

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4296885号  
(P4296885)

(45) 発行日 平成21年7月15日 (2009. 7. 15)

(24) 登録日 平成21年4月24日 (2009. 4. 24)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 L 21/68	(2006. 01)	HO 1 L 21/68	F
GO 1 B 11/00	(2006. 01)	GO 1 B 11/00	H
GO 1 B 11/26	(2006. 01)	GO 1 B 11/26	H

請求項の数 12 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2003-324475 (P2003-324475)	(73) 特許権者	000002945
(22) 出願日	平成15年9月17日 (2003. 9. 17)		オムロン株式会社
(65) 公開番号	特開2005-93678 (P2005-93678A)		京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町
(43) 公開日	平成17年4月7日 (2005. 4. 7)		801番地
審査請求日	平成17年9月20日 (2005. 9. 20)	(74) 代理人	100078916
			弁理士 鈴木 由充
		(72) 発明者	西口 修
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不 動堂町801番地 オムロン株式会社内
		審査官	大山 健

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 円形物におけるマーク検出方法、ノッチ検出方法、半導体ウェーハの向き検査方法、および半導体ウェーハの向き検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

円形物の外周縁から内側または外側に向かって延びる微小幅のマークを検出する方法において、

前記円形物を、その全体を撮像手段の視野に含めた状態にして撮像する第1ステップと

前記撮像により得た画像にエッジ抽出処理を施して、エッジ画素およびその濃度勾配方向を抽出する第2ステップと、

前記エッジ抽出処理により得たエッジ画像において、円形物の中心点を特定する第3ステップと、

前記第2ステップで抽出されたエッジ画素の中から、当該画素から前記円形物の中心点に向かう方向が当該画素の濃度勾配方向に対応しているエッジ画素を抽出した後に、抽出されたエッジ画素を消去することにより、前記円形物の円弧部分を消去する第4ステップと、

連なった関係にある複数のエッジ画素を1つのエッジ集合として、前記第4ステップにより消去された円弧の近傍で前記マークの幅に対応する間隔において位置する一対のエッジ集合を抽出する第5ステップと、

前記第5ステップにより抽出された一対のエッジ集合間の midpoint の座標を、1つのマークの位置を表す座標として算出する第6ステップとを、実行することを特徴とする円形物におけるマーク検出方法。

## 【請求項 2】

円形状の半導体ウェーハの外周縁に形成されたノッチを検出する方法において、  
所定の場所に設置された半導体ウェーハを、その全体を撮像手段の視野に含めた状態に  
して撮像する第 1 ステップと、

前記撮像により得た画像にエッジ抽出処理を施して、エッジ画素およびその濃度勾配方  
向を抽出する第 2 ステップと、

前記エッジ抽出処理により得たエッジ画像において、半導体ウェーハの中心点を特定す  
る第 3 ステップと、

前記第 2 ステップで抽出されたエッジ画素の中から、当該画素から前記半導体ウェーハ  
の中心点に向かう方向が当該画素の濃度勾配方向に対応しているエッジ画素を抽出した後  
に、抽出されたエッジ画素を消去することにより、前記半導体ウェーハの円弧部分を消去  
する第 4 ステップと、

連なった関係にある複数のエッジ画素を 1 つのエッジ集合として、前記第 4 ステップに  
より消去された円弧の近傍で前記ノッチの幅に対応する間隔をおいて位置する一対のエ  
ッジ集合を抽出する第 5 ステップと、

前記第 5 ステップで抽出された一対のエッジ集合間の midpoint の座標を前記ノッチの位置を  
表す座標として算出する第 6 ステップとを、実行することを特徴とするノッチ検出方法。

10

## 【請求項 3】

前記第 3 ステップでは、前記エッジ画像のあらかじめ定めた位置に基準の中心点を設定  
するステップと、前記エッジ画像の x 軸方向に平行な直線および y 軸方向に平行な直線を  
それぞれ前記基準の中心点を通るように設定するステップと、設定された直線毎に、当該  
直線上にある一対のエッジ画素を抽出してこれらのエッジ画素間の midpoint を求めるステ  
ップと、x 軸方向に平行な直線につき求めた midpoint の x 座標と、y 軸方向に平行な直線につき  
求めた midpoint の y 座標とに対応する画素を、前記半導体ウェーハの中心点として特定するス  
テップとを、実行する請求項 2 に記載されたノッチ検出方法。

20

## 【請求項 4】

前記第 4 ステップでは、第 3 ステップで特定した半導体ウェーハの中心点を基準に前記  
半導体ウェーハのあらかじめ計測した半径より所定値分短い半径による円と、前記あらか  
じめ計測した半径より所定値分長い半径による円とを境界線とするリング状領域を設定し  
、このリング状領域内のエッジ画素の中から前記円弧部分の構成点の抽出および消去を実  
行し、

前記第 5 ステップでは、前記円弧の構成点が消去された後の前記リング状領域から前記  
エッジ集合を抽出する、請求項 2 に記載されたノッチ検出方法。

30

## 【請求項 5】

外周縁にノッチが形成された円形状の半導体ウェーハを検査対象として、所定の場所に  
設置された前記半導体ウェーハの向きを適否を判別する方法において、

検査対象の半導体ウェーハを、その全体を撮像手段の視野に含めた状態にして撮像する  
第 1 ステップと、

前記撮像により得た画像にエッジ抽出処理を施して、エッジ画素およびその濃度勾配方  
向を抽出する第 2 ステップと、

前記エッジ抽出処理により得たエッジ画像において、半導体ウェーハの中心点を特定す  
る第 3 ステップと、

前記第 2 ステップで抽出されたエッジ画素の中から、当該画素から前記半導体ウェーハ  
の中心点に向かう方向が当該画素の濃度勾配方向に対応しているエッジ画素を抽出した後  
に、抽出されたエッジ画素を消去することにより、前記半導体ウェーハの円弧部分を消去  
する第 4 ステップと、

40

連なった関係にある複数のエッジ画素を 1 つのエッジ集合として、前記第 4 ステップに  
より消去された円弧の近傍で前記ノッチの幅に対応する間隔をおいて位置する一対のエ  
ッジ集合を抽出する第 5 ステップと、

前記第 5 ステップで抽出された一対のエッジ集合間の midpoint の座標を前記ノッチの位置を

50

表す座標として算出する第 6 ステップと、

前記第 6 ステップで算出した座標と前記第 3 ステップで特定した半導体ウェーハの中心点とを結ぶ直線があらかじめ定めた基準方向に対してなす角度を求め、この角度をあらかじめ定めた基準角度と照合することにより、半導体ウェーハの向き<sub>の適否</sub>を判断する第 7 ステップとを、実行することを特徴とする半導体ウェーハの向き検査方法。

【請求項 6】

前記第 7 ステップにおいて、半導体ウェーハの向きが不適であると判断されたとき、前記第 6 ステップで算出した座標と前記半導体ウェーハの中心点とを結ぶ直線が前記基準方向に対してなす角度と前記基準角度との差を、前記半導体ウェーハの向きを補正するための補正量として算出する第 8 ステップを、さらに実行する、請求項 5 に記載された半導体ウェーハの向き検査方法。

10

【請求項 7】

前記第 5 ステップにより、前記一対のエッジ集合が複数組抽出されたとき、検査対象の半導体ウェーハに欠陥があると判断するようにした請求項 5 に記載された半導体ウェーハの向き検査方法。

【請求項 8】

外周縁にノッチが形成された円形状の半導体ウェーハを検査対象として、所定の場所に設置された前記半導体ウェーハの向き<sub>の適否</sub>を判別する装置であって、

検査対象の半導体ウェーハを撮像して得た画像を入力する画像入力手段と、

前記画像入力手段により前記検査対象の半導体ウェーハの全体像を含む画像が入力されたときの当該画像中のノッチの幅、および半導体ウェーハの中心点と当該ノッチとを結ぶ直線が所定の基準方向に対してなす角度を、それぞれ登録するための登録手段と、

20

前記画像入力手段により入力された画像にエッジ抽出処理を施して、エッジ画素およびその濃度勾配方向を抽出するエッジ抽出手段と、

前記エッジ抽出処理により得たエッジ画像において、半導体ウェーハの中心点を特定する中心点特定手段と、

前記エッジ抽出手段により抽出されたエッジ画素の中から、当該画素から前記半導体ウェーハの中心点に向かう方向が当該画素の濃度勾配方向に対応しているエッジ画素を抽出した後、抽出したエッジ画素を消去することにより、前記半導体ウェーハの円弧部分を消去する円弧処理手段と、

30

連なった関係にある複数のエッジ画素を 1 つのエッジ集合として、前記円弧処理手段による処理後に、消去された円弧の近傍で、前記ノッチの登録された幅に対応する間隔において位置する一対のエッジ集合を抽出するエッジ集合抽出手段と、

前記エッジ集合抽出手段が抽出した一対のエッジ集合間の midpoint の座標を前記ノッチの位置を表す座標として算出する座標算出手段と、

前記座標算出手段が算出した座標と前記中心点特定手段が特定した半導体ウェーハの中心点とを結ぶ直線を設定し、この直線が前記基準方向に対してなす角度を前記登録手段に登録された角度と照合することにより、半導体ウェーハの向き<sub>の適否</sub>を判断する判別手段と、

前記判別手段による判別結果を出力する出力手段とを具備して成る半導体ウェーハの向き検査装置。

40

【請求項 9】

前記登録手段には、前記半導体ウェーハの基準の中心点を表す座標がさらに登録されており、

前記中心点特定手段は、前記登録手段に登録された座標に基づき、前記エッジ画像に基準の中心点を設定するステップと、前記エッジ画像の x 軸方向に平行な直線および y 軸方向に平行な直線をそれぞれ前記基準の中心点を通るように設定するステップと、設定された直線毎に、当該直線上にある一対のエッジ画素を抽出してこれらのエッジ画素間の midpoint を求めるステップと、x 軸方向に平行な直線につき求めた midpoint の x 座標と、y 軸方向に平行な直線につき求めた midpoint の y 座標とに対応する画素を、前記半導体ウェーハの中心点と

50

して特定するステップとを、実行する請求項 8 に記載された半導体ウェーハの向き検査装置。

【請求項 10】

前記登録手段には、前記半導体ウェーハの半径がさらに登録されており、  
前記円弧処理手段は、前記中心点特定手段が特定した半導体ウェーハの中心点を基準に、前記半導体ウェーハの登録された半径より所定値分短い半径による円と、前記半導体ウェーハの登録された半径より所定値分長い半径による円とを境界線とするリング状領域を設定し、このリング状領域内のエッジ画素を対象に、前記半導体ウェーハの円弧部分の構成点の抽出および消去を実行し、

前記エッジ集合抽出手段は、前記円弧部分の構成点が消去された後の前記リング状領域から前記エッジ集合を抽出する、請求項 8 に記載された半導体ウェーハの向き検査装置。

10

【請求項 11】

前記判別手段による照合処理において、前記座標算出手段が算出した座標と前記半導体ウェーハの中心点とを結ぶ直線が前記基準方向に対してなす角度が前記登録手段に登録された角度に適合しないと判断されたとき、2つの角度の差を求め、その差の値を補正量として出力する補正量出力手段を、さらに具備する請求項 8 に記載された半導体ウェーハの向き検査装置。

【請求項 12】

前記判別手段は、前記エッジ集合抽出手段により、前記一对のエッジ集合が複数組抽出されたとき、検査対象の半導体ウェーハに欠陥があると判断する、請求項 8 に記載された半導体ウェーハの向き検査装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、円盤や円筒など、円形の面を具備する物体を処理対象として、前記円形の面の周縁に形成されたマークを検出する方法に関する。また、この発明は、半導体ウェーハの結晶方位を表すノッチを検出する方法、ならびに、半導体ウェーハの向きが適正かどうかを検査する方法、および前記の検査を実行するための検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体ウェーハ（以下、単に「ウェーハ」という場合もある。）の一般的なノッチは、ウェーハの周縁の一箇所を略V字状に切り欠いて形成される。半導体ウェーハの製造工程のうち、パターンの焼き付け、イオン注入など、ウェーハの向きを定めてから処理を行わなければならない工程では、ノッチを所定の方位に合わせることにより、ウェーハの方向決めを行うようにしている。

30

【0003】

上記のような工程においては、処理を行う前に、ウェーハが正しい方向を向いて設置されているかどうかを確認するのが望ましい。この点について、下記特許文献 1 には、画像処理の技術を用いてウェーハのノッチを検出することが記載されている。

【0004】

【特許文献 1】特開 2000 - 31245 号 公報

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記の特許文献 1 では、ウェーハからの正反射光が入射しない位置に撮像装置を設置して前記ウェーハを撮像することによって、背景が明るく、ウェーハの画像が暗くなるような濃淡画像を生成する。そして、得られた濃淡画像からウェーハの輪郭線を構成するエッジ（同文献では「エッジ部」と記載）やウェーハの中心点を抽出し、中心点からの距離が最も短いエッジ部上の点をノッチ位置として検出するようにしている（同文献の段落 [0007] を参照。）。また、この特許文献 1 では、エッジ部に沿った所定幅の領域にお

50

るウェーハ部分の画像（暗い部分）の大きさに基づき、ノッチの位置を検出することも記載されている（同文献の段落[0009]を参照。）。

【0006】

しかしながら、中心点からの距離を用いてノッチを検出する場合には、ノッチに対応する距離とウェーハの本来の半径との差はきわめて小さなものとなるから、ノイズの影響を受けやすくなる。また、ノッチはある程度の幅を持つが、このような幅を持たないマーク（たとえば線状のマークのような幅の狭いもの）を検出対象とする場合には、本来の半径より距離が小さい部分の面積はごくわずかになるから、上記の方法を使用するのは困難である。

また、暗い部分と明るい部分との大きさを比較する場合には、照明などによる濃淡の変化によって誤検出が起こる可能性が高い。

10

【0007】

この発明は上記問題に着目してなされたもので、円形物の周縁部に形成された微小なマークを検出する場合に、高精度の検出を行うことができるようにすることを第1の目的とする。

【0008】

また、この発明は、半導体ウェーハを撮像して得た画像から微小なノッチを精度良く検出することにより、ウェーハの向きに適否にかかる検査の精度を向上することを第2の目的とする。

さらに、この発明は、前記の検査結果に基づき、半導体ウェーハの向きを精度良く調整することができるようにすることを、第3の目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

この発明は、円形物の外周縁から内側または外側に向かって延びる微小幅のマークを検出する方法に適用される。「円形物」とは、前記半導体ウェーハのような円盤状の物体のほか、円筒状、円錐状など、円形の面を具備する物体における前記円形面をいうものと考えることができる。「マーク」は、前記円形物の周縁部に形成されるもので、円形物の半径よりも格段に小さなものであるのが望ましい。このマークは、前記したノッチのように、円形物の周縁部を切り欠いて形成することもできるが、これに限らず、印刷や刻印などの方法によって形成することもできる。また、前記マークを円形物の周縁より外側に突出させる場合には、成形加工や接着などの方法により、前記マークを円形物と一体化することができる。

30

【0010】

前記マークは、たとえば、円形物の周縁から内側または外側に延びる線状のものとして形成することができる。また、前記ノッチのようにV字状にしたり、楕円状や矩形状のマークを形成してもよい。すなわち、円形物の周縁から内側または外側に向けて形成されたものであって、エッジ抽出処理により所定数のエッジ画素が連なったものとして現れるものであればよい。

【0011】

この発明にかかるマーク検出方法は、前記円形物を、その全体を撮像手段の視野に含めた状態にして撮像する第1ステップと、前記撮像により得た画像にエッジ抽出処理を施して、エッジ画素およびその濃度勾配方向を抽出する第2ステップと、前記エッジ抽出処理により得たエッジ画像において、円形物の中心点を特定する第3ステップと、前記第2ステップで抽出されたエッジ画素の中から、当該画素から前記円形物の中心点に向かう方向が当該画素の濃度勾配方向に対応しているエッジ画素を抽出した後に、抽出されたエッジ画素を消去することにより、前記円形物の円弧部分を消去する第4ステップと、連なった関係にある複数のエッジ画素を1つのエッジ集合として、前記第4ステップにより消去された円弧の近傍でマークの幅に対応する間隔において位置する一対のエッジ集合を抽出する第5ステップと、前記第5ステップにより抽出された一対のエッジ集合間の中心の座標を、1つのマークの位置を表す座標として算出する第6ステップとを、実行することを特

40

50

徴とする。

【0013】

なお、この方法を実施する場合、あらかじめ、モデルの円形物を撮像して得た画像（以下、この画像を「基準画像」という。）から円形物の中心点を抽出して登録することができる。この場合には、第3ステップでは、処理対象の円形物がモデルと同じ位置にあるものとみなし、前記登録された中心点を円形物の中心点として特定することができる。ただし、円形物の設置位置がずれたり、カメラが動くなどして、中心点がずれる可能性がある場合には、第2ステップのエッジ抽出処理の結果を用いて実際の中心点を求めるのが望ましい。たとえば、上記した特許文献1の段落[0008]に開示された方法を適用することができる。また、下記の特許文献2に開示された方法に基づき、エッジ画素毎に濃度勾配の方向に基づく線分を設定し、これらの線分による交点を円形物の中心点としてもよい。

10

【0014】

【特許文献2】国際公開特許 WO99/52072号 パンフレット

【0015】

第4ステップの処理には、下記の特許文献3に開示された方法を適用することができる。

【0016】

【特許文献3】特開2002-140713号 公報（段落[0034]～[0042] 図3～5参照）

20

【0017】

すなわち第4ステップでは、前記エッジ画像に含まれる各エッジ画素につき、それぞれその濃度勾配の方向に直交する方向（エッジコード）と、各エッジ画素から前記円形物の中心点に向かう方向（エッジ方向コード）とを求めた後、これらのコードが直交する関係にあるエッジ画素を円弧の構成点として判断することができる。

【0018】

なお、上記第4ステップでは、前記円弧の構成点を抽出する処理の対象となる領域を絞り込むのが望ましい。たとえば、第3ステップで特定された中心点から所定距離D1だけ離れた各点を内側境界とし、前記中心点からD1より大きい距離D2だけ離れた各点を外側境界とするウィンドウを設定し、このウィンドウ内で円弧の構成点を抽出することができる。このウィンドウの設定に用いる距離D1、D2は、円形物の半径D0を基準に定めるのが望ましい。好ましくは、距離D1は半径D0よりも小さく、距離D2は半径D0よりも大きく設定するとよい。また、距離D1、D2と半径D0との差は、いずれも、検出対象のマークの長さに基づき設定するのが望ましい。より好ましくは、前記の差は、マークの長さに所定の余裕度を加味した程度にするのがよい。

30

このようにすれば、円形物の周縁に沿うリング状のウィンドウを設定でき、そのウィンドウ内に前記周縁の輪郭線やマークのエッジを含ませることができるので、円形物の周縁にかかるエッジ画素を精度良く抽出することができる。

【0019】

ウィンドウの設定は上記に限らず、たとえば前記第3ステップで特定された中心点を中心とする円形または矩形のウィンドウであって、処理対象の円形物を含むのに十分な大きさのウィンドウを設定してもよい。

40

ただし、円形や矩形のウィンドウを設定したり、またはウィンドウを設定せずにエッジ画像全体を処理する場合には、前記中心点に対し、処理対象の円形物の半径に近似する距離をもって位置する円弧の構成点を抽出するのが望ましい。

【0020】

第4ステップで円弧の構成点を消去することにより、エッジ画像上の円形物の周縁を消失させることができる。一方、マークの長さ方向（円形物の内側または外側に向かう方向）に対応するエッジの構成点の濃度勾配方向は、前記中心点に対応する円弧上の点とは異なるものとなるので、消去されずにエッジ画像上に維持される、と考えることができる。

50

なお、仮にマークが円弧状に形成されても、その円弧の伸びる方向が前記円形物の内側方向または外側方向であれば、前記中心点を中心とする円とはみなされない。したがって、円弧状のマークの構成点は消去されずに、エッジ画像上に残ることになる。

【 0 0 2 1 】

また、前記半導体ウェーハのノッチのように、マークがある程度の幅を具備する場合には、マークの両側縁にかかるエッジを抽出することができるから、前記円弧の構成点を消去することにより、マークの両側縁のエッジを残すことができる。一方、マークの幅方向にかかるエッジ（マークの両側縁のエッジの間にあるエッジ）は微小であるため、そのエッジコードは、前記中心点を中心とする円の円弧におけるエッジコードに近似する可能性が高くなり、前記円周物の周縁を構成するエッジ画素とともに消去することができる。よって、マークの両側縁のエッジを分離した状態で残すことができる。

10

【 0 0 2 4 】

このように、上記のマーク検出方法によれば、マークの特徴を具備するエッジを高い確度で抽出することができるから、微小なマークであっても、このマークを精度良く検出することができる。

また、複数のマークが付される場合にも、マーク毎にエッジ集合を抽出することができるので、個々のマークを切り分けて識別することが可能となる。

【 0 0 2 5 】

上記のマーク検出方法によれば、円形面を有する物体の方向を決める場合に、前記マークの検出結果に基づき、高精度の方向決めを行うことができる。また、外観が類似する複数種の物体について、種類毎にマークの数を変えたり、同じ数のマークを種類毎に異なる角度関係をもって配置すれば、これらのマークを検出することによって、各物体を取り違えずに認識することが可能となる。

20

【 0 0 2 6 】

つぎに、この発明にかかるノッチ検出方法は、円形状の半導体ウェーハの外周縁に形成されたノッチを検出するもので、所定の場所に設置された半導体ウェーハを、その全体を撮像手段の視野に含めた状態にして撮像する第1ステップと、前記撮像により得た画像にエッジ抽出処理を施して、エッジ画素およびその濃度勾配方向を抽出する第2ステップと、前記エッジ抽出処理により得たエッジ画像において、半導体ウェーハの中心点を特定する第3ステップと、前記第2ステップで抽出されたエッジ画素の中から、当該画素から前記半導体ウェーハの中心点に向かう方向が当該画素の濃度勾配方向に対応しているエッジ画素を抽出した後に、抽出されたエッジ画素を消去することにより、半導体ウェーハの円弧部分を消去する第4ステップと、連なった関係にある複数のエッジ画素を1つのエッジ集合として、前記第4ステップにより消去された円弧の近傍で前記ノッチの幅に対応する間隔において位置する一対のエッジ集合を抽出する第5ステップと、第5ステップで抽出された一対のエッジ集合間の midpoint の座標をノッチの位置を表す座標として算出する第6ステップとを、実行することを特徴とする。

30

【 0 0 2 7 】

上記のノッチ検出方法においては、半導体ウェーハは鏡面であるので、ウェーハからの鏡面反射光がカメラに入射することがないようにカメラの視野や照明を調整するとともに、ウェーハの周囲で拡散反射が起こるように周囲環境を調整するのが望ましい。または、ウェーハの背景にあたる部分に透過照明を施してもよい。

40

【 0 0 2 8 】

以下の第2～第4のステップでは、先に述べたマーク検出方法の第2～第4のステップと同様の内容の処理を実行することにより、ウィンドウ内に、前記ノッチの両側縁のエッジを残すことができる。よって、ノッチの幅に対応する間隔において位置する一対のエッジ集合を抽出することにより、ノッチの両側縁のエッジを精度良く抽出することが可能となるから、半導体ウェーハ全体を撮像して得た画像の中から、微小なノッチを精度良く検出することが可能となる。

【 0 0 2 9 】

50

上記のノッチ検出方法の好ましい態様では、第3ステップにおいて、エッジ画像のあらかじめ定めた位置に基準の中心点を設定するステップと、エッジ画像のx軸方向に平行な直線およびy軸方向に平行な直線をそれぞれ前記基準の中心点を通るように設定するステップと、設定された直線毎に、当該直線上にある一対のエッジ画素を抽出してこれらのエッジ画素間の中点を求めるステップと、x軸方向に平行な直線につき求めた中点のx座標と、y軸方向に平行な直線につき求めた中点のy座標とに対応する画素を、半導体ウェーハの中心点として特定するステップとを、実行する。

他の好ましい態様によるノッチ検出方法では、第4ステップにおいて、第3ステップで特定した半導体ウェーハの中心点を基準に前記半導体ウェーハのあらかじめ計測した半径より所定値分短い半径による円と、前記あらかじめ計測した半径より所定値分長い半径による円とを境界線とするリング状領域を設定し、このリング状領域内のエッジ画素の中から前記円弧部分の構成点の抽出および消去を実行する。また、第5ステップにおいては、前記円弧の構成点が消去された後の前記リング状領域から前記エッジ集合を抽出する。

【0030】

この発明にかかるノッチ検出方法のより好ましい態様では、第6ステップを実行した後に、この第6ステップで算出した座標と第3ステップで特定した半導体ウェーハの中心点とを結ぶ直線があらかじめ定めた基準方向に対してなす角度を、ノッチの方向を表す角度データとして求める第7ステップを実行する。この場合の基準方向は、ウェーハの中心点を起点にして、画像の座標軸の一方(x軸方向またはy軸方向)に沿う方向とするのが望ましい。

【0031】

上記の態様によれば、半導体ウェーハの中心点から見たノッチの方向を示す角度データによって、ノッチがどの方位に存在するかを認識することができる。よって、ウェーハを設置する方向が定められている場合には、前記角度データにより、ウェーハが正しい向きに設置されているかどうかを精度良く判別することができる。

【0032】

つぎに、この発明にかかる半導体ウェーハの向き検査方法では、ノッチ検出方法において述べた第1～第6のステップを実行した後、第6ステップで求められた代表点の座標に基づき、半導体ウェーハの向きの適否を判断する第7ステップを実行する。

【0034】

前記第7ステップでは、第6ステップで算出した座標と前記第3ステップで特定した半導体ウェーハとを結ぶ直線があらかじめ定めた基準方向に対してなす角度を求め、この角度をあらかじめ定めた基準角度と照合することにより、半導体ウェーハの向きの適否を判断する。基準角度は、ウェーハが正しく方向決めされている場合のノッチの方向を表すものであり、あらかじめ、正しい方向に向けて設置されたウェーハの画像を用いて求めることができる。

【0035】

上記の方法によれば、ウェーハの中心点から見たノッチの方向を精度良く抽出することができるので、ウェーハの向きがわずかにずれても、そのずれを検出することが可能になり、信頼度の高い検査を実行することができる。また、ノッチの位置がウェーハの中心点から見た相対的な方向に置き換えられるので、ウェーハの中心点と基準の中心点とを位置合わせする処理を行わなくとも、対応することができる。

【0036】

上記方法の好ましい態様では、前記第7ステップにおいて、半導体ウェーハの向きが不適であると判断されたとき、第6ステップで算出した座標と前記半導体ウェーハの中心点とを結ぶ直線が基準方向に対してなす角度と前記基準角度との差を、半導体ウェーハの向きを補正するための補正量として算出する。このようにすれば、ウェーハの向きが適正でない場合には、求められた補正量に基づく角度分だけウェーハを回転させることにより、簡単かつ精度良く向きを調整することが可能となる。

【0037】

さらに、この発明にかかる半導体ウェーハの向き検査方法では、前記第5ステップにおいて、一对のエッジ集合が複数組抽出されたとき、処理対象の半導体ウェーハに欠陥があると判断する。通常の半導体ウェーハにおけるノッチは1つであるから、一对のエッジ集合は1組のみ抽出されると考えることができる。したがって、一对のエッジ集合が複数組抽出された場合には、ウェーハの周縁にノッチ以外の微小な欠けや傷が発生しているものと考えることができる。なお、一对のエッジ集合が全く抽出されなかった場合には、言うまでもなく、検査対象のウェーハは不良品であると判断することができる。

#### 【0038】

つぎに、この発明にかかる半導体ウェーハの向き検査装置は、検査対象の半導体ウェーハを撮像して得た画像を入力する画像入力手段；前記画像入力手段により前記検査対象の半導体ウェーハの全体像を含む画像が入力されたときの当該画像中のノッチの幅、および半導体ウェーハの中心点と当該ノッチとを結ぶ直線が所定の基準方向に対してなす角度を、それぞれ登録するための登録手段；前記画像入力手段により入力された画像にエッジ抽出処理を施して、エッジ画素およびその濃度勾配方向を抽出するエッジ抽出手段；前記エッジ抽出処理により得たエッジ画像において、半導体ウェーハの中心点を特定する中心点特定手段；前記エッジ抽出手段に抽出されたエッジ画素の中から、当該画素から前記半導体ウェーハの中心点に向かう方向が当該画素の濃度勾配方向に対応しているエッジ画素を抽出した後、抽出したエッジ画素を消去することにより、半導体ウェーハの円弧部分を消去する円弧処理手段；連なった関係にある複数のエッジ画素を1つのエッジ集合として、円弧処理手段による処理後に、消去された円弧の近傍で、前記ノッチの登録された幅に対応する間隔をにおいて位置する一对のエッジ集合を抽出するエッジ集合抽出手段；前記エッジ集合抽出手段が抽出した一对のエッジ集合間の中心の座標をノッチの位置を表す座標として算出する座標算出手段；前記座標算出手段が算出した座標と前記中心点特定手段が特定した半導体ウェーハの中心点とを結ぶ直線を設定し、この直線が前記基準方向に対してなす角度を前記登録手段に登録された角度と照合することにより、半導体ウェーハの向きの適否を判断する判別手段；前記判別手段による判別結果を出力する出力手段の各手段を具備する。

#### 【0039】

上記において、画像入力手段は、ウェーハを撮像するカメラからの画像信号を受け付けるインターフェース回路や、処理用のデジタル画像を生成するためのA/D変換回路などから構成することができる。エッジ抽出手段は、画像微分処理のための微分回路などを含むもので、たとえばASIC（特定用途向けIC）として構成することができる。また、このエッジ抽出手段は、エッジ抽出用のプログラムが組み込まれたコンピュータにより構成することもできる。

#### 【0041】

出力手段は、前記判別手段による判別結果を示す情報を外部機器などに出力するためのインターフェース回路として構成することができる。なお、外部機器はウェーハに対する処理（イオン注入など）を行う装置の主制御部とすることができるが、これに限らず、モニタ装置や汎用コンピュータなどを出力対象としてもよい。また、モニタ装置などに出力する場合には、ウェーハの濃淡画像またはエッジ画像を表示し、その画像上のノッチをマーキング表示により示すこともできる。

#### 【0042】

さらに、この検査装置には、前記画像入力手段により取り込まれた入力画像や、エッジ抽出手段により生成されたエッジ画像などを保存するための画像メモリが設けられるのが望ましい。また、前記円弧処理手段やエッジ集合抽出手段の処理対象を絞り込むために、前記エッジ画像上に中心点特定手段により特定された中心点を基準とするウィンドウを設定する手段を設けてもよい。

#### 【0043】

上記構成の検査装置によれば、前記したノッチの向き検査方法にかかる第1～第7の各ステップを実行することが可能となるから、半導体ウェーハの向きが適正であるか否かを

10

20

30

40

50

精度良く判別し、その判別結果を出力することができる。

【0044】

好ましい態様の検査装置では、前記登録手段には、半導体ウェーハの基準の中心点を表す座標がさらに登録される。前記中心点特定手段は、前記登録手段に登録された座標に基づき、エッジ画像に基準の中心点を設定するステップと、前記エッジ画像のx軸方向に平行な直線およびy軸方向に平行な直線をそれぞれ前記基準の中心点を通るように設定するステップと、設定された直線毎に、当該直線上にある一対のエッジ画素を抽出してこれらのエッジ画素間の中点を求めるステップと、x軸方向に平行な直線につき求めた中点のx座標と、y軸方向に平行な直線につき求めた中点のy座標とに対応する画素を、前記半導体ウェーハの中心点として特定するステップとを実行する。

10

【0045】

他の好ましい態様の検査装置では、前記登録手段には、前記半導体ウェーハの半径がさらに登録される。また円弧処理手段は、前記中心点特定手段が特定した半導体ウェーハの中心点を基準に、前記半導体ウェーハの登録された半径より所定値分短い半径による円と、前記半導体ウェーハの登録された半径より所定値分長い半径による円とを境界線とするリング状領域を設定する。そして、このリング状領域内のエッジ画素を対象に、半導体ウェーハの円弧部分の抽出および消去を実行する。また前記エッジ集合抽出手段は、前記円弧の構成点が消去された後のリング状領域からエッジ集合を抽出する。

【0047】

さらに上記態様の検査装置には、前記判別手段による照合処理において、前記座標算出手段が算出した座標と前記半導体ウェーハの中心点とを結ぶ直線が基準方向に対してなす角度が前記登録手段に登録された角度に適合しないと判断されたとき、2つの角度の差を求め、その差の値を補正量として出力する補正量出力手段を設けることができる。この構成によれば、ウェーハの向きが適正でない場合にも、その向きを調整するのに必要な補正量を簡単かつ精度良く得ることができ、高精度の方向決めを行うことができる。

20

【0048】

さらに、この発明にかかる検査装置には、前記判別手段に、前記エッジ集合抽出手段により一対のエッジ集合が複数組抽出されたとき、検査対象の半導体ウェーハに欠陥があると判断する機能を付加することができる。この構成によれば、周縁部にノッチ以外の欠陥があるウェーハを精度良く検出することができるので、不良のウェーハが以下の製造工程に流れるのを防止することができる。

30

【0049】

上記各態様を含め、この発明にかかる検査装置は、半導体ウェーハの画像を生成するためのカメラや、画像表示用のモニタ装置などの周辺機器を構成要件として含むことができる。

【発明の効果】

【0050】

この発明によれば、円形物の周縁部に形成された微小なマークを検出する場合に、そのマークの長さ方向に沿うエッジに相当するエッジ集合を簡単かつ精度良く抽出できるようにしたので、高精度のマーク検出処理を行うことが可能となる。

40

【0051】

また、この発明によれば、半導体ウェーハのノッチを検出する場合に、ノッチの両側縁のエッジに相当する一対のエッジ集合を簡単かつ精度良く抽出できるようにしたので、ウェーハの向きの適否にかかる検査の精度を向上することができる。また、検査結果から得た補正量に基づき、半導体ウェーハの向きを精度良く調整することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0052】

図1は、この発明が適用されたイオン注入装置の電気構成を示す。

このイオン注入装置は、複数枚のウェーハを順に真空槽に導いてイオン注入処理を施す

50

もので、コンピュータによる主制御装置 1 に、メモリ部 2、入力部 3、モニタ装置 4、ウェーハ搬出入処理装置 5、プラテン制御装置 6、イオン発生処理装置 7、真空槽制御装置 8、安全管理装置 9、およびこの発明にかかる検査装置 10 などが接続されて成る。

【0053】

前記メモリ部 2 は、たとえばハードディスク装置であって、主制御装置 1 の処理に必要なプログラムのほか、処理対象のウェーハの種類や各種設定データ（ウェーハをプラテンに設置する際のノッチの方向を示すデータ、イオンの注入角度、ウェーハの向き検査に使用する基準データなど）の保存に使用される。入力部 3 は、キーボードなどであって、前記メモリ部 2 へのデータ保存作業やコマンドなどの入力に用いられる。モニタ装置 4 は、前記設定データの内容や処理結果（検査装置 10 による検査結果や、イオン注入処理が適

10

正に行われたかどうかの情報など）を表示するほか、後記するカメラ 110 により得られたウェーハの画像やそのエッジ画像を表示できるように設定される。

【0054】

ウェーハ搬出入処理装置 5 は、複数枚のウェーハを収容可能なウェーハカセットや、ウェーハ搬送用のロボットアーム、ロボットアームの駆動機構などにより構成される。プラテン制御装置 6 は、後記するプラテン 22 のモータ 23 やアーム部 24 などの動作を制御するためのものである。イオン発生処理装置 7 は、イオンビームの発生源、質量分析機、高電圧発生回路、イオンビームの加速器、ビーム収束のためのレンズ、ビーム走査のための回路などにより構成される。真空槽制御装置 8 には、真空槽のドアの開閉装置、真空ポンプおよびその駆動部、真空度の計測部などが含まれる。

20

【0055】

安全管理装置 9 は、異常発生時に各種装置を緊急停止させるためのもので、緊急停止スイッチ、インターロック部、人検知用のセンサ、上記した各装置における異常検出用のセンサなどを具備する。なお、この安全管理装置 9 には、独立の制御用コンピュータが設けられており、異常検知時には、主制御装置 1 との通信により前記の緊急停止処理を実行するようにしている。

【0056】

前記検査装置 10 は、真空槽内のプラテンに設置されたウェーハが正しい向きに設置されたかどうかを判別するためのもので、安全管理装置 9 と同様に、独立の制御用コンピュータを具備し、主制御装置 1 との通信により処理を実行する。

30

【0057】

図 2 は、検査装置 10 の詳細な構成を示す。この検査装置 10 は基板 100 を本体とするもので、イオン注入装置の機体適所に取り付けられる。この基板 100 には、CPU 102、ROM 103、RAM 104 から成る制御部 101 のほか、画像入力部 105、画像メモリ 106、タイミング制御部 107、エッジ抽出部 108、通信インターフェース 109（図では I/F と記載。）などが搭載される。

【0058】

さらに、この実施例の検査装置 10 は、周辺機器として、CCD を具備するシャッターカメラ 110（以下、単に「カメラ 110」という。）を具備する。前記画像入力部 105 は、このカメラ 110 に接続されるもので、カメラ用のインターフェース回路や、濃淡画像をデジタル変換するための A/D 変換回路などを含む。エッジ抽出部 108 は、シフトレジスタや微分回路などを具備する専用 IC であって、画像入力部 105 により入力され、デジタル変換された各画素データを順に取り込みつつ、エッジ抽出処理を実行する。なお、この実施例のエッジ抽出処理では、周囲近傍との濃度差が所定値以上となる画素を抽出することにより、ウェーハの周縁部について、数画素分の幅を持つエッジを抽出することができる。

40

【0059】

画像メモリ 106 は、前記画像入力部 105 により変換された後のデジタル画像や、エッジ抽出部 108 のエッジ抽出処理により生成されたエッジ画像を個別に保存するように設定される。通信インターフェース 109 は、前記主制御装置 1 との通信を行うための

50

もので、主制御装置 1 から検査開始コマンドを受信したり、主制御装置 1 に検査結果や補正量などのデータ（詳細は後記する。）を返送するために使用される。また、この通信インターフェース 109 は、画像メモリ 106 に保存された画像を送信することもできる。

#### 【0060】

CPU 102 は、主制御装置 1 から検査開始のコマンドを受けると、ROM 103 内のプログラムに基づいて後記する検査手順を実行し、ウェーハの向き of 適否を検査する。なお、この検査装置 10 の ROM 103 には、真空槽内のプラテンの回転動作をチェックするためのプログラムも組み込まれている。このプラテンの動作チェックは、イオン注入処理の開始前に実施されるもので、プラテンに設定された 2 つのマーク（詳細は後記する。）を用いて行われる。

10

#### 【0061】

図 3 は、真空槽の内部構成を前記カメラ 110 の設置例とともに示す。

図示例の真空槽 21 では、床板 21b の中央に支持台 23 が設けられ、その上面にアーム部 24 およびモータ 25 を介して円盤状のプラテン 22 が取り付けられる。このプラテン 22 は、イオン注入時のウェーハ 11 を保持するためのもので、モータ 25 により回転可能に構成される。なお、処理対象のウェーハ 11 は、静電気によりプラテン 22 の上面に固定支持される。

#### 【0062】

アーム部 24 は、ジャッキ部 24a や図示しない関節部を具備するもので、通常はプラテン 22 の面を水平状態で支持し、イオン注入処理時に、プラテン 22 の面を垂直に直立させる。なお、支持台 23 には中空の制御室（図示せず。）が設けられ、その内部に、前記モータ 25 やアーム部 24 の駆動回路などが収容される。

20

#### 【0063】

前記カメラ 110 は、真空槽 21 の天井裏に、プラテン 22 の真上に位置するように設置される。このカメラ 110 は、光軸を鉛直方向に向け、プラテン 22 の周縁よりやや外側までの範囲を撮像するように、視野範囲が調整される。

さらに、天井裏には、所定長さの 2 個の蛍光灯 30, 31 が、カメラ 110 を中央に挟むようにして、奥行き方向（図の紙面に直交する方向）に平行に配備される。

#### 【0064】

前記真空槽 21 の天井板 21a は不透明であるが、カメラ 110 および蛍光灯 30, 31 の設置位置に対応する位置にのみ、透明ガラスが嵌め込まれた窓部が（図示せず。）が形成される。なお、これら窓部の周縁は、裏側から金属枠体 26, 27, 28 により補強されており、金属枠体 26, 27, 28 の上方にそれぞれカメラ 110、蛍光灯 30, 31 が配備される。

30

#### 【0065】

また、真空槽 21 の床板 21b の上面には、蛍光灯 30, 31 からの光を拡散反射させるために、全面にわたって微小凸部 29 が形成される。さらに、カメラ 110 側の窓部の大きさは、ウェーハ 11 からの鏡面反射光が窓外に逃げるように調整されている（図中の点線矢印を参照。）。これにより、図 4 に示すように、ウェーハの画像 11A が暗く、背景部分 12 が明るい画像が生成される。よって、この画像を前記エッジ抽出部 108 に入力することにより、ウェーハの周縁を構成する円弧状のエッジ（ノッチに相当するエッジも含む。）を含むエッジ画像を生成することができる。なお、照明の方法は上記に限らず、たとえば、床板 21b を介しての透過照明を行うようにしてもよい。

40

#### 【0066】

前記プラテン 22 の上面には、図 5 (1) に示すように、中心部および周縁近傍の一箇所に、それぞれ同心円状のマーク M1, M2 が設けられる。これらのマーク M1, M2 は、印刷またはプラテン 22 の表面への刻印処理により形成されるもので、同心円の半径やその比率は、マーク毎に異なる値になるように設定されている。これらのマーク M1, M2 は、真空槽 21 へのウェーハ 11 の導入に先立ち、プラテン 22 が正しく回転しているかどうかを検査するために用いられる。

50

## 【 0 0 6 7 】

図5(2)は、プラテン22の回転に伴うマークM2の位置の変化を模式的に示す。図中のa1は、プラテン22が回転する前のマークM2の位置を、a2は、プラテン22が180°回転した後のマークM2の位置を、それぞれ示す。プラテン22が180°回転すれば、マークM2も180°回転した位置に動くはずであるから、a1とa2との中間に位置する点bは、前記中央のマークM1の位置に対応する、と考えることができる。

## 【 0 0 6 8 】

検査装置10は、カメラ110によりプラテン22を撮像し、上記図5(2)の原理に基づき回転動作の適否にかかる検査を実行する。この検査では、まず、静止した状態のプラテン22を撮影した後、さらに、プラテン22を90°回転させて撮影する処理を3サイクル実行する。すなわち、最初の撮影におけるプラテン22の回転角度を0°とすると、0°、90°、180°、270°の各回転角度に対応する画像が得られることになる。

10

## 【 0 0 6 9 】

検査装置10は、中央のマークM1については、4枚の画像の少なくとも1枚(たとえば回転角度0°のときの画像)について抽出処理を行い、マークM1の中心点の座標を算出する。一方、外側のマークM2については、前記4枚の画像すべてにおいて、それぞれ個別に抽出処理を行って、マークM2の中心点の座標を算出する。さらに、回転角度に180°の開きがある画像同士を組み合わせる(回転角度0°に対応する画像と180°に対応する画像、および回転角度90°に対応する画像と270°に対応する画像が組み合わせられることになる。)。そして、各組毎に、前記マークM2の中心点として抽出された2点(前記図5(2)の点a1、a2に相当する。)を結ぶ線分を設定し、この線分の中点の座標を前記マークM1の中心点と比較する。ここで前記線分の中点の座標とマークM1の中心点の座標との距離が所定の誤差の範囲内であれば、プラテンは正常に回転していると判断されることになる。

20

## 【 0 0 7 0 】

上記の検査において、プラテンが正しく回転していると判断された場合には、ウェーハの向き検査において、プラテン22上のウェーハ11の向きが適正でない判断されても、補正角度に基づき、ウェーハ11の向きを正しく調整することが可能となる。すなわち、プラテン22が正しく回転していることが確認されて初めて、ウェーハ11の方向を精度良く調整してイオン注入処理を行うことが可能となるのである。

30

## 【 0 0 7 1 】

なお、上記の検査では、前記カメラ110から入力した画像に対するパターンマッチング処理によって、各マークM1、M2を抽出した後、その中心点を抽出する処理を実行する。ただし、外側のマークM2については、前記同心円状のパターンに代えて、ウェーハ11と同様のノッチを形成し、後記する図10の手順に準じた処理によってノッチの位置を示す代表点を抽出するようにしてもよい。

## 【 0 0 7 2 】

図6は、前記イオン注入装置の主制御装置1において実行される処理の手順を示す。なお、図中のSTはSTEP(ステップ)の略である。以下の説明でも、これに倣って、各ステップを「ST」と示す。

40

## 【 0 0 7 3 】

まず、ST1では、前記ウェーハ搬出入処理装置5を駆動して、ウェーハカセットから1枚のウェーハ11を取り出し、真空槽21へと搬入する。つぎのST2では、前記ウェーハ11をプラテン22に設置する。なお、ST1およびST2では、ウェーハ11のノッチが定められた方向を向いた状態でプラテン22上に位置するように、ロボットアームの動きが制御される。

## 【 0 0 7 4 】

つぎのST3では、前記検査装置10を用いて、ウェーハが正しい向きに設置されたかどうかを検査する。ここで、検査装置10は、後記する処理を実行し、その処理における

50

最終の判断結果を主制御装置 1 に送信する。ここでウェーハの向きが正しいとする判断結果（「OK」フラグ）が送信されると、ST 4 が「YES」となり、ST 7 においてイオン注入処理が開始される。

【0075】

一方、検査装置 10 からウェーハ 11 の向きが不適であるとする判断結果（「NG」フラグ）が送信された場合、ST 4 が「NO」となって ST 5 に進む。この ST 5 では、前記 NG フラグとともに、ウェーハ 11 の向きを補正するのに必要な回転角度（以下、「補正角度」という。）が送信されたかどうかをチェックする。ここで補正角度が送信されていれば、ST 5 から ST 6 に進み、その補正角度分だけプラテン 22 を回転させることにより、ウェーハ 11 の向きが正しくなるように調整する。この後は、ST 7 に進み、イオン注入処理を開始する。ただし、ST 6 を実行した場合には、再度、ウェーハの向き検査を行い、向きが正しく調整されたことを確認してから、イオン注入処理に移行するようにしてもよい。

10

【0076】

イオン注入処理が終了すると、ST 8 に進み、正常に処理が完了した旨をメモリ部 2 に保存する。そして、続く ST 9 において、前記ウェーハ 11 をプラテン 22 から取り外して、真空槽 21 外に搬出する処理を実行する。

【0077】

一方、検査装置 10 が、NG フラグとともに補正が不可能であることを示すエラーコードを送信した場合には、ST 5 から ST 10 に進み、前記エラーコードをメモリ部 2 に書き込む処理（エラー処理）を実行する。この後は、ST 9 に進み、ウェーハ 11 をプラテン 22 から取り外して、真空槽 21 外に搬出する処理を実行する。

20

【0078】

なお、上記の処理を経たウェーハ 11 は、正常な処理が行われたかどうかに関わらず、同一のウェーハカセット（処理済み用のウェーハを格納するもの）に収容される。ただし、ST 8 や ST 10 においては、保存する情報にウェーハ 11 の識別番号を対応づけるようにしているので、仮に不良のウェーハ 11 があっても、そのウェーハ 11 が後段の工程に流れるのを防止することができる。

【0079】

以下、前記 ST 3 のウェーハの向き検査について、検査装置 10 側で実行される具体的な処理を説明する。

30

この検査を実施するために、検査装置 10 では、あらかじめ、モデルのウェーハをプラテン 22 に正確に方向決めして撮像し、得られた基準画像を用いて、ウェーハの半径の大きさ、中心点の座標、およびノッチの正しい方向を示す角度データを抽出する（以下、基準画像上の中心点を「基準中心点」と呼び、ノッチの正しい方向を示す角度を「基準角度」と呼ぶ。）。さらに、ノッチについては、そのノッチの幅（たとえば、ウェーハの周縁部の切り込み開始位置における幅やノッチの中央位置の幅など。以下も同じ。）や一側縁の長さに対応する画素数を抽出する処理も実行される。以下、前記基準画像に基づき抽出されるデータを「基準データ」と総称する（基準データには前記ウェーハの半径の大きさ、基準中心点、基準角度も含まれる。）。各基準データは、検査装置 10 から主制御装置 1 に送信され、ウェーハの種類に対応づけて前記メモリ部 2 に登録される。

40

【0080】

なお、ノッチの方向を示す角度（以下、「ノッチ角度」という。）は、ウェーハの中心点から見たノッチの方向を表すものである。この実施例では、図 7 に示すように、ノッチの位置を示す代表点（ノッチの重心に相当する点である。ここでは、 $g_1$ 、 $g_2$ 、 $g_3$  の 3 点を示す。）を求め、この代表点  $g_1$ 、 $g_2$ 、 $g_3$  とウェーハの中心点  $O_1$  と結ぶ線分  $l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$  を設定する。そして、中心点  $O_1$  を起点として x 軸の正方向に沿う方向  $x_0$  に対し、前記線分  $l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$  がなす角度  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$  を、ノッチ角度としている。なお、このノッチ角度  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$  は反時計回りに計測される。

【0081】

50

図8は、前記検査装置10が実行する検査手順を示す。なお、この図8では、処理の開始をST101とする。

この手順を実行するに先立ち、検査装置10のCPU102は、前記主制御装置1より前記各種基準データの送信を受け、これらをRAM104内に保存する。この後、最初のST101では、前記タイミング制御部107よりカメラ110に駆動信号を与えて撮像を行わせる。この撮像動作に伴い、画像入力部105によるA/D変換処理およびエッジ抽出部108によるエッジ抽出処理が実行され、所定階調の濃淡画像データ、および2値のエッジ画像データが、画像メモリ106に格納される。

【0082】

ST102～105の処理は、エッジ画像を対象として行われる。

10

ST102では、前記基準中心点を用いて処理対象のウェーハ11の中心点を抽出する処理を実行する。

【0083】

以下、図9を用いて、ST102の処理の内容を簡単に説明する。

図中、11Eは、前記図4に示した画像から抽出されたウェーハの周縁部のエッジである。また、図9(1)は、このエッジにより特定される実際の中心点O1が前記基準中心点Oから位置ずれしている例を示し、図9(2)および図9(3)は、上記の位置ずれした中心点O1を基準中心点Oを用いて抽出するための具体的な方法を示す。

【0084】

この実施例では、前記エッジ11Eの主要部が円形状であることに着目して、画像上のウェーハのx軸方向における中心の座標と、y軸方向における中心の座標とを個別に求め、これらの座標により表される点を中心点O1として特定するようにしている。

20

【0085】

x軸方向における中心を求めるには、基準中心点Oを通り、x軸に平行な直線L1を設定する。つぎに、この直線L1上において、ウェーハの周縁のエッジを構成する点A1、A2を抽出し、これらの中点Aを求める(図9(2)参照。)

【0086】

y軸方向における中心を求める場合も、同様に、基準中心点Oを通り、y軸に平行な直線L2を設定する。そして、この直線L2上でウェーハの周縁に相当する点B1、B2を抽出し、これらの中点Bを求める(図9(3)参照。)

30

【0087】

ここで前記エッジ11Eが完全な円であるものとする、この円のx方向における中心は、常に前記中点Aのx座標 $x_A$ の位置となる。同様に、前記円のy方向における中心は、常に前記中点Bのy座標 $y_B$ の位置となる。したがって、この実施例では、中点Aのx座標 $x_A$ と中点Bのy座標 $y_B$ とにより表される点( $x_A, y_B$ )をウェーハの中心点として特定するようにしている。

【0088】

なお、前記点A1、A2、B1、B2を抽出する際には、基準中心点Oを始点として、直線L1、L2上の双方向に沿って、エッジ画素を検索するのが望ましい。また、直線L1、L2がノッチの位置にかかる可能性があるため、中心点O1を特定した後に、点A1とA2との距離、および点B1とB2との距離を求め、これらをウェーハの直径と比較するのが望ましい。さらにこの比較において、前記いずれかの距離がウェーハの直径よりも小さくなっている場合には、その距離に対応する各点と前記中心点O1との距離に基づき、中心点O1の位置を補正することができる。また、この補正においては、前記ウェーハの直径よりも距離が小さくなった2点間につき、中心点O1の座標を補正した後、この補正後の中心点O1を前記図9(2)(3)の点Oとみなして再度直線L1、L2を設定し、中点を求め直すことにより、中心点O1を精度良く求めることができる。

40

【0089】

図8に戻って、前記ST102において中心点O1が抽出されると、ST103が「YES」となってST104に進む。このST104では、抽出された中心点O1が基準中

50

心点Oに一致するように、前記エッジ画像の各画素データの座標を補正する。

【0090】

続くST105では、画像上のノッチを検出する処理を実行する。この検出手順の詳細は後記するが、ノッチとみなされた特徴毎に検出数がカウントされ、前記図7に示したノッチの代表点とノッチ角度とが算出される。

【0091】

ST106では、ST105で得られた検出数をチェックする。この検出数が「1」であれば、ST107に進み、対応するノッチ角度と前記基準角度との差を求め、その差が所定の誤差範囲であるかどうかをチェックする。ここで前記の差が誤差範囲内であれば、ST107が「YES」となってST108に進み、前記した「OK」フラグをオン設定して主制御装置1に送信する。

10

【0092】

一方、ノッチ角度と基準角度との間に誤差を超える差があった場合には、ST107からST109に進む。ST109では、ウェーハの向きが不適であったことを示す「NG」フラグをオン設定するとともに、前記ノッチ角度と基準角度との差を補正角度として求め、これらを主制御装置1に送信する。

【0093】

ノッチ検出処理において、検出数が2以上またはゼロであった場合には、ST106が「NO」となってST110に進む。また、前記ST103で中心点O1の抽出処理に失敗した場合には、ST103が「NO」となり、同様にST110に進む。

20

ST110では、前記「NG」フラグをセットするとともに、補正ができない理由を示すエラーコードを設定し、これらを主制御装置1に送信する。なお、ST103、ST106のいずれかが「NO」となったかによって、前記エラーコードの値は異なるものとなる。

【0094】

図10は、前記ST105のノッチ検出処理の詳細な手順を示す。以下、図11および図12を参照しつつ、図10の手順に沿って、ノッチ検出処理の詳細を説明する。

なお、図10では、処理の開始をST201とする。

【0095】

ST201では、処理対象のエッジ画像に現れる各エッジ画素につき、それぞれエッジコードを算出する。なお、エッジコードは、前出の特許文献3と同様に、エッジ画素における濃度勾配の方向に直交する方向を示すものである（算出方法については、特許文献3の段落[0034]～[0037]を参照されたい。）。画素毎のエッジコードの算出結果は、それぞれその画素の座標に対応づけられ、RAM104などに保存される。

30

【0096】

つぎのST202では、前記ST102で抽出され、ST104で基準中心点Oに位置合わせされた中心点O1とウェーハの半径（画像上における半径である。）とに基づき、処理用のウィンドウを設定する。

【0097】

図11は、前記ウィンドウWの設定例である。図中のDは、前記したウェーハの半径に相当するもので、前記中心点O1に対し、前記Dよりも小さい値D1だけ離れた範囲を内側境界とし、前記Dよりも大きい値D2だけ離れた範囲を外側境界とするようなリング状のウィンドウWが設定されている。前記DとD1との差、およびD2とDとの差は、いずれも所定値dとなるように設定されている。このdの値は、画像上に現れるノッチの深さに若干の余裕度を加味した値に相当するものである。よって、ノッチのエッジを含め、周縁部のエッジ11Eの全体が前記ウィンドウW内に含まれることになる。なお、ウィンドウWの外側境界に対応する距離D2と半径Dとの差については、前記dよりも小さな値に設定してもよい。

40

【0098】

このようにしてウィンドウが設定されると、つぎのST203では、このウィンドウW

50

において、前記中心点O1を中心とする円の円弧を構成する点を抽出する。さらに続くST204では、前記ST203で抽出された円弧の構成点を前記エッジ画像から消去する処理を実行する。

#### 【0099】

前記ST203では、前出の特許文献3に記載された発明を応用して円弧の構成点を抽出する。簡単に説明すると、前記ウィンドウW内の各エッジ画素につき、それぞれ中心点O1からそのエッジ画素に向かう方向(エッジ方向コード)を求め、このエッジ方向コードと前記エッジコードとの差が90度に近似するかどうかをチェックする。ここで2つのコードの差が90度に近似する値であれば、着目中の画素は、前記した円弧の構成点であるとみなされることになる。

10

#### 【0100】

前記図11の設定例によれば、ウィンドウW内にはウェー八の周縁のエッジ11Eの全体が含まれるから、このエッジ11Eを構成するエッジ画素の中から、ノッチ以外の主要部の構成点を抽出し、消去することができる。

#### 【0101】

また、ウェー八のノッチは、完全なV字状ではなく、先端部分(切り込みの最も奥の部分を指す。)が面取りされた状態で形成されるので、前記中心点O1からノッチの先端部分までを半径とする仮想円を設定した場合、前記ノッチの先端部分のエッジコードはこの仮想円の円弧におけるエッジコードに近似すると考えることができる。よって、ノッチの先端部分に対応するエッジ画素も、円弧の構成点として抽出され、消去されることになる。この結果、図12に示すように、ノッチのエッジについては、先端部分のエッジ13cの消失により、両側縁のエッジ13a, 13bが分離した状態で残されるようになる。

20

#### 【0102】

ST205およびST206では、前記円弧の構成点が消去された後のウィンドウWにおいて、前記ノッチの両側縁のエッジ13a, 13bに相当する特徴を抽出する。両側縁のエッジ13a, 13bは、それぞれ数画素分の幅を持ち、長さ方向に所定数の画素が連なるものとなり、またこれらのエッジ13a, 13bは、ノッチの幅に対応する間隔をあけて位置すると考えられる。これを前提として、ST205では、複数のエッジ画素が連なった部分を1つのエッジ集合とみなし、ノッチの幅に対応する距離を隔てて位置する一対のエッジ集合を抽出する。なお、ノッチの幅は前記した基準データに基づくものである。

30

#### 【0103】

前記条件に適合するエッジ集合が抽出されると、ST205が「YES」となり、続くST206において、前記対をなすエッジ集合のそれぞれについて、その集合における長さ方向を特定し、その長さ方向におけるエッジ画素の数を所定の基準画素数とチェックする。なお、基準画素数は、前記基準データに含められたノッチの一側縁の長さに相当するものである。

#### 【0104】

一対のエッジ集合のそれぞれにおいて、前記エッジ画素数と基準画素数との差が誤差範囲であれば、ST206が「YES」となり、ST207に進む。このST207では、前記対をなすエッジ集合について、それぞれ個別に集合の重心を求めた後、これらの重心の中点を求め、これをノッチの位置を示す代表点とする。または、一対のエッジ集合およびその間の画素を1つの集合体とみなし、この集合体における重心を計測して代表点としてもよい。

40

#### 【0105】

つぎのST208では、前記代表点の座標と中心点O1の座標とを用いて、前記ノッチ角度を求める。求め方は、前記図7により説明したとおりである。さらに、ST209では、ノッチの検出数(初期状態はゼロ)をカウントする処理を実行する。

#### 【0106】

この後、ST210では、前記一対のエッジ集合として抽出されたすべての組を処理し

50

たかどうかをチェックする。ウェーハの本来のノッチは1つだけであるが、稀に、欠けなどの欠陥が生じ、この欠陥がエッジ集合の組として抽出される場合がある。このように、エッジ集合の組が複数抽出された場合には、抽出された組毎にST206～208の処理を実行し、ST209において検出数をカウントする。そしてすべての組についての処理が終了した段階でST210が「YES」となり、ノッチ検出処理を終了する。

**【0107】**

上記図8および図10に示した処理によれば、ウェーハの周縁のエッジ11Eの中からノッチ以外の円弧とノッチの先端部分とを削除して、ノッチの両側縁に対応する一対のエッジ集合を抽出するので、ウェーハの全体像に対するノッチが微小なものであっても、その位置を高い確度で抽出することができる。さらに、ウェーハの中心点とノッチの代表点との座標に基づき、ノッチの向きを表す角度を細かく求めることができるから、ノッチの向きの適否を精度良く判別することができる。また、ウェーハの向きが不適である場合も、ノッチ角度と基準角度との差に基づき、補正角度を正確に求めることができるから、高精度の方向修正を行うことができる。

10

**【0108】**

さらに、前記図8および図10の手順には、つぎのような変更や追加の処理を設定することができる。

まず、ST102の中心点を抽出する処理には、前記特許文献2に開示された方法を適用することができる。すなわち、エッジ画像上の各エッジ画素について、その濃度勾配方向に沿う線分を設定し、所定数以上の線分が交わる位置を中心点O1として特定する。この場合、線分の長さを前記ウェーハの半径Dに基づいて設定することで、中心点O1を精度良く抽出することができる。

20

**【0109】**

また、前記OKフラグやNGフラグに基づき、前記モニタ装置4に検査結果を表示することができる。さらに、ウェーハ11の濃淡画像またはエッジ画像を表示し、その画像上の検出されたノッチの位置にマーキング表示を行うこともできる。なお、マーキング表示としては、画像上のノッチを円で囲んだり、矢印によりノッチを指し示すなどの方法を用いるのが望ましい。

**【0110】**

また、この実施例では、ウェーハの中心点O1から見たノッチの方向を示す角度データを求めるので、入力画像中にウェーハ全体の画像が含まれるような位置で中心点O1が抽出されるならば、ST104の画像の位置ずれ修正は行わなくてもよい。

30

**【0111】**

さらに、この実施例の検査装置では、前記図8の検査の手順中に、図13に示すような検査を含めることができる。この検査は、ウェーハの内部または周縁部に破損が生じていないかどうかを判別するものであり、前記図8のST104とST105との間などに実行することができる(勿論、図8とは独立に実行してもよい)。なお、図13では、ST301から処理が開始されるものとする。

**【0112】**

図13のウェーハ破損検査では、エッジ画像ではなく、濃淡画像を使用し、ウェーハの基準画像に対する相関演算処理により、基準画像に対する相関値を求める(以下、この処理を「相関サーチ」という)。この実施例では、ウェーハ全体の基準画像による相関サーチと、ウェーハの周縁部のみの基準画像による相関サーチとを、続けて実行することにより、ウェーハの周縁部または内側のいずれに破損が生じているかを、精度良く判別することができる。

40

**【0113】**

まず、最初のST301では、ウェーハ全体の基準画像による相関サーチを実行する。この処理により所定のしきい値TH1を上回る相関値が得られると、ST302が「YES」となってST303に進む。なお、ST301の相関サーチは、図8のST104を実行した後に行われることになるので、ウェーハの中心点の位置や半径Dに基づき、相関

50

サーチの対象領域を絞り込むことができる。

【 0 1 1 4 】

ST303では、処理対象の画像に対し、ウェーハの周縁部が含まれるようなウィンドウ（前記図11のウィンドウWと同様のものと考えてよい。）を設定し、このウィンドウにおいて、前記ウェーハの周縁部の基準画像による関連サーチを実行する。この処理により、所定のしきい値TH2を超える相関値が得られると、ST304が「YES」となってST305に進み、処理対象のウェーハには、内外ともに破損がないと判断する。これに対し、ST303で得られた相関値がしきい値TH2以下であった場合には、ST304からST306に進み、周縁部に破損が生じていると判断する。

【 0 1 1 5 】

一方、ST301のウェーハ全体に対する関連サーチにおいて、相関値がしきい値TH1以下になった場合には、ST307に進む。このST307でもST303と同様に、ウェーハの周縁部の基準画像による関連サーチを実行する。この関連サーチにおいて、しきい値TH2を超える相関値が得られると、ST308が「YES」となってST309に進み、ウェーハの内部（前記周縁部に対する関連サーチ用のウィンドウよりも内側の領域をいう。）に破損が生じていると判断する。これに対し、前記相関値がしきい値TH2以下であった場合には、ST308からST306に進み、周縁部に破損が生じていると判断する。

【 0 1 1 6 】

上記の検査によれば、単に破損が生じていることだけでなく、その破損がウェーハの内部または周縁部のいずれで生じているかまで特定することができる。また、ウェーハ全体を対象とする関連サーチでは検出されない周縁部の微小な破損も、精度良く検出することができる。

【 0 1 1 7 】

つぎに、上記したウェーハの向き検査におけるノッチの検出方法は、円形物に設定されたノッチ以外のマークを検出する場合に適用することができる。すなわち、円盤状、円筒状など、円形の面を具備する物体において、円形面の周縁部にその周縁より内側に向けて記されたマーク、または周縁から外側に向けて形成された突起のようなマークを検出する場合にも、前記ウェーハのノッチを検出する場合と同様の処理を適用することができる。

【 0 1 1 8 】

図14は、電磁ソレノイドのロッド30にマークを記した例を示す。

この実施例では、ソレノイドの自動組立工程において、複数種のロッド30の中から正しいものが選択されているかどうかを検査するために、マークを利用するようにしている。ソレノイドの組立はロボットが行うが、組立対象のロッド30を用意するのは人間であり、人為ミスによるロッドの取り違えが発生する可能性があるためである。

【 0 1 1 9 】

各種ロッド30は、いずれも、円形状の上面31の周縁と周壁部32との間に数段の溝部34が形成され、かつ周壁部32の所定位置にフランジ部33が配備された構成のものである。前記上面の中央部には、人間による識別のための文字マーク41が記されており、さらに前記検査のために、前記溝部34を横切るように線状のマーク40が記されている。

【 0 1 2 0 】

前記線状マーク40および文字マーク41は、いずれも、レーザーマーカ（図示せず。）により印刷される。また、線状マーク40の数および文字マーク41の文字種は、ロッド30の種類によって異なるものとなる。

【 0 1 2 1 】

上記のロッド30に対する検査では、たとえばロボットハンド（図示せず。）に挟まれたロッド30をカメラにより撮影し、上面31およびその外周の溝部34を含む画像を生成する。そして、この画像にエッジ抽出を施した後、前記上面31の中心点を抽出し、その中心点の座標や半径の大きさに基づき、処理用のウィンドウを設定する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 2 2 】

図 1 5 は、前記ロッド 3 0 のエッジ画像に対するウィンドウの設定例を示すもので、前記上面 3 1 の周縁のエッジ 3 1 a、および溝部 3 4 の境界線のエッジ 3 4 a が全て含まれるようなリング状のウィンドウ W 1 が設定されている。また、このエッジ画像には、前記線状マーク 4 0 の両側縁に対応するエッジ 4 0 a、4 0 b や、文字マークのエッジ 4 1 a も含まれている。

## 【 0 1 2 3 】

上記のようなウィンドウ W 1 において、前記した円弧の構成点を抽出する処理と、抽出した構成点を消去する処理とを実行することにより、上面 3 1 の周縁のエッジ 3 1 a や溝部 3 4 の境界線のエッジ 3 4 a を消去することができる。さらに、この消去処理後のウィンドウ W 1 において、線状マーク 4 0 の幅に応じた間隔をもって位置する一対のエッジ集合を抽出することにより、各線状マーク 4 0 を個別に抽出することができる。よって、一対のエッジ集合の抽出数を線状マーク 4 0 の数として認識し、その数を検査対象のロッド 3 0 の持つべき線状マーク 4 0 の数と比較することにより、正しいロッド 3 0 が使用されているかどうかを判別することができる。

## 【 0 1 2 4 】

上記構成のロッド 3 0 を検査対象とする場合には、上面の文字マーク 4 1 を抽出して文字認識処理を行うことも可能である。しかしながら、文字認識処理では処理時間が長くなる上、類似する文字との誤認識が起こるなど、識別精度を保証できないという問題がある。これに対し、線状マーク 4 0 を用いた検査では、前記ノッチの検出処理に準じた処理により、個々のマーク 4 0 を精度良く検出することができるから、ロッド 3 0 の種類を簡単かつ高精度に判別することができる。

## 【 0 1 2 5 】

なお、この実施例では、線状マーク 4 0 の数によりロッド 3 0 の種類を判別するので、前記したウェーハ 1 1 のノッチを検出する場合のように、代表点の座標や角度データまでを求めなくともよい。

また、前記マーク 4 0 は、幅の狭い溝部 3 4 に形成されるため、印刷に歪みが生じたり、印刷が薄くなったりして、前記両側縁のエッジ 4 0 a、4 0 b を正しく抽出できない場合がある。したがって、対をなさない単独のエッジ集合であっても、その画素数がマークの長さに対応するものであれば、これを 1 つの線状マークとしてみなすようにしてもよい。また、前記ウィンドウ W 1 は、必ずしも、溝部 3 4 のすべてのエッジを含む必要はない。たとえば、ウィンドウ W 1 の外側領域が一番外側のエッジ 3 4 a よりも内側に位置するように設定してもよい。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 1 2 6 】

【図 1】イオン注入装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】検査装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】真空槽内の構成をカメラや照明の設置例とともに示す図である。

【図 4】ウェーハを撮像して得られた画像を示す図である。

【図 5】プラテンにおけるマークの設定例と、回転動作にかかる検査の原理を説明する図である。

【図 6】イオン注入装置における一連の処理手順を示すフローチャートである。

【図 7】ノッチ角度の表し方を示す図である。

【図 8】ウェーハの向き検査の手順を示すフローチャートである。

【図 9】ウェーハの中心点を抽出する処理の具体例を示す図である。

【図 10】ノッチ検出処理の手順を示すフローチャートである。

【図 11】ウィンドウの設定例を示す図である。

【図 12】円弧の構成点を消去した後に残るノッチ部分のエッジを示す図である。

【図 13】ウェーハの破損検査の手順を示すフローチャートである。

【図 14】ソレノイドのロッドにマークを付した例を示す図である。

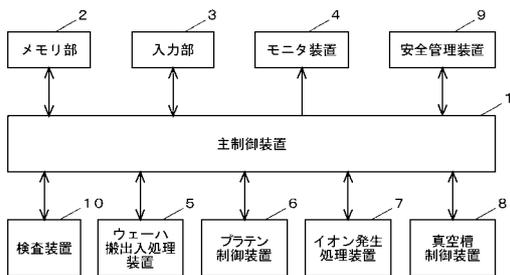
【図15】ロッドの上面および溝部のエッジ画像におけるウィンドウの設定例を示す図である。

【符号の説明】

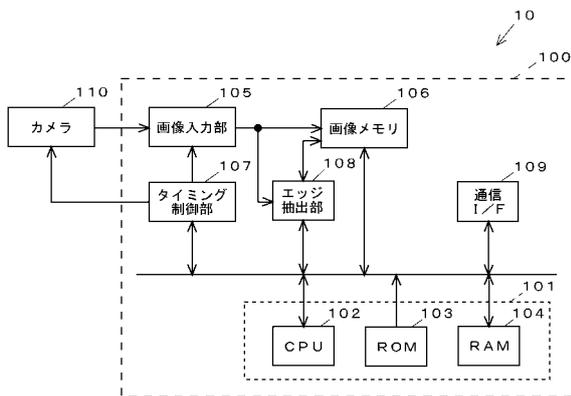
【0127】

- 10 検査装置
- 11 ウェーハ
- 101 制御部
- 102 CPU
- 105 画像入力部
- 108 エッジ抽出部
- 109 通信インターフェース
- 110 カメラ

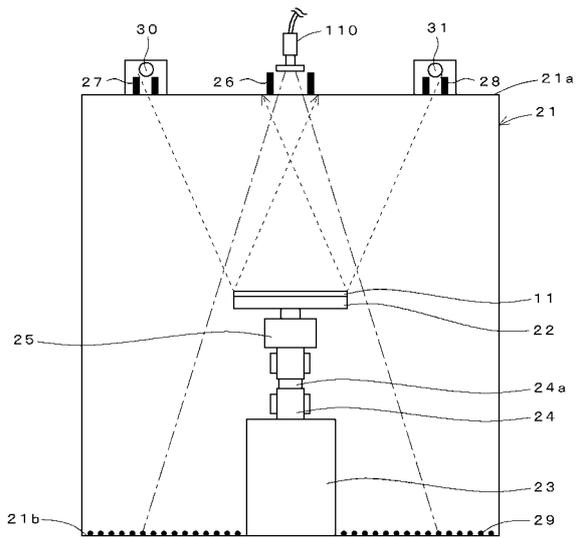
【図1】



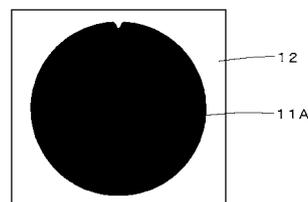
【図2】



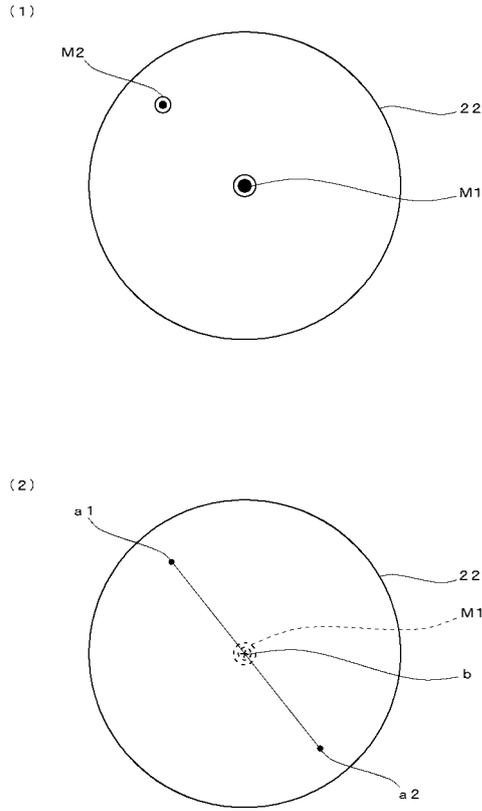
【図3】



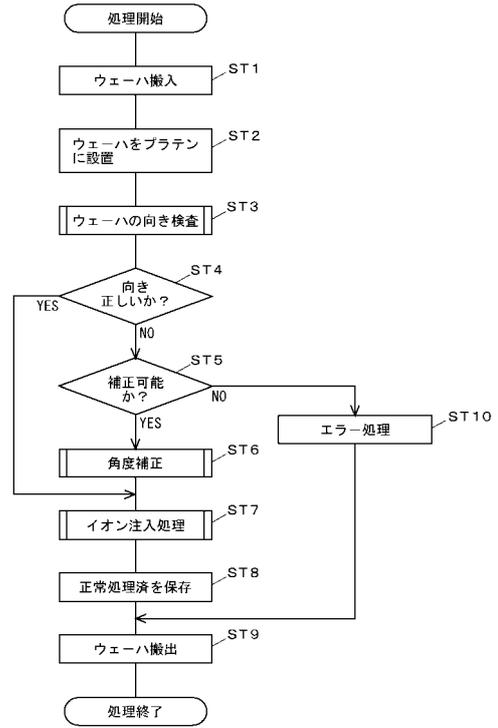
【図4】



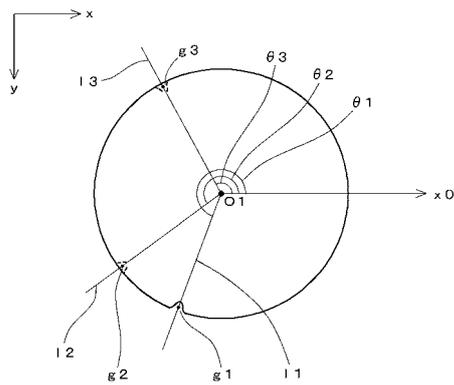
【図5】



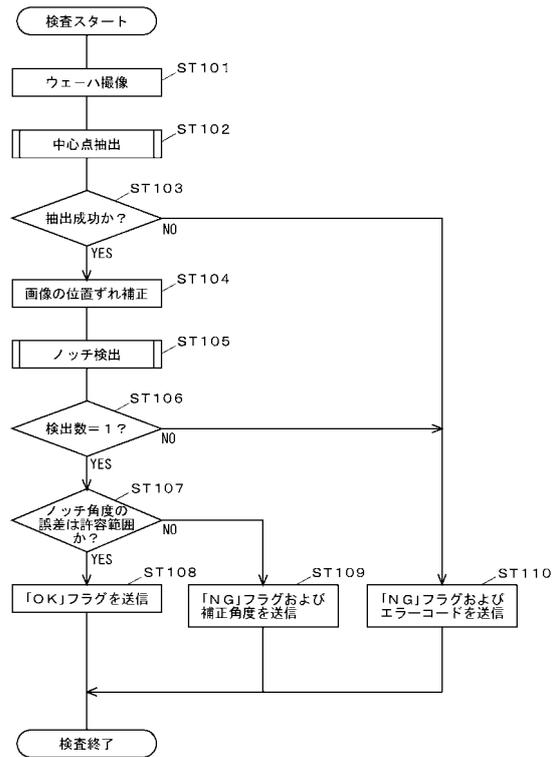
【図6】



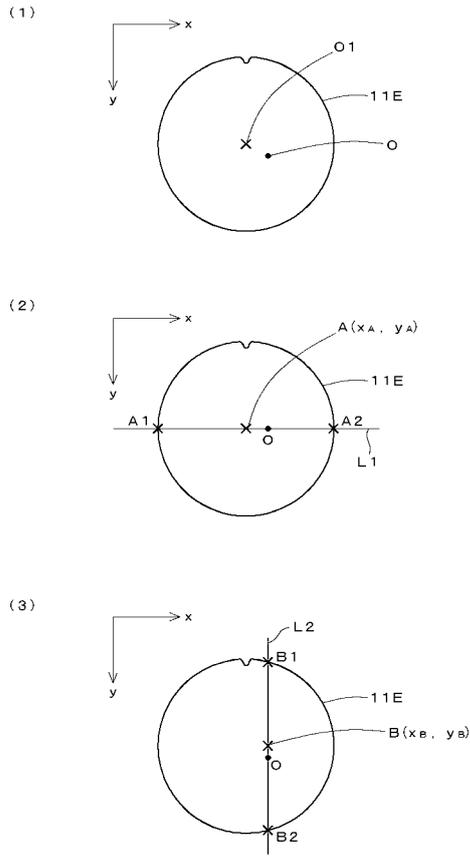
【図7】



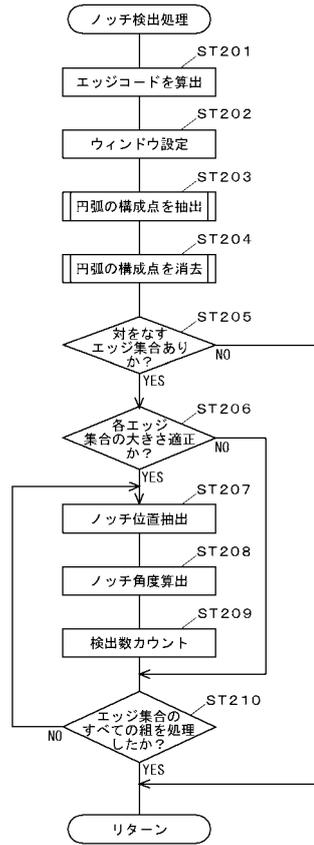
【図8】



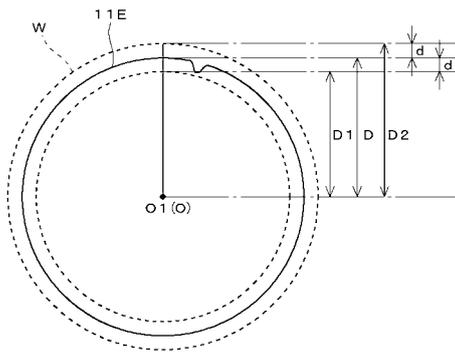
【図9】



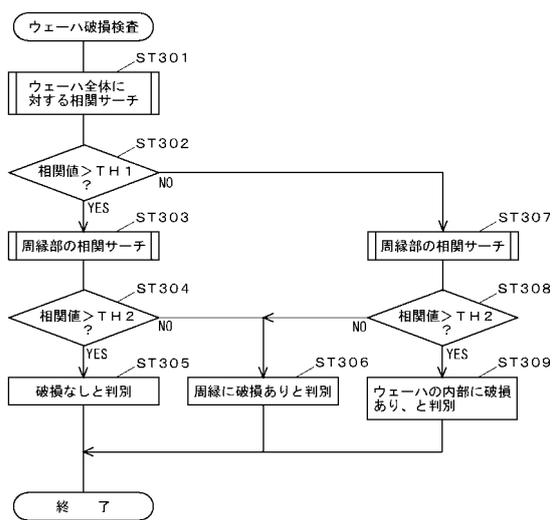
【図10】



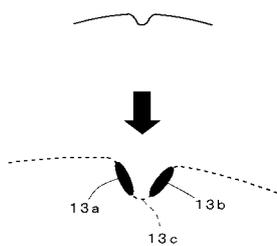
【図11】



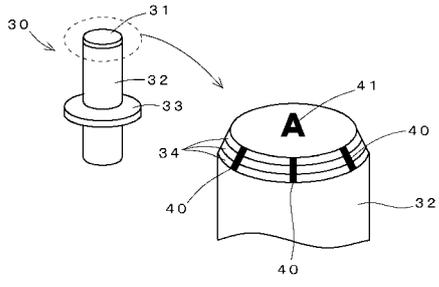
【図13】



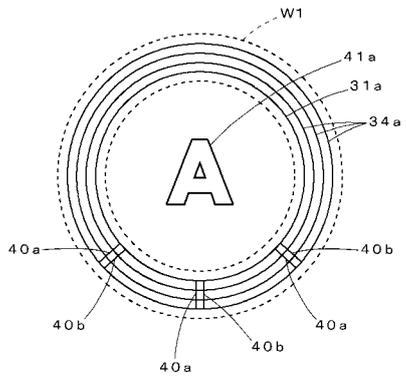
【図12】



【 14 】



【 15 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第02/061367(WO, A1)  
特開2002-140713(JP, A)  
特開2000-031245(JP, A)  
特開昭63-102231(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/67 - 21/687  
G01B 11/00  
G01B 11/26