

(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
2017年2月2日(02.02.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/017745 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 23/18 (2006.01) *G01N 23/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/071182
- (22) 国際出願日: 2015年7月27日(27.07.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (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24番14号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 笹澤 秀明 (SASAZAWA Hideaki); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 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). 磯貝 静志 (ISOGAI Seiji); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 服部 竜己 (HATTORI Tatsumi); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 家田 雅常 (IEDA Masanobu); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 青木 康

子(AOKI Yasuko); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).

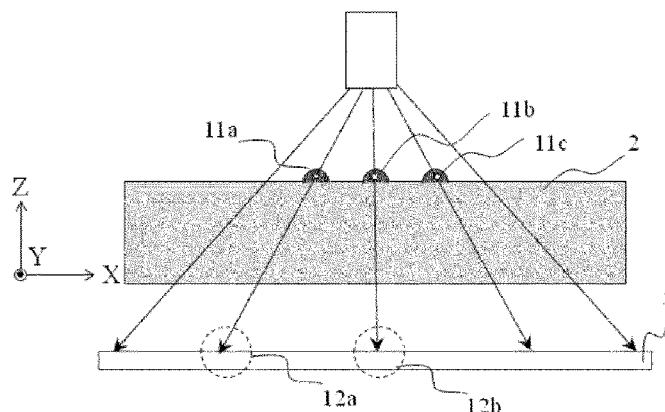
- (74) 代理人: 井上 学, 外 (INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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),

[続葉有]

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

(54) 発明の名称: 欠陥判定方法、及びX線検査装置

[図8]



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide an X-ray inspection device that detects a defect not on the basis of a change of an X-ray irradiation angle but on uniform determining criteria. As one embodiment for achieving the purpose, proposed below is an X-ray inspection device that is provided with: a detection element that detects a transmission X-ray, which has been emitted from an X-ray source and passed through a sample; and an arithmetic device, which forms a profile on the basis of output signals transmitted from the detection element, and which detects, using the profile, a defect included in the sample. The arithmetic device detects the defect on the basis of threshold setting corresponding to the visual field positions (11a, 11b, 11c) of the transmission X-ray.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/017745 A1



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))

本発明は、X線の照射角度の変化によらず、均一な判定基準に基づいて、欠陥を検出するX線検査装置の提供を目的とする。この目的を達成するための一態様として、以下にX線源から放出され、試料を透過した透過X線を検出する検出素子と、当該検出素子の出力信号に基づいてプロファイルを形成し、当該プロファイルを用いて試料に含まれる欠陥を検出する演算装置を備えたX線検査装置であって、演算装置は透過X線の視野位置 (11a、11b、11c) に応じた閾値設定に基づいて、前記欠陥を検出するX線検査装置を提案する。

明 細 書

発明の名称：欠陥判定方法、及びX線検査装置

技術分野

[0001] 本発明は、欠陥判定方法、及びX線検査装置に係り、特に、試料を透過したX線の検出に基づいて、欠陥判定を行う欠陥判定方法、及びX線検査装置に関する。

背景技術

[0002] 試料上に形成された半田バンプ内のボイドを検査するX線検査装置が知られている。特許文献1には半田バンプにX線を照射して、ボイドを検出するX線検査装置が説明されている。特許文献1には、バンプに対するX線照射によって得られるプロファイルから、ボイド候補を抽出し、所定の基準に合致するか否かの判定に基づいて、候補の中からボイドを抽出する手法が説明されている。また、特許文献2には貫通電極が形成されたウエハ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：特許第4039565号

特許文献2：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] 半導体の微細化・高集積化が進み、近年、多層積層技術の進化も著しい。すでに半導体チップの実装に用いられている半田バンプもそのサイズやピッチが縮小されており、直径数10 μ mから数 μ mのものも開発されている。また、高速伝送と高密度実装を両立する技術としてSi基板を貫通させて導通させるTSV(Through Si Via)技術が次世代の半導体積層技術として期待されている。

[0005] このような3次元積層では、半田や銅、アルミニウムといった金属材料を用いて接合させるが、形成時に充填不足やエアボイド混入などが生じて、導通不良などの欠陥となる場合がある。また製造時の電氣的な試験では問題が無くても、製品として使用していくうちに、熱や振動などにより上記欠陥から断線に至る場合も想定される。

[0006] 一方、昨今の半導体の更なる微細化に伴い、プロファイルからボイドを抽出することがより難しくなることが予想される。また、発明者らによって、同じバンプであっても、試料位置によっては、バンプを示すプロファイル形状が異なることが明らかになった。発明者らの更なる鋭意検討の結果、このようなプロファイル形状の相違は、X線の照射角度の変化によってもたらされることが明らかになった。特許文献1、2では、このようなX線の照射角度の変化に伴うプロファイル形状の変化に対する配慮がなされていない。

[0007] 以下に、X線の照射角度の変化によらず、均一な判定基準に基づいて、欠陥を検出することを目的とする欠陥判定方法、及びX線検査装置を提案する。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するための一態様として、以下にX線源から放出され、試料を透過した透過X線を検出する検出素子と、当該検出素子の出力信号に基づいてプロファイルを形成し、当該プロファイルを用いて試料に含まれる欠陥を検出する演算装置を備えたX線検査装置であって、演算装置は前記透過X線の視野位置に応じた閾値設定に基づいて、前記欠陥を検出するX線検査装置を提案する。

発明の効果

[0009] 上記構成によれば、X線の照射角度によらず、均一な判定基準に基づいて、欠陥を検出することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1] X線検査装置の概要を示す図。

[図2] X線検査装置の構成を示す図。

[図3]基準サンプルの一例を示す図。

[図4]X線検査装置の視野中心で基準サンプルにX線を照射したときに得られる信号波形を例示する図。

[図5]X線検査装置の視野中心以外で基準サンプルにX線を照射したときに得られる信号波形を例示する図。

[図6]検査対象サンプルの平面図。

[図7]検査対象サンプルの断面図。

[図8]検査対象サンプル上のバンプ位置と、検出素子上の検出位置との位置関係を示す図。

[図9]X線検査装置の視野中心付近にボイドを含んだ半田バンプが位置するときに得られるプロファイルの一例を示す図。

[図10]X線検査装置の視野中心以外にボイドを含んだ半田バンプが位置するときに得られるプロファイルの一例を示す図。

[図11]欠陥検査工程を示すフローチャート。

[図12]ボイドを含むバンプのプロファイルを示す図。

[図13]ボイドを含むバンプのプロファイルからボイドを示すピーク波形を抽出した例を示す図。

[図14]斜方（傾斜角 ϕ ）から検査対象物にX線を照射したときのX線検査装置を示す図。

[図15]X線の照射位置と検出器の検出位置との位置関係を示す図。

[図16]基準サンプルを用いて評価用データを収集する工程を示すフローチャート。

[図17]予め記憶された評価用データを用いて、欠陥検出を行う工程を示すフローチャート。

発明を実施するための形態

[0011] 半導体製造の後工程である半田付け工程における半導体バンプの検査においては、製造ラインのタクトに合わせた高速検査が望まれると予想される。広い視野で一度に多くのバンプやTSVなどの検査対象物を検出することが

できれば効率が良い。X線装置では、X線源の分解能はX線源のスポット径によって決まる。X線源スポット径に対して微細な対象物を検出する場合、図1に示すような拡大光学系とする。図1に例示するX線検査装置にはX線源1、測定対象2、及びX線検出器5が含まれている。この例では、測定対象2上の検出視野はX線検出器5で検出可能な領域となり、X線源1と測定対象2の距離と、X線源1とX線検出器5の距離の比で拡大率が決定される。このような拡大系での検出では視野の中央と周辺ではX線照射角度が異なることになる。照射角度が異なると同一の対象物でもその透過像は異なるので、一様な閾値による判定基準を適用した場合、視野内の検出位置によって欠陥検出感度に差が生じてしまう。

[0012] 以下に、検査対象物に対し、鉛直上方あるいは傾斜させた角度からX線を照射し、検査対象物の透過像をX線検出器で検出する機構を備えたX線検査装置について説明する。X線検査装置では、予め検査対象物の厚さとボイド欠陥をモデル化した基準サンプルを用いて、放射角度が異なる検出視野内の複数箇所で、基準サンプルの透過像検出を行う。視野内位置（X線照射角度）毎に基準サンプル透過像から検査対象物によって生じる輝度減衰量、ボイド欠陥によって生じる輝度変位を記録しておき、各視野内位置（X線照射角度）に応じた評価用データを生成しておく。または基準サンプル及び基準サンプル透過像を計算によって求めておく。

[0013] 実際の検査を行う場合には、検出位置から視野内でのX線放射角度を決定し、それに対応した基準サンプル透過像での輝度減衰量、ボイド欠陥による輝度変位を検査対象物の輝度変位箇所と比較して、欠陥（ボイド）検出を行う。基準サンプルは検査対象物の良品、不良品サンプルから決定しても良い。

[0014] 上述のような構成によれば、検出視野内でのX線照射角度の違いによる検出感度の相違を抑制でき、均一な欠陥検出感度での検査が可能となる。

実施例 1

[0015] 図2はX線検査装置100の概要を示す図である。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、回転ステージ4、X線検出器5、X線遮蔽壁6、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、及び出力部105から構成される。X線源1は例えば、電子光学系とターゲットで構成される（図示せず）。

[0016] 電子光学系は例えば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、電子銃から放出された電子ビームのターゲットへの照射に基づいて発生するX線を照射するように構成されている。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。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。本実施例のX線検出器5にはイメージインテンシファイア+CCDカメラ（二次元撮像素子）を用いている。

[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との間の距離を固定とすると、ウエハ2との相対距離の変化によって、倍率や視野の大きさが変化するため、並進ステージ3の位置を調整することによって、これら倍率や視野の大きさを調整する。X線検出器5は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。上記、X線源1、並進ステージ3、回転ステージ4、及び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。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。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、検査結果を出力部105に表示する。

[0018] 制御部104には図示しない演算装置が内蔵されており、後述するような演算処理を実行する。以下に説明する実施例では、複数の視野内位置（X線の照射角度）にて、基準サンプルのX線検査を行い、各視野内位置における評価用データを生成し、この各視野内位置の評価用データを用いて、視野内位置に応じたボイド検査を実行する例について説明する。

[0019] 図3に基準サンプル300の一例を示す。図3は基準サンプル300の上面図と側面図を示しており、実際に検査対象とする物質と同じ材質で作成されている。形状は階段上のくさび形で、複数の厚さの違う領域から成り、各領域には想定される欠陥ボイドサイズの範囲で、寸法の異なる穴を例えば、3段階の欠陥穴301、302、303として、加工しておく。材質は必ずしも検査対象と同じでなくてもよく、X線による吸収係数が判っていれば、実際の材料によるX線透過率に換算可能である。欠陥穴は疑似ボイドであり、例えば基準サンプル上、或いは基準サンプル内に半球状、球状の空隙が形成されている。このような基準サンプル300を用いて、評価用データを生成する工程を図16のフローチャートを用いて説明する。

[0020] まず、基準サンプル300をX線遮蔽壁6内部に配置された並進ステージ3上に搭載し（ステップ1601）、所定の照射角度（視野内位置）に基準サンプルを移動する（ステップ1602）。本例では、まず視野中心（X線照射領域の中心）に基準サンプル300を位置付ける。視野中心に位置付けられた基準サンプル300に対し、X線を照射することによってX線透過像を取得する（ステップ1603）。図4（a）はSi基板などのベース基板

400に基準サンプル300を搭載したサンプルをX線検査装置100の視野中心付近で撮像した例を示す図である。

[0021] 視野中心ではX線光束410は上方から均等にサンプルを透過し、X線センサ5で検出される。図4(b)は基準サンプル300の段差部分とベース基板400を透過したX線輝度を各段差領域毎に示したものである。一般にX透過による輝度減衰は、検出輝度 I 、光源輝度 I_0 、試料厚さ t 、吸収係数 μ とすると、 $I = I_0 \cdot \exp(-\mu t)$ で表されるので、輝度401は段差領域の厚さに応じた輝度となる。さらに、基準サンプル上のボイド穴301、302、303による輝度401からの輝度変化（プロファイル）を輝度402として図4(c)に示す。輝度402では各段差領域でのボイド穴に対応したピーク輝度を生じる。ピーク輝度は材料透過による減衰の他にX線光学系が有する分解能にも依存する。このようにして各厚さでの輝度(B)とそこでのボイド穴301、302、303による輝度変化(S)を記録しておく(ステップ1604)。更に、欠陥と判断すべきピーク高さ情報を併せて記憶する。また、基準サンプルに設けられたボイド穴の寸法は既知であるため、ボイド穴の寸法情報も併せて記憶する。

[0022] また、これらデータと関連付けて、データを取得した際のX線照射角度（或いは視野内位置情報）も評価用データとして記憶する。X線照射角度は、試料上の視野中心とX線源を結ぶ直線と、基準サンプル位置とX線源を結ぶ直線の相対角であり、これらの情報をも併せて記憶しておくことで、実サンプル検査時に、評価用データを読み出せるようにしておく。また、照射角度ではなく、視野中心と基準サンプル位置との距離（視野内位置情報）に関連付けて評価データを記憶するようにしても良い。視野中心の場合は、X線照射角、及び視野中心と基準サンプル位置との距離はいずれもゼロになる。

[0023] 次に図5に示すように基準サンプル300とベース基板400をX線検査装置100の視野中心以外（図5では視野周辺と表記）で撮像する。図5(a)は視野周辺でのX線光束510の照射方向を示しており、このような拡大透過系では斜方から照射される。視野中心以外では、視野中心のX線光束

410とは照射角度が異なるので、サンプルを透過する距離も長くなる。従って、図5(b)の基準サンプル300の段差部分とベース基板400を透過したX線輝度501と、基準サンプル上のボイド穴301、302、303による、図5(c)の輝度変化502は視野中心とは異なるものになる。このようにして視野中心及び周辺での段差サンプルによる輝度値(B)とボイド穴301、302、303による輝度ピーク値(S)を記録しておく。同様な記録を視野内の任意の中間位置でも行っても良い。

[0024] 尚、上記記録は必ずしも実際にサンプルを製作、検出する必要はなく、X線検査装置100の仕様によって計算で算出可能である。

[0025] 以上のような視野中心と視野内の視野中心以外の位置での基準サンプルを用いた評価用データの取得を、視野中心以外の位置を含む少なくとも1個所で行う。後述するように、評価データはX線の照射角度に応じて変化するバンプの信号波形の変化を補正して、X線の照射角度に依らず、均一な判定基準に基づいて、ボイド検出を行うものである。評価用データを取得する角度が多い程、補正精度の向上が期待できるので、必要に応じた複数のX線照射角度(或いは視野内位置)で評価用データを取得し、記憶媒体等に評価データを記憶させる。

[0026] なお、複数のX線照射角度で評価データを取得するのは、上述のようにX線の照射角度が異なる視野内位置では、均一な評価基準に基づくボイド検出ができないことを理由とするものであるが、照射角度だけではなく照射方向によってもバンプの信号波形が変化することも考えられる。即ち、同じ照射角度であっても、照射方向が違えばその信号波形形状が異なることが考えられる。このような場合には、複数の照射角度と複数の照射方向の組み合わせ毎に評価データを取得することが考えられる。例えばX線照射領域内の (x_1, y_1) から (x_m, y_n) の各位置で、評価用データを取得することが考えられる。また、上述の例では、基準サンプルを、評価用データを取得すべき各位置に移動(異なる位置への位置付け)させる例について説明したが、ベース基板400上にライン状、或いはマトリクス状に基準サンプル300を配

列し、試料の移動を行うことなく、複数の各位置にて評価用データを取得するようにしても良い。また、装置の拡大率（並進ステージ3の位置）等によっても、検出素子の各位置における評価用データは変化するため、装置条件ごとに、上記評価データを記憶させておくことが望ましい。

[0027] 次に、上述のようにして取得した評価用データを用いて、実際の検査対象試料を検査する検査法、及び検査を実行するX線検査装置を、図面を用いて説明する。図6は、半導体ウエハ2上のダイ10内に形成された半導体バンプ11の一例を示す平面図である。図7は図6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の一部に半田バンプ11が形成されている。図7は、厚さhのSiウエハ2上にバンプ11が形成されている様子を断面方向から見た図である。

[0028] 図8はSiウエハ2上の半田バンプ11a、11b、11cにX線を照射し、透過X線を二次元センサ（X線検出器5）で検出した様子を示す図である。視野内には、半導体バンプ11a、11b、11cが投影されており、X線検出器5上の検出領域（位置）12aで半導体バンプ11aが、検出領域12bで半導体バンプ11bがそれぞれ検出される。以下、領域12bは視野中央に位置し、領域12aは視野中心以外に位置するものとして説明する。図9は検出領域12aで取得された輝度プロファイル为例示するものであり、図10は検出領域12bで取得された輝度プロファイル为例示するものである。

[0029] 図9（図10）に例示するように、バンプ内にボイドが含まれている場合、バンプ11a（11b）の形状に応じて形成される輝度プロファイル30b（31b）に、ボイドを示す輝度プロファイル30s（31s）が重畳したような波形が検出される。このような検出波形に基づいて、ボイド内欠陥（バンプ）の有無を判定する工程を、図11～図13を用いて説明する。

[0030] 初めにStep1では、装置のX線源とセンサの相対位置およびセンサ視野内での検出位置からX線の照射角度を確定する。これにより、図4及び図5で示した基準サンプルでの検出結果のうち、近い照射角度の結果データ（

評価用データ）を選択することが可能となる。この際、記憶媒体等に予め記憶された評価データを、求められた照射角度や視野内位置を用いて読み出すようにする。

[0031] Step 2では、着目したバンプ領域でのプロファイルから変異箇所を検出する。図12は検出したバンプ画像のプロファイル32bを示している。プロファイル中から微小変化探索領域33を逐次走査して領域中でのプロファイル変化率或いは分散値などから変異箇所32sを検出する。

[0032] Step 3では、変異箇所のピーク輝度と周辺のベース輝度を算出する。図13は特異箇所32sのみを抽出した例であり、ピーク輝度34s及び周辺のベース輝度34bを算出する。

[0033] Step 4では、Step 1で確定した照射角度での基準サンプルのデータからベース輝度34bに近い基準サンプルでのベース輝度を決定する。

[0034] Step 5では、決定した基準サンプルでのベース輝度領域でのピーク輝度とピーク輝度34sとを比較し、ボイドサイズを決定する。なお、Step 4、Step 5での基準サンプルとの比較では、必ずしも輝度の近い基準サンプルを選択せずとも、輝度が隣接する基準サンプルの輝度データから内挿して決定しても良い。

[0035] Step 6では、ピーク輝度34sが、予め設定したボイドサイズでのピーク輝度閾値34tより高い場合に、当該ピークがボイド（或いは欠陥原因となるボイド）であると判定する。

[0036] このようにして、予め基準サンプルでのバンプ及びボイド検出値を視野内で記録しておき、実際の検査対象物と比較することにより、視野内のX線放射角度によらず、安定してボイド欠陥判定を行うことができる。なお、上記実施例では簡単のため、主に1次元方向でのX線放射角度や、検出位置、輝度値プロファイルを説明したが、当然ながらX線検出器5に2次元検出器を用いた場合は2次元方向での処理を実施するものであることは言うまでもない。

[0037] 図17は、更に具体的なバンプ判定工程を示すフローチャートである。まず、検査対象となるバンプが含まれる半導体ウエハにX線を照射することに

よって、X線透過像を取得する（ステップ1701）。次にX線透過像に含まれるバンプを示すプロファイルの中から、ボイドと考えられるピークを持つバンプを選択する（ステップ1702）。ボイド候補は閾値判定等によって選択する。このようなバンプの選択に基づいて、X線照射角度（視野内位置）を決定する（ステップ1703）。バンプの選択に基づいて、センサ上の位置を特定することができるので、特定された位置情報に基づいて、X線照射角度を決定する。

[0038] 次に決定された照射角度に関連付けて記憶されているベース輝度参照データ（評価用データ）を記憶媒体から読み出す（ステップ1704）。記憶媒体には照射角度毎に、基準サンプル300の異なる高さ位置で得られた複数のベース輝度に関する参照データ（輝度（B））、異なるベース輝度毎に異なる大きさの穴に対応するピーク輝度の参照データ（輝度変化（S））、及び検出されたピーク輝度が欠陥となるボイドか否かを判定する閾値情報が、照射角度毎、或いは照射角度毎に登録された複数のベース輝度参照データ毎に記憶されている。なお、選択されたバンプ位置に対応する照射角度の評価用データが存在しない場合には、最も近接する照射角度のベース輝度の参照データを読み出すようにしても良い。また、近接する2以上の照射角度のベース輝度参照データ（基準輝度参照データ）の内挿或いは外挿に基づいて生成される近似曲線から、選択されたバンプの照射角度におけるベース輝度に関する参照データを求めるようにしても良い。

[0039] 次に、選択されたバンプのベース輝度と、読み出された異なる高さに対応する複数のベース輝度データの参照データとを比較し、一致或いは最も近似するベース輝度参照データを選択する（ステップ1705）。選択されたベース輝度参照データには、複数のボイドの大きさに対応する複数のピーク輝度が関連付けて記憶されているので、当該複数のピーク輝度参照データと、上記ボイド候補ピークを比較し、一致する或いは最も近似するピーク輝度参照データを選択する（ステップ1706）。このような比較によって、ボイド候補の大きさを特定することが可能となる。なお、複数のピーク輝度参照

データを内挿或いは外挿することによって得られる近似曲線を用いて、ボイド候補ピークの大きさを定量化するようにしても良い。

[0040] 以上のようにして選択されたピーク輝度参照データ、或いは定量化されたボイド候補ピークと、ベース輝度参照データ毎に登録された閾値情報を比較し（ステップ1707）、当該閾値以上、或いは当該閾値を超えるボイド候補ピークを欠陥ボイドと判定する（ステップ1708）。閾値以下或いは閾値を下回るボイド候補ピークは欠陥（或いは欠陥候補）ではないものと判定する（ステップ1709）。

[0041] 以上のようなアルゴリズムを用いた判定を行うことによって、X線の照射角度の違いに依らず、安定した判定基準に基づいて、欠陥同定を行うことができる。また、照射角度毎に複数登録されているベース輝度参照データ毎に、異なる閾値を登録しておくことによって、X線の試料の透過距離によらず、視野内において均一な評価基準に基づく欠陥判定を行うことができる。なお、図17に例示したアルゴリズムによれば、ボイド候補ピークと、複数の既知の寸法のボイドに関する参照ピークを比較しているため、ボイドの大きさを特定することが可能となるが、ボイドが欠陥か否かを判定すれば良いだけであれば、ピーク間の比較を行わずとも、ベース輝度参照データ毎に登録された閾値を用いた欠陥判定を行うだけでも良い。更に、高い精度が要求されないのであれば、照射角度毎に欠陥判定を行うための閾値を記憶しておき、当該閾値とボイド候補ピークとの比較を行うだけでも良い。

実施例 2

[0042] 次に検査対象物2を斜方から透過して検査する例を図14及び図15を用いて説明する。図14はX線検査装置100の並進ステージ3及びX線検出器5を移動させて、検査対象物2を斜方から傾斜角 ϕ で透過して検出する例である。図15にX線検出器5で検出する領域でのX線源1からのX線放射と検査対象物2の関係を示す。このように斜方検出においても検出領域内で放射角度が異なることが判る。この場合でも検出領域内の位置の異なる場所、位置35a、35b、35cに、検査対象物2の代わりに基準サンプル30

0を設置して検出領域内での検出データを記録しておく。傾斜角 ϕ で検査対象物2を検査する際は、実施例1と同様にして基準サンプルと比較することにより、斜方からの検査であっても安定してボイド欠陥判定を行うことができる。

[0043] 尚、上記例では、基準サンプル300を用いたが、予め良品サンプル及び不良品サンプルが準備できるのであれば、それらを用いて検出領域内でのX線放射角度によるデータを保存しておき、検査対象品との比較を行って欠陥判定をしても良い。その場合、基準として用いる良品サンプルや不良品サンプル内のボイド形状を確定するため、CTによる3D解析を行った結果を利用すると、寸法が既知な基準サンプルと同様に精度の高い判定を行うことが可能となる。

[0044] 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。

符号の説明

[0045] 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…X線遮蔽壁、10…ダイ、11…バンプ、11a…視野周辺のパンプ、11b…視野中央のパンプ、11c…視野周辺のパンプ、12a…バンプ11a検出領域、12b…バンプ11b検出領域、30b…バンプの輝度プロファイル、30s…ボイドによる輝度変化、31b…バンプの輝度プロファイル、31s…ボイドによる輝度変化、32b…バンプの輝度プロファイル、32s…ボイドによる輝度変化、33…微小変化探索領域、34s…ピーク輝度、34b…周辺ベース輝度、34t…ピーク輝度閾値、35a…斜方検出時の視野周辺位置、35b…斜方検出時の視野中央位置、35c…斜方検出時のもう一方の視野周辺位置、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…出力部、300…基準サンプル、301…欠陥ボイド穴1、302…欠陥ボイド穴2、303…欠陥ボイド穴3

、４００…ベース基板、４０１…段差領域の厚さに応じた輝度、４０２…ボイド穴による輝度変化、４１０…Ｘ線光束、５０１…段差領域の厚さに応じた輝度、５０２…ボイド穴による輝度変化、５１０…Ｘ線光束

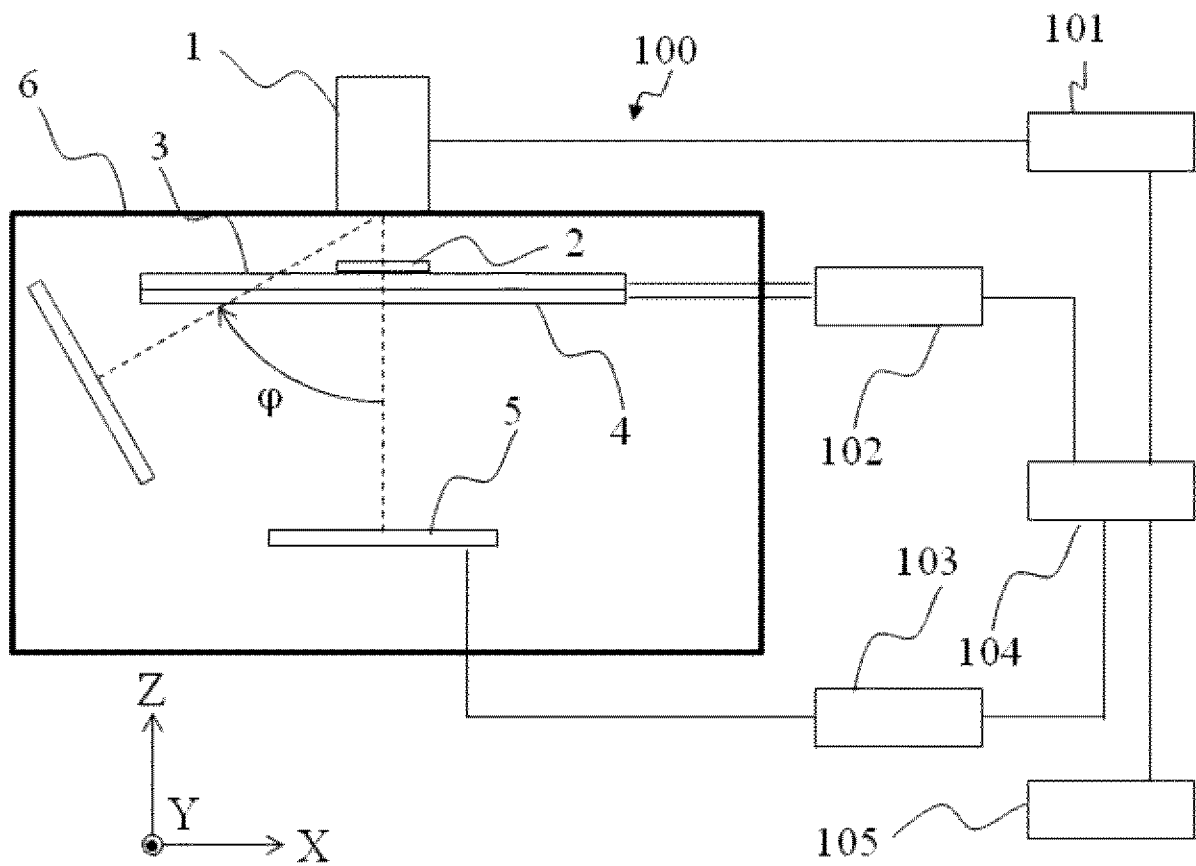
請求の範囲

- [請求項1] X線源から放出され、試料を透過した透過X線を検出する検出素子と、当該検出素子の出力信号に基づいてプロファイルを形成し、当該プロファイルを用いて試料に含まれる欠陥を検出する演算装置を備えたX線検査装置において、
- 前記演算装置は前記透過X線の視野位置に応じた閾値設定に基づいて、前記欠陥を検出することを特徴とするX線検査装置。
- [請求項2] 請求項1において、
- 前記演算装置は、前記X線の照射角度に応じて、前記閾値を設定することを特徴とするX線検査装置。
- [請求項3] 請求項1において、
- 前記演算装置は、前記閾値以上、或いは当該閾値を超えるピークを有する部位を欠陥として検出することを特徴とするX線検査装置。
- [請求項4] 請求項3において、
- 前記透過X線の異なる視野位置毎に、複数の基準輝度参照データを記憶する記憶媒体を備え、前記演算装置は複数の基準輝度参照データと、前記透過X線に基づいて得られる輝度データとの比較に基づいて、前記欠陥を検出することを特徴とするX線検査装置。
- [請求項5] 請求項4において、
- 前記記憶媒体は、前記複数の基準輝度参照データ毎に、複数の大きさのボイドに対応した複数のピーク輝度参照データを記憶し、前記演算装置は、前記透過X線に基づいて得られるピーク輝度と、前記複数のピーク輝度参照データとの比較に基づいて、前記欠陥を検出することを特徴とするX線検査装置。
- [請求項6] 請求項4において、
- 前記演算装置は、前記複数の基準輝度参照データ毎に登録された閾値に基づいて、前記欠陥を検出することを特徴とするX線検査装置。
- [請求項7] X線源から放出され、試料を透過した透過X線の検出に基づいて輝

度プロファイルを形成し、当該輝度プロファイルを用いて、試料に含まれる欠陥を検出する欠陥検出方法において、

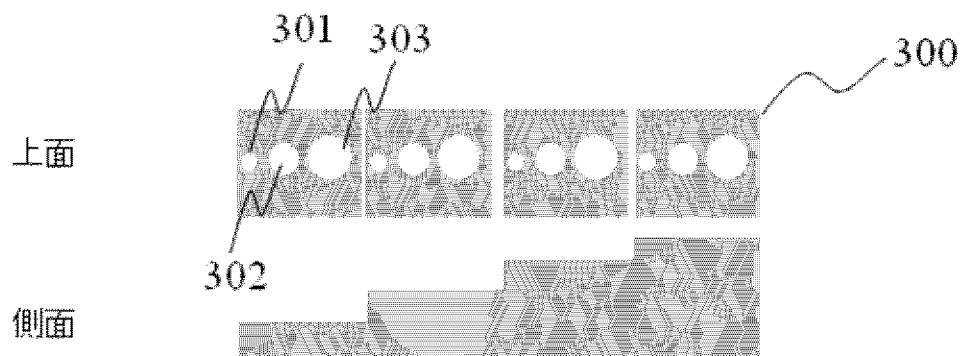
前記透過X線の視野位置に応じた閾値を設定し、当該閾値以上、或いは当該閾値を超えるピークを有する部位を欠陥として検出することを特徴とする欠陥検出方法。

【図1】



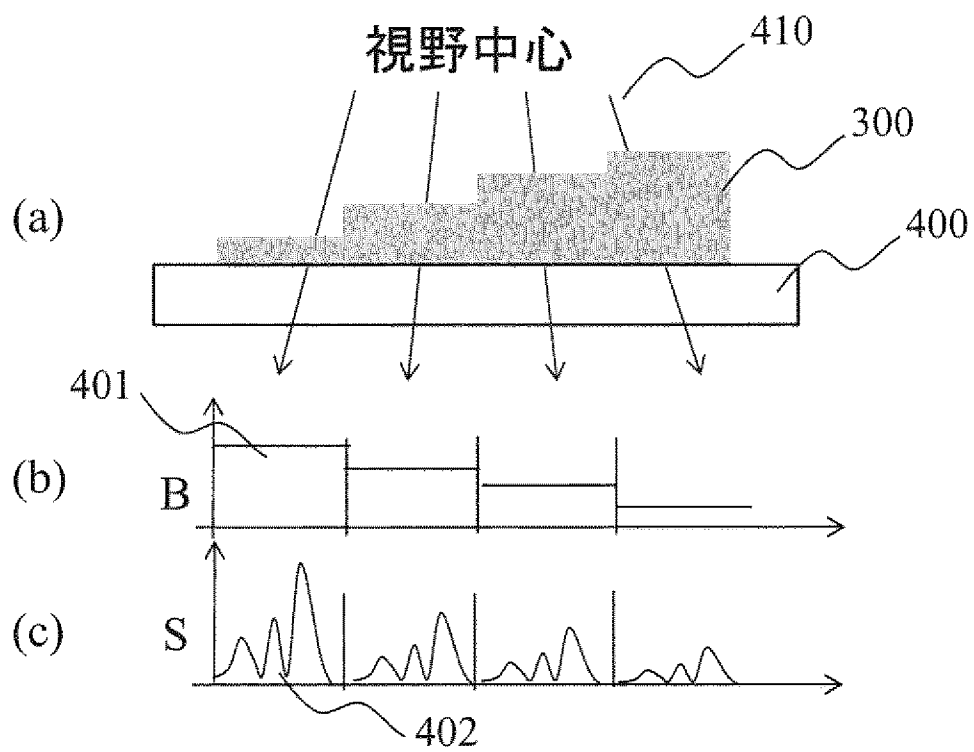
[図3]

【図3】



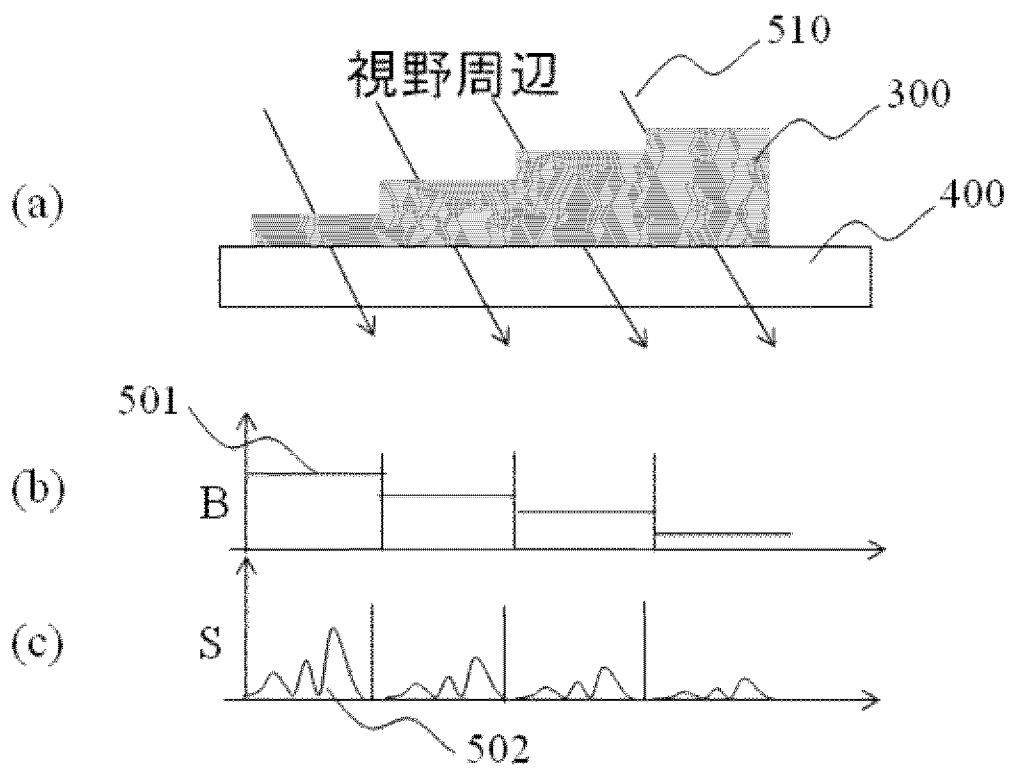
[図4]

【図4】



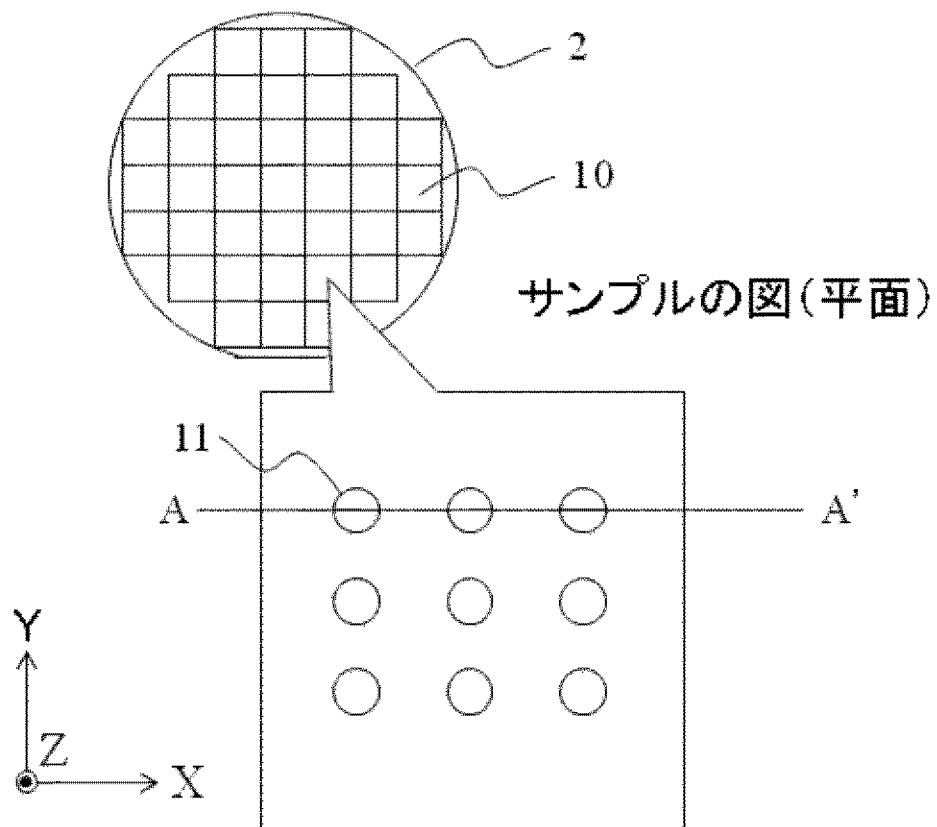
[図5]

[図5]



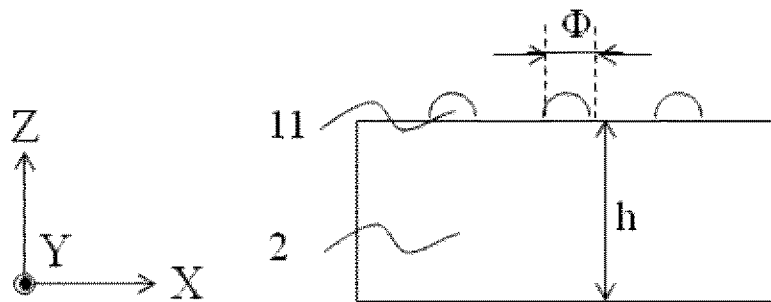
[図6]

[図6]



[図7]

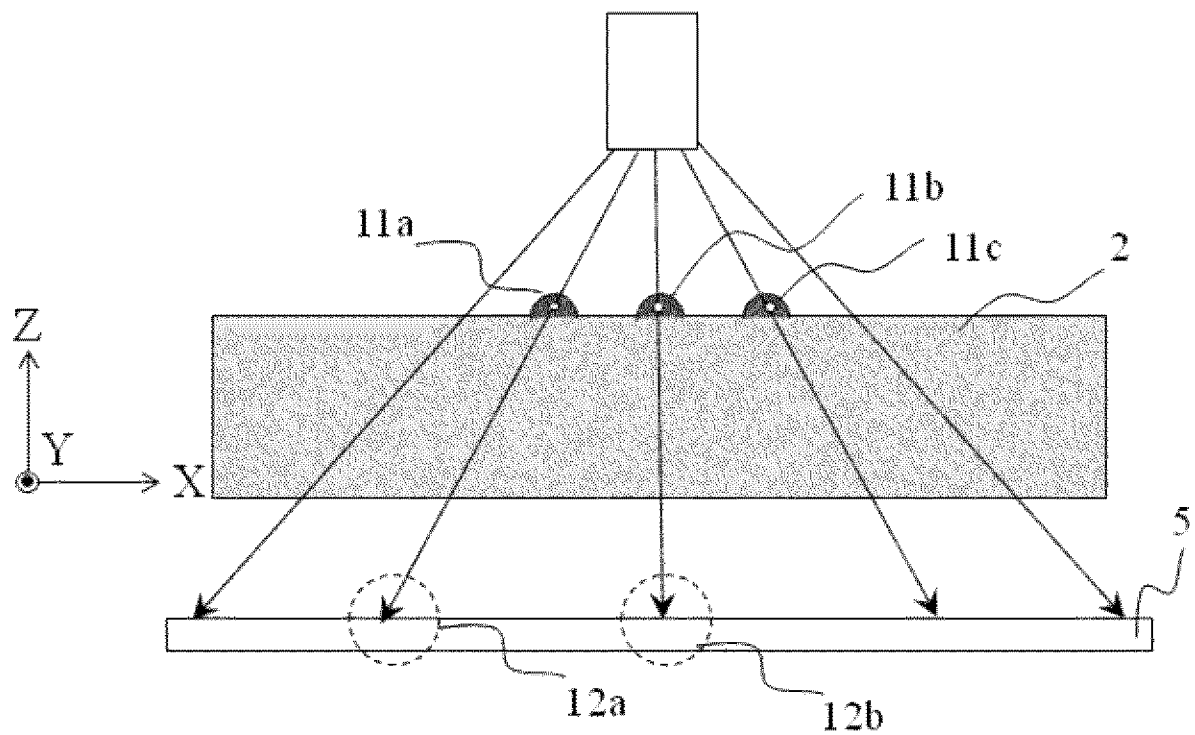
【図7】



サンプルの図(断面)

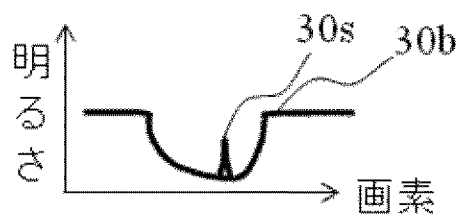
[図8]

【図8】



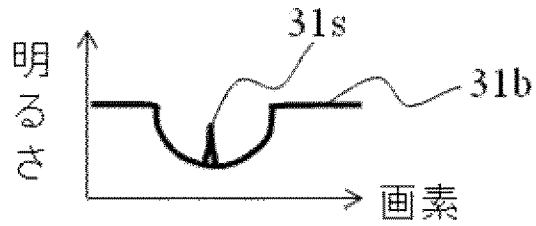
[図9]

【図9】



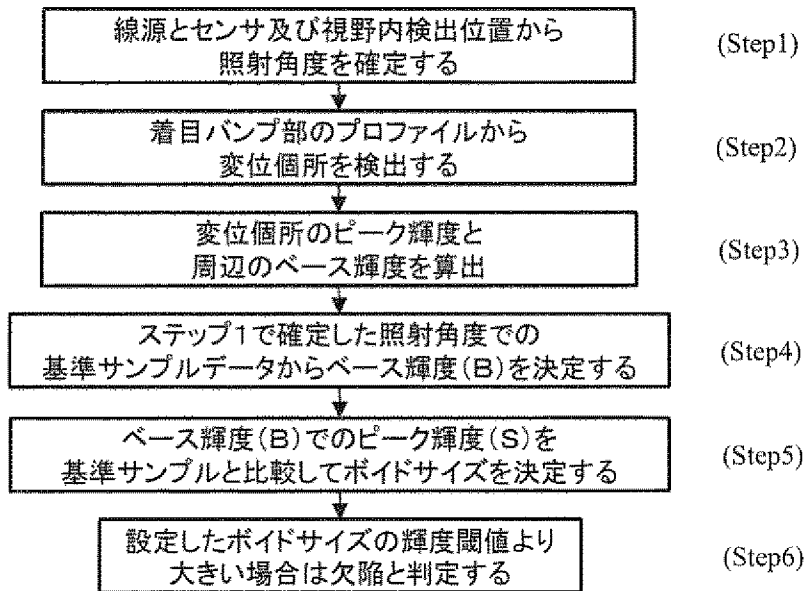
[図10]

【図10】



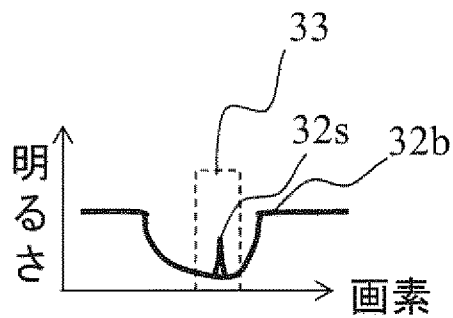
[図11]

【図11】



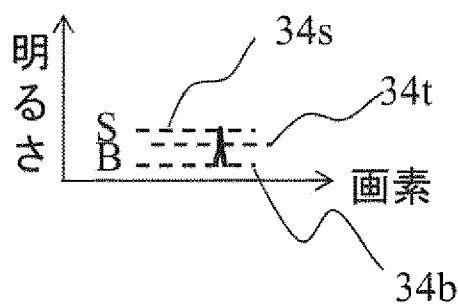
[図12]

【図12】



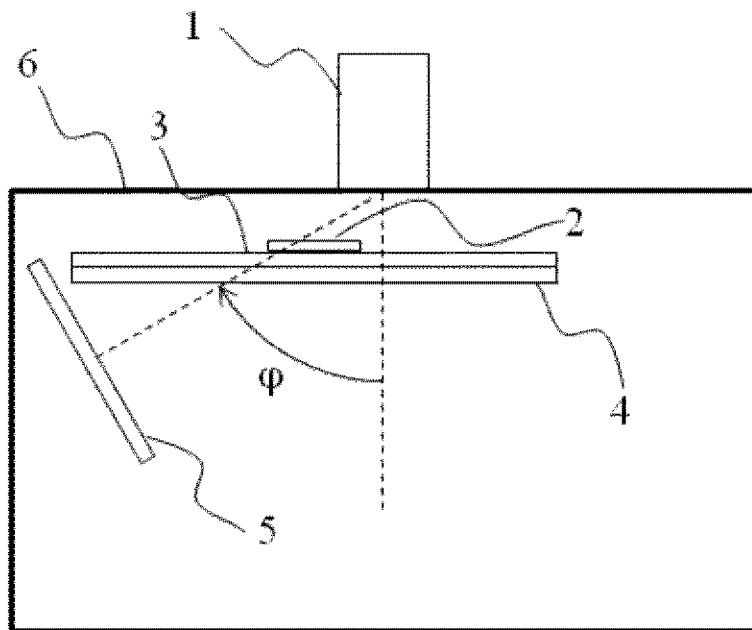
[図13]

【図13】



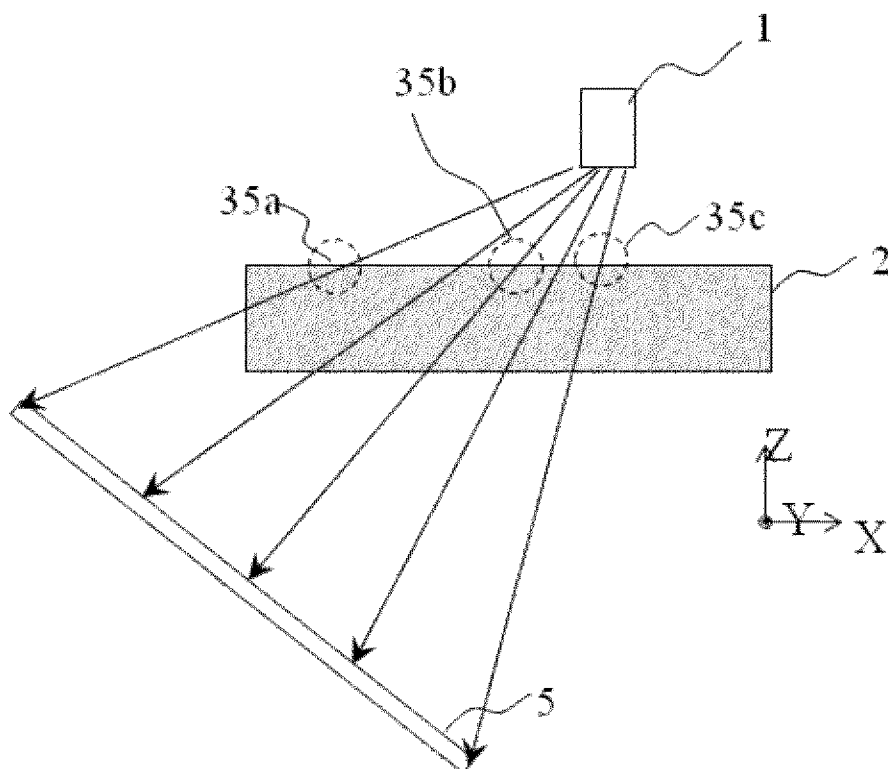
[図14]

[図14]



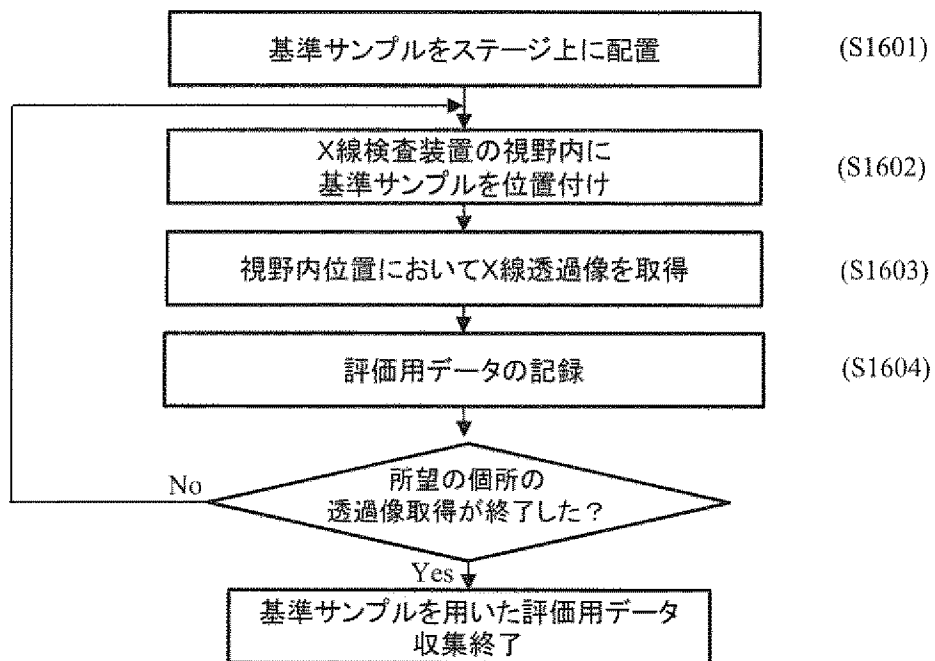
[図15]

[図15]



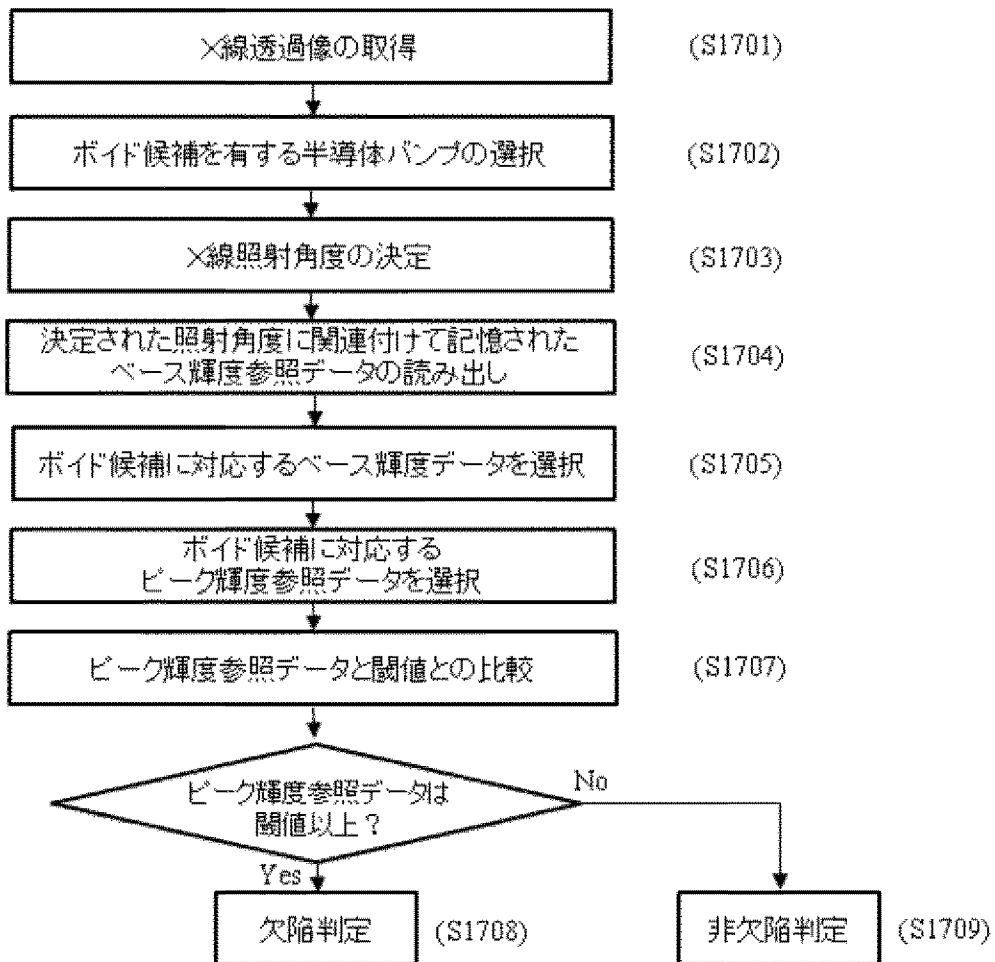
[図16]

【図16】



[図17]

【図17】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/071182

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N23/18(2006.01) i, G01N23/04(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)

G01N23/00-23/227, G01B15/00-15/08, A61B6/00-6/14

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X	JP 2010-286409 A (Ishida Co., Ltd.), 24 December 2010 (24.12.2010), paragraphs [0017], [0028]; fig. 3 (Family: none)	1-3, 7
A	JP 2002-98653 A (Ishida Co., Ltd.), 05 April 2002 (05.04.2002), fig. 3, 10 (Family: none)	1-7
A	JP 2006-300888 A (Anritsu Industrial Solutions Co., Ltd.), 02 November 2006 (02.11.2006), paragraph [0058] (Family: none)	1-7

☒ 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
13 October 2015 (13.10.15)

Date of mailing of the international search report
27 October 2015 (27.10.15)

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/JP2015/071182

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-85518 A (Ishida Co., Ltd.), 28 April 2011 (28.04.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2004-28768 A (Anritsu Industrial Solutions Co., Ltd.), 29 January 2004 (29.01.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N23/18(2006.01)i, G01N23/04(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. G01N23/00-23/227, G01B15/00-15/08, A61B6/00-6/14

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
X	JP 2010-286409 A (株式会社イシダ) 2010. 12. 24, 段落 [0 0 1 7]、[0 0 2 8]、図 3 (ファミリーなし)	1-3, 7
A	JP 2002-98653 A (株式会社イシダ) 2002. 04. 05, 図 3、1 0 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2006-300888 A (アンリツ産機システム株式会社) 2006. 11. 02, 段落 [0 0 5 8] (ファミリーなし)	1-7

☒ 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 3 . 1 0 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 7 . 1 0 . 2 0 1 5

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）

田中 洋介

2 W

3 0 0 9

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

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 2011-85518 A (株式会社インダ) 2011. 04. 28, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2004-28768 A (アンリツ産機システム株式会社) 2004. 01. 29, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7