

(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
2016年6月23日(23.06.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/098795 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 23/04 (2006.01) *G01B 15/00* (2006.01)
G01N 23/083 (2006.01) *G01B 15/08* (2006.01)
G01N 23/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/085155
- (22) 国際出願日: 2015年12月16日(16.12.2015)
- (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 2014-257691 2014年12月19日(19.12.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立ハイテクノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 中尾 敏之(NAKAO Toshiyuki); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 浦野 雄太(URANO Yuta); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 帳開鋒(ZHANG Kaifeng); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 笹澤 秀明(SASAZAWA Hideaki); 〒

1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号
株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).

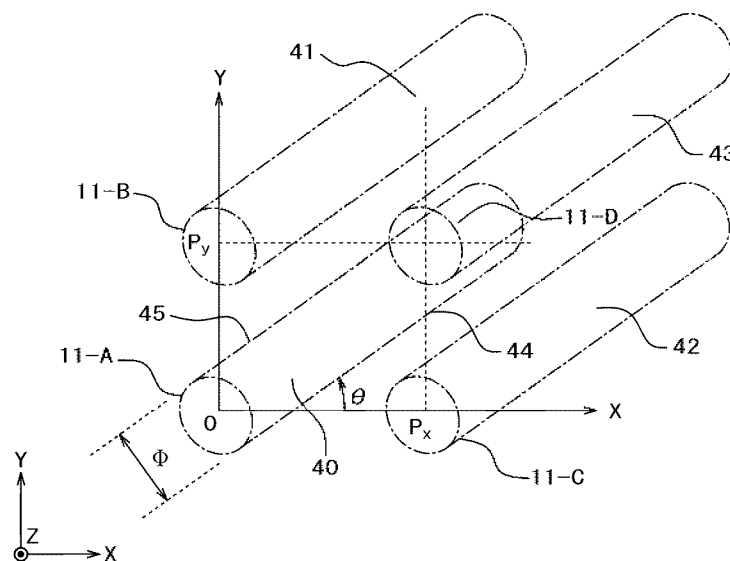
- (74) 代理人: 青稜特許業務法人(SEIRYO I.P.C.); 〒1040032 東京都中央区八丁堀二丁目2番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロパ (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).

[続葉有]

(54) Title: X-RAY INSPECTION METHOD AND DEVICE

(54) 発明の名称: X線検査方法及び装置

[図7]



sample are detected with the position of the detector set to the detection elevation angle which has been determined.

(57) 要約:

(57) Abstract: In this method, in order to detect internal defects with high accuracy and without causing the overlapping of adjacent TSV transmission images when inspecting, using an X-ray transmission image, internal defects in a TSV formed in a semiconductor wafer, defects inside a TSV formed on a sample are detected by irradiating the sample with X-rays emitted from an X-ray source, detecting the X-rays, and processing an X-ray transmission image. Therein, the detection, using an X-ray detector, of X-rays transmitted through the sample is configured such that: the detection azimuth of the X-rays, which are transmitted through the sample and detected by the X-ray detector, relative to the sample, and the detection elevation angle of the X-rays relative to the X-ray source are determined on the basis of information on the arrangement interval, depth, and planar shape of structures formed in the sample; the angle of rotation of a rotating stage on which the sample is mounted is adjusted in accordance with the detection azimuth which has been determined; and the X-rays that have been transmitted through the

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

半導体ウエハに形成された T S V の内部欠陥を X 線透過像で検査する際、隣接する T S V の透過像の重なりを発生させず、内部欠陥を高精度に検出するために、X 線源から発射した X 線を試料に照射して検出し X 線透過像を処理して試料に形成された T S V の内部の欠陥を検出する方法において、試料を透過した X 線を X 線検出器で検出することを、試料に形成された構造物の配列間隔、深さ、及び平面形状の情報に基づいて X 線検出器で検出する試料を透過した X 線の試料に対する検出方位角及び X 線源に対する検出仰角を決定し、決定した検出方位角に応じて試料を載置する回転ステージの回転角度を調整し、決定した検出仰角に検出器の位置を設定した状態で試料を透過した X 線を検出するようにした。

明 細 書

発明の名称： X線検査方法及び装置

技術分野

[0001] 本発明は半導体検査装置および方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体の高集積化が進み、近年では3D積層技術の進化も著しい。特に、TSV(Through Si Via)技術は次世代の半導体積層技術として期待されている。TSVの寸法は直径 $20\mu\text{m}$ 、深さ $80\mu\text{m}$ 程度であり、現行の3D積層に広く用いられているマイクロバンプよりも微小であり、かつアスペクト比が高い。このため、CuメッキでTSVを形成する際に発生するボイドが致命的な欠陥となりやすく、TSV内のボイド検査ニーズが高い。ボイド検出技術としては、X線を半導体ウエハ(以後、ウエハと記す)に照射し、その透過像より解析する手法が広く用いられており、特許文献1にはウエハ表面に鉛直な方向に対して傾斜させた方向からX線を照射して、ボイドを検出する技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-130392号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] TSVはアスペクト比が高く、かつ規則正しく整列しているため、傾斜させてX線透過像を取得すると、隣接するTSVの透過像が重なり、ボイド検出性能が低下する恐れがある。特許文献1には、45度傾斜させ(仰角方向)、少なくとも6つの方向(方位角方向)から透過像を取得する技術が記載されている。しかし、複数のTSVが狭いピッチで形成されているため、選定基準がない状態で任意に照射方位角を選んでも透過像の重なりを回避することは極めて困難である。

[0005] 本発明は、上記した課題を解決して、複数のTSVが狭いピッチで形成されている試料(ウエハ)であっても、複数のTSVの重なりを回避したX線透過像が得られてTSVの欠陥であるボイドを高精度且つ高速に検出できるようなX線検査方法及びその装置を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0006] 上記した課題を解決するために、本発明では、X線源から発射したX線を回転ステージ上に載置されている構造物が形成された検査対象の試料に照射し、X線が照射された試料を透過したX線をX線検出器で検出し、X線検出器で検出した試料の内部を透過したX線を検出した信号を画像処理部で処理してX線透過像を形成し、画像処理部で形成したX線透過像を欠陥判定部で処理して試料の内部に欠陥を検出するX線検査方法において、試料を透過したX線をX線検出器で検出することを、試料に形成された構造物の配列間隔、深さ、及び平面形状の情報に基づいてX線検出器で検出する試料を透過したX線の試料に対する検出方位角及びX線源に対する検出仰角を決定し、決定した検出方位角に応じて試料を載置する回転ステージの回転角度を調整し、決定した検出仰角に検出器の位置を設定した状態で試料を透過したX線を検出するようにした。

[0007] また、上記課題を解決するために、本発明では、X線源から発射したX線を回転ステージ上に載置されている構造物が形成された検査対象の試料に照射し、X線が照射された試料を透過したX線をX線検出器で検出し、X線検出器で検出した試料の内部を透過したX線を検出した信号を画像処理部で処理してX線透過像を形成し、画像処理部で形成したX線透過像を欠陥判定部で処理して試料の内部に欠陥を検出するX線検査方法において、X線検出器で検出した試料の内部を透過したX線を検出した信号を画像処理部で処理して形成したX線透過像を画面上に表示し、X線透過像を表示した画面上で試料に形成された構造物のX線透過像の重なりが発生しないように、又は構造物のX線透過像の重なりが最小となるようにX線検出器で検出する試料を透過したX線の試料に対する検出方位角及びX線源に対する検出仰角を決定す

るようにした。

[0008] 更に、上記課題を解決するために、本発明では、検査対象の試料を載置して平面内で回転可能な回転ステージと、X線を回転ステージに載置された試料に照射するX線源と、X線源により照射されて試料を透過したX線を検出するX線検出器と、X線検出器のX線源のX線を発射する位置に対する仰角を調整する揺動ステージと、X線検出器で検出した試料の内部を透過したX線を検出した信号を処理してX線透過像を形成する画像処理部と、画像処理部で形成したX線透過像を処理して試料の内部の欠陥を検出する欠陥判定部と回転ステージと揺動ステージとを制御する制御部とを備えたX線検査装置において、制御部は、試料に形成された構造物の配列間隔、深さ、及び平面形状の情報又は画像処理部で形成したX線透過像に基づいて、試料を載置する回転ステージの回転角度を制御してX線検出器の試料に対する検出方位角を設定し、揺動ステージのX線源のX線を発射する位置に対する揺動角度を制御してX線検出器のX線源に対する検出仰角を設定するようにした。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、複数のTSVが狭いピッチで形成されている試料(ウエハ)であっても、複数のTSVの重なりを回避したX線透過像が得られるようになり、欠陥であるTSVの内部のボイドを高精度かつ高速に検出できるようになった。

図面の簡単な説明

[0010] [図1A]本発明によるX線検査装置の概略構成図である。

[図1B]本発明によるX線検査装置の制御部の構成を示すブロック図である。

[図2]ウエハの平面図である。

[図3]ウエハの断面図である。

[図4]ウエハに対して傾斜した方向からX線を照射した場合に得られるX線透過像の説明図である。

[図5]ウエハに対して傾斜した方向からX線を照射した場合に得られるX線透過像における、TSV像の長さの説明図である。

[図6]傾斜角度とTSV透過像の長さの関係を表す図である。

[図7]ウエハ面内方向でウエハを回転させた場合のTSV透過像の重なりを説明する図である。

[図8]透過像の重なりがない場合に得られるX線検出画像の一例である。

[図9]本発明の実施例1におけるGUIの一例である。

[図10A]本発明の実施例1における検査手順を示すフロー図である。

[図10B]本発明の実施例1における欠陥判定の手順を示すフロー図である。

[図10C]本発明の実施例1における入出力部に表示する画面の正面図である。

[図11]本発明の実施例1におけるX線検出器が回転することで、X線照射角度を変化させる場合の装置構成図である。

[図12]本発明の実施例1におけるX線源とX線検出器が回転することで、X線照射角度を変化させる場合の装置構成図である。

[図13]透過像の明るさのヒストグラムの一例である。

[図14]透過像の明るさのヒストグラムの一例である。

[図15]本発明の実施例2における透過像の重なりを最小化するウエハ2の回転角度 θ を決定する処理の手順を示すフロー図である。

[図16]ウエハをセットする前にレシピを設定する際の検査フローの説明図である。

[図17]レイアウト情報が未知のウエハのレシピを設定する際の検査フローの説明図である。

[図18]レイアウト情報が未知のウエハのレシピを設定する際の検査フローの説明図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明は、検査対象の試料であるウエハの表面に鉛直な方向から傾斜させた角度からウエハのTSVが形成されている領域にX線を照射し、かつTSVの径・深さ・ピッチなどの幾何学的な情報を基に隣接するTSVの透過像が重ならないX線照射方向を算出し、ウエハを面内方向で前記角度だけ回転させ、隣接するTSV透過像が重ならないように撮像し、この画像から欠陥

検出を行う、または、隣接するTSV透過像が重ならない傾斜角度で透過像を撮像し、欠陥検出を行うようにしたものである。

[0012] また、本発明は、隣接するTSV透過像の重なりがどうしても発生してしまう場合には、撮像画像の明るさ情報から重なり面積を算出し、透過像の重なりが最も小さくなるように、ウエハを面内方向で回転させて、透過像の取得を行、欠陥検出を行うようにしたものである。

[0013] また、本発明は、ウエハのレイアウト情報がない場合には、試し検査を行い、取得されたTSV画像より、TSVの径・深さ・ピッチなどの幾何学的な情報を抽出し、これらを元に、ウエハの回転角度を算出し、欠陥検出を行うようにしたものである。

以下に、本発明の実施例を図を用いて説明する。

実施例 1

[0014] 図1AはX線検査装置100の模式図である。X線検査装置100は、X線源1、測定対象であるウエハ2を保持し、移動させるための並進ステージ3と回転ステージ4、X線検出器5、揺動ステージ6、X線遮蔽壁7、X線源コントローラ101、ステージコントローラ102、X線検出器コントローラ103、制御部104、入出力部105を備えている。

[0015] X線源1は電子光学系とターゲットで構成されている(図示せず)。電子光学系はショットキー型電子銃であり、ターゲットはタングステン薄膜とダイヤモンド薄膜で構成されている。並進ステージ3はX軸、Y軸、Z軸方向に移動可能であり、回転ステージ4はXY平面内で回転可能である(以後、回転ステージのXY面内での回転方向を θ 方向と定義する)。また、並進ステージ3、回転ステージ4の中央部はX線の吸収が小さいガラス(図示せず)で構成されている。

[0016] X線検出器5は並進ステージ3、回転ステージ4を挟んで、X線源1と対向する位置に配置されている。ここで、X線検出器5にはシンチレータと蛍光体とCCDとを組み合わせたイメージンシファイアを用いる。

[0017] X線源1から照射されたX線は並進ステージ3の上に配置されたウエハ2で吸

収され、その透過X線はX線検出器5で検出される。X線検出器5とX線源1との間の距離は固定であり、並進ステージ3でウエハ2の位置を変えることで倍率と視野の広さを変更する。X線検出器5は、揺動ステージ6によりX線源1のX線発生位置を中心にXZ面内で回転可能(XZ面内での回転方向を ϕ 方向と定義する)であり、その回転角度に応じて並進ステージ3でウエハ2を並進移動させ、測定領域がずれないように調整する。

[0018] 上記、X線源1、並進ステージ3、回転ステージ4、X線検出器5はX線遮蔽壁6の内部に配置され、外部にX線が漏れないようになっている。

[0019] X線源コントローラ101はX線源1の各種パラメータ(管電圧、管電流、電子光学系への印加磁場、印加電圧、気圧等)とX線発生のON/OFFをコントロールし、ステージコントローラ102は並進ステージ3、回転ステージ4の移動座標をコントロールし、X線検出器コントローラ103はX線検出器5からのデータの読み込みと撮像条件(感度、平均化枚数等)の設定を行う。

[0020] X線源コントローラ101、ステージコントローラ102、X線検出器コントローラ103は制御部104で制御される。GUIを通じて制御部104に事前に入力された検査条件に基づき、ウエハ2を移動させつつ、X線透過像を撮像し、得られた透過像に基づきボイドなどの欠陥を判別し、検査結果を入出力部105に表示する。

[0021] 図1Bに、制御部104の構成を示す。制御部104は、ウエハ情報入力部1041、入力情報取込部1042、 θ 計算部1403、画像処理部1044、欠陥判定部1045を備えている。

[0022] ウエハ情報入力部1041は、ネットワークを通じて検査対象ウエハの設計情報を入力する。入力情報取込部1042は、ウエハ情報入力部1041でネットワークを通じて入手した検査対象ウエハの設計情報の中から、回転ステージのXY面内での回転方向である θ 方向を算出するのに必要な情報を取り込む。 θ 計算部1403は、入力情報取込部1042で検査対象ウエハの設計情報の中から取り込んだ情報を用いて回転ステージのXY面内での回転方向である θ 方向を算出する。 θ 計算部1403で算出した θ 方向の回転核角度に基づいて、ステー

ジコントローラ102は θ ステージ4の回転角度を制御する。画像処理部1044は、X線検出器5で検出したウエハ2を透過したX線の検出信号をX線検出器コントローラ103を介して受け、更に、ステージコントローラ102から併進ステージ3及び回転ステージ4の制御信号を受けて、ウエハ2のX線透過像を作成する。判定部1045は、画像処理部1044で作成したウエハ2のX線透過画像の情報と、 θ 計算部1403で算出した回転ステージのXY面内での回転方向 θ の情報と、X線コントローラ101の出力情報、ステージコントローラ102の出力情報、及びX線検出器コントローラ103の出力情報を用いて、欠陥を判定する。

[0023] 図2、図3にウエハ2の模式図の一例を示す。図2はウエハ2全体の平面図とTSVが形成されている領域の部分拡大図、図3は図2内のA-A'の断面図を示している。ウエハ2には複数のダイ10が規則的に形成されており、ダイ10の一部にTSV11が形成されている。TSV11の直径は ϕ であり、X軸方向には P_x 、Y軸方向には P_y のピッチで形成されている。図3では、第一の層13、第二の層14、第三の層15が積層されており、それぞれの層をTSV11とマイクロバンプ12で接続している。TSV11の長さは h である。

[0024] 図4、5を用いて、揺動ステージ6によりX線検出器5の位置をX線源1のX線発生位置を中心にXZ面内で ϕ 方向に傾斜させてウエハ2のX線透過像を取得した時の説明を行う。ここでは、ウエハ2の第二の層14に形成されたTSV11を1つだけ取り出したXZ断面図で説明を行う。

[0025] TSVは主にCuで形成されており、Cuはウエハ2の大部分を構成するSiよりも原子番号が大きいため、X線の吸収が大きい。つまり、第二の層14にX線200を照射し、X線検出器5で透過X線を検出した場合、撮像画像ではTSV11が存在しない領域はX線の吸収が小さいため明るくなり、TSV11が存在する領域はX線の吸収が大きいため暗くなる。さらにTSV11内部にボイド20が存在すれば、ボイド領域ではX線の吸収が小さくなり、ボイド領域だけが周辺よりも明るくなり、この明るさの差をもって、ボイドを検出することができる。

$\phi=0$ 度、つまり第二の層14の鉛直方向からX線200を照射した場合には、TS

V11領域を通過したX線を検出するX線検出器5の画素の数が少なく、かつ該当画素に入射するX線のTSV11での吸収が最大となる。その結果、X線検出器5の画素番号（X線検出器5のライン状に並ぶ複数の画素を一方の端から順に数えていった時の番号）ごとの明るさ（出力信号の大きさ）をプロットしたプロファイル30のようにTSV存在領域に対応する位置の画素からの出力信号301が小さくなり、画像の明るさが非常に暗くなる。

[0026] また、TSV11内部にボイド20が存在していても、TSV11での吸収がそもそも非常に大きいため、TSV11の検出信号302とボイド20の検出信号303とのコントラストが悪く、検出画像を処理した場合のボイド20の検出性能が低下する。

[0027] 一方、揺動ステージ6によりX線検出器5を ϕ 方向に傾斜させてX線を照射した場合には（例えば $\phi=60$ 度）、TSV11領域を通過したX線を検出するX線検出器5の画素が増加し、かつ該当画素に入射するX線のTSV11での吸収も $\phi=0$ 度のときよりも小さくなり、プロファイル31のようにTSV存在領域に対応する位置の画素からの出力信号311のうちTSV11の検出信号312とボイド20の検出信号313との明るさ（出力信号の大きさ）のレベルが上がり、ボイド20をより高いコントラストで検出することが可能となる。

[0028] このように、X線検出器5をウエハ2に対して ϕ 方向に傾斜させてX線透過像を取得することでTSV領域に対するボイド部分の画像の明るさコントラストが大きくすることができ、検出画像を処理した場合のTSV内部のボイド20の検出精度を向上させることが可能となる。

[0029] 次に、図5を用いて揺動ステージ6によりX線検出器5を ϕ 方向に傾斜させた場合にX線検出器5で検出されるTSV透過像の長さを計算する。ウエハ2に形成されたTSV11の直径は Φ 、高さは h であり、これに対して ϕ だけ傾斜した方向からX線200を照射して取得したTSV透過像の長さを h' とすると、これらのパラメータの間には以下の関係式が成り立つ。

[0030] [数1]

$$h' = h \cdot \sin\phi + \Phi \cdot \cos\phi \quad \dots (数1)$$

[0031] 図6に(数1)より求まる、傾斜角度 ϕ とTSV透過像の長さ h' の関係を示す。ただし、 $\Phi=20\mu\text{m}$ 、 $h=80\mu\text{m}$ とする。 $0<\phi<75$ 度の範囲では ϕ が増加するにつれ h' も増加し、75度より大きい角度では h' は減少することがわかった。例えば、 $\phi=60$ 度に傾けた場合、TSV透過像の長さ h' は約 $80\mu\text{m}$ となる。

[0032] 図7を用いて、ウエハ2のXY平面内での θ 方向の回転角度と、隣接するTSV透過像の重なりを説明する。図7は、 $\Phi=20\mu\text{m}$ 、 $h=80\mu\text{m}$ 、 $P_x=50\mu\text{m}$ 、 $P_y=40\mu\text{m}$ 、傾斜角度 $\phi=60$ 度と仮定した場合の、理想的なTSV透過像と θ 方向の回転角度の関係を示している。

[0033] 図7では、TSV11-A、11-B、11-C、11-Dの4つのTSVが存在しており、それぞれのTSV透過像40、41、42、43がX線検出器5で検出されている。この時、TSV11-Aの中心座標を $(0, 0)$ 、TSV11-Bの中心座標を $(0, P_y)$ 、TSV11-Cの中心座標を $(P_x, 0)$ 、TSV11-Dの中心座標を (P_x, P_y) と座標を設定する。

[0034] TSV11-Aの透過像40に着目すると、透過像40がTSV11-BとTSV11-Dの間、もしくはTSV11-CとTSV11-Dの間を通るように回転角度 θ を決定すればそれぞれの透過像の重なりが発生しないことになる。透過像40の長手方向の2つの直線を直線44と直線45とすると、それぞれの直線は次の(数2)と(数3)とで表現できる。

[0035] [数2]

$$\text{直線 44 : } Y_1 = a \cdot X_1 + b_1 \quad \dots (数 2)$$

[0036] [数3]

$$\text{直線 45 : } Y_2 = a \cdot X_2 + b_2 \quad \dots (数 3)$$

[0037] ただし、

[数4]

$$a = \tan \theta \quad b_1 = 0.5\Phi \cdot \sin(\theta - 0.5\pi) - a \cdot \cos(\theta - 0.5\pi) \quad \dots (数 4)$$

[数5]

$$b_2 = 0.5\Phi \cdot \sin(\theta + 0.5\pi) - a \cdot \cos(\theta + 0.5\pi) \quad \dots \text{(数5)}$$

である。

[0038] ここで、

[数6]

$$\frac{|aP_x + b_1|}{\sqrt{a^2 + 1}} > 0.5\Phi \quad \text{かつ} \quad \frac{|aP_x - P_y + b_2|}{\sqrt{a^2 + 1}} > 0.5\Phi \quad \dots \text{(数6)}$$

を満たす θ を求めれば、透過像40がTSV11-CとTSV11-Dの間を通り、透過像同士の重なりをなくすることが可能となる。

[0039] 同様に、

[数7]

$$\frac{|aP_x - P_y + b_1|}{\sqrt{a^2 + 1}} > 0.5\Phi \quad \text{かつ} \quad \frac{|-P_y + b_2|}{\sqrt{a^2 + 1}} > 0.5\Phi \quad \dots \text{(数7)}$$

を満たす θ を求めれば、透過像40がTSV11-BとTSV11-Dの間を通り、透過像同士の重なりをなくすることが可能となる。

[0040] 本実施例のTSV形状、ピッチの場合には(数6)を満たす θ は存在しないが、 $61^\circ < \theta < 67^\circ$ の範囲で(数7)を満たす。よって、上記設計情報に基づき形成されたTSVの場合はウエハ2を θ 方向に $61^\circ \sim 67^\circ$ の角度だけ回転させれば、図8に示すように、隣接するTSVの透過像の重なりをなくしたX線透過像を取得可能となる。

[0041] 図7では、TSV11-AとそのTSV透過像40を例に説明したが、TSVは同じ形状、ピッチで形成されているため、同じ回転角度で透過像を取得すれば、他のTSV(11-B・11-C・11-D)に関しても透過像の重なりをなくして透過X線を撮像可能となる。

[0042] 図9A及び図9BにGUIの一例を示す。GUI画面はウエハを検査するための検査モードウィンドウ110、検査のためのレシピを作成するためのレシピ作成ウィンドウ111、キャリブレーションウィンドウ112、ウエハの搬入出

を行うためのロード・アンロードウィンドウ113の4つのサブウィンドウを有する。

[0043] 図9Aのキャリブレーションウィンドウ112では、管電圧・プローブ電流などのパラメータを入力し、X線透過像を透過像表示ウィンドウ50でリアルタイムで確認することができる。また、座標を入力し、任意の場所の透過像を観察可能である。ウエハのレイアウト情報が既知であれば、プルダウンメニュー53からそのウエハレイアウト情報を取り込み、回転角度自動計算ボタン54を押せば、透過像の重なりがない回転角度を自動計算し、その回転角度に設定可能である。もちろん、自動計算した後に回転角度を手動で入力し、回転角度を調整することは可能である。

[0044] 図7では理想的なTSV透過像を想定して回転角度を設定する方法を説明したが、実際には設計通りの寸法やピッチで形成されないケースも存在する。また、照射されるX線が平行光でない場合には、ウエハ2に対して検出器5を揺動ステージ6で傾斜させて透過像を取得すると、ウエハ2と検出器5とが平行でないために、取得した画像にはウエハ2の場所によって倍率差が存在する。その結果、本実施例で説明した通りの手法で回転角度を算出しても、重なりが発生することもあると考えられる。そのため、本実施例においては、図9Aに示したように、透過像表示ウィンドウ50に透過像を表示して実際に透過像を確認し、設定値表示領域55で回転角度や傾斜角度を微調整することができるようにした。

[0045] 透過像表示ウィンドウ50には、任意の直線51をひくことが可能であり、その明るさプロファイル52を表示可能である。透過像の目視だけでなく、プロファイルを表示することで、透過像の重なりを定量的に確認可能である。

[0046] レシピ作成ウィンドウ111では、キャリブレーションウィンドウ112に記載のパラメータ以外にも、ウエハの移動シーケンス、欠陥判定を行うための明るさ閾値の決定などの設定を行い、ウエハを検査するためのレシピを作成、保存する機能を有する(図示せず)。キャリブレーションウィンドウ112で設定した条件で設定した検査条件が適していれば、キャリブレーションウィンド

ウ112で設定した条件をレシピ作成ウィンドウ111に反映させ、レシピ作成を簡略化することが可能である。

[0047] 検査モードウィンドウ110では、レシピ作成ウィンドウ111で作成したレシピを選択し、検査の開始・中止を行うことができる。また、検査結果の保存、読み出しや解析も行うことができる(図示せず)。

[0048] ロード・アンロードウィンドウ113では、X線検査装置100内部にセットされているウエハの搬出、フープに格納されているウエハの搬入を行うことができる(図示せず)。

[0049] 図10Aに本実施例による検査フローを示す。

S150: X線検査装置100にセットされたフープから任意のウエハをセットする。もしくは、手動でセットしても構わない。

S151: ウエハのレイアウト情報を登録する。このレイアウト情報から回転角度を計算する。また、レイアウト情報からTSVの存在する領域を抽出し、ウエハ移動シーケンスも同時に設定する。X線源1の位置は固定であるため、ウエハ2を移動させるとX線源1とウエハ2の相対的な位置が変化し、回転角度も変化する。よって、このウエハ搬送シーケンスの設定の際には、並進ステージ3の座標に基づいて適宜回転ステージ4でウエハを回転させ、TSV透過像の重なりが発生しないようなウエハ移動シーケンスを設定する。

S152: 回転角度を決定する。上述のように、設計誤差等の要因で自動計算結果と最適な回転角度がずれている場合があるため、その場合にはキャリブレーション画面で最適な角度を確認、再設定する。

S153: 管電圧、管電流、傾斜角度などの検査条件を入力する。

S154: S153までに設定した条件に基づきウエハの検査を行い、X線透過像を取得する。

S155: 得られた透過像に基づき、欠陥判定を行う。

[0050] このステップの詳細な処理フローを、図10Bに示す。まず、X線源1の明るさむらや、X線検出器5の画素毎の感度むらのために検出画像には明るさのむらが存在するため、シェーディング補正で明るさ補正を行う(S1551

）。次に、TSV領域は透過率が低いため、明るさ補正した画像の濃淡差からTSV領域を抽出する（S1552）。TSVが円筒と仮定すれば、抽出されたTSVの輪郭より、各画素に入射したX線が、どれだけの距離だけTSV(Cu)を通過したかを見積もることができるため、これより再度明るさ補正を行う（S1553）。そして、補正後の透過像の明るさのばらつきを基準にして、あらかじめ設定した閾値よりも大きいものを欠陥と判定する（S1554）。

[0051] S156：S155で欠陥と判定された欠陥の大きさ、座標などの検査結果を入出力部105に表示する。必要な検査結果はPCなどの記録媒体に保存する。図10Cに入出力部105に表示する画面1560の一例を示す。画面1560上には、結果表示ボタン1565が表示されている。画面上でこの結果表示ボタン1565をクリックするとウエハ全体図1561が表示され、その上には検出した欠陥が存在する領域1562の位置情報が表示される。また、ウエハ全体図1561上で表示された欠陥1562をポインタでクリックすると、ウエハ全体図1561の隣に欠陥が存在する領域1562の拡大画像1563が表示され、その中に検出された欠陥を含むパターンの拡大像1564が表示される。このように欠陥を含むパターンの拡大画像を表示することにより、欠陥発生の状況を、視覚的にとらえることができ、問題早期解決のツールとして活用することができる。

[0052] 本実施例では、X線源1のターゲットがタングステン薄膜とダイヤモンド薄膜の例で説明を行ったが、これに限定されることはない。測定対象によって最適なX線のエネルギーが異なるため、特性X線のエネルギー等を考慮し、適宜変更可能である。また、電子光学系の構成もこれに限定されることはない。

[0053] 本実施例では、X線検出器5がシンチレータと蛍光体とCCDとを組み合わせたイメージインテンシファイアの例で説明を行ったが、これに限定されることはない。例えば、フラットパネルディスプレイを使えば、視野全域でひずみがない透過像が得られ、かつ広い視野で検査を行うことが可能となる。

[0054] 本実施例では、ウエハ2が3つの層で構成されている例で説明を行ったが、これに限定されることはない。また、TSVの直径が $20\mu\text{m}$ 、長さが $80\mu\text{m}$

、形成されているピッチが $40\mu\text{m}$ と $50\mu\text{m}$ の例で説明を行ったが、これに限定されることはない。設計情報に基づいて、ウエハ毎に最適な回転角度や傾斜角度を設定すればよい。

[0055] 本実施例では、図9のようなGUIを例として説明したが、これに限定されることはない。また、欠陥検出の処理方法を図10のフロー155で説明したが、処理方法はこれに限定されることはない。

[0056] 本実施例では、ウエハ全体でTSVが1つのパターンに従って形成されている例で回転角度を算出例で説明を行ったが、これに限定されることはない。例えば、TSVがウエハ内で複数のパターンで形成されている場合には、同じパターンで形成されている領域毎に、最適な回転角度を設定し、その領域毎に回転角度を変えて、検査を行えばよい。

[0057] 本実施例では、TSVを対象として説明を行ったが、これに限定されることはない。例えば、マイクロバンプやCuピラーもTSVと同様に規則正しく形成されているため、形状、深さ、ピッチの情報から最適な照射角度を決定することは可能である。または、配線、メタルパターンなどの金属で構成される構造物では、原子番号が大きいため、これらの透過像が重なると、検出精度の低下、誤検出を招く可能性がある。よって、これらの構造物が重ならないように回転角度を設定しても構わない。

[0058] 本実施例では、測定対象がウエハの例で説明を行ったが、これに限定されることはない。例えば、ダイシングされた後のチップや、MEMS (Mechanical Electrical Micro System) など、複雑なパターンが刻まれている測定対象に適用可能である。

[0059] 本実施例では、X線検出器5を移動させることで傾斜角度 ϕ を変化させる例で説明を行ったが、これに限定されることはない。例えば、X線源1とX線検出器5を対向した位置関係を維持したまま、ウエハ2の測定箇所を中心に回転させることで、傾斜角度 ϕ を変化させても構わない。または、ウエハ2を傾けることで傾斜角度 ϕ を変化させても構わない。

[0060] 本実施例では、回転ステージ4を回転させることでX線の照射角度を変化さ

せる例で説明を行ったが、これに限定されることはない。例えば、図11に示すように、X線検出器5をXY面内で θ 方向に回転させ、これに応じて並進ステージ3を並進移動させることでX線照射角度を変化させても構わない。また、図12のように、並進ステージ3を固定し、ウェハ2の測定箇所を中心に、X線源1とX線検出器5を対向した位置関係を維持したまま、X線源1とX線検出器5をXY面内で θ 方向に回転させ、X線照射角度を変化させても構わない。

[0061] 本実施例では、複数のSiチップが積層された状態で検査する例で説明を行ったが、これに限定されることはない。一層ずつ積層した後に検査を行っても構わない。また、ダイシングし、パッケージングした後で検査を行っても構わない。

実施例 2

[0062] X線検査装置100の模式図は図1に示すものと同じである。第一の実施例では、回転角度を最適化すれば、隣接するTSVの透過像の重なりが発生しない場合で説明を行ったが、設計レイアウトによっては透過像の重なりがどうしても発生してしまうケースも考えられる。この場合には、透過像の重なりが最小となる回転角度に設定し、検査を行えばよい。

図8のように、TSV同士の透過像の重なりが存在しない撮像画像のヒストグラムを作成すると、図13のようにピークが2つのヒストグラムとなる場合が多い。ピーク60はTSV領域を通過したX線を検出した画素の出力に相当し、ピーク61はTSV領域以外を通過したX線を検出した画素の出力に相当する。

図7のように、透過像同士が重なってしまった場合、その撮像画像のヒストグラムを作成すると、図14のようにピークが3つのヒストグラムとなる場合が多い。ピーク62は透過像同士が重なり、単一のTSV透過像よりもさらに暗くなった画素の出力に相当する。このヒストグラム上で閾値63を移動させ、その閾値以下の画素のみを画像化することで、透過像が重なっている領域を抽出可能となる。回転角度を変化させながら透過像を取得し、それぞれ

の撮像画像のヒストグラムに対して閾値処理を行い、透過像の重なりが最小となる角度を発見することが可能となる。

透過像の重なりを最小化するウエハ2の回転角度 θ を決定する処理の手順を図15に示す。回転角度の決定は、以下の手順で決定される。

[0063] S1501: TSVが存在する領域の透過像を撮像する。

S1502: 上記透過像より、各画素の明るさのヒストグラムを作成する。

S1503: TSV領域以外を通過したX線を検出した画素の出力に相当するピーク61を人の目で除外する。もしくは、あらかじめ固定閾値を設定しておき、ピーク61を除外する。

S1504: 閾値63を設定する。この時、閾値63は手動で設定しても、自動で設定しても構わない。自動で設定する場合には、判別識別法、モード法、Kittler法などで設定すればよい。

S1505: 閾値63よりも明るさの小さい画素数をカウントする。

S1506: 今回カウントした閾値63よりも明るさの小さい画素数が前回カウントした画素数よりも増加しているかをチェックする。

S1507: 画素数が増えていない場合には、ウエハ2の回転角度(θ)を変えて、S1501からS1506を繰り返す。

S1508: S1506のチェックで画素数が増えた場合には、閾値63よりも明るさの小さい画素数が最小の回転角度を透過像の重なりを最小化するウエハ2の回転角度(θ)として設定する。

[0064] なお、S1506におけるチェックは、閾値63よりも明るさの小さい画素数が前回カウントした画素数よりも増加することが所定の回数続いたかをチェックするようにしてもよい。

閾値63を手動で設定する場合、その大きさは固定でも、画像毎に変えても構わない。

[0065] 図14のように3つのピークがきれいに分離せず、自動で閾値判別できない場合には、全ての画像に対して手動で閾値を設定すればよい。もしくは、あらかじめ固定閾値を設定しておき、自動で処理を行っても構わない。

[0066] 図14のように3つのピークがきれいに分離できない場合には、分離しやすくなるように、管電圧や管電流を調整してもよい。また、この際の検査条件は検査時と同じである必要はない。

[0067] 自動で透過像の重なりを判別した際には、その検査結果をGUI上に表示し、ユーザが確認できるようにすることで、回転角度の誤設定を回避することは可能となる。

[0068] 本実施例では、閾値63よりも明るさの小さい画素数で回転角度を設定する例で説明したが、これに限定されることはない。例えば、閾値63以下の画素の明るさの総和を算出し、これを基準に回転角度を設定してもよい。

実施例 3

[0069] X線検査装置100の模式図は図1に示すものと同じである。第一の実施例では、傾斜させた方向からX線を照射し、透過像の重なりがない状態で検査を行う例を説明し、第二の実施例では、ウエハ2の回転角度を透過像の重なりが最小となるような回転角度に設定し、検査を行う例を説明した。本実施例においては、X線検出器5の傾斜角度(ϕ)を小さくして、透過像が隣接するTSVの透過像と重ならない条件で検査を行っても構わない。

[0070] 図7において、TSV11-Aの中心とTSV11-Dの中心を結ぶ対角線とX軸とのなす角度は、 $\Phi=20\mu\text{m}$ 、 $PX=50\mu\text{m}$ 、 $Py=40\mu\text{m}$ と仮定すると、 38.7 度となり、二つのTSVの間の距離は $44\mu\text{m}$ となり、透過像の長さが $54\mu\text{m}$ ($=\text{TSV間の距離}44\mu\text{m}+\text{TSV半径}10\mu\text{m}$)以下であれば重ならないことになる。TSVの長さ h を $80\mu\text{m}$ と仮定すると、X線検出器5の傾斜角度(ϕ)を25度にした場合の透過像の長さは約 $51\mu\text{m}$ となり、透過像の重なりが発生しないことがわかる。

[0071] 図4で説明したように、X線検出器5の傾斜角度(ϕ)を大きくしたほうが透過像のコントラストが高くなり、TSV内のボイドを検出しやすいが、小さい傾斜角度でも高いS/Nが得られていれば、このように傾斜角度を小さくして検査しても構わない。

実施例 4

[0072] X線検査装置100の模式図は図1に示すものと同じである。第一の実施例では、ウエハをセットしてから、ウエハ2のレイアウト情報を入力し、ウエハ2の回転角度を設定する例で説明を行ったが、ウエハ2をセットする前の時点で、レイアウト情報が既知であれば、ウエハ2の回転角度を自動計算可能である。図16に検査フローを示す。

[0073] S160：これから検査予定のウエハのレイアウト情報を登録する。このレイアウト情報から回転角度を計算する。ウエハの場所毎にTSVの形状や配列が異なる場合には、ウエハをセットする前の段階で、領域毎に、透過像が重ならない回転角度を事前に設定し、基本的なレシピを作成する。また、ここでウエハ移動シーケンスも同時に設定する。X線源1の位置は固定であるため、ウエハ2を移動させるとX線源1とウエハ2の相対的な位置が変化し、回転角度も変化する。よって、このウエハ搬送シーケンスの設定の際には、並進ステージ3の座標に基づいて適宜回転ステージ4でウエハを回転させ、TSV透過像の重なりが発生しないようなウエハ移動シーケンスを設定する。

S161：X線検査装置100にセットされたフープからフロー160でレイアウト情報を登録したウエハをセットする。もしくは、手動でセットしても構わない。

S162からS165までは、図10で説明したS153～S156までの処理と同じである。

[0074] 本実施例では、実ウエハを用いなくてもレシピ作成が可能となる。例えば、TSVの配列間隔が広く、理論計算した結果でTSV透過像の重なりが発生しないことが明らかなウエハを検査する場合には、本実施例を遂行することで、レシピ作成時間を短縮可能となる。

実施例 5

[0075] X線検査装置100の模式図は図1に示すものと同じである。第一の実施例では、ウエハ2のレイアウト情報が既知の場合で説明を行ったが、ウエハレイアウト情報が未知であっても、レシピ作成前に取得した透過像から、透過像の重なりがない、もしくは重なりが最小となる回転角度を設定可能である。

図17検査フローを示す。

[0076] S170: X線検査装置100にセットされたフープから任意のウエハをセットする。もしくは、手動でセットしても構わない。

S171: まずはウエハ全体のレイアウトを測定するために、低倍率でX線透過像を取得する。この時、X線はウエハの鉛直方向から照射して、透過像を取得する。取得する透過像が複数になる場合には、各画像で重なる領域があるように透過像を取得し、複数の画像を統合すればよい。

S172: S171で取得した全体レイアウトより、TSVが存在している領域を抽出し、TSVの径、配列間隔に応じて、同様のパターンが形成されている領域を算出し、そのパターンに応じて、グループ分けを行う。TSVの抽出方法としては、例えば以下の手法を用いればよい。透過像に対して閾値処理を行い、二値化画像を算出する。さらに、TSVは円筒形状であるため、二値化画像から円形形状領域を抽出し、それらの直径、中心座標を計算し、径や配列間隔を算出する。

S173: まずは1つ目のグループのTSVが視野に入るようにステージを移動させる。X線照射角度をウエハの鉛直方向に設定し、フロー170よりも高倍率で透過像を取得する。倍率はTSVが少なくとも4つ(2×2個)含まれるように設定すればよい。

S174: S173で取得した画像から、TSVの径、配列間隔(X軸方向、Y軸方向)を算出する。

S175: 実施例1、または実施例2に記載の手法で回転角度を算出する。

S176: S172で分けた全てのグループに対して、回転角度の設定が完了すれば、S178に移る。完了していない場合はS177へ移る。

S177: まだ回転角度を設定していないグループのTSVが視野に収まるように、ステージを移動させ、S173からS175を繰り返す。

S178: 管電圧、管電流、傾斜角度などの検査条件を入力する。さらに、検査中のウエハ移動シーケンスも設定する。

S179からS181は図10に示したS154からS156と同じである

。

[0077] 上記実施例では、ウエハの鉛直方向からのみX線を照射する例で説明を行ったが、鉛直方向に加えて傾斜させた方向からもX線を照射し、それら2つの透過像より、レシピ作成を行っても構わない。図18に検査フローを示す。

[0078] S200：図10で説明したS150と同じである。

S201：図17で説明したS170と同じである。

S202：図17で説明したS171と同じである。

S203：まずは1つ目のグループのTSVが視野に入るようにステージを移動させる。X線照射角度をウエハの鉛直方向に設定し、フロー170よりも高倍率で透過像を取得する。倍率はTSVが少なくとも4つ(2×2個)含まれるように設定すればよい。さらに、X線を傾斜させて照射し、同じTSVが視野に収まる条件で第二の透過像を取得する。

S204：S203で取得した2つの画像から、TSVの径、配列間隔(X軸方向、Y軸方向)、深さを算出する。

S205：実施例1～実施例3に記載の手法で回転角度と傾斜角度を算出する。

S206：S202で分けた全てのグループに対して、回転角度と傾斜角度の設定が完了すれば、S208に移る。完了していない場合はS207へ移る。

S207：まだ回転角度と傾斜角度を設定していないグループのTSVが視野に収まるように、ステージを移動させ、S203からS205を繰り返す。

S208：管電圧、管電流、などの検査条件を入力する。さらに、検査中のウエハ移動シーケンスも設定する。

S209からS211は図10で説明したS154からS156と同じである。

[0079] 実施例1～4では、ウエハのレイアウト情報が既知の場合に、回転角度、傾斜角度を設定する例で説明を行ったが、本実施例によればウエハのレイアウト

ト情報が未知でもレシピ作成が可能となる。

[0080] 以上、本発明者らによってなされた発明を実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は本実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0081] 本発明は、半導体デバイスを製造する工程の途中において製造途中の半導体デバイスをX線を用いて検査するX線検査装置に適用することができる。

符号の説明

[0082] 1・・・X線源 2・・・ウエハ 3・・・並進ステージ 4・・・回転ステージ 5・・・X線検出器 6・・・揺動ステージ 7・・・X線遮蔽壁 10・・・ダイ11、11-A、11-B、11-C、11-D・・・TSV 12・・・マイクロバンプ 13・・・第一の層 14・・・第二の層 15・・・第三の層 20・・・ボイド 40～43・・・TSV透過像 54・・・回転角度自動計算ボタン 100・・・X線検査装置 101・・・X線源コントローラ 102・・・ステージコントローラ 103・・・X線検出器コントローラ 104・・・制御部 105・・・入出力部 200・・・X線。

請求の範囲

- [請求項1] X線源から発射したX線を回転ステージ上に載置されている構造物が形成された検査対象の試料に照射し、
- 前記X線が照射された試料を透過したX線をX線検出器で検出し、
- 前記X線検出器で検出した試料の内部を透過したX線を検出した信号を画像処理部で処理してX線透過像を形成し、
- 前記画像処理部で形成したX線透過像を欠陥判定部で処理して前記試料の内部に欠陥を検出する
- X線検査方法であって、
- 前記試料を透過したX線をX線検出器で検出することを、前記試料に形成された構造物の配列間隔、深さ、及び平面形状の情報に基づいて前記X線検出器で検出する前記試料を透過したX線の前記試料に対する検出方位角及び前記X線源に対する検出仰角を決定し、前記決定した検出方位角に応じて前記試料を載置する回転ステージの回転角度を調整し、前記決定した検出仰角に前記検出器の位置を設定した状態で前記試料を透過したX線を検出することを特徴とするX線検査方法。
- [請求項2] 請求項1記載のX線検査方法であって、前記X線検出器で検出する前記試料を透過したX線の前記X線源に対する検出仰角を、前記X線源の前記X線を発射する位置に対する角度として決めることを特徴とするX線検査方法。
- [請求項3] 請求項1記載のX線検査方法であって、前記試料に対する検出方位角及び前記X線源に対する検出仰角は、前記構造物のX線透過像の重なりが発生しないように決定することを特徴とするX線検査方法。
- [請求項4] 請求項1に記載のX線検査方法であって、前記試料に対する検出方位角及び前記X線源に対する検出仰角は、前記試料に形成された構造物のX線透過像の重なりが最小となるように決定することを特徴とするX線検査方法。

- [請求項5] 請求項4に記載のX線検査方法であって、前記画像処理部で形成したX線透過像より前記試料に形成された構造物の重なり量を算出することを特徴とするX線検査方法。
- [請求項6] 請求項1に記載のX線検査方法であって、前記試料はシリコン（Si）基板であり、前記構造物が金属で繰り返し形成されたパターンであることを特徴とするX線検査方法。
- [請求項7] 請求項1に記載のX線検査方法であって、前記決定した前記試料に対する検出方位角及び前記X線源に対する検出仰角の情報を画面に表示することを特徴とする検査方法。
- [請求項8] X線源から発射したX線を回転ステージ上に載置されている構造物が形成された検査対象の試料に照射し、
 前記X線が照射された試料を透過したX線をX線検出器で検出し、
 前記X線検出器で検出した試料の内部を透過したX線を検出した信号を画像処理部で処理してX線透過像を形成し、
 前記画像処理部で形成したX線透過像を欠陥判定部で処理して前記試料の内部に欠陥を検出する
 X線検査方法であって、
 前記X線検出器で検出した試料の内部を透過したX線を検出した信号を画像処理部で処理して形成した前記X線透過像を画面上に表示し、
 前記X線透過像を表示した画面上で試料に形成された前記構造物のX線透過像の重なりが発生しないように、又は前記構造物のX線透過像の重なりが最小となるように前記X線検出器で検出する前記試料を透過したX線の前記試料に対する検出方位角及び前記X線源に対する検出仰角を決定することを特徴とするX線検査方法。
- [請求項9] 請求項8に記載のX線検査方法であって、前記試料はシリコン（Si）基板であり、前記構造物が金属で繰り返し形成されたパターンであることを特徴とするX線検査方法。
- [請求項10] 請求項8に記載のX線検査方法であって、前記決定した前記試料に対

する検出方位角及び前記X線源に対する検出仰角の情報を画面に表示することを特徴とする検査方法。

[請求項11]

検査対象の試料を載置して平面内で回転可能な回転ステージと、
前記回転ステージに載置された試料にX線を照射するX線源と、
前記X線源により照射されて前記試料を透過したX線を検出するX線検出器と、

前記X線検出器の前記X線源の前記X線を発射する位置に対する仰角を調整する揺動ステージと、

前記X線検出器で検出した試料の内部を透過したX線を検出した信号を処理してX線透過像を形成する画像処理部と、

前記画像処理部で形成したX線透過像を欠陥判定部で処理して前記試料の内部に欠陥を検出する欠陥判定部と

前記回転ステージと前記揺動ステージとを制御する制御部とを備えたX線検査装置であって、

前記制御部は、前記試料に形成された構造物の配列間隔、深さ、及び平面形状の情報又は前記画像処理部で形成した前記X線透過像に基づいて、前記試料を載置する回転ステージの回転角度を制御して前記X線検出器の前記試料に対する検出方位角を設定し、前記揺動ステージの前記X線源のX線を発射する位置に対する揺動角度を制御して前記X線検出器の前記X線源に対する検出仰角を設定することを特徴とするX線検査装置。

[請求項12]

請求項11記載のX線検査装置であって、前記制御部は、前記検出方位角及び前記検出仰角を、前記構造物のX線透過像の重なりが発生しないように決定することを特徴とするX線検査装置。

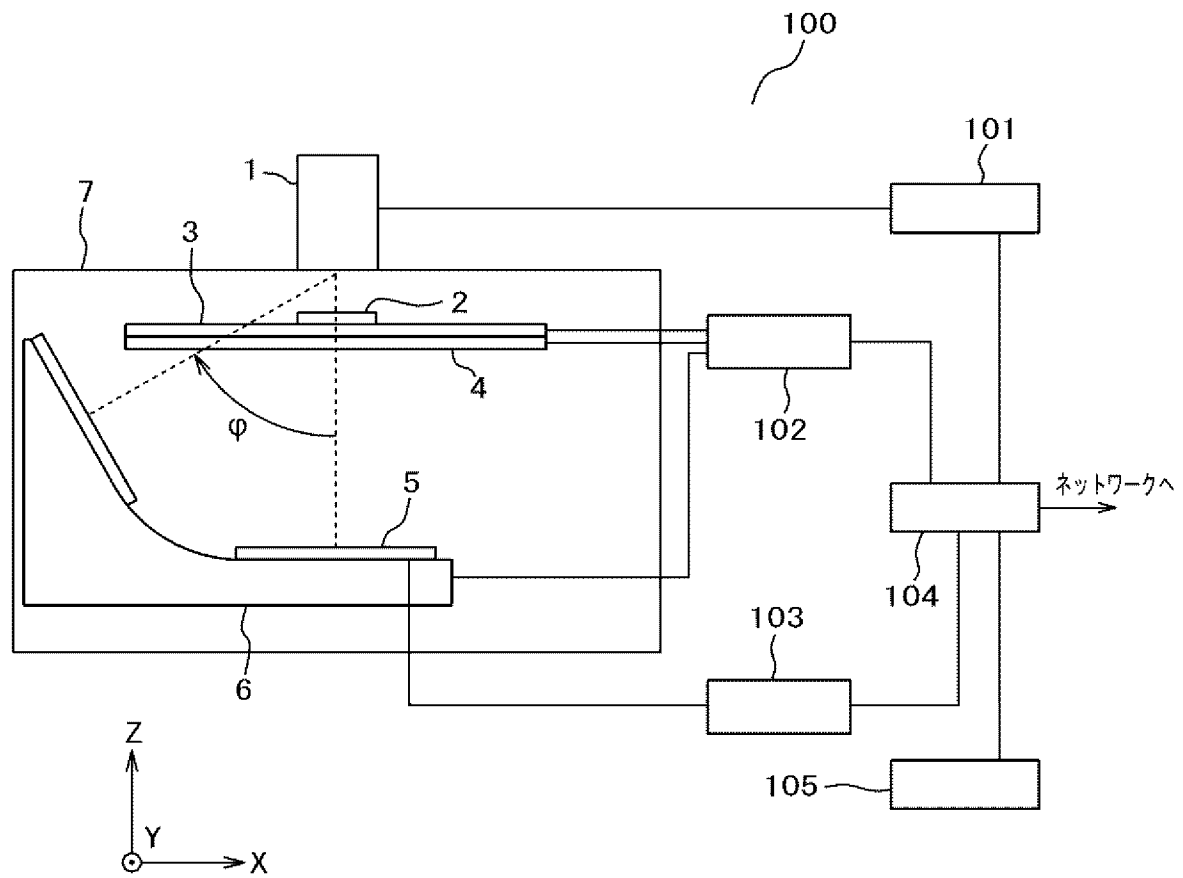
[請求項13]

請求項11に記載のX線検査装置であって、前記制御部は、前記X線検出器の前記試料に対する検出方位角及び前記X線源に対する検出仰角を、前記構造物のX線透過像の重なりが最小となるように決定することを特徴とするX線検査装置。

- [請求項14] 請求項 1 3 に記載の X 線検査装置であって、前記制御部は、前記画像処理部で形成した X 線透過像より前記構造物の重なり量を算出することを特徴とする X 線検査装置。
- [請求項15] 請求項 1 1 に記載の X 線検査装置であって、前記決定した前記検出方位角及び前記検出仰角の情報を表示する画面をさらに備えることを特徴とする X 線検査装置。

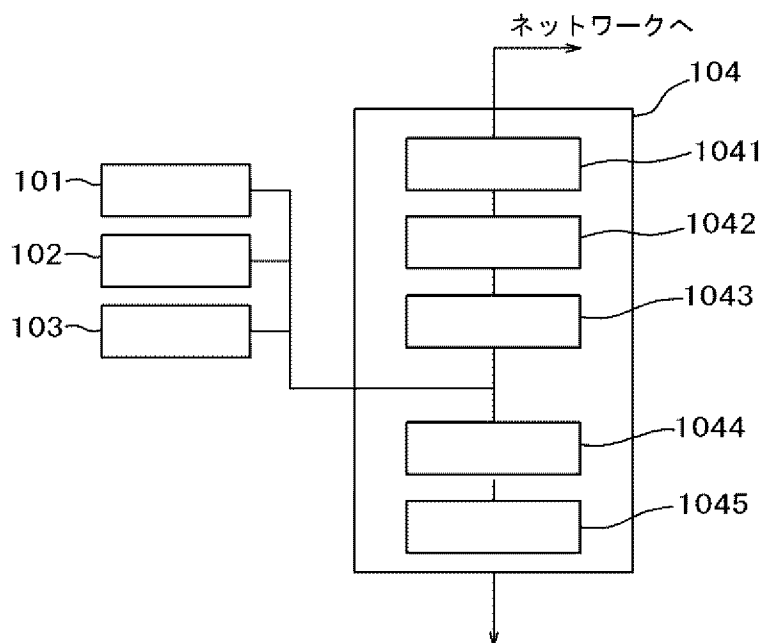
[図1A]

図 1 A



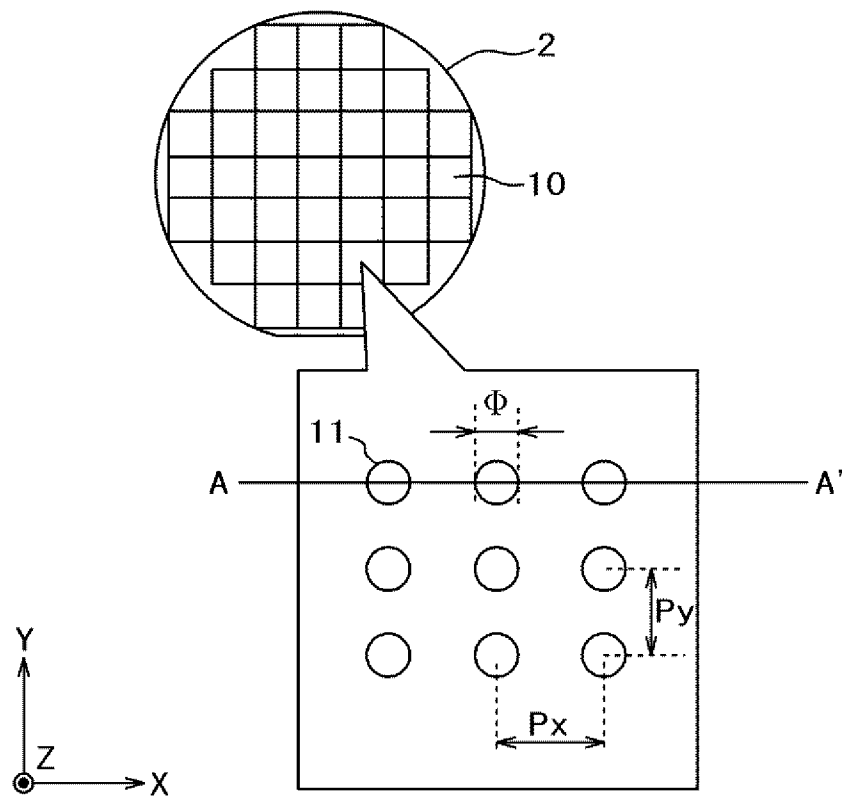
[図1B]

図 1 B



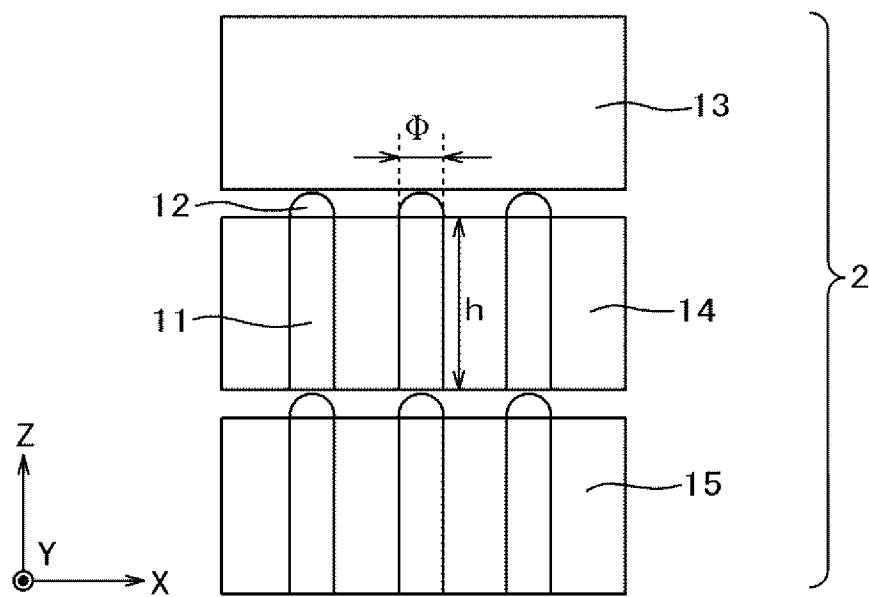
[図2]

図 2



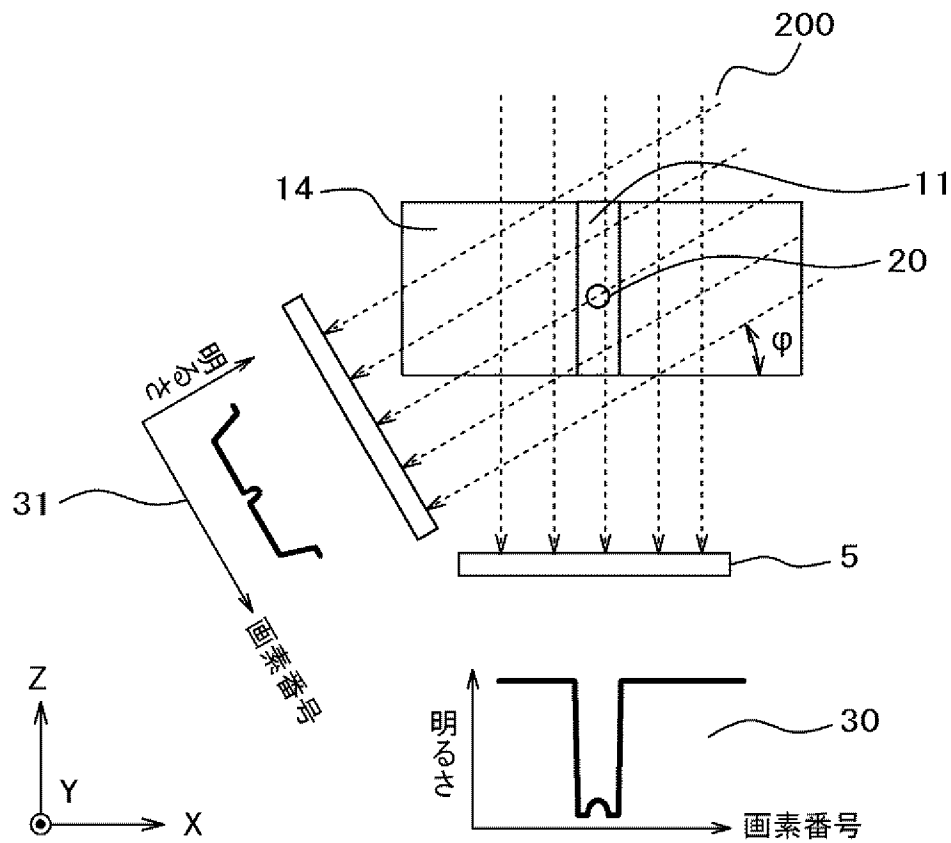
[図3]

図 3



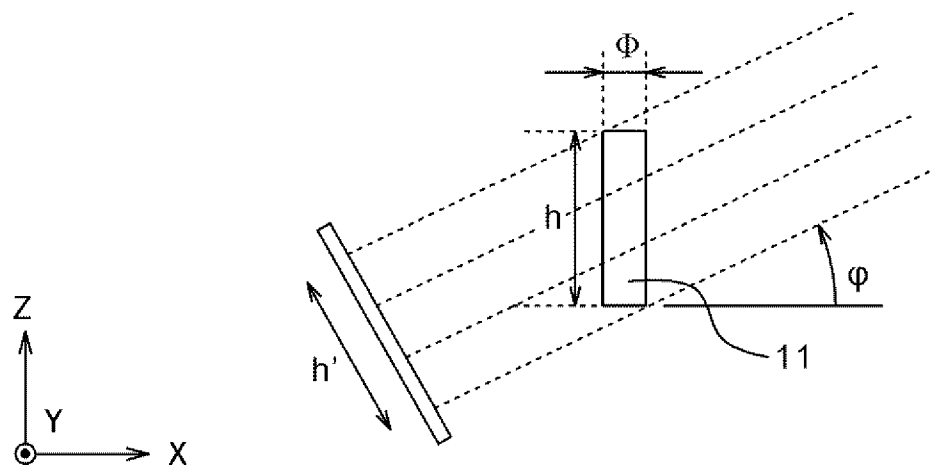
[図4]

図 4



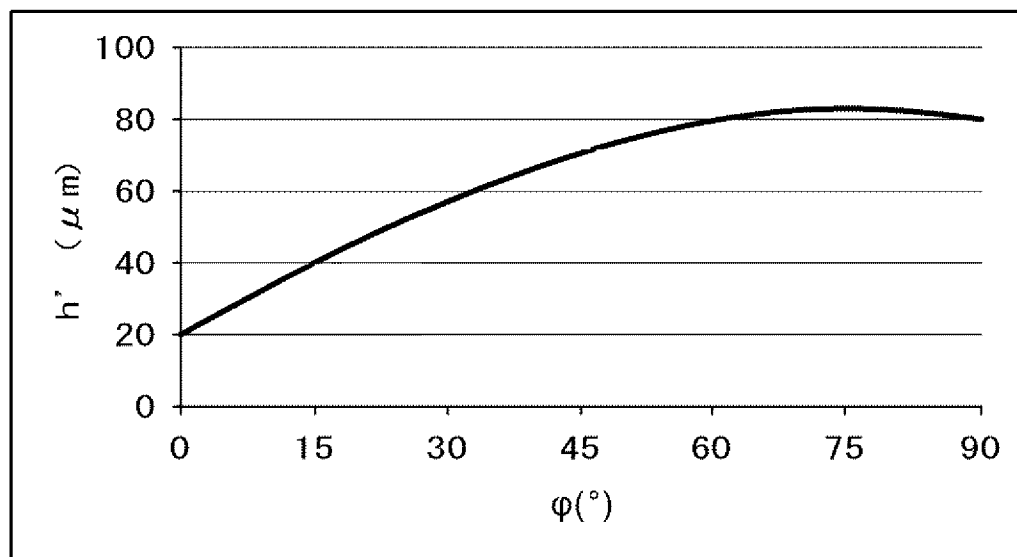
[図5]

図 5



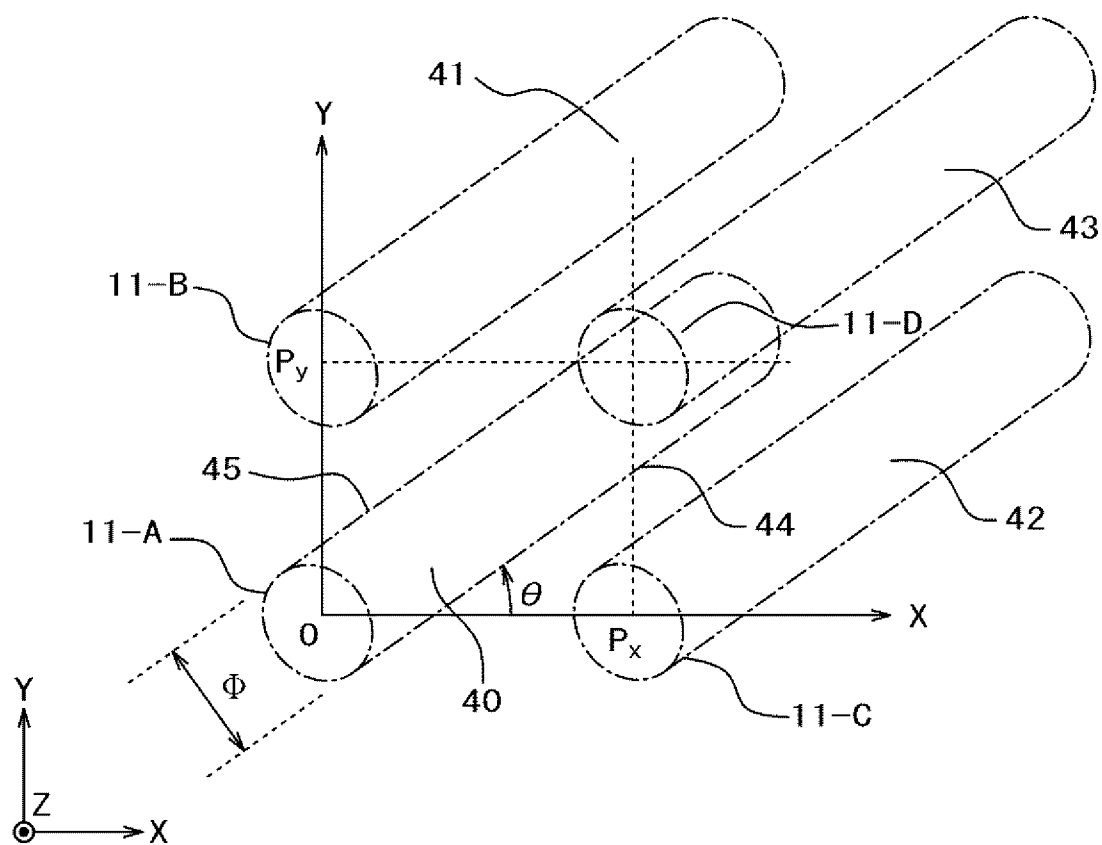
[図6]

図 6



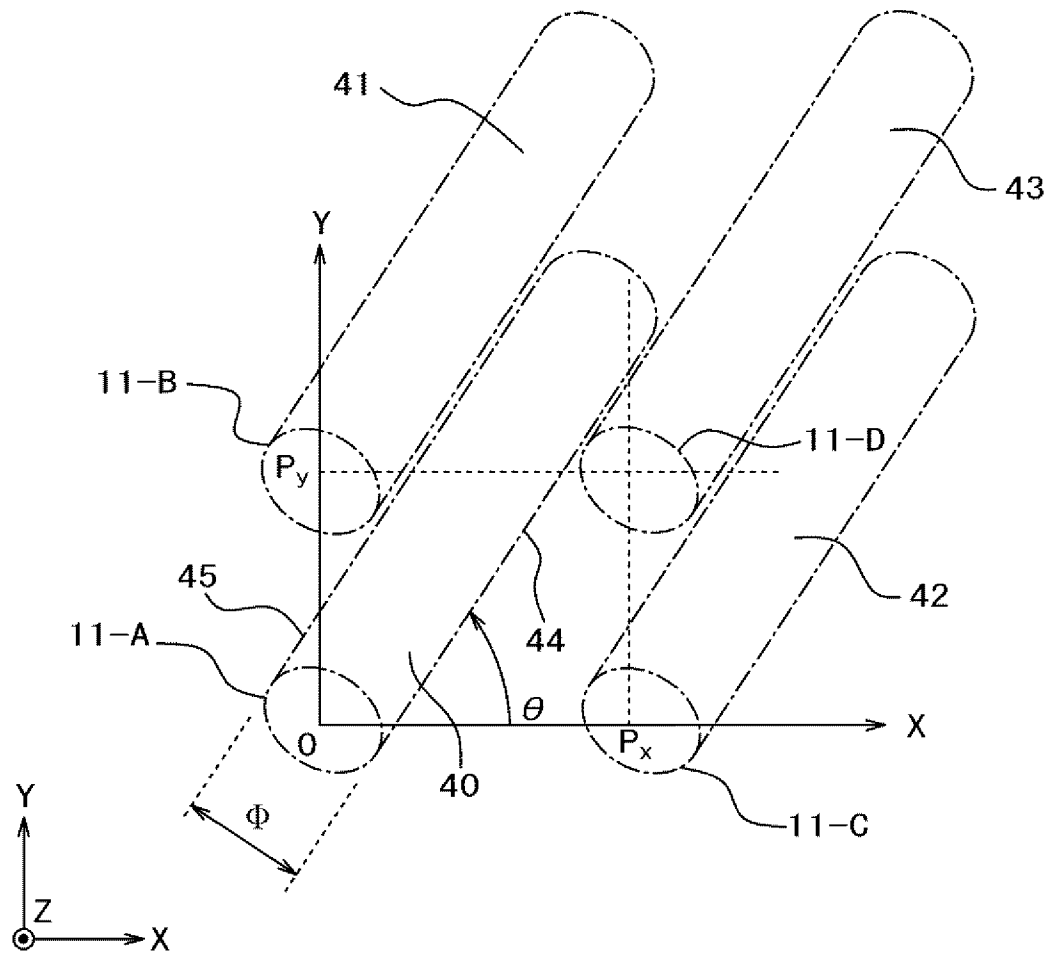
[図7]

図 7



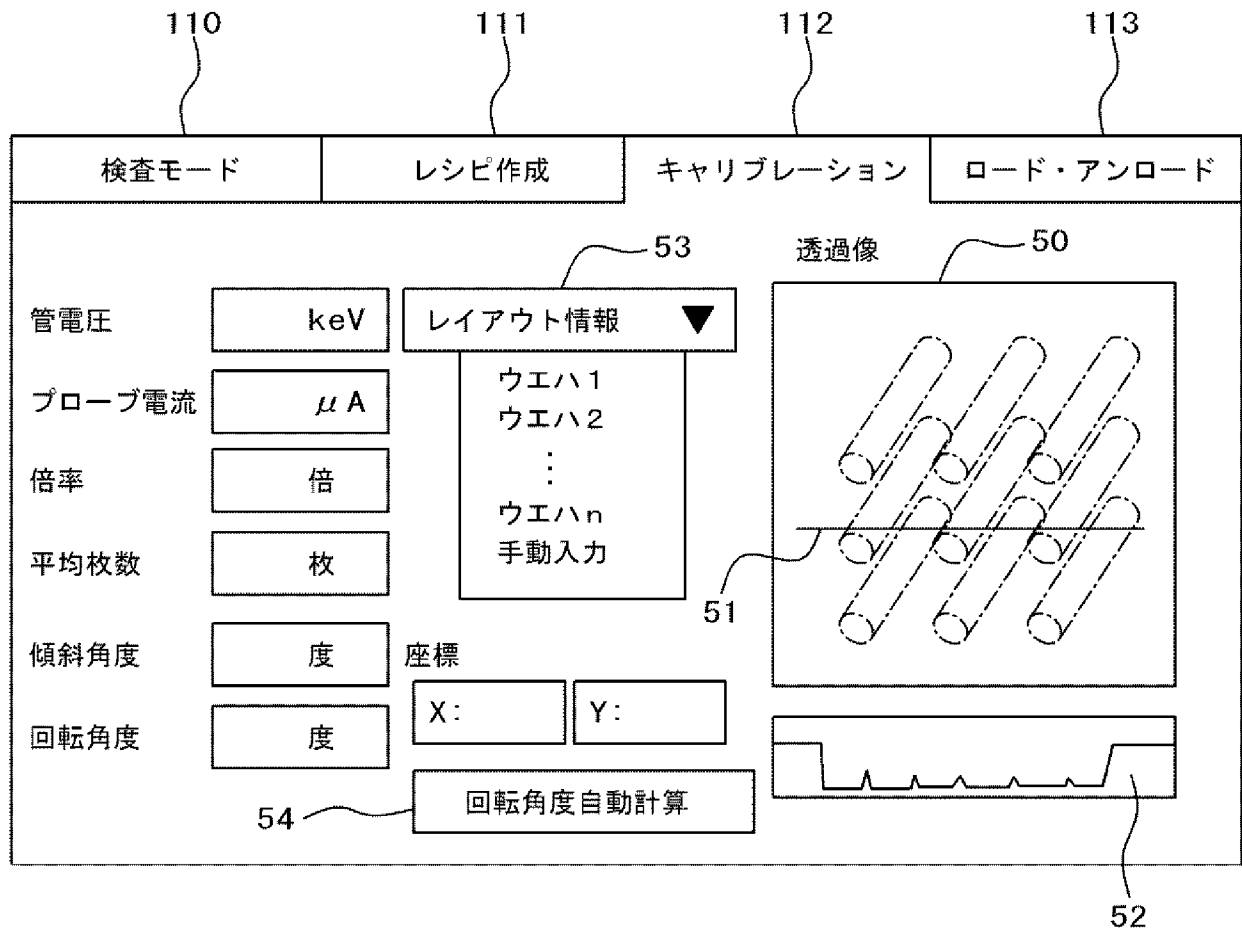
[図8]

図 8



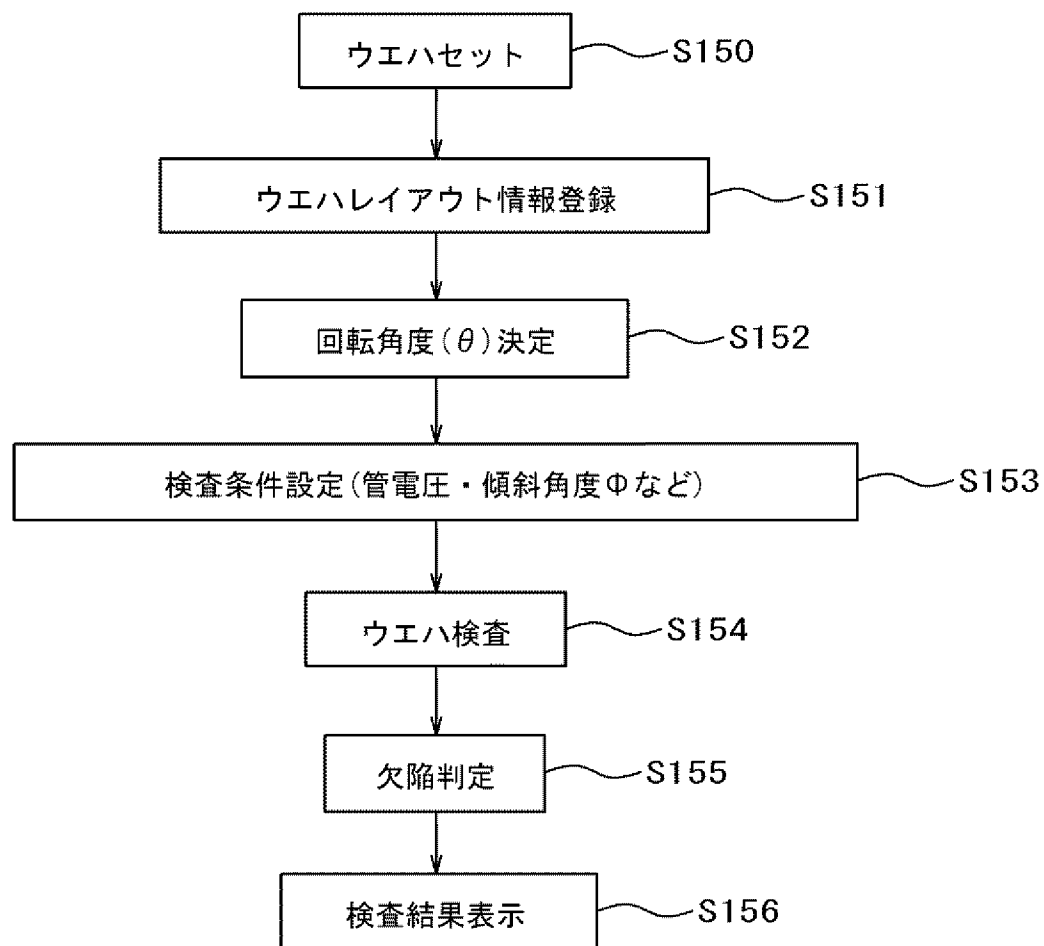
[図9]

図 9



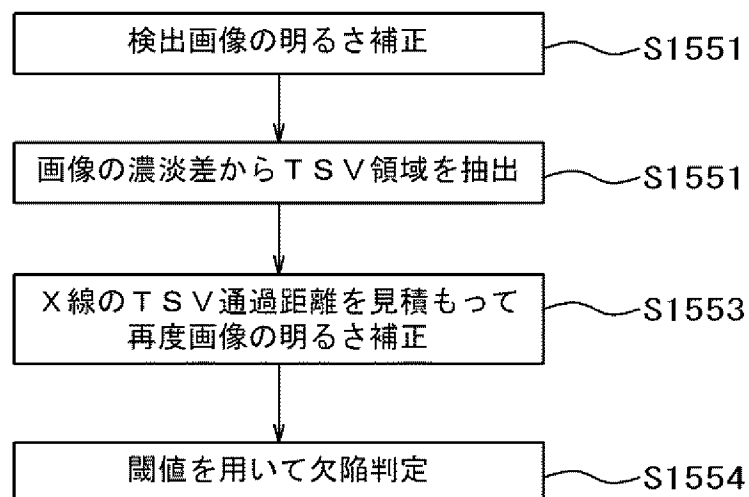
[図10A]

図 1 0 A



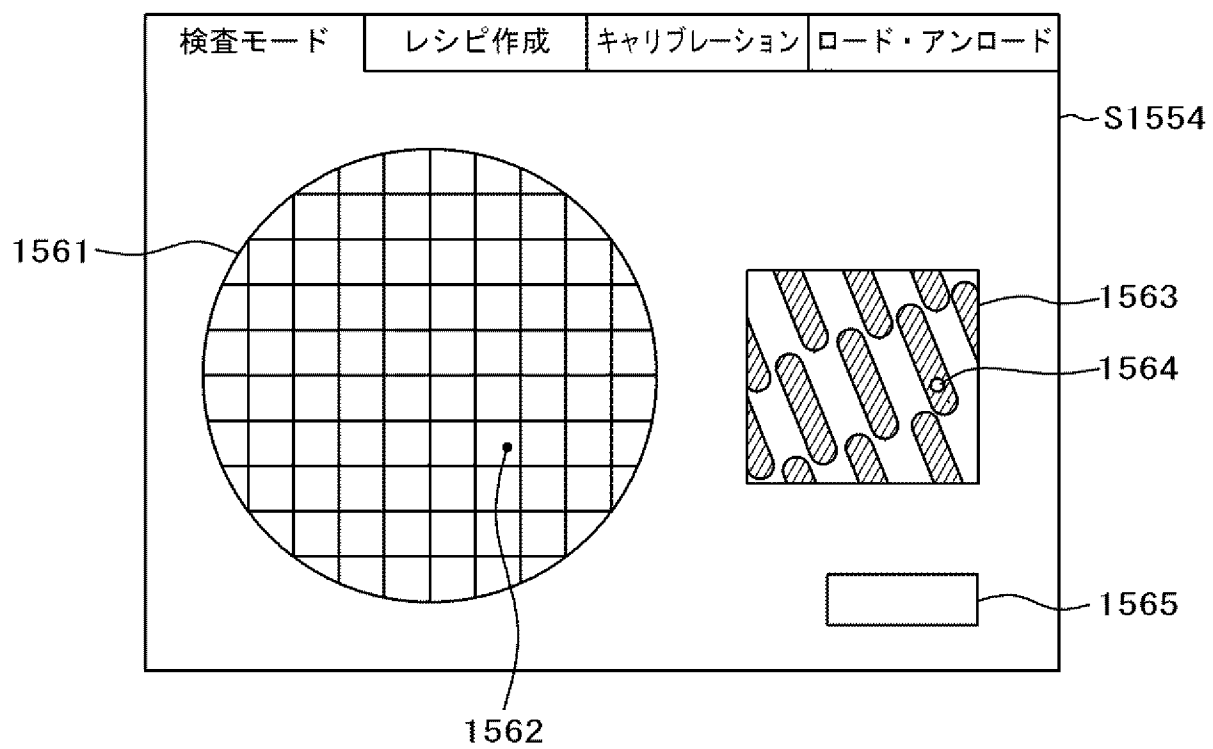
[図10B]

図 1 0 B



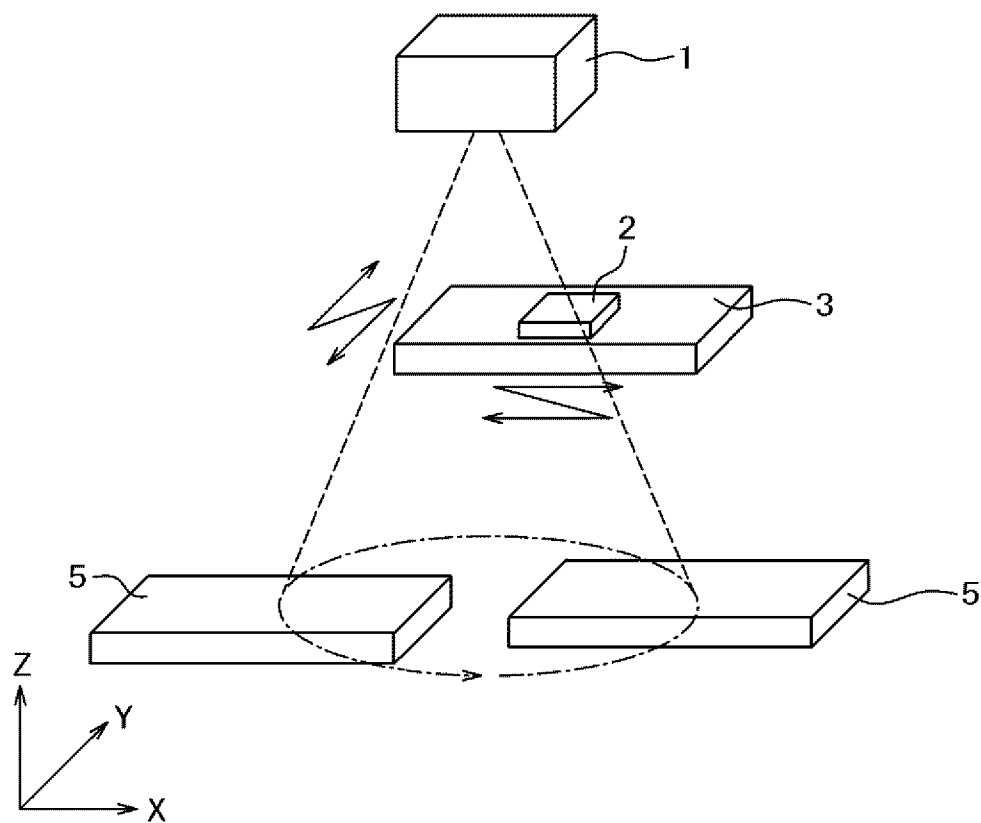
[図10C]

図 1 0 C



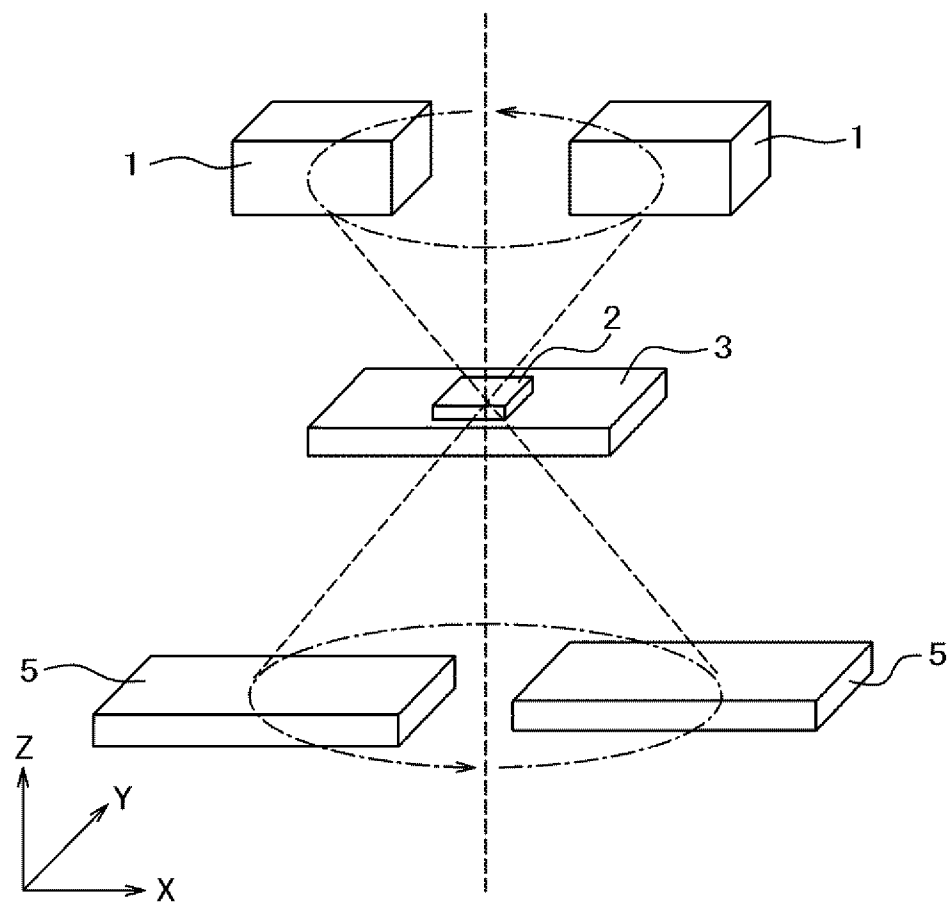
[図11]

図 1 1



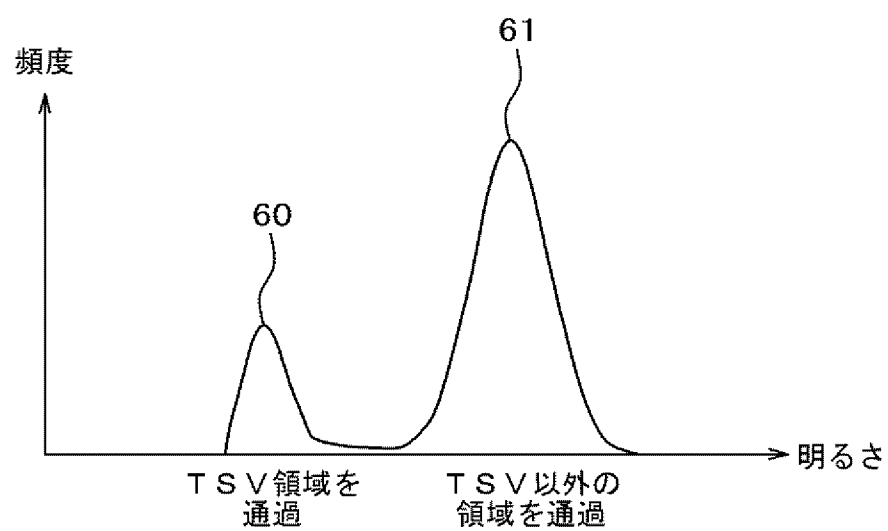
[図12]

図 1 2



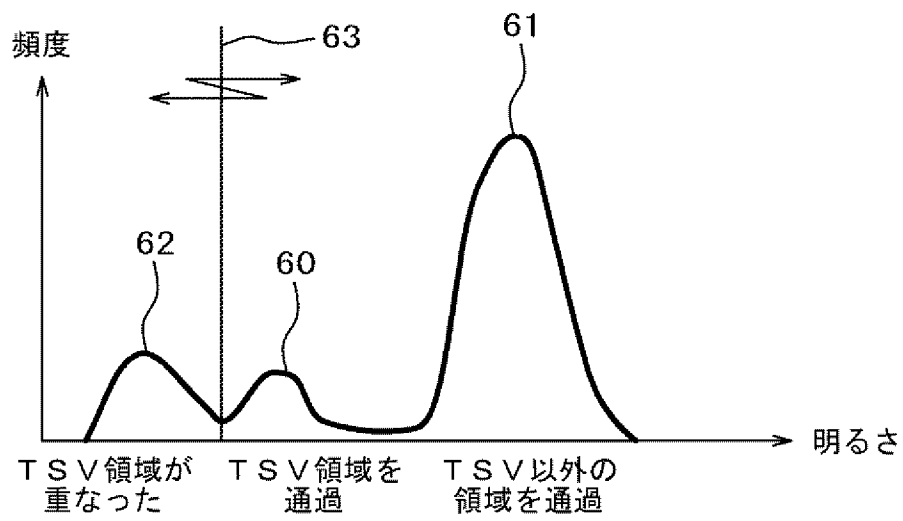
[図13]

図 1 3



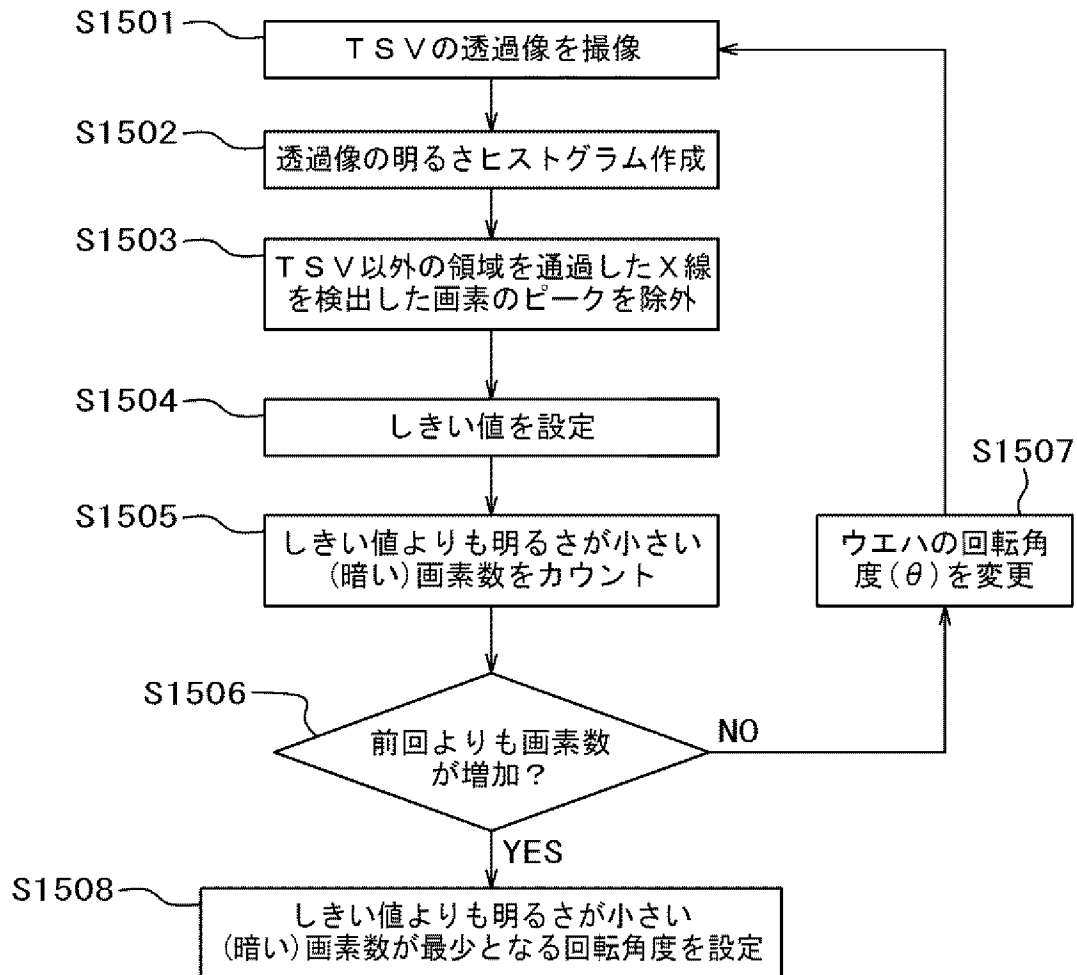
[図14]

図 1 4



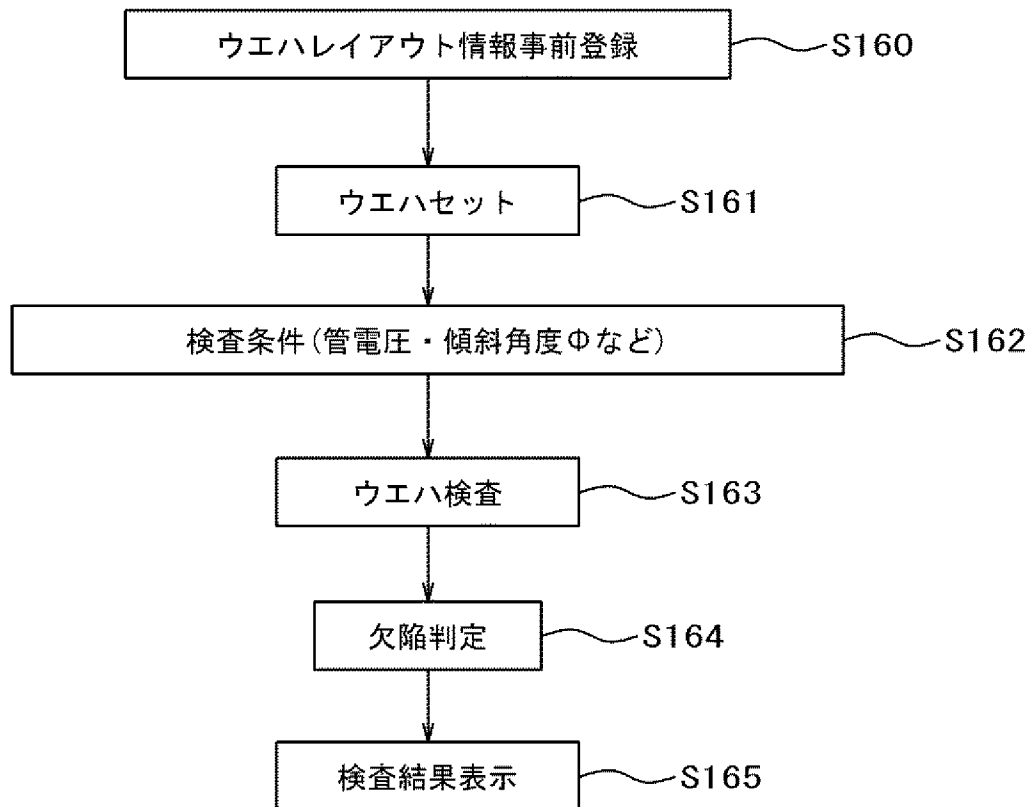
[図15]

図 1 5



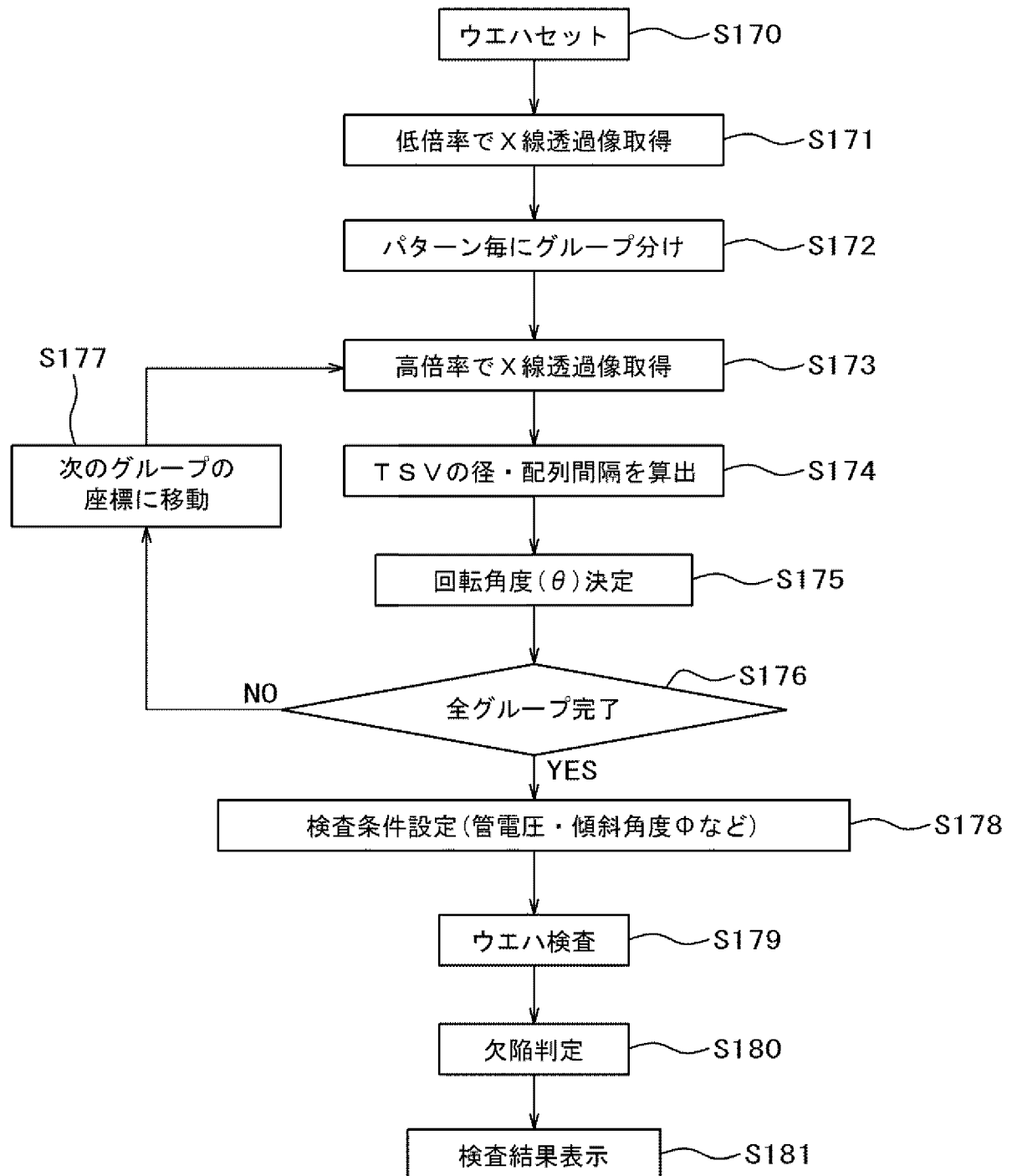
[図16]

図 1 6



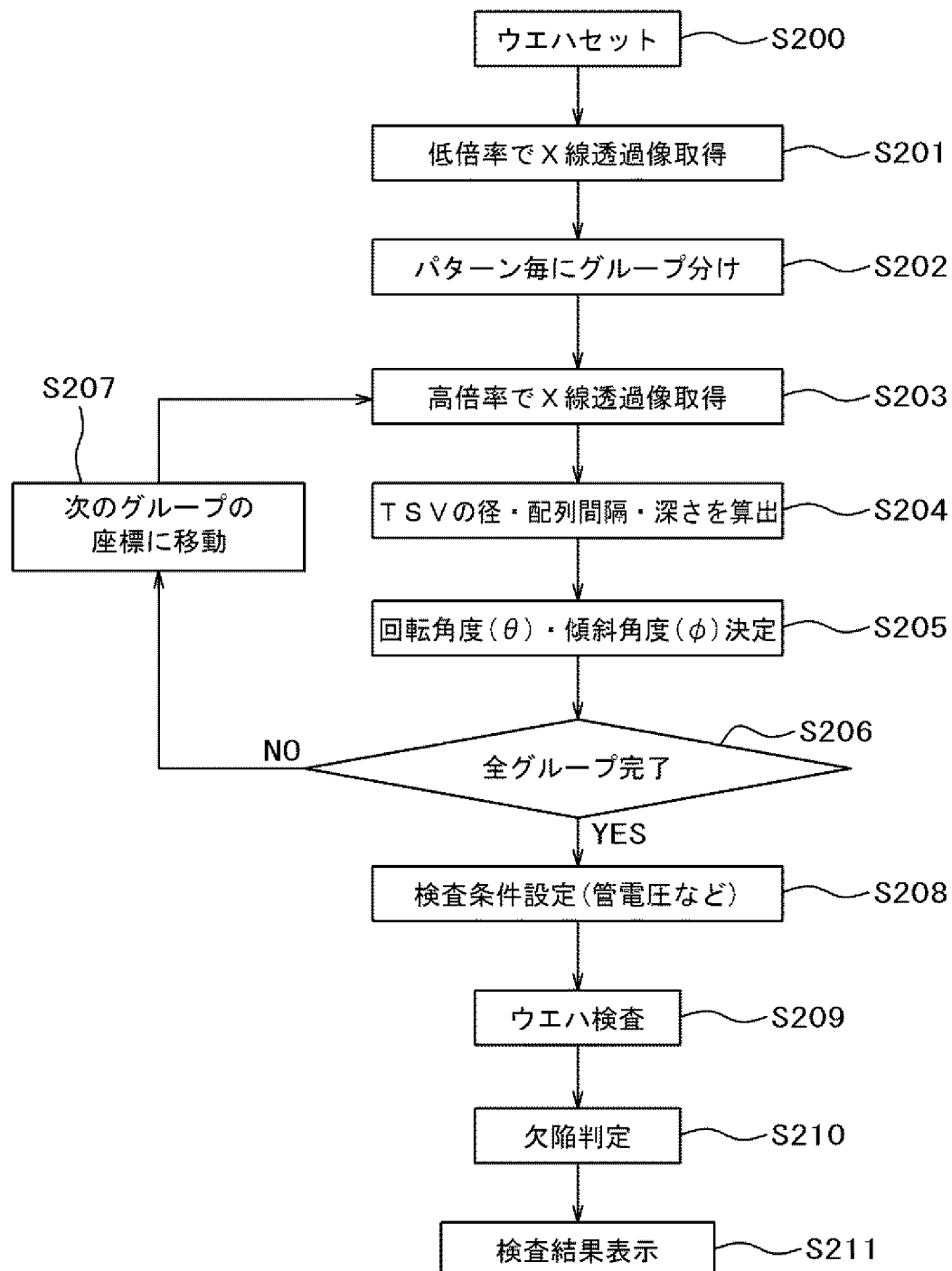
[図17]

図 17



[図18]

図 1 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/085155

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N23/04(2006.01)i, G01N23/083(2006.01)i, G01N23/18(2006.01)i, G01B15/00(2006.01)i, G01B15/08(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)

G01N23/04, G01N23/083, G01N23/18, G01B15/00, G01B15/08

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-85923 A (Toyota Motor Corp.), 23 April 2009 (23.04.2009), paragraphs [0014] to [0028]; fig. 4 to 7 (Family: none)	1-15
A	JP 2013-130392 A (Topcon Corp.), 04 July 2013 (04.07.2013), paragraphs [0114] to [0124]; fig. 12 to 13 (Family: none)	1-15
A	JP 2009-174972 A (Shimadzu Corp.), 06 August 2009 (06.08.2009), paragraphs [0028] to [0048]; fig. 3 to 9 (Family: none)	1-15

☒ 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
16 February 2016 (16.02.16)

Date of mailing of the international search report
15 March 2016 (15.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/085155

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2003/0095631 A1 (ROSNER, S. Jeffrey), 22 May 2003 (22.05.2003), paragraphs [0029] to [0041]; fig. 1 to 6 & EP 1314976 A2	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01N23/04(2006.01)i, G01N23/083(2006.01)i, G01N23/18(2006.01)i, G01B15/00(2006.01)i,
G01B15/08(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. G01N23/04, G01N23/083, G01N23/18, G01B15/00, G01B15/08

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 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 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)

JSTPlus/ JST7580 (JDreamIII)

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
A	JP 2009-85923 A (トヨタ自動車株式会社) 2009.04.23, 段落 [0014]-[0028], 第 4-7 図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2013-130392 A (株式会社トプコン) 2013.07.04, 段落 [0114]-[0124], 第 12-13 図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2009-174972 A (株式会社島津製作所)	1-15

☑ 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

1 6 . 0 2 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 3 . 2 0 1 6

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)

藤田 都志行

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

2 W

3 0 1 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	2009.08.06, 段落 [0028]-[0048], 第 3-9 図 (ファミリーなし) US 2003/0095631 A1 (ROSNER, S. Jeffrey) 2003.05.22, 段落 [0029]-[0041], 第 1-6 図 & EP 1314976 A2	1-15