ｂ）において、露光装置１００Ａは、例えば米国特許出願公開第２００７／２４２２４７号明細書に開示されているように、レチクルＲを露光光で照明する照明系ＩＬＳと、レチクルＲを保持して移動するレチクルステージＲＳＴと、レチクルＲのパターンをウェハ１０の表面に露光する投影光学系ＰＬと、ウェハ１０を保持して移動するウェハステージＷＳＴと、ステージＲＳＴ，ＷＳＴの駆動機構（不図示）と、液浸露光のために投影光学系ＰＬとウェハ１０との間に液体を供給する局所液浸機構（不図示）と、装置全体の動作を制御する主制御装置ＣＯＮＴとを備えている。さらに、本実施形態の露光装置１００Ａは、ウェハ１０のパターンからの反射光のストークスパラメータを計測してそのパターンの露光条件を判定するオンボディの検査装置１Ａを備えている。

[0126] 図１６（ａ）は本実施形態に係る検査装置１Ａを示す。図１６（ａ）において、検査装置１Ａは、ウェハ１０を保持して少なくとも２次元方向（互いに直交するＸ軸及びＹ軸に沿った方向とする）に移動するステージ５Ａと、ステージ５Ａの駆動部４８と、ステージ５Ａに支持されたウェハ１０の表面

（すなわち、ウェハ面）の一部の領域（被検領域）を照明光ＩＬＩで照明する照明系２０Ａと、照明光ＩＬＩの照射を受けたウェハ面からの反射光ＩＬＲを受光してその被検領域の像を形成する受光系３０Ａと、その像を検出する２次元の撮像素子４７と、撮像素子４７から出力される画像信号を処理して偏光の状態を規定する条件を求める画像処理部４０Ａと、その条件の情報を用いてウェハ面のパターンの露光条件（加工条件）の判定等を行う演算部５０Ａと、装置全体の動作を制御する制御部８０Ａと、を備えている。ステージ５Ａは、本実施形態ではウェハステージＷＳＴが兼用している。なお、図１６（ａ）において、Ｘ軸及びＹ軸を含む面に垂直にＺ軸を取っている。

[0127] 照明系２０Ａ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導く導光ファイバ２４と、導光ファイバ２４から射出される照明光を平行光束にする照明用レンズ４２Ａと、その照明光を直線偏光にする偏光子２６Ａと、受光系３０Ａの瞳面（対物レンズ４２Ｂの射出瞳と共役な面）とほぼ共役な面ＰＡ１上に配置されて開口４３Ａａが設けられた照明側開口絞り４３Ａと、開口絞り４３Ａを照明系２０Ａの光軸ＡＸＩに垂直な面内（図１６（ａ）のＹＺ平面内）で２次元的に移動させる駆動部４４Ａと、その開口４３Ａａを通過した照明光の一部をウェハ１０側に向けるビームスプリッター４５と、ビームスプリッター４５で反射された照明光を被検領域に集光する対物レンズ４２Ｂと、を有する。なお、偏光子２６Ａを省略してビームスプリッター４５を偏光ビームスプリッター４５Ａにすることも可能である。

[0128] 受光系３０Ａは、ウェハ１０の被検領域からの反射光を受光する対物レンズ４２Ｂと、ビームスプリッター４５と、受光系３０Ａの瞳面（対物レンズ４２Ｂの射出瞳）とほぼ共役な面ＰＡ２上に配置されて開口４３Ｂａが設けられた受光側開口絞り４３Ｂと、受光側開口絞り４３Ｂを受光系３０Ａの光軸ＡＸＤに垂直な面内（図１６（ａ）のＸＹ平面内）で２次元的に移動させる駆動部４４Ｂと、その開口４３Ｂａを通過した光の光路に配置される１／４波長板３３Ａと、１／４波長板３３Ａを通過した光の光路に配置される検

光子３２Ａと、１／４波長板３３Ａ及び検光子３２Ａを個別に回転する駆動部４６と、検光子３２Ａを通過した反射光ＩＬＲを集光して撮像素子４７の受光面にウェハ１０の被検領域の像を形成する結像レンズ４２Ｃと、を有する。一例として、偏光子２６Ａの透過軸は、ウェハ１０に入射する照明光ＩＬＩの入射面に対して照明光ＩＬＩがＰ偏光となるように設定される。また、ウェハ１０からの正反射光ＩＬＲが受光系３０Ａで受光されるように、受光側開口絞り４３Ｂの開口４３Ｂａは、照明側開口絞り４３Ａの開口４３Ａａと光軸に関して対称な位置（照明側開口絞り４３Ａの開口４３Ａａを通過した照明ユニット２１からの照明光により、ウェハ１０の被検領域から反射した光が透過する位置）に設置される。なお、開口板４３Ａ，４３Ｂの代わりに液晶表示素子よりなる可変のシャッター機構を使用することもできる。なお、駆動部４６は、１／４波長板３３Ａへ光線が入射する入射面３３Ａａの中心を通りＺ軸に平行な軸（つまり、光軸ＡＸＤ）を回転軸として、１／４波長板３３Ａ及び検光子３２Ａを個別に回転する。さらに、検査装置１Ａは、偏光子２６Ａへ光線が入射する入射面２６Ａａの中心を通りＸ軸に平行な軸（つまり、光軸ＡＸＩ）を回転軸として偏光子２６Ａを回転する不図示の駆動部を有する。

[0129] 一例として、検光子３２Ａの透過軸の方位は偏光子２６Ａの透過軸の方位に対して直交する方向（すなわち、クロスニコル）に設定することができる。また、１／４波長板３３Ａの回転角度は、制御部８０Ａの指令に基づき駆動部４６により３６０°の範囲内で制御可能である。１／４波長板３３Ａを回転しながら得られるウェハ１０の被検領域の複数の画像を処理することにより、第１の実施形態と同様にウェハ１０からの反射光の偏光の状態を規定する条件であるストークスパラメータを例えば画素毎に求めることができる。

[0130] また、検査装置１Ａにおいては、照明ユニット２１によって照明光ＩＬＩの波長を切り換え、開口板４３Ａ，４３Ｂの駆動によってウェハ１０に対する照明光ＩＬＩの入射角（反射角）を切り換え、偏光子２６Ａの回転角度を

切り換えることで、ウェハ１０からの反射光のストークスパラメータを計測する際の装置条件を切り換えて、最適な装置条件を選択できる。さらに、ストークスパラメータの計測時には、ウェハ１０の表面のある被検領域のストークスパラメータの分布の計測と、ステージ５Ａによりウェハ１０の別の被検領域を照明光ＩＬＩの照明領域に移動することとを繰り返すことで、ウェハ１０の全面のパターンからの反射光のストークスパラメータを計測し、この計測結果からそのパターンの形成時の露光条件を判定できる。

[0131] 次に、本実施形態において、検査装置１Ａを用いてウェハ面の繰り返しパターンからの光を検出して、そのパターンを形成する際に使用した露光装置１００Ａの露光条件（ここでは露光量及びフォーカス位置とする）を判定する方法の一例につき図１８のフローチャートを参照して説明する。また、その判定に際して予め装置条件（検査条件）を求める方法の一例につき図１７のフローチャートを参照して説明する。これらの動作は制御部８０Ａによって制御される。なお、図１７及び図１８において、図４及び図５のステップに対応するステップには類似の符号を付してその説明を省略又は簡略化する。

[0132] まず、条件出しのために、図１７のステップ１０２Ｂにおいて、図１（ｃ）に示すように、露光量とフォーカス位置とをマトリックス状に振って露光し現像したいわゆるＦＥＭウェハよりなる条件振りウェハ１０ａが作成される。条件振りウェハ１０ａを作成すると、条件振りウェハ１０ａを検査装置１Ａのステージ５Ａ上に搬送する。そして、制御部８０Ａは記憶部８５Ａのレシピ情報から複数の装置条件を読み出す。複数の装置条件としては、一例として照明光ＩＬＩの波長λが上記のλ１、λ２、λ３のいずれかとなり、照明光ＩＬＩのウェハへの入射角（ウェハからの反射光の射出角）が１５°、３０°、４５°、６０°のいずれかとなり、偏光子２６Ａの回転角度がクロスニコル状態を中心として例えば５°程度の間隔で複数の角度に設定される条件を想定する。ここでは、波長λがλｎ（ｎ＝１～３）、入射角がαｍ（ｍ＝１～４）、偏光子２６Ａの回転角がβｊ（ｊ＝１～Ｊ，Ｊは２以上の

整数）になる装置条件を条件ε（ｎ－ｍ－ｊ）で表すこともできる。

[0133] そして、検査装置１Ａにおいて、照明光ＩＬＩの波長をλ１に設定し（ステップ１０４Ｂ）、照明系開口絞り４３Ａの開口４３Ａａの位置を調整して、照明光ＩＬＩの入射角をα１に設定（併せて、受光系開口絞り４３Ｂの開口４３Ｂａの位置を調整して、受光系３０Ａの受光角を設定）し（ステップ１０６Ｂ）、偏光子２６Ａの回転角度をβ１に設定し（ステップ１０８Ｂ）、１／４波長板３３Ａ（位相板）の回転角を初期値に設定する（ステップ１１０Ｄ）。そして、この装置条件のもとで、照明光ＩＬＩを条件振りウェハ１０ａの表面に照射し、撮像素子４７が条件振りウェハ１０ａの像を撮像して画像信号を画像処理部４０Ａに出力する（ステップ１１２Ｄ）。次に、ウェハ１０ａの全面の像を撮像したかどうかを判定し（ステップ１６６）、撮像されていない部分があるときには、ステップ１６８でステージ５ＡをＸ方向及び／Ｙ方向に駆動して、ウェハ１０ａの表面の撮像されていない部分を照明光ＩＬＩの照明領域（観察領域）に移動した後、ステップ１１２Ｄに戻ってウェハ１０ａの像を撮像する。そして、ウェハ１０ａの全面の像が撮像されるまで、ステップ１６８及び１１２Ｄを繰り返す。ウェハ１０ａの全面の像が撮像された後、動作はステップ１１４Ｄに移行し、１／４波長板３３Ａを全部の角度に設定したかどうかを判定する。

[0134] そして、１／４波長板３３Ａを全部の角度には設定していない場合には、１／４波長板３３Ａを例えば３６０°／２５６だけ回転し（ステップ１１６Ｄ）、ステップ１１２Ｄに戻って条件振りウェハ１０ａの像を撮像する。ステップ１１４Ｄで１／４波長板３３Ａの角度が３６０°回転されるまでステップ１１２Ｄ，１６６，１６８を繰り返すことによって、１／４波長板３３Ａの異なる回転角に対応して２５６枚のウェハの全面の像が撮像される。

[0135] その後、動作はステップ１１４Ｄからステップ１１８Ｄに移行し、画像処理部４０Ａは得られた２５６枚のウェハのデジタル画像から上述の回転移相子法によって、撮像素子４７の画素毎にストークスパラメータＳ０～Ｓ３を求める。このストークスパラメータＳ０～Ｓ３は検査部６０Ａの第１演算部

に出力され、第１演算部では一例としてそのストークスパラメータのショット毎の平均値（すなわち、ショット平均値）を求めて第２演算部及び記憶部８５Ａに出力する。

[0136] その後、偏光子２６Ａの回転角度を全部の角度に設定したかどうかを判定し（ステップ１２０Ｂ）、全部の角度に設定していない場合には、偏光子２６Ａを例えば５°（又は－５°）回転して角度β２に設定し（ステップ１２２Ｂ）、ステップ１１０Ｄに戻る。そして、回転移相子法でウェハ面の画像の画素毎のストークスパラメータの算出等（ステップ１１０Ｄ～１１８Ｄ）を実行する。その後、偏光子２６Ａの回転角度を全部の角度βｊ（ｊ＝１～Ｊ）に設定した場合には、ステップ１２０Ｂからステップ１２４Ｂに移行して、照明光ＩＬＩの入射角を全部の角度に設定したかどうかを判定し、全部の角度に設定していない場合には、照明系開口絞り４３Ａの開口４３Ａａを移動して、その入射角をα２に設定し（ステップ１２６Ｂ）、ステップ１０８Ｂに戻る。そして、回転移相子法でウェハ面の画像の画素毎のストークスパラメータの算出等（ステップ１０８Ｂ～１２０Ｂ）を実行する。その後、その入射角を全部の角度αｍ（ｍ＝１～４）に設定した場合には、ステップ１２４Ｂからステップ１２８Ｂに移行して、照明光ＩＬＩの波長λを全部の波長に設定したかどうかを判定し、全部の波長に設定していない場合には、照明ユニット２１で波長λをλ２に変更し（ステップ１３０Ｂ）、ステップ１０６Ｂに戻る。そして、回転移相子法でウェハ面の画像の画素毎のストークスパラメータの算出等（ステップ１０６Ｂ～１２４Ｂ）を実行する。その後、波長λを全部の波長λｎ（ｎ＝１～３）に設定した場合には、ステップ１２８Ｂからステップ１３２Ｂに移行する。

[0137] また、第１の実施形態で説明したように、露光量が変化すると反射光のストークスパラメータＳ１、Ｓ２、及びＳ３が変化し、フォーカス位置が変化したときには、反射光のストークスパラメータＳ１及びＳ３が比較的大きく変化し、ストークスパラメータＳ２はあまり変化しない。このため、本実施形態では、一例として、ストークスパラメータＳ２及び／又はＳ３を用いて

露光量を判定し、ストークスパラメータＳ３を用いてフォーカス位置を判定するものとする。

[0138] そこで、上記の全部の装置条件で計測したストークスパラメータのショット平均値を用いて、検査部６０Ａの第２演算部では、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３のドーズ感度が高く、フォーカス感度が低い第１の装置条件を決定し、この第１の装置条件、及びこの装置条件で得られた、各露光量に対応するストークスパラメータＳ２及びＳ３の値をテーブル化したデータをテンプレートとして記憶部８５に記憶する（ステップ１３２Ｂ）。

[0139] さらに、第２演算部では、ストークスパラメータＳ３のフォーカス感度が高く、ドーズ感度が低い第２の装置条件を決定し、この第２の装置条件、及びこの装置条件で得られた、各フォーカス値に対応するストークスパラメータＳ３の値をテーブル化したデータをテンプレートとして記憶部８５に記憶する（ステップ１３４Ｂ）。

[0140] このとき、一例として、ストークスパラメータＳ２のドーズ感度が高く、フォーカス感度が低い第１の装置条件は、図１０（ａ）の曲線ＢＳ２１及び図１０（ｂ）の曲線ＣＳ２１に対応する装置条件Ａである。また、ストークスパラメータＳ３のドーズ感度が高く、フォーカス感度が低い第１の装置条件は、図１０（ｃ）の曲線ＢＳ３２及び図１０（ｄ）の曲線ＣＳ３２に対応する装置条件Ｂである。また、ストークスパラメータＳ３のフォーカス感度が高く、ドーズ感度が低い第２の装置条件は、図１０（ｄ）の曲線ＣＳ３１及び図１０（ｃ）の曲線ＢＳ３１に対応する装置条件Ａである。

[0141] 従って、第１の装置条件（ここでは装置条件Ａ）で得られた各露光量に対応するストークスパラメータＳ２の値をテーブル化したデータが、テンプレートＴＤ１（露光量に対するストークスパラメータＳ２の変化を示す曲線ＢＳ２１に基づくテーブル）として記憶部８５Ａに記憶される。同様に、第１の装置条件（ここでは装置条件Ｂ）で得られた各露光量に対応するストークスパラメータＳ３の値をテーブル化したデータが、テンプレートＴＤ２として記憶部８５Ａに記憶される。また、第２の装置条件（ここでは装置条件Ａ

）で得られた各フォーカス値に対応するストークスパラメータＳ３の値をテーブル化したデータが、テンプレートＴＦ１として記憶部８５Ａに記憶される。なお、図１１（ａ）及び（ｂ）には露光量及びフォーカス値の適正範囲５０Ｄ，５０Ｆ（良品範囲）が示されている。このように本実施形態では、装置条件（検査条件）として、第１の装置条件（装置条件Ａ，Ｂ）、及びこの第１の装置条件とは異なる第２の装置条件（装置条件Ｂ）が含まれている。

[0142] 以上の動作によって、ウェハの露光条件を判定する場合に使用する第１及び第２の装置条件を求める条件出しが終了したことになる。

次に、実際のデバイス製造工程において露光装置１００による露光によって繰り返しパターンが形成されたウェハに対して、検査装置１Ａによって上記の条件出しで求められた２つの装置条件を用いてウェハ面からの反射光のストークスパラメータを計測することによって、露光装置１００Ａの露光条件中の露光量及びフォーカス位置を以下のように判定する。図１８に示すように、まず、図６（ａ）と同じショット配列を持ち、レジストを塗布した実際の製品となるウェハ１０を露光装置１００Ａに搬送し、露光装置１００Ａによって、ウェハ１０の各ショットＳＡｎ（ｎ＝１～Ｎ）に実際の製品用のレチクル（不図示）のパターンを露光し、露光後のウェハ１０を現像する。この際の露光条件は、全部のショットにおいて、露光量に関してはそのレチクルに応じて定められている最適な露光量であり、フォーカス位置に関しては最適なフォーカス位置である。

[0143] そして、図１８のステップ１５０Ｂにおいて、露光及び現像後のウェハ１０は、不図示のアライメント機構を介して図１６の検査装置１Ａのステージ５Ａ（ここではウェハステージＷＳＴである）上にロードされる。そして、制御部８０Ａは記憶部８５Ａのレシピ情報から上記の条件出しで決定された第１及び第２の装置条件を読み出す。そして、装置条件をストークスパラメータＳ２，Ｓ３のドーズ感度が高い第１の装置条件（ここではそのうちのストークスパラメータＳ２用の装置条件Ａ）に設定し（ステップ１５２Ｂ）、

１／４波長板３３Ａの回転角を初期値に設定する（ステップ１１０Ｅ）。そして、照明光ＩＬＩをウェハ面に照射し、撮像素子４７がウェハ面の画像信号を画像処理部４０Ａに出力する（ステップ１１２Ｅ）。

[0144] 次に、ウェハ１０の全面の像を撮像したかどうかを判定し（ステップ１６６Ａ）、撮像されていない部分があるときには、ステップ１６８Ａでステージ５ＡをＸ方向及び／Ｙ方向に駆動して、ウェハ１０の表面の撮像されていない部分を照明光ＩＬＩの照明領域（観察領域）に移動した後、ステップ１１２Ｅに戻ってウェハ１０の像を撮像する。そして、ウェハ１０の全面の像が撮像されるまで、ステップ１６８Ａ及び１１２Ｅを繰り返す。ウェハ１０の全面の像が撮像された後、動作はステップ１１４Ｅに移行し、１／４波長板３３Ａを全部の角度に設定したかどうかを判定する。１／４波長板３３Ａを全部の角度には設定していない場合には１／４波長板３３Ａを例えば３６０°／２５６だけ回転し（ステップ１１６Ｅ）、ステップ１１２Ｅに移行してウェハ１０の像を撮像する。ステップ１１４Ｅで１／４波長板３３Ａの角度が３６０°回転されるまでステップ１１２Ｅ，１６６Ａ，１６８Ａを繰り返すことによって、１／４波長板３３Ａの異なる回転角に対応して２５６枚のウェハ面の全面の像が撮像される。

[0145] その後、動作はステップ１１８Ｅに移行し、画像処理部４０Ａは得られた２５６枚のウェハのデジタル画像から上述の回転移相子法によって、撮像素子４７の画素毎にストークスパラメータＳ２，Ｓ３を求める。このストークスパラメータは検査部６０Ａの第１演算部に出力され、第１演算部では、そのストークスパラメータのショット毎の平均値（すなわち、ショット平均値）を求めて第３演算部及び記憶部８５Ａに出力する。そして、全部の装置条件で判定したかどうかを判定し（ステップ１５４Ｂ）、全部の検査用の装置条件に設定していない場合には、ステップ１５６Ｂで別の装置条件に設定してからステップ１１０Ｅに移行する。

[0146] なお、本実施形態では、ストークスパラメータＳ３に対する第１の装置条件は装置条件Ｂであるため、ここでは装置条件Ｂが設定される。その後、ス

テップ１１０Ｅ～１１８Ｅが繰り返されて、装置条件Ｂのもとでストークスパラメータ（ここではＳ３）のショット平均値が求められて記憶される。また、第２の装置条件は、ここでは装置条件Ａと同じであるため、装置条件Ａが設定されたときに求められたストークスパラメータＳ３を第２の装置条件で求めたストークスパラメータとして使用する。なお、通常は、第２の装置条件として、別の装置条件を設定した状態で、ステップ１１０Ｅ～１１８Ｅが実行される可能性があり得る。そして、ステップ１５４Ｂで第１及び第２の装置条件での判定が終了したときに動作はステップ１５８Ｂに移行する。

[0147] そして、ステップ１５８Ｂにおいて、検査部６０Ａの第３演算部は、第１の装置条件で求めた画素毎のストークスパラメータＳ２，Ｓ３の値（Ｓ２ｘ，Ｓ３ｘとする）を、上述のステップ１３２Ｂで記憶したテンプレートＴＤ１，ＴＤ２に照らし合わせて、露光量Ｄｘ１，Ｄｘ２を求める。なお、実際には露光量Ｄｘ１，Ｄｘ２はほぼ同じ値になる。また、一例として、その露光量Ｄｘ１，Ｄｘ２の平均値を露光量の計測値Ｄｘとしてもよい。この計測値Ｄｘの最適な露光量Ｄｂｅからの差分（誤差）の分布が制御部８０Ａに供給され、さらに必要に応じて表示装置（不図示）に表示される。

[0148] さらに、ステップ１６０Ｂにおいて、検査部６０Ａの第３演算部は、第２の装置条件で求めた画素毎のストークスパラメータＳ３の値（Ｓ３ｙとする）を、ステップ１３４Ｂで記憶した図１１（ｂ）のテンプレートＴＦ１に照らし合わせて、フォーカス値Ｆｙを求める。この計測値Ｆｙの最適なフォーカス位置Ｚｂｅからの差分（誤差）の分布が制御部８０Ａに供給され、さらに必要に応じて表示装置（不図示）に表示される。

[0149] その後、制御部８０Ａの制御のもとで信号出力部９０Ａから露光装置１００Ａの主制御装置ＣＯＮＴに、ウェハ１０の全面の露光量の誤差分布（露光量むら）、及びフォーカス位置の誤差分布（デフォーカス量の分布）の情報が提供される（ステップ１６２Ｂ）。これに応じて露光装置１００Ａの主制御装置ＣＯＮＴでは、例えばその露光量むら及び／又はデフォーカス量の分布がそれぞれ所定の適正範囲を超えている場合に、露光量及び／又はフォー

カス位置の露光条件を補正するために、例えば走査露光時の照明領域の走査方向の幅の分布の補正等を行う。これによって、その後の露光時に露光量分布の誤差及びデフォーカス量が低減される。その後、ステップ１６４Ｂで露光装置１００Ａにおいて、補正された露光条件のもとでウェハを露光する。

[0150] この実施形態によれば、実際に製品となるデバイス用のパターンが形成されたウェハ１０を用いて２つの装置条件のもとでストークスパラメータを用いた判定を行うことによって、そのパターンの形成時に使用された露光装置１００Ａの露光条件中の露光量及びフォーカス位置を互いの影響を除去して高精度に推定又は判定できる。

上述のように、本実施形態の検査装置１Ａ及び検査方法は、露光量及びフォーカス位置を含む複数の露光条件のもとでの露光によりウェハ１０に設けられた凹凸の繰り返しパターン１２の露光条件を判定する装置及び方法である。そして、検査装置１Ａは、パターン１２が表面に形成されたウェハ１０を保持可能なステージ５Ａと、ウェハ１０の表面を直線偏光の照明光ＩＬＩ（偏光光）で照明する照明系２０Ａと、ウェハ１０の表面から射出した光を受光し、該光のストークスパラメータＳ１～Ｓ３（偏光の状態を規定する条件）を検出する撮像素子４７及び画像処理部４０Ａと、検査対象のウェハ１０の表面に形成された検査対象のパターンの露光条件を判定するための検査装置１Ａの装置条件を、既知の露光条件でパターンが形成された条件振りウェハ１０ａから射出した光のストークスパラメータに基づいて求める演算部５０Ａと、を備え、演算部５０Ａによって求められた装置条件でウェハ１０の表面から射出した光のストークスパラメータに基づいて、そのパターンの露光条件を判定している。

[0151] また、本実施形態の検査方法は、パターン１２が表面に形成されたウェハ１０の表面を偏光光で照明し、ウェハ１０の表面から射出した光を受光するステップ１１２Ｄ，１１２Ｅと、この光のストークスパラメータを検出するステップ１１８Ｄ，１１８Ｅと、検査対象のウェハ１０の表面に形成された検査対象のパターン１２の露光条件を判定するための装置条件（検査条件）

を、既知の露光条件でパターン１２が形成された条件振りウェハ１０ａから射出した光のストークスパラメータに基づいて求めるステップ１３２Ｂ，１３４Ｂと、求められたその装置条件でウェハ１０の表面から射出した光のストークスパラメータに基づいて、パターン１２の露光条件を判定するステップ１５８Ｂ，１６０Ｂと、を含んでいる。

[0152] この実施形態によれば、複数の加工条件としての複数の露光条件のもとでの露光により設けられた凹凸の繰り返しパターン１２を有するウェハ１０を用いて、その複数の露光条件のうちの露光量及びフォーカス位置をそれぞれ他の露光条件の影響を抑制した状態で高精度に推定又は判定できる。また、別途評価用のパターンを使用する必要がなく、実際に製品となるデバイス用のパターンが形成されたウェハからの光を検出することによって露光条件が判定できるため、実際に露光するパターンに関する露光条件を効率的に、かつ高精度に判定できる。

[0153] また、本実施形態では、露光条件の検査時に使用する第１及び第２の装置条件は、既知の第１及び第２の露光条件（露光量及びフォーカス位置）を組み合わせた露光条件でパターンが形成された条件振りウェハ１０ａから射出した光のストークスパラメータＳ２，Ｓ３の変化が、それぞれ第１及び第２の露光条件の変化（感度）に対して他方の露光条件が変化した場合より大きくなる条件である。従って、第１及び第２の露光条件を他の露光条件の影響をより抑制して判定できる。

[0154] また、本実施形態の露光システムは、ウェハの表面にパターンを露光する投影光学系を有する露光装置１００Ａ（露光部）と、本実施形態の検査装置１Ａと、を備え、検査装置１Ａの演算部５０Ａによって判定される第１及び第２の露光条件に応じて露光装置１００Ａにおける露光条件を補正している。

また、本実施形態の露光方法は、本実施形態の検査方法を用いてウェハの第１及び第２の露光条件を判定し（ステップ１５０Ｂ～１６０Ｂ）、その検査方法によって推定される第１及び第２の露光条件に応じてウェハの露光時

の露光条件を補正している（ステップ１６２Ｂ）。

[0155] このように、検査装置１Ａ又はこれを用いる検査方法によって推定される第１及び第２の露光条件に応じて露光装置１００Ａによる露光条件を補正することによって、実際にデバイス製造のために使用されるウェハを用いて、効率的に、かつ高精度に露光装置１００Ａにおける露光条件を目標とする状態に設定できる。

[0156] なお、本実施形態では図１６(ｂ)に示す露光装置１００Ａは、オンボディの検査装置１Ａを備えており、検査装置１Ａのステージは、本実施形態ではウェハステージＷＳＴが兼用しているが、露光装置１００Ａと検査装置１Ａが別体となっていてもよい。この場合、図１６（ａ）に示すように、検査装置１Ａは、ウェハ１０を保持するステージ５Ａを備える。ステージ５Ａは、ステージ５Ａの上面の中心における法線(図１６（ａ）においてＺ軸と平行な線であって、ステージ５Ａの上面の中心を通る線)を軸として回転可能で、かつ２次元方向（互いに直交するＸ軸及びＹ軸に沿った方向とする）に移動可能である。また、検査装置１Ａに設けられた駆動部４８により、ステージ５Ａが回転し、２次元方向に移動する。

[0157] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態において、ウェハを円偏光で照明してもよし、円偏光以外の楕円偏光で照明してもよい。また、直線偏光光や楕円偏光光を射出する光源を利用することもできる。

[0158] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態において、ウェハ１０の表面からの回折光を受光系３０Ａで受光し、算出したストークスパラメータに基づいて、露光条件を評価してもよい。この場合、既知の回折条件に基づいて、受光系３０Ａがウェハ１０の表面からの回折光を受光するように、制御部８０Ａは受光系３０Ａを制御する。

[0159] なお、本実施形態において、１／４波長板３３Ａは、受光系３０Ａの光路上に配置されているが、この配置に限定されない。例えば、１／４波長板３３Ａは照明系２０Ａの光路上に配置させてもよい。具体的には、照明系２０において、導光ファイバ２４Ａからの光が偏光子２６Ａを通過した光の光路

上に配置されてもよい。

[0160] なお、前述の第１実施形態と同様に、本実施形態における複数の装置条件は、検光子３２Ａの回転角度（検光子３２Ａの透過軸の方位）やステージ５Ａの回転角度（ウェハの方位）等を含めることができる。

[0161] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態の図１７における条件出しにおいて、露光装置１００Ａにより繰り返しパターンが形成された条件振りウェハ１０ａを用いて求めたテンプレートＴＤ１，ＴＤ２、及びＴＦ１を使用して、条件出しで利用した露光装置１００Ａの露光条件（露光量及びフォーカス位置）を求めたが、テンプレートＴＤ１，ＴＤ２、及びＴＦ１を用いて、露光装置１００Ａとは異なる号機の露光条件を求めてもよい。

[0162] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態では、例えば、露光量の評価ではストークスパラメータＳ１、及びＳ２、フォーカス位置の評価ではストークスパラメータＳ１、及びＳ３をそれぞれ利用してもよい。また、露光量の評価では、ストークスパラメータＳ１は、露光量及びフォーカス位置の両方の変化に対応して変化するため、露光量の判定をストークスパラメータＳ１（又はＳ１，Ｓ２，Ｓ３から選択された少なくとも一つのパラメータ）を用いて行い、フォーカス位置の判定をストークスパラメータＳ１（又はＳ１，Ｓ３から選択された少なくとも一つのパラメータ）を用いて行うようにしてもよい。また、露光量、及びフォーカス位置のそれぞれの変化に対するウェハ面からの楕円偏光光の変化が図３に示すような変化とはならない場合等は、露光量の変化に対するストークスパラメータの変化、及びフォーカス位置の変化に対するストークスパラメータの変化に基づいて第１の装置条件、及び第２の装置条件が求められるように適宜、ストークスパラメータの種類を選択すればよい。

[0163] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態では、ストークスパラメータに関する未知数は４個（Ｓ０～Ｓ３）であるため、１／４波長板３３Ａの角度を少なくとも４個の異なる角度に設定し、最低、４枚のウェハの像を撮像すればよい。

[0164] なお、本実施形態におけるステップ１３２Ａ及びステップ１３４Ａで記憶部８５に記憶されるテンプレートは、任意の各加工条件に対応する任意のストークスパラメータの値をテーブル化したデータとしたが、テンプレートはテーブルに限られことはない。例えば、任意の加工条件に対する任意のストークスパラメータの変化を任意の関数で数学的にフィッティングして得られた曲線（例えば、図１３（ｅ）、（ｆ）を参照）や近似式としてもよい。

[0165] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態では、例えば、信号出力部９０Ａは、複数の露光装置等の動作を統括的に制御するホストコンピュータ（不図示）に露光条件の検査結果を出力してもよい。この場合、図１８のステップ１６２Ｂにおいて、ウェハ１０の全面の露光量の誤差分布（露光量むら）及びフォーカス位置の誤差分布（デフォーカス量の分布）の情報は、信号出力部９０Ａからホストコンピュータ（不図示）に提供されてもよい。そして、ホストコンピュータ（不図示）は提供された情報に基づいて、露光装置１００Ａもしくは露光装置１００Ａを含む複数の露光装置へ露光条件（露光量とフォーカス位置の少なくとも一方）を補正するための指令を出してもよい。

[0166] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態のステップ１３２Ｂ、及びステップ１３４Ｂで記憶部８５Ａに記憶されるテンプレートは、例えば、任意の露光条件に対する任意のストークスパラメータの値を任意の関数で数学的にフィッティングして得られた曲線や近似式としてもよい。例えば、図１１（ａ）及び（ｂ）において、第１の装置条件（ここでは装置条件Ａ及びＢ）で得られた露光量に対するストークスパラメータＳ２，Ｓ３の変化を示す曲線ＢＳ２１，ＢＳ３２をテンプレートＴＤ１，ＴＤ２としてもよいし、曲線ＢＳ２１，ＢＳ３２のそれぞれの近似式をテンプレートＴＤ１，ＴＤ２としてもよい。同様に第２の装置条件(ここでは装置条件Ａ)で得られた曲線ＣＳ３２をテンプレートＴＦ１としてもよいし、曲線ＣＳ３２の近似式をテンプレートＴＦ１としてもよい。

[0167] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態のステップ１５８Ｂ、及び

ステップ１６０Ｂでは、例えば、ステップ１５８Ｂ及びステップ１６０Ｂで算出された計測値Ｄｘ及び計測値Ｆｙや、最適な露光量Ｄｂｅに対する計測値Ｄｘの割合及び最適なフォーカス位置Ｚｂｅに対する計測値Ｆｙの割合等、種々の演算手法を用いてもよい。また、これらの露光条件の検査結果は、表示装置（不図示）に表示されなくてもよい。

[0168] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態では、例えば、対象のストークスパラメータのフォーカス感度とドーズ感度の差がより大きくなるように、ストークスパラメータＳ２とＳ３を所望の演算式で演算してもよい。ストークスパラメータＳ２とＳ３の演算式は種々の演算式を用いることができ、例えば、「Ｓ２＋Ｓ３」（和）や「$Ｓ２^{2}$＋$Ｓ３^{2}$」（二乗和）等の演算式としてもよい。上記のように所望の演算式を使用して求めた検査装置１Ａの装置条件で露光条件の評価を行うことで、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３について個別に２つの装置条件を求める方法に比べ、より高精度に露光条件を評価することが可能となる。

[0169] なお、本実施形態におけるステップ１１８Ｄにおいて、ストークスパラメータＳ０～Ｓ３を算出したが、ストークスパラメータＳ０は光束の全強度を表しているため、露光条件を判定するためには、ストークスパラメータＳ１～Ｓ３のみを求めてもよい。また、本実施形態では、露光量が変化すると反射光のストークスパラメータＳ１、Ｓ２、及びＳ３が変化し、フォーカス位置が変化したときには、反射光のストークスパラメータＳ１及びＳ３が比較的大きく変化し、ストークスパラメータＳ２はあまり変化しない（図３（ａ）及び（ｂ）を参照）。このため、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３のみから露光量及びフォーカス位置の条件を互いに独立に判定することが可能であることから、ストークスパラメータＳ２，Ｓ３を求めるだけでもよい。

[0170] なお、前述の第１実施形態と同様に本実施形態では、条件振りウェハ１０ａのスクライブライン領域ＳＬを除いた全部のショットＳＡｎ（図６（ｂ）参照）内に対応する画素のストークスパラメータを算出し、算出結果を平均化してもよい。このようにショット平均値を算出するのは、露光装置１００

Ａの投影光学系ＰＬの収差の影響等を抑制するためである。なお、その収差の影響等をさらに抑制するために、例えば図６（ｂ）のショットＳＡｎの中央部の部分領域ＣＡｎ内に対応する画素のストークスパラメータを平均化した値を算出してもよい。

[0171] さらに、上記の実施形態では、露光条件として露光量及びフォーカス位置を判定しているが、露光条件として、露光装置１００Ａにおける露光光の波長、照明条件（例えばコヒーレンスファクタ（σ値）、投影光学系ＰＬの開口数、又は液浸露光時の液体の温度等を判定するために上記の実施形態の判定を使用してもよい。

[0172] なお、上記の実施形態では、偏光の状態を規定する条件をストークスパラメータで表している。しかしながら、その偏光の状態を規定する条件を、いわゆるジョーンズ標記で光学系の偏光特性を表すための２行の複素列ベクトルよりなるジョーンズベクトル（Jones Vector）で表してもよい。ジョーンズ標記は、例えば、非特許文献２に記載されているように、光学系の偏光特性を表すための、２行×２列の複素行列（偏光行列）よりなるジョーンズ行列（Jones Matrix）と、当該光学系によって変換される偏光状態を表すためのジョーンズベクトルとで記述される。

[0173] また、偏光の状態を規定する条件をストークスパラメータ及びジョーンズベクトルの両方を用いて表してもよい。さらに、偏光の状態を規定する条件をいわゆるミューラ行列で表すこともできる。

また、上述の実施形態において、露光装置１００，１００Ａは液浸露光法を用いるスキャニングステッパーとしたが、露光装置としてドライ型のスキャニングステッパー又はステッパー等の露光装置を使用する場合にも上述の実施形態を適用して同様の効果が得られる。さらに、露光装置として、露光光として波長が１００ｎｍ以下のＥＵＶ光（Extreme Ultraviolet Light）を使用するＥＵＶ露光装置、又は露光ビームとして電子ビームを用いる電子ビーム露光装置を使用する場合にも上述の実施形態が適用できる。

[0174] また、図１９に示すように、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２２１）、この設計工程に基づいたマスク（レチクル）を製作するマスク製作工程（ステップ２２２）、シリコン材料等からウェハ用の基板を製造する基板製造工程（ステップ２２３）、デバイス製造システムＤＭＳ又はこれを用いたパターン形成方法によりウェハにパターンを形成する基板処理工程（ステップ２２４）、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、及びパッケージ工程等を含む組立工程（ステップ２２５）、並びにデバイスの検査を行う検査工程（ステップ２２６）等を経て製造される。その基板処理工程（ステップ２２４）では、ウェハにレジストを塗布する工程、露光装置１００，１００Ａによりレチクルのパターンをウェハに露光する露光工程、及びウェハを現像する現像工程を含むリソグラフィ工程、並びに検査装置１，１Ａによりウェハからの光を用いて露光条件等を検査する検査工程が実行される。

[0175] このようなデバイス製造方法において、前述の検査装置１，１Ａを用いて露光条件等を検査し、例えばこの検査結果に基づいてその露光条件等を補正することによって、最終的に製造される半導体の歩留まりを向上できる。

なお、本実施形態のデバイス製造方法では、特に半導体デバイスの製造方法について説明したが、本実施形態のデバイス製造方法は、半導体材料を使用したデバイスの他、例えば液晶パネルや磁気ディスクなどの半導体材料以外の材料を使用したデバイスの製造にも適用することができる。

[0176] 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や検査方法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

[0177] １…検査装置、５…ステージ、１０…ウェハ、１０ａ…条件振りウェハ、２０…照明系、３０…受光系、３５…撮像部、４０…画像処理部、５０…演算部、６０…検査部、８５…記憶部、１００…露光装置

請求の範囲

[請求項1] パターンの加工条件を判定する検査装置において、

パターンが表面に形成された基板を保持可能なステージと、

前記基板の表面を偏光光で照明する照明部と、

前記基板の表面から射出した光を受光し、該光の偏光の状態を規定する条件を検出する検出部と、

既知の前記加工条件でパターンが形成された基板から射出した光の前記偏光の状態を規定する条件に基づく、検査対象基板の表面に形成された検査対象パターンの前記加工条件を判定するための装置条件を記憶する記憶部と、

前記装置条件で前記検査対象基板の表面から射出した光の前記偏光状態を規定する条件に基づいて、前記検査対象パターンの前記加工条件を判定する検査部と、を備える検査装置。

[請求項2] 前記偏光の状態を規定する条件は第１規定条件及び第２規定条件を含み、

前記装置条件は、前記第１規定条件に基づく第１装置条件と、前記第２規定条件に基づく第２装置条件を含む、請求項１に記載の検査装置。

[請求項3] 前記加工条件は、第１加工条件と第２加工条件を含み、

前記検査部は、前記第１装置条件で前記検査対象基板の表面から射出した光の前記第１規定条件に基づいて、前記検査対象パターンの前記第１加工条件を判定し、前記第２装置条件で前記検査対象基板の表面から射出した光の前記第２規定条件に基づいて、前記検査対象パターンの前記第２加工条件を判定する、請求項２に記載の検査装置。

[請求項4] 前記偏光の状態を規定する条件は第１規定条件及び第２規定条件を含み、

前記装置条件は、既知の前記加工条件でパターンが形成された基板から射出した光の前記第１規定条件と前記第２規定条件を用いた演算

式で算出された結果に基づく条件であって、

前記検査部は、検出した前記第１規定条件と前記第２規定条件を用いて前記演算式で算出された結果に基づいて、前記検査対象パターンの前記加工条件を判定することを含む請求項１に記載の検査装置。

[請求項5] 前記加工条件は第１加工条件及び第２加工条件を含み、

前記装置条件は、既知の前記第１加工条件及び既知の前記第２加工条件を組み合わせた加工条件でパターンが形成された基板から射出した光の前記偏光の状態を規定する条件の変化が、前記第１加工条件及び前記第２加工条件の変化に対して他方の加工条件が変化した場合より大きくなる条件である請求項１～４のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項6] 前記検査部は、既知の前記加工条件でパターンが表面に形成された基板を偏光光で照明して、前記基板の表面から射出した光から検出した該光の偏光の状態を規定する条件に基づいて、前記検査条件を求める請求項１～４のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項7] 前記検出部は、前記光の偏光の状態を規定する条件としてストークスパラメータ及びジョーンズベクトルの少なくとも一方を検出する請求項１～６のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項8] 前記装置条件は、前記照明部の照明条件と、前記検出部の検出条件と、前記ステージの姿勢条件との少なくとも１つの条件を含む請求項１～７のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項9] 前記照明条件は、前記基板の表面に入射する偏光光の入射角と、前記基板の表面に入射する偏光光の波長と、前記基板の表面に入射する偏光光の偏光方向との少なくとも１つの条件を含む請求項８に記載の検査装置。

[請求項10] 前記検出条件は、前記検出部で受光する前記基板の表面から射出した光の受光角と、前記検出部で受光する前記基板の表面から射出した光の偏光方向との少なくとも１つの条件を含む請求項８に記載の検査

装置。

[請求項11] 前記姿勢条件は、前記ステージに保持された基板に形成されたパターンの繰り返し方向の方位と、前記ステージの傾斜角度との少なくとも１つの条件を含む請求項８に記載の検査装置。

[請求項12] 前記照明部は、前記基板の表面に直線偏光光を照射する請求項１～１１のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項13] 前記検出部は、前記基板の表面から正反射した光を受光し、該光の前記偏光の状態を規定する条件を検出する請求項１～１２のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項14] 前記検査対象基板の表面に形成された前記検査対象のパターンは、露光装置による露光を含むリソグラフィ工程を経て形成され、

前記検査装置が判定する前記加工条件は、前記露光装置における露光の露光量及びフォーカス状態の少なくとも一方を含む請求項１～１３のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項15] 前記照明部は、前記基板の表面の全面を前記偏光光で一括して照明し、

前記検出部は、前記基板の表面の全面の像を撮像する撮像素子を有する請求項１～１４のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項16] 前記照明部は、前記基板の表面の一部を前記偏光光で照明し、

前記検出部は、前記基板の表面の一部の像を撮像する撮像素子を有し、

前記ステージは、前記照明部からの前記偏光光が前記基板の表面の全面に順次照射されるように、前記基板を移動可能である請求項１～１４のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項17] 前記検査部は、前記検査対象基板の表面に形成された検査対象のパターンの前記加工条件に起因する形状を判定するための該検査装置の装置条件を、既知の前記加工条件でパターンが形成された基板から射出した光の前記偏光の状態を規定する条件に基づいて求め、

前記装置条件で前記検査対象基板の表面から射出した光の前記偏光の状態を規定する条件に基づいて、前記検査対象パターンの前記加工条件に起因する形状を判定する請求項１～１６のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項18] 基板の表面にパターンを露光する投影光学系を有する露光部と、

請求項１～１７のいずれか一項に記載の検査装置と、

前記検査装置によって判定された前記加工条件に応じて前記露光部における加工条件を補正する制御部と、を備える露光システム。

[請求項19] 検査対象のパターンの加工条件を判定する検査方法において、

既知の前記加工条件でパターンが形成された基板から射出した光の偏光の状態を規定する条件に基づく検査条件で、前記検査対象のパターンが形成された検査対象基板の表面に偏光光を照明することと、

前記検査条件で前記検査対象基板の表面から射出した光を受光し、該光の前記偏光の状態を規定する条件を検出することと、

検出した前記偏光の状態を規定する条件に基づいて、前記検査対象のパターンの前記加工条件を判定することと、を含む検査方法。

[請求項20] 前記偏光の状態を規定する条件は第１規定条件及び第２規定条件を含み、

前記検査条件は、前記第１規定条件に基づく第１検査条件と、前記第２規定条件に基づく第２検査条件を含む請求項１９に記載の検査方法。

[請求項21] 前記加工条件は、第１加工条件と第２加工条件を含み、

前記判定することは、前記第１検査条件で前記検査対象基板の表面から射出した光の前記第１規定条件に基づいて、前記検査対象のパターンの前記第１加工条件を判定し、前記第２検査条件で前記検査対象基板の表面から射出した光の前記第２規定条件に基づいて、前記検査対象のパターンの前記第２加工条件を判定する、請求項２０に記載の検査方法。

[請求項22] 前記偏光の状態を規定する条件は第１規定条件及び第２規定条件を含み、

前記検査条件は、既知の前記加工条件でパターンが形成された基板から射出した光の前記第１規定条件と前記第２規定条件を用いて演算式で算出された結果に基づく条件であって、

前記判定することは、検出した前記第１規定条件と前記第２規定条件を用いて前記演算式で算出された結果に基づいて、前記検査対象のパターンの前記加工条件を判定することを含む請求項１９に記載の検査方法。

[請求項23] 前記加工条件は、第１加工条件と第２加工条件を含み、

前記検査条件は、既知の前記第１加工条件及び既知の前記第２加工条件を組み合わせた加工条件でパターンが形成された基板から射出した光の前記偏光の状態を規定する条件の変化が、それぞれ前記第１加工条件及び前記第２加工条件の変化に対して他方の加工条件が変化した場合より大きくなる条件である請求項１９～２２のいずれか一項に記載の検査方法。

[請求項24] 既知の前記加工条件でパターンが表面に形成された基板を偏光光で照明して、前記基板の表面から射出した光から検出した該光の偏光の状態を規定する条件に基づいて、前記検査条件を求めること、

を含む請求項１９～２３のいずれか一項に記載の検査方法。

[請求項25] 前記光の偏光の状態を規定する条件を検出することは、前記光のストークスパラメータ、及びジョーンズベクトルの少なくとも一方を検出することを含む請求項１９～２４のいずれか一項に記載の検査方法。

[請求項26] 前記検査条件は、前記基板の表面を前記偏光光で照明するときの照明条件と、前記光の偏光の状態を規定する条件を検出するときの検出条件と、前記偏光光で照明される基板の姿勢条件との少なくとも１つの条件を含む請求項１９～２５のいずれか一項に記載の検査方法。

[請求項27] 前記照明条件は、前記基板の表面に入射する偏光光の入射角と、前記基板の表面に入射する偏光光の波長と、前記基板の表面に入射する偏光光の偏光方向との少なくとも１つの条件を含む請求項２６に記載の検査方法。

[請求項28] 前記検出条件は、前記基板の表面から射出した光を検出するときの該光の受光角と、前記基板の表面から射出した光を検出するときの該光の偏光方向との少なくとも１つの条件を含む請求項２６に記載の検査方法。

[請求項29] 前記姿勢条件は、前記偏光光で照明される基板に形成されたパターンの繰り返し方向の方位と、前記基板の傾斜角度との少なくとも１つの条件を含む請求項２６に記載の検査方法。

[請求項30] 前記基板の表面を偏光光で照明することは、前記基板の表面に直線偏光光を照射することである請求項１９～２９のいずれか一項に記載の検査方法。

[請求項31] 前記光の偏光の状態を規定する条件を検出することは、前記基板の表面から正反射した光を受光し、該光の前記偏光の状態を規定する条件を検出することを含む請求項１９～３０のいずれか一項に記載の検査方法。

[請求項32] 前記検査対象基板の表面に形成された前記検査対象のパターンは、露光装置による露光を含むリソグラフィ工程を経て形成され、

前記加工条件を判定するときの加工条件は、前記露光装置における露光量及びフォーカス状態の少なくとも一方を含む請求項１９～３１のいずれか一項に記載の検査方法。

[請求項33] 前記パターンが表面に形成された前記基板の表面を前記偏光光で照明するときに、前記基板の表面の全面を照明し、

前記基板の表面から射出した光を受光するときに、前記基板の表面の全面の像を撮像する請求項１９～３２のいずれか一項に記載の検査方法。

[請求項34] 前記パターンが表面に形成された前記基板の表面を前記偏光光で照明するときに、前記基板の表面の一部を照明し、

前記基板の表面から射出した光を受光するときに、前記基板の表面の一部の像を撮像し、

前記偏光光が前記基板の表面の全面に順次照射されるように、前記基板を移動することを含む請求項１９～３２のいずれか一項に記載の検査方法。

[請求項35] 基板の表面にパターンを露光し、

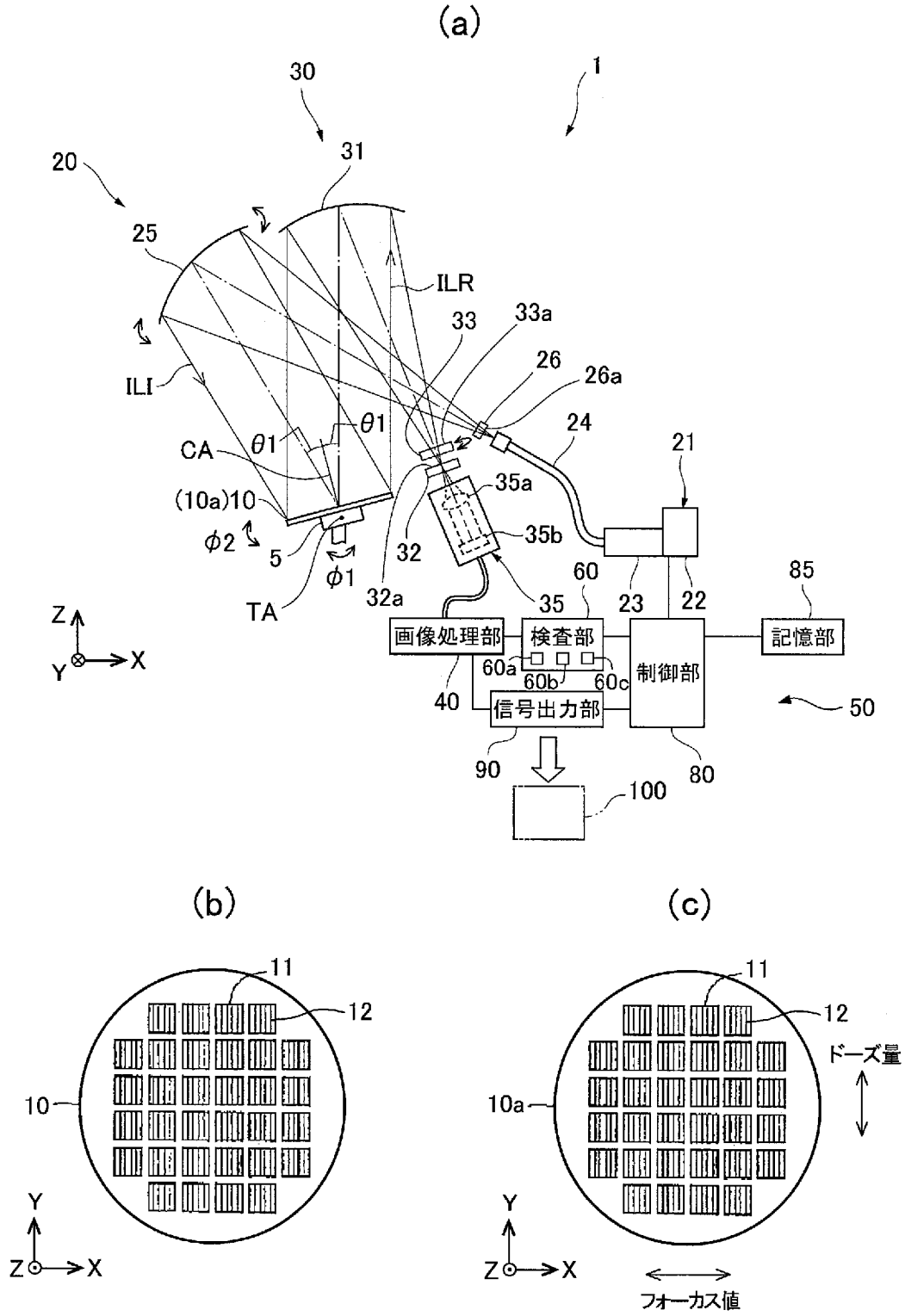
請求項１９～３４のいずれか一項に記載の検査方法を用いて前記パターンの前記加工条件を判定し、

前記検査方法によって判定される前記加工条件に応じて前記基板の露光時の加工条件を補正する露光方法。

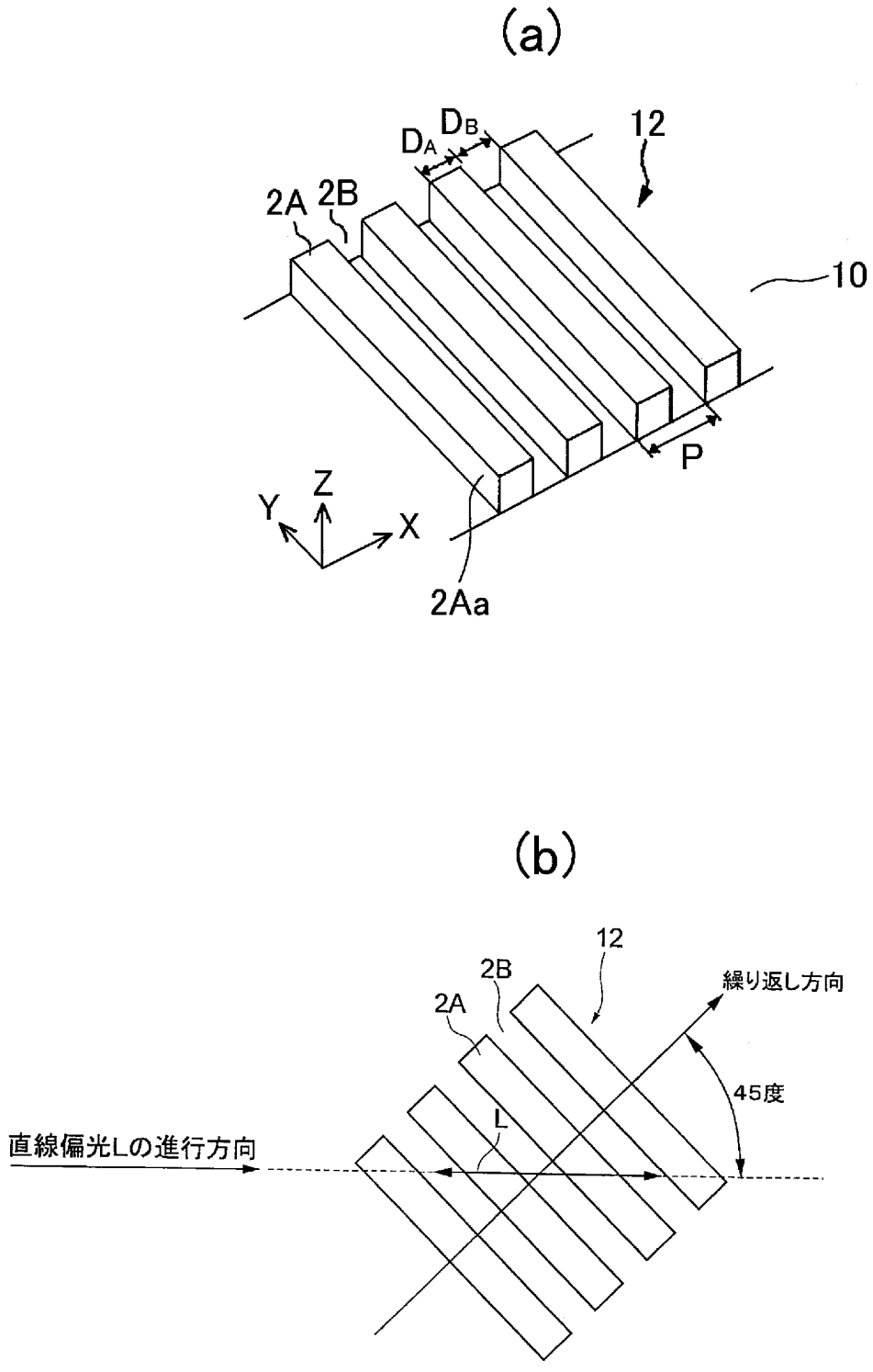
[請求項36] 基板の表面にパターンを設けるリソグラフィ工程を有するデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程で請求項３５に記載の露光方法を用いるデバイス製造方法。

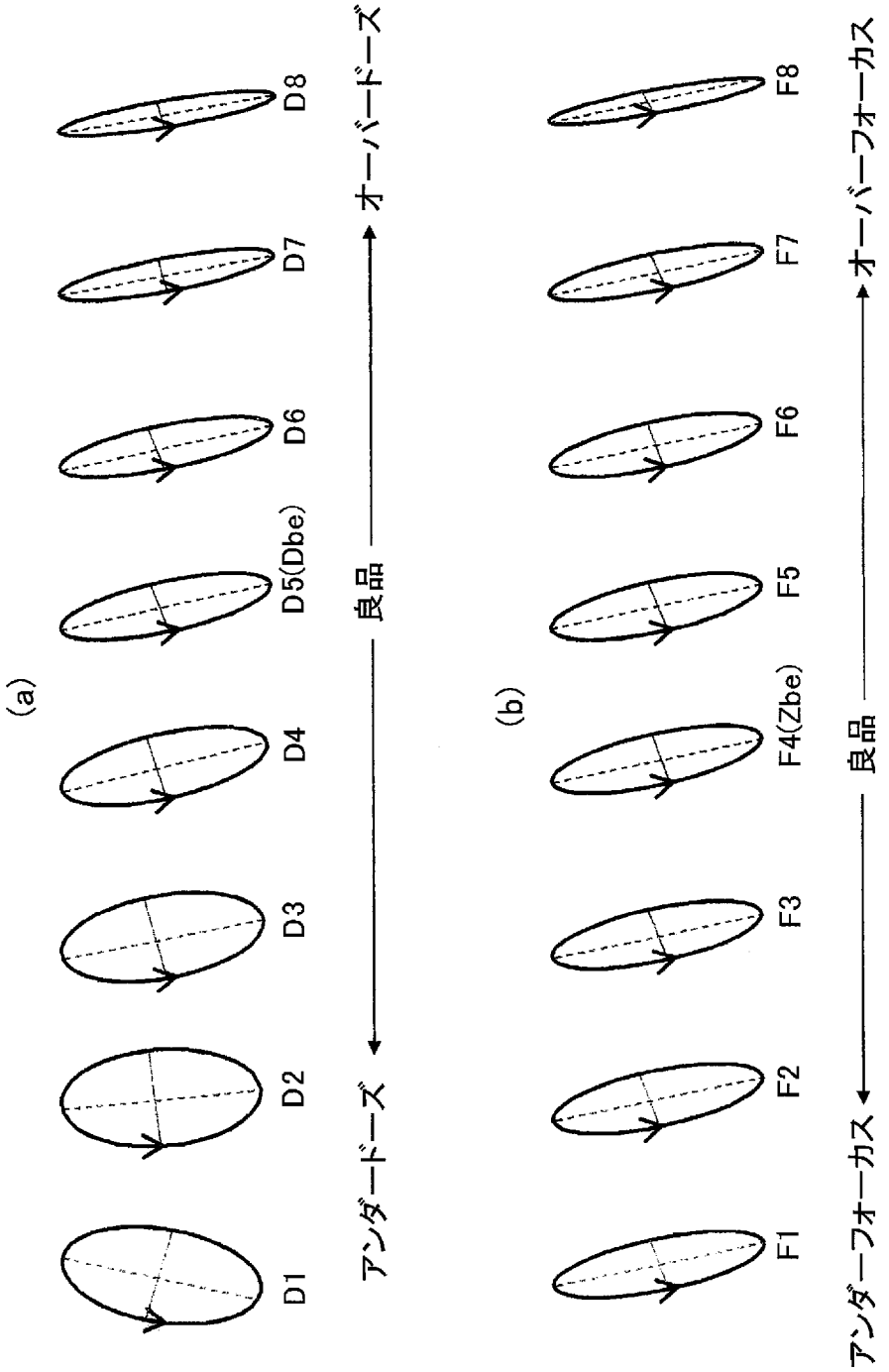
[図1]


(a)
30
1
31
20
25
ILR
33
33a
26
26a
ILI
θ1
CA
θ1
24
21
35a
(10a)10
φ2
5
35b
32
φ1
60
85
32a
35
23
22
TA
Z
Y
X
画像処理部
検査部
記憶部
60a
60b
60c
制御部
40
信号出力部
50
90
80
100
(b)
(c)
11
12
10
Y
Z
X
11
12
ドーズ量
10a
Y
Z
X
フォーカス値

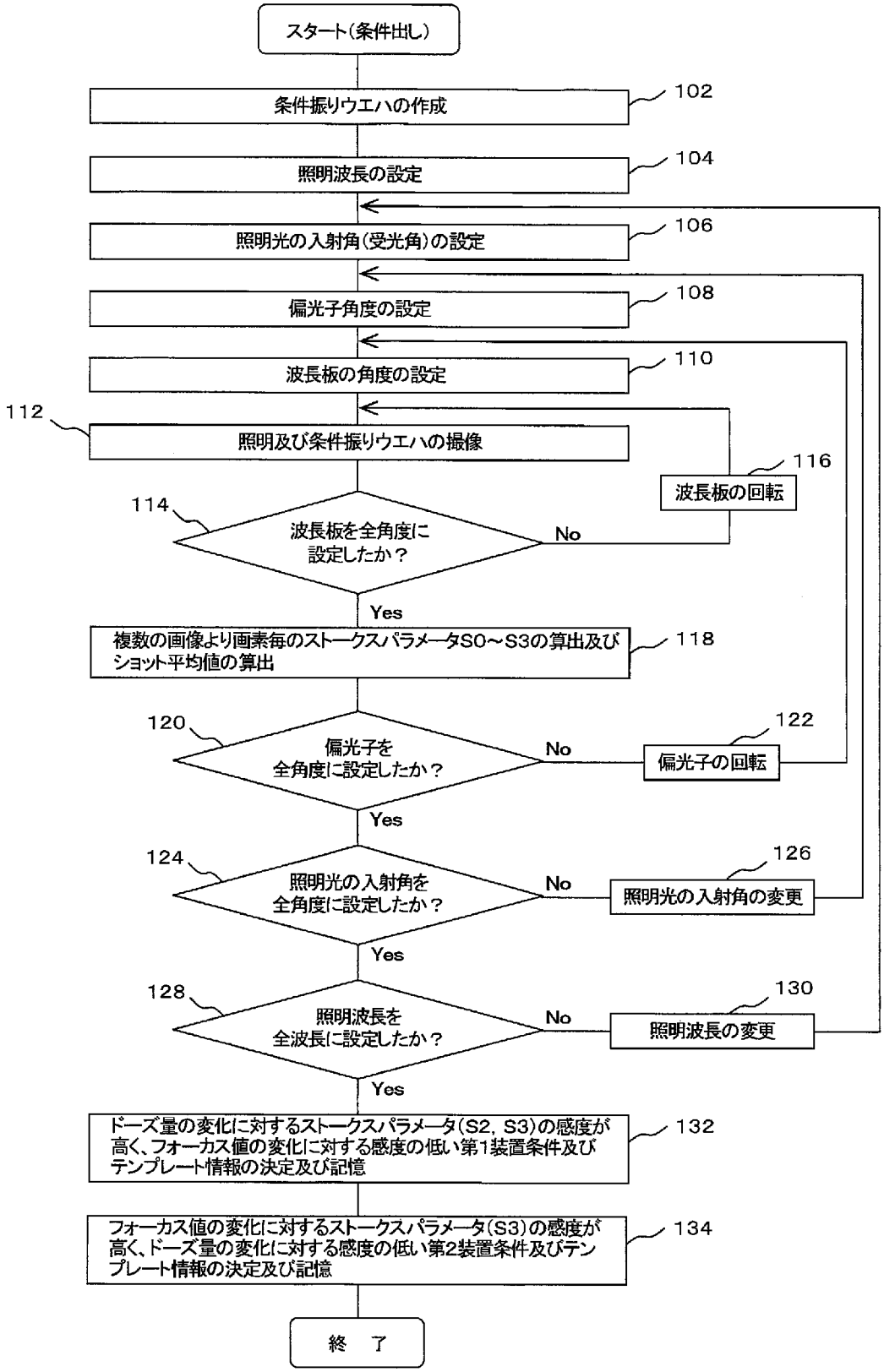
[図2]



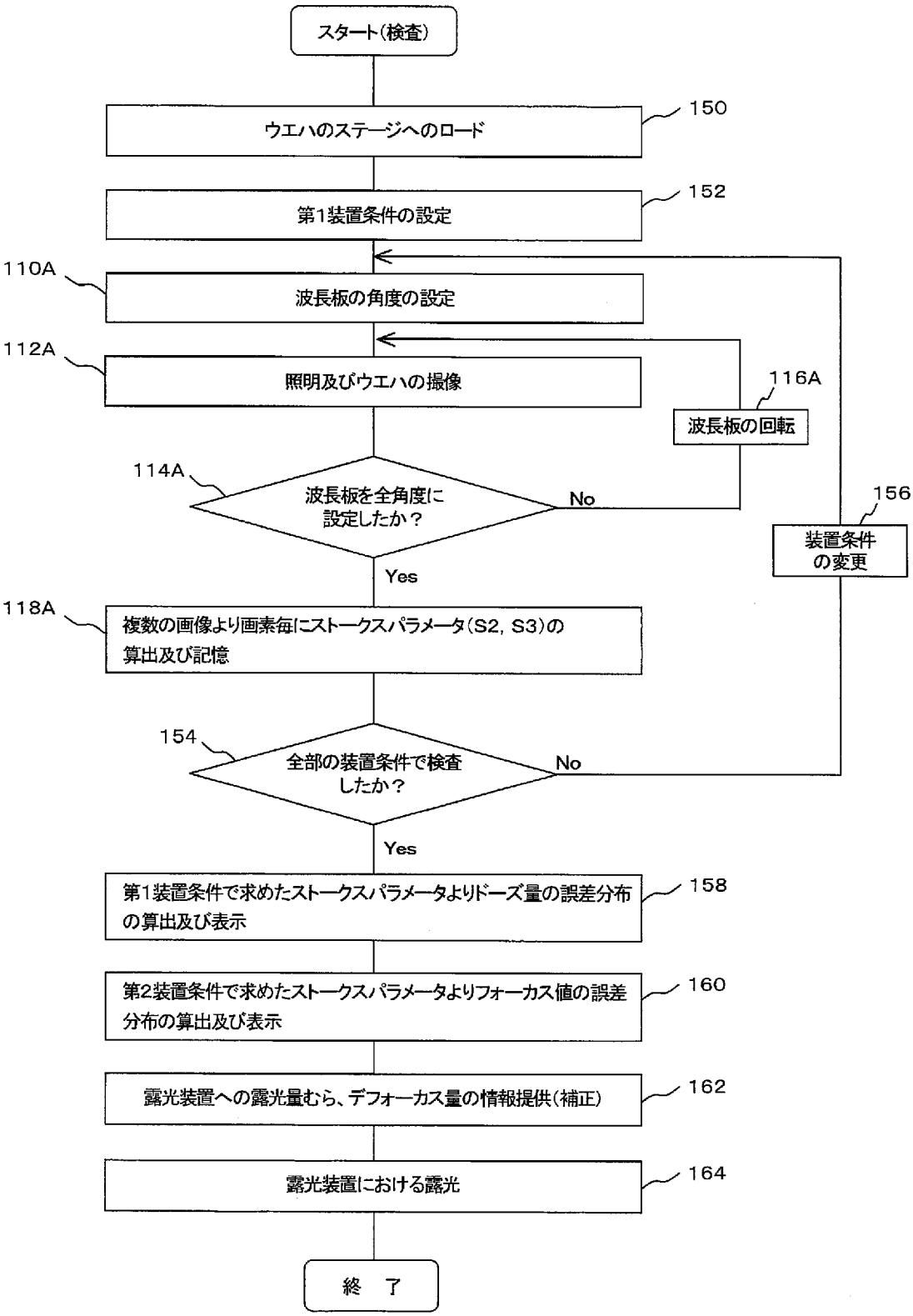
[図3]


(a)
D1
D2
D3
D4
D5(Dbe)
D6
D7
D8
アンダードーズ
良品
オーバードーズ
(b)
F1
F2
F3
F4(Zbe)
F5
F6
F7
F8
アンダーフォーカス
良品
オーバーフォーカス

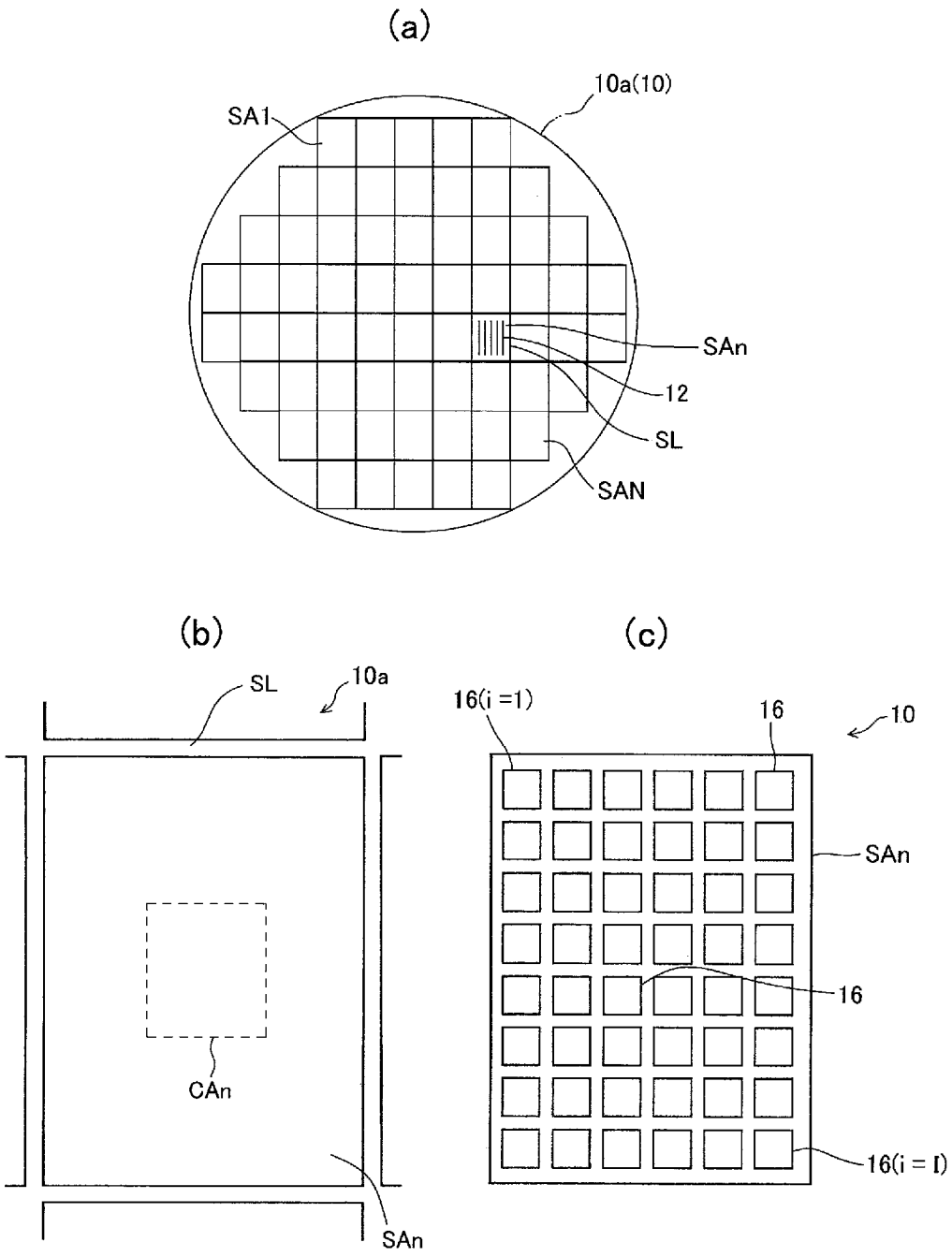
[図4]


スタート(条件出し)
条件振りウエハの作成
102
照明波長の設定
104
照明光の入射角(受光角)の設定
106
偏光子角度の設定
108
波長板の角度の設定
110
112
照明及び条件振りウエハの撮像
116
波長板の回転
114
波長板を全角度に設定したか？
No
Yes
複数の画像より画素毎のストークスパラメータS0～S3の算出及びショット平均値の算出
118
120
偏光子を全角度に設定したか？
No
122
偏光子の回転
Yes
124
照明光の入射角を全角度に設定したか？
No
126
照明光の入射角の変更
Yes
128
照明波長を全波長に設定したか？
No
130
照明波長の変更
Yes
ドーズ量の変化に対するストークスパラメータ(S2, S3)の感度が高く、フォーカス値の変化に対する感度の低い第1装置条件及びテンプレート情報の決定及び記憶
132
フォーカス値の変化に対するストークスパラメータ(S3)の感度が高く、ドーズ量の変化に対する感度の低い第2装置条件及びテンプレート情報の決定及び記憶
134
終 了

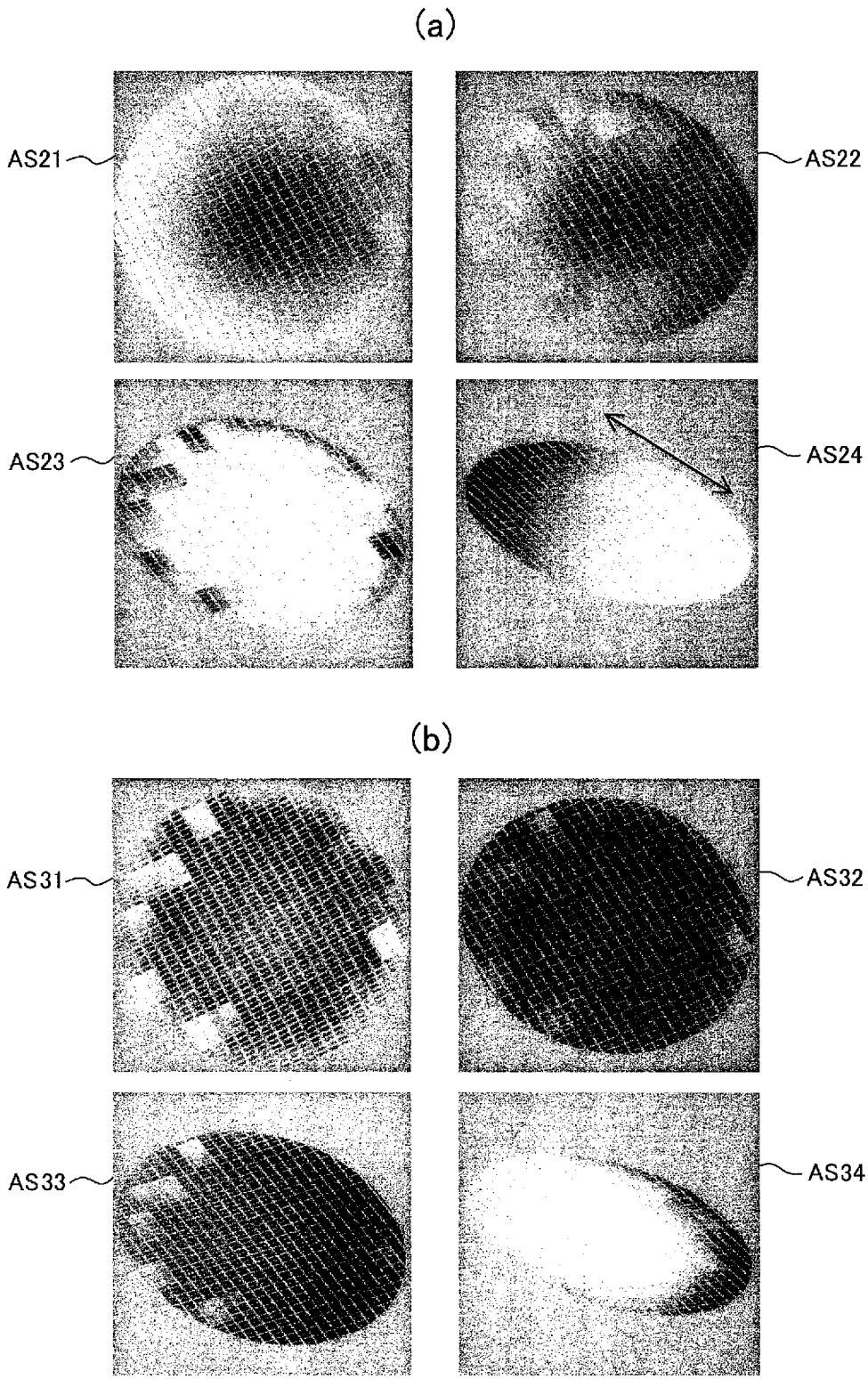
[図5]


スタート(検査)
ウエハのステージへのロード
150
第1装置条件の設定
152
110A
波長板の角度の設定
112A
照明及びウエハの撮像
116A
波長板の回転
114A
波長板を全角度に設定したか？
No
156
装置条件の変更
Yes
118A
複数の画像より画素毎にストークスパラメータ(S2, S3)の算出及び記憶
154
全部の装置条件で検査したか？
No
Yes
第1装置条件で求めたストークスパラメータよりドーズ量の誤差分布の算出及び表示
158
第2装置条件で求めたストークスパラメータよりフォーカス値の誤差分布の算出及び表示
160
露光装置への露光量むら、デフォーカス量の情報提供(補正)
162
露光装置における露光
164
終　了

[図6]

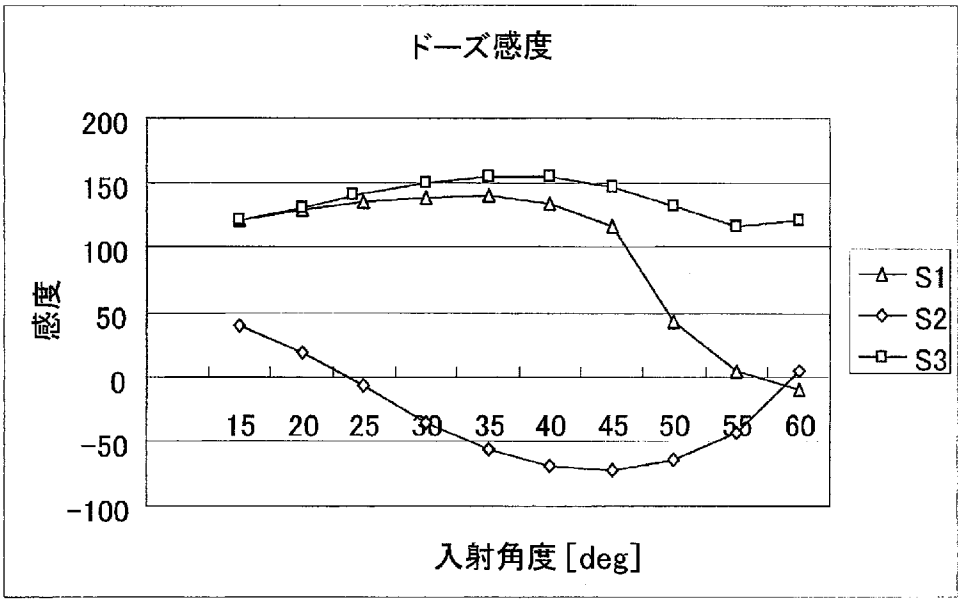


[図7]

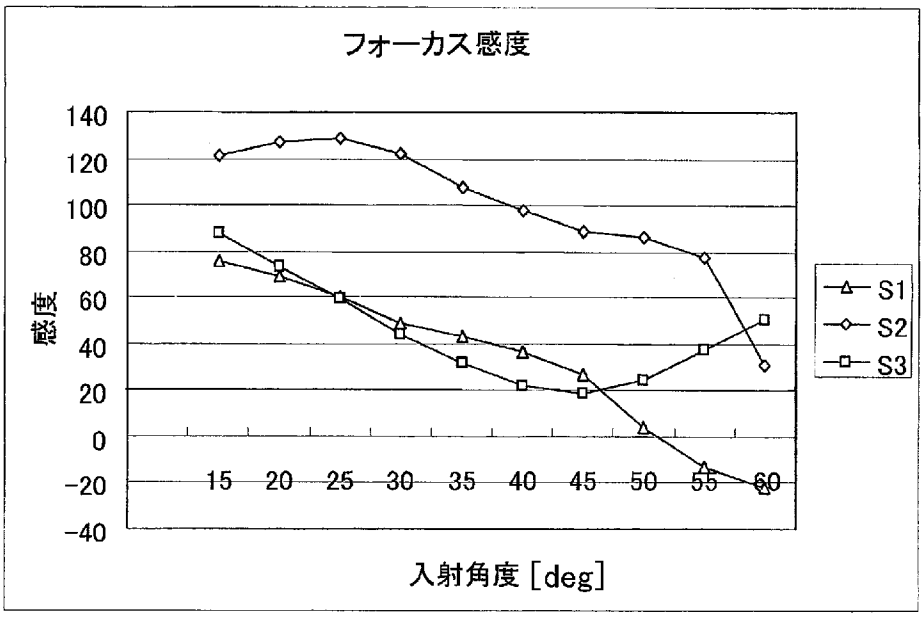


[図8]

(a)

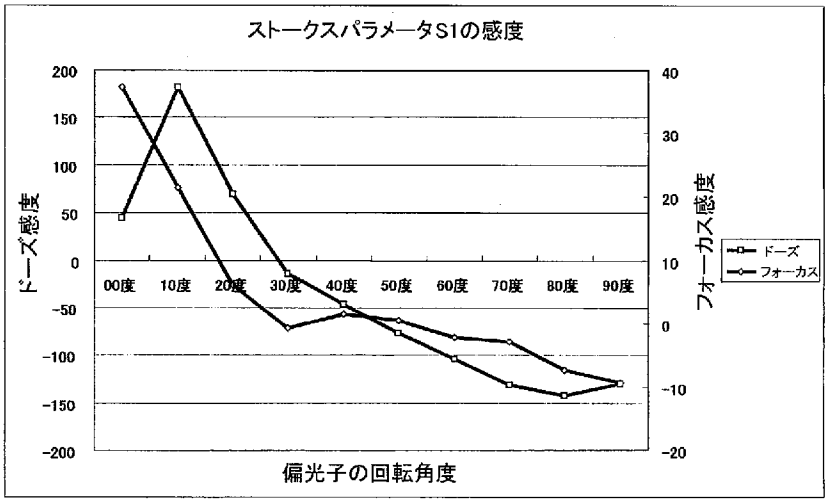

ドーズ感度
200
150
100
50
0
-50
-100
感度
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60
入射角度 [deg]
S1
S2
S3

(b)

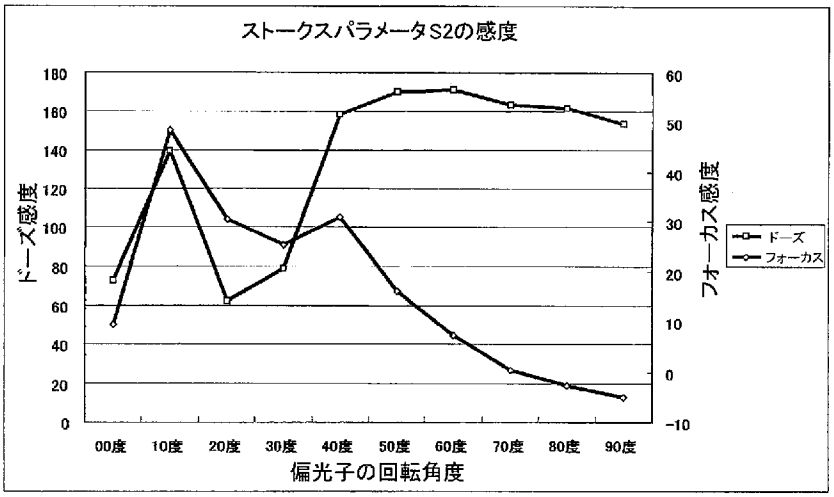

フォーカス感度
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
感度
15 20 25 30 35 40 45 50 55 60
入射角度 [deg]
S1
S2
S3

[図9]

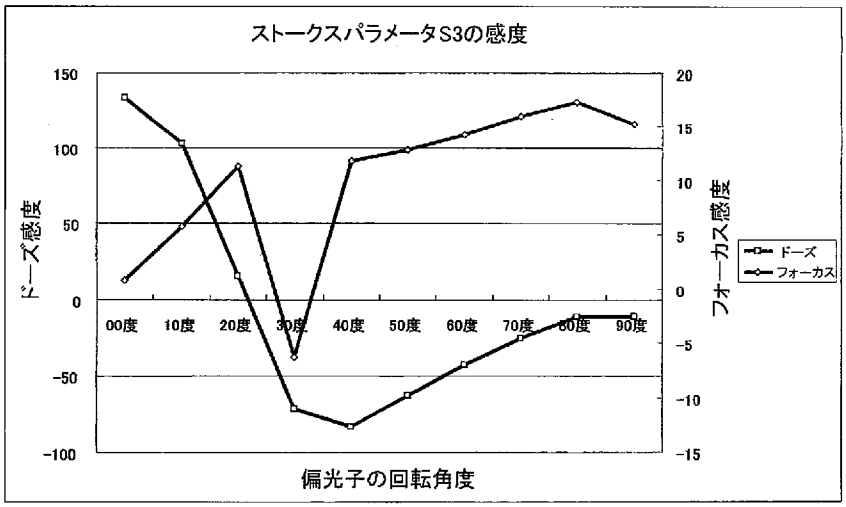
(a)


ストークスパラメータS1の感度
ドーズ感度
フォーカス感度
偏光子の回転角度
ドーズ
フォーカス
00度
10度
20度
30度
40度
50度
60度
70度
80度
90度

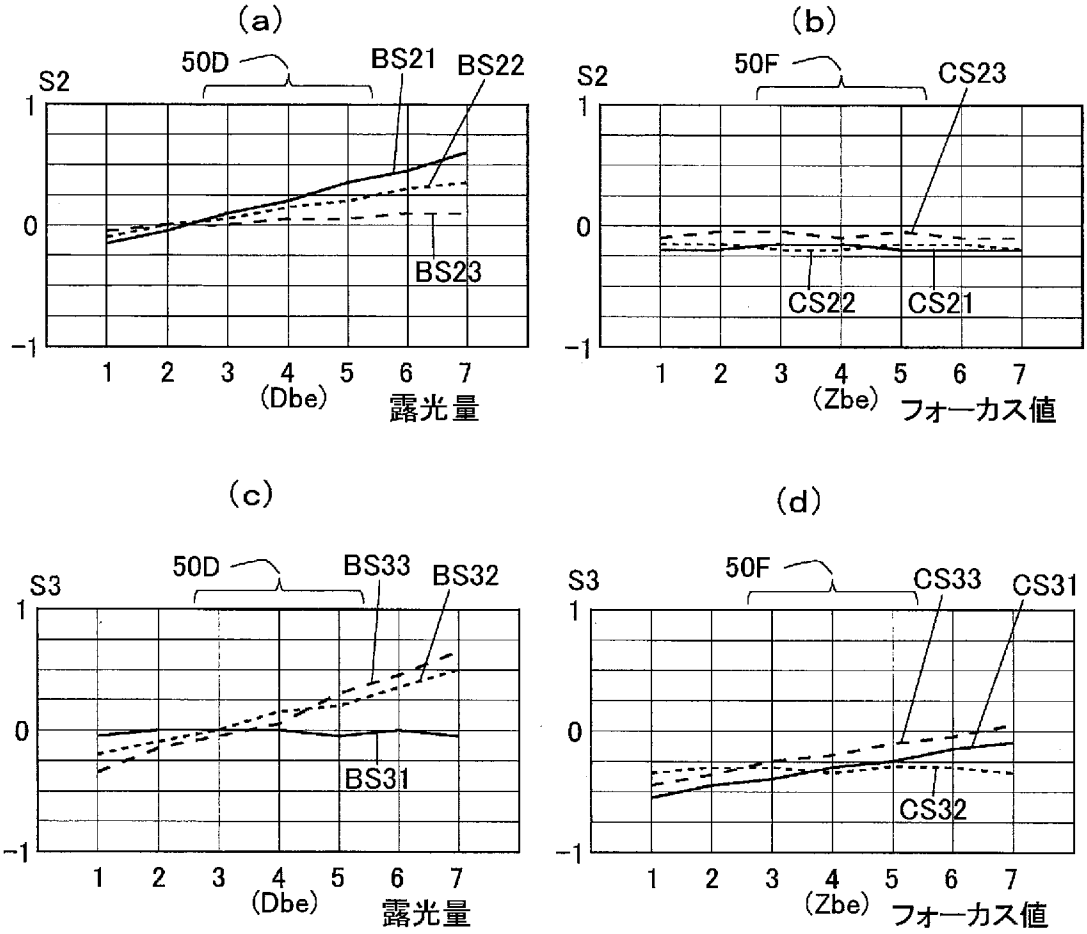
(b)


ストークスパラメータS2の感度
ドーズ感度
フォーカス感度
偏光子の回転角度
ドーズ
フォーカス
00度
10度
20度
30度
40度
50度
60度
70度
80度
90度

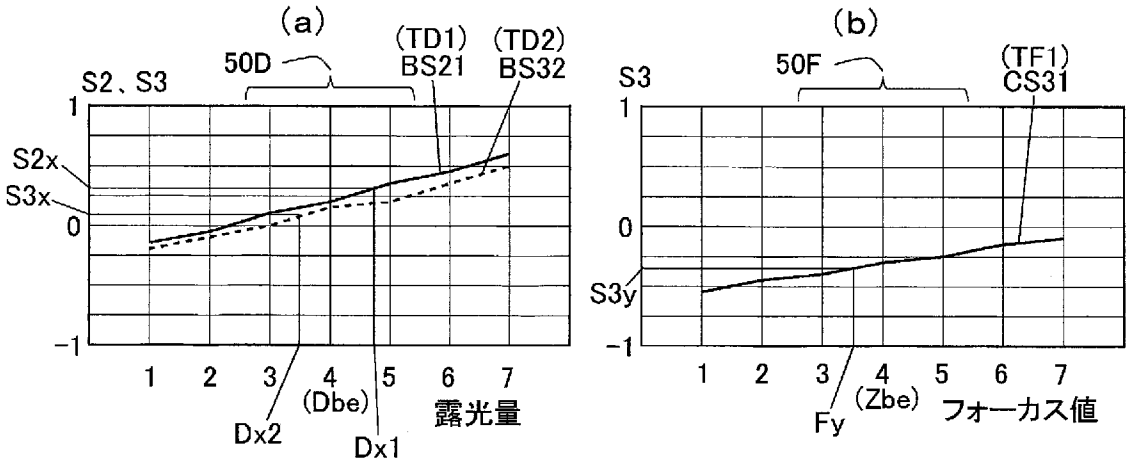
(c)


ストークスパラメータS3の感度
ドーズ感度
フォーカス感度
偏光子の回転角度
ドーズ
フォーカス
00度
10度
20度
30度
40度
50度
60度
70度
80度
90度

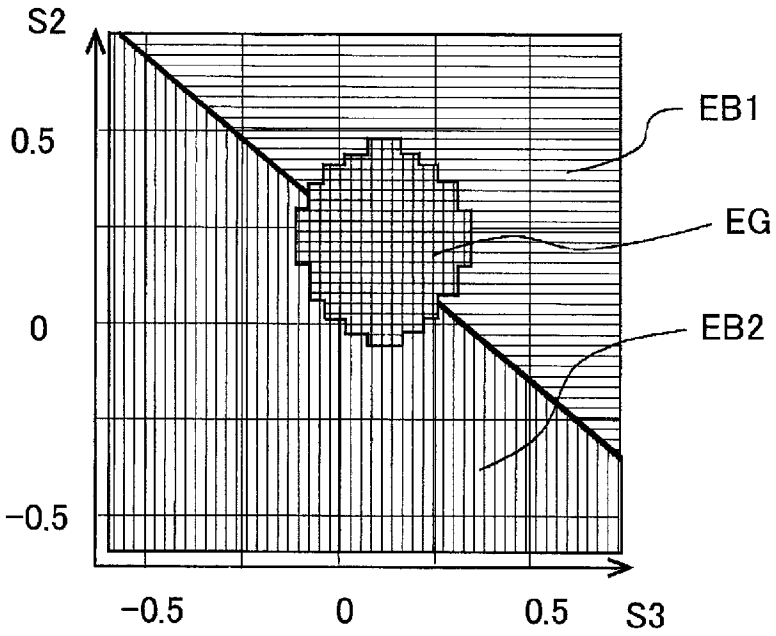
[図10]


(a)
S2
50D
BS21
BS22
BS23
1
0
-1
1 2 3 4 5 6 7
(Dbe)
露光量
(b)
S2
50F
CS23
CS22
CS21
1
0
-1
1 2 3 4 5 6 7
(Zbe)
フォーカス値
(c)
S3
50D
BS33
BS32
BS31
1
0
-1
1 2 3 4 5 6 7
(Dbe)
露光量
(d)
S3
50F
CS33
CS31
CS32
1
0
-1
1 2 3 4 5 6 7
(Zbe)
フォーカス値

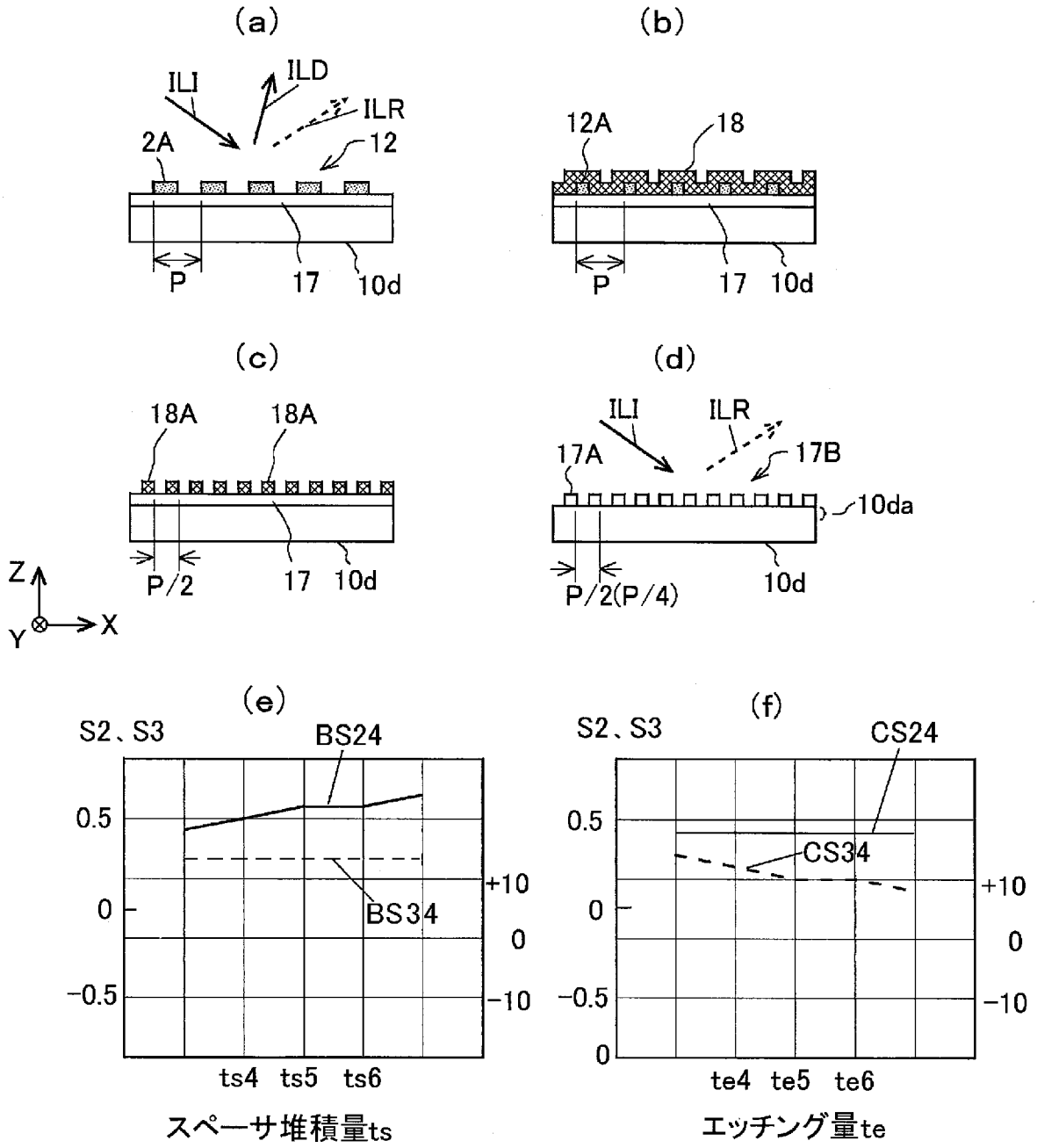
[図11]


(a)
S2、S3
50D
(TD1)
BS21
(TD2)
BS32
S2x
S3x
1
0
-1
1 2 3 4 5 6 7
(Dbe)
Dx2
Dx1
露光量
(b)
S3
50F
(TF1)
CS31
S3y
1
0
-1
1 2 3 4 5 6 7
Fy
(Zbe)
フォーカス値

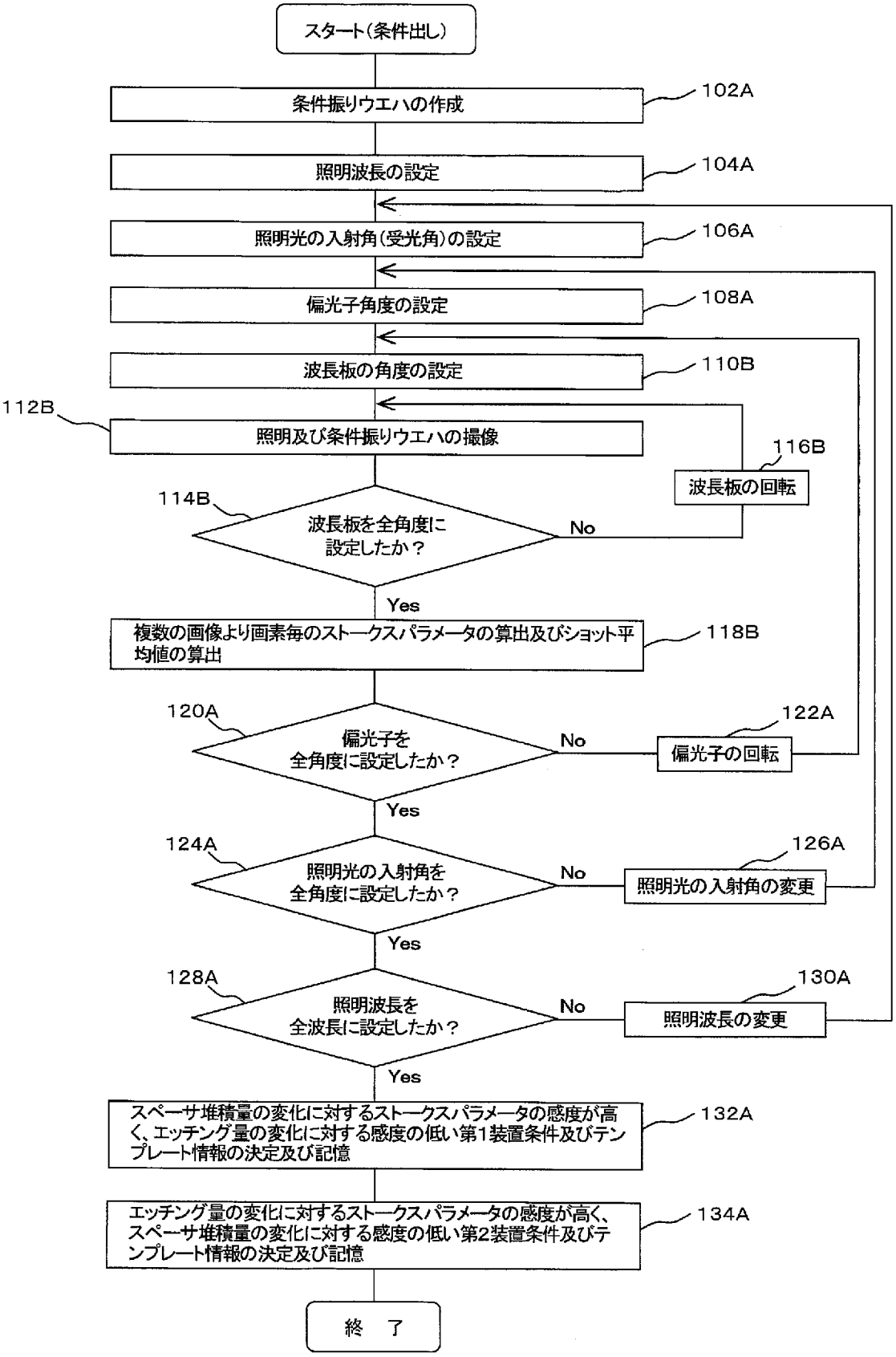
[図12]



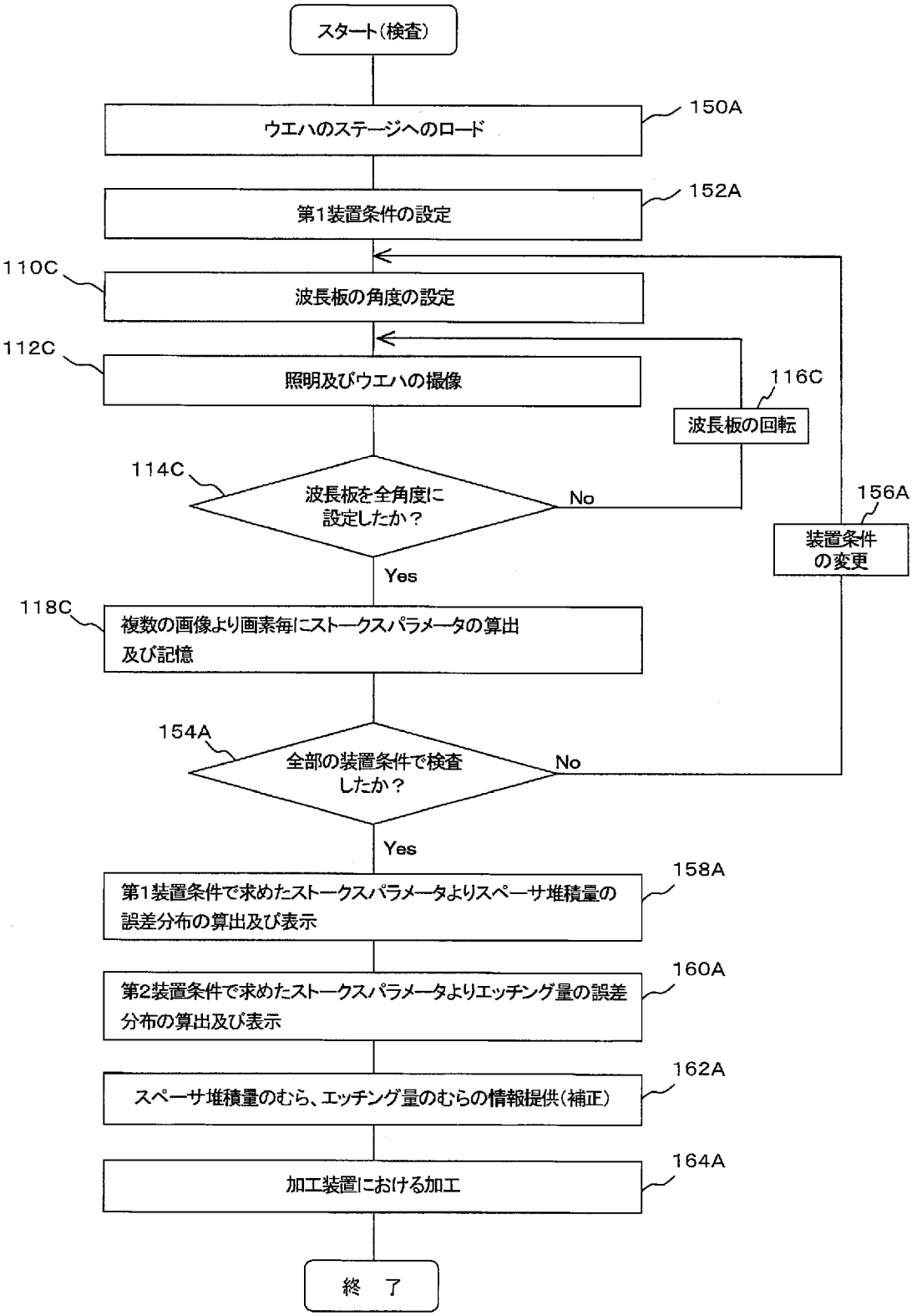
[図13]


(a)
ILI
ILD
ILR
2A
12
P
17
10d
(b)
12A
18
P
17
10d
(c)
18A
18A
P/2
17
10d
Z
Y
X
(d)
ILI
ILR
17A
17B
10da
P/2(P/4)
10d
(e)
S2、S3
BS24
BS34
0.5
0
-0.5
+10
0
-10
ts4
ts5
ts6
スペーサ堆積量ts
(f)
S2、S3
CS24
CS34
0.5
0
-0.5
+10
0
-10
te4
te5
te6
エッチング量te

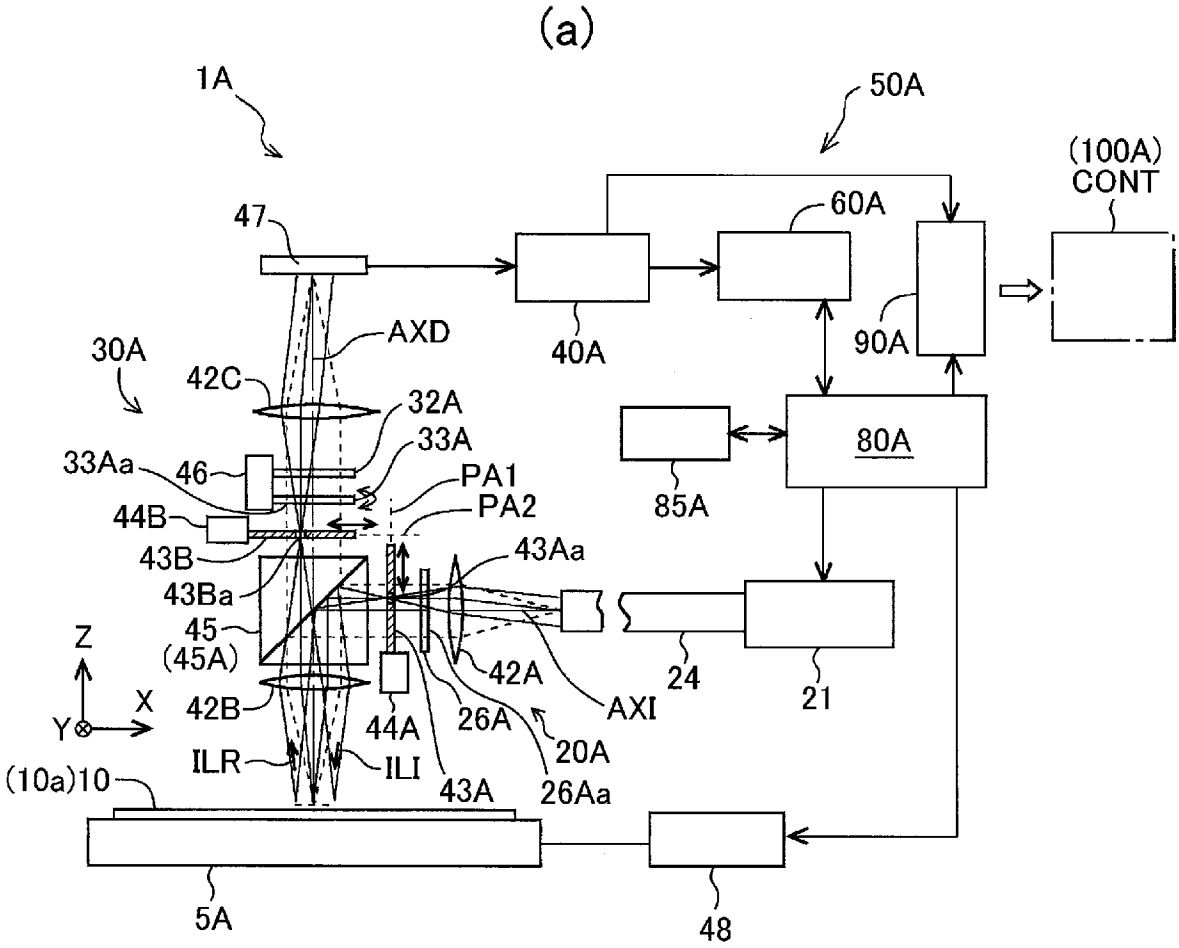
[図14]


スタート(条件出し)
条件振りウエハの作成
102A
照明波長の設定
104A
照明光の入射角(受光角)の設定
106A
偏光子角度の設定
108A
波長板の角度の設定
110B
112B
照明及び条件振りウエハの撮像
116B
波長板の回転
114B
波長板を全角度に設定したか？
No
Yes
複数の画像より画素毎のストークスパラメータの算出及びショット平均値の算出
118B
120A
偏光子を全角度に設定したか？
No
122A
偏光子の回転
Yes
124A
照明光の入射角を全角度に設定したか？
No
126A
照明光の入射角の変更
Yes
128A
照明波長を全波長に設定したか？
No
130A
照明波長の変更
Yes
スペーサ堆積量の変化に対するストークスパラメータの感度が高く、エッチング量の変化に対する感度の低い第1装置条件及びテンプレート情報の決定及び記憶
132A
エッチング量の変化に対するストークスパラメータの感度が高く、スペーサ堆積量の変化に対する感度の低い第2装置条件及びテンプレート情報の決定及び記憶
134A
終　了

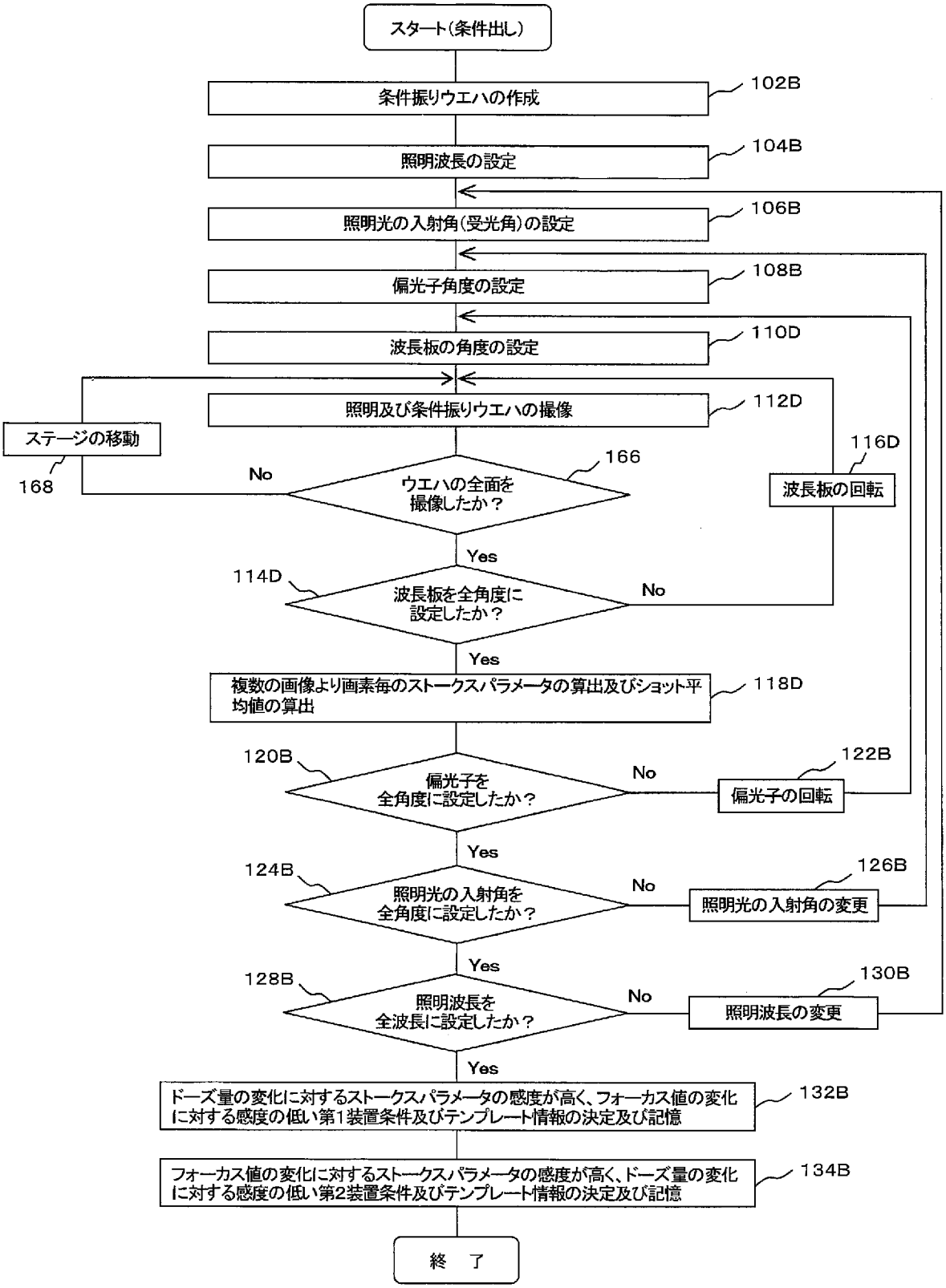
[図15]


スタート(検査)
ウエハのステージへのロード
150A
第1装置条件の設定
152A
110C
波長板の角度の設定
112C
照明及びウエハの撮像
116C
波長板の回転
114C
波長板を全角度に設定したか？
No
156A
装置条件の変更
Yes
118C
複数の画像より画素毎にストークスパラメータの算出及び記憶
154A
全部の装置条件で検査したか？
No
Yes
158A
第1装置条件で求めたストークスパラメータよりスペーサ堆積量の誤差分布の算出及び表示
160A
第2装置条件で求めたストークスパラメータよりエッチング量の誤差分布の算出及び表示
162A
スペーサ堆積量のむら、エッチング量のむらの情報提供(補正)
164A
加工装置における加工
終 了

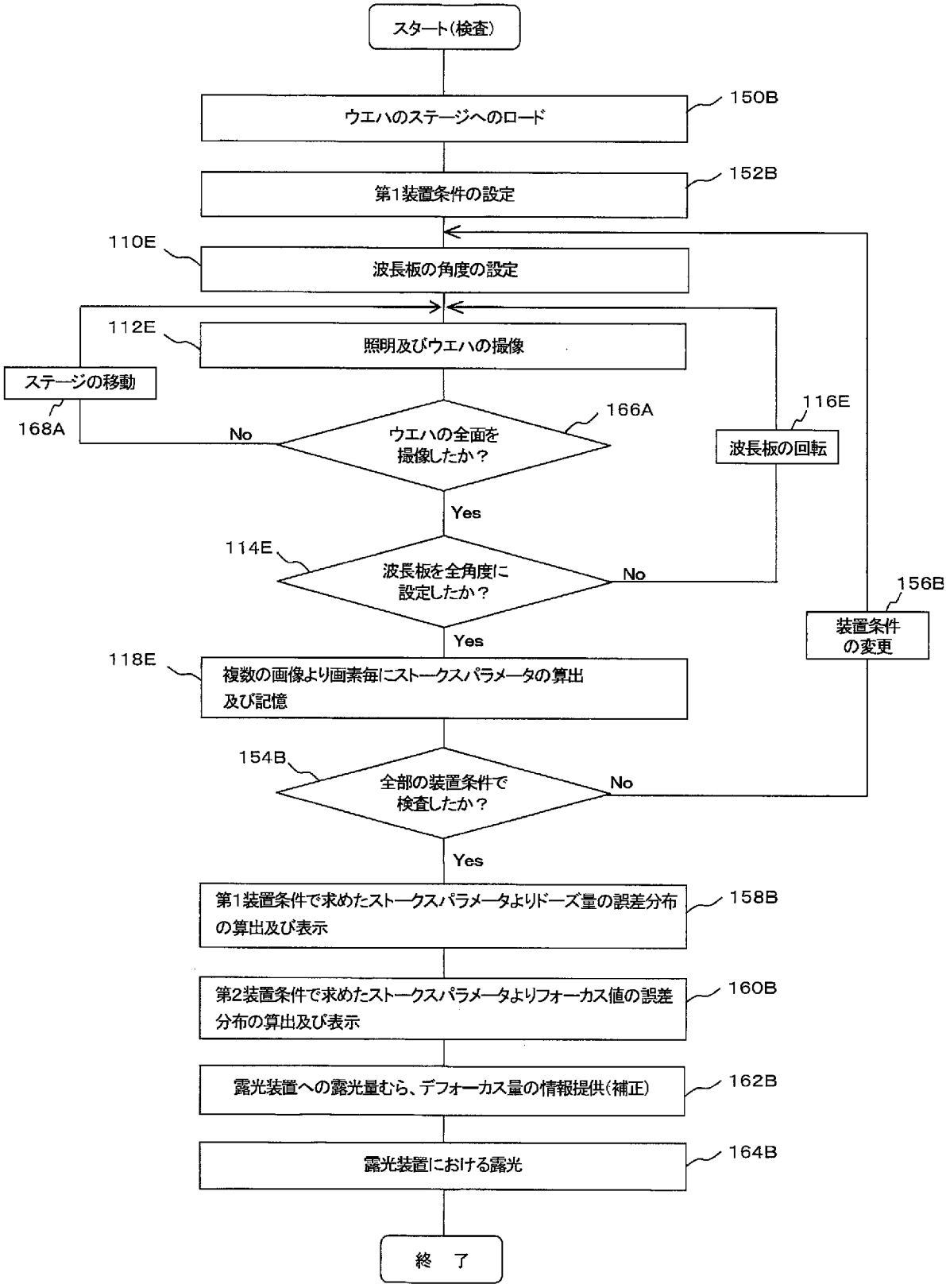
[図16]


(a)
1A
50A
(100A)
CONT
47
60A
40A
90A
AXD
30A
42C
32A
33A
33Aa
46
PA1
PA2
44B
80A
85A
43B
43Aa
43Ba
45
(45A)
Z
X
Y
42A
24
21
42B
44A
26A
AXI
20A
ILR
ILI
43A
26Aa
(10a)10
5A
48
(b)
ILS
100A
R
RST
CONT
1A
PL
10
WST

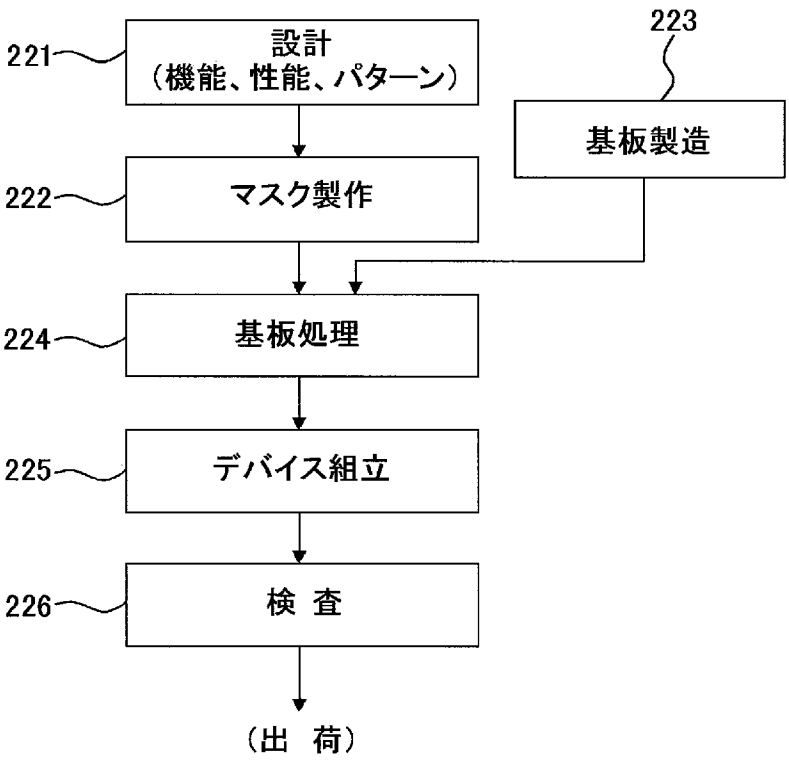
[図17]


スタート(条件出し)
条件振りウエハの作成
102B
照明波長の設定
104B
照明光の入射角(受光角)の設定
106B
偏光子角度の設定
108B
波長板の角度の設定
110D
照明及び条件振りウエハの撮像
112D
ステージの移動
168
No
ウエハの全面を撮像したか？
166
116D
波長板の回転
Yes
114D
波長板を全角度に設定したか？
No
Yes
複数の画像より画素毎のストークスパラメータの算出及びショット平均値の算出
118D
120B
偏光子を全角度に設定したか？
No
122B
偏光子の回転
Yes
124B
照明光の入射角を全角度に設定したか？
No
126B
照明光の入射角の変更
Yes
128B
照明波長を全波長に設定したか？
No
130B
照明波長の変更
Yes
ドーズ量の変化に対するストークスパラメータの感度が高く、フォーカス値の変化に対する感度の低い第1装置条件及びテンプレート情報の決定及び記憶
132B
フォーカス値の変化に対するストークスパラメータの感度が高く、ドーズ量の変化に対する感度の低い第2装置条件及びテンプレート情報の決定及び記憶
134B
終　了

[図18]


スタート(検査)
ウエハのステージへのロード
150B
第1装置条件の設定
152B
110E
波長板の角度の設定
112E
照明及びウエハの撮像
ステージの移動
168A
No
ウエハの全面を撮像したか？
166A
116E
波長板の回転
Yes
114E
波長板を全角度に設定したか？
No
156B
装置条件の変更
Yes
118E
複数の画像より画素毎にストークスパラメータの算出及び記憶
154B
全部の装置条件で検査したか？
No
Yes
第1装置条件で求めたストークスパラメータよりドーズ量の誤差分布の算出及び表示
158B
第2装置条件で求めたストークスパラメータよりフォーカス値の誤差分布の算出及び表示
160B
露光装置への露光量むら、デフォーカス量の情報提供(補正)
162B
露光装置における露光
164B
終　了

[図19]


221
設計
（機能、性能、パターン）
223
基板製造
222
マスク製作
224
基板処理
225
デバイス組立
226
検 査
（出 荷）

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/084890

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N21/956(2006.01)i, *G01J4/04*(2006.01)i, *H01L21/027*(2006.01)i, *H01L21/66*(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)
G01N21/956, G01J4/04, H01L21/027, H01L21/66

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y	WO 2010/052934 A1 (Nikon Corp.), 14 May 2010 (14.05.2010), paragraphs [0001], [0008], [0027] to [0075]; fig. 6 to 9 & US 2011/0235038 A1 & US 2013/0070244 A1 & CN 102203589 A & TW 201022663 A & KR 10-2011-0086727 A	1-36
Y	JP 2010-096596 A (Nikon Corp.), 30 April 2010 (30.04.2010), paragraphs [0036] to [0039]; fig. 8 to 9 (Family: none)	1-36
A	JP 2011-099822 A (Nikon Corp.), 19 May 2011 (19.05.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-36

☒ 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	Date of mailing of the international search report
13 March, 2014 (13.03.14)	25 March, 2014 (25.03.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/084890

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	JP 2013-108779 A (Nikon Corp.), 06 June 2013 (06.06.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-36

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０８４８９０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01N21/956(2006.01)i, G01J4/04(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i, H01L21/66(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.　G01N21/956, G01J4/04, H01L21/027, H01L21/66

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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
Y	WO 2010/052934 A1（株式会社ニコン）2010.05.14, 段落 0001,0008,0027～0075 及び図６～９ & US 2011/0235038 A1 & US 2013/0070244 A1 & CN 102203589 A & TW 201022663 A & KR 10-2011-0086727 A	1-36
Y	JP 2010-096596 A（株式会社ニコン）2010.04.30, 段落 0036～0039 及び図８～９（ファミリーなし）	1-36

☑　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 １３．０３．２０１４	国際調査報告の発送日 ２５．０３．２０１４
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　４４５７ 久保田　創 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７４

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 2011-099822 A (株式会社ニコン) 2011.05.19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36
P, A	JP 2013-108779 A (株式会社ニコン) 2013.06.06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-36