

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-192861  
(P2011-192861A)

(43) 公開日 平成23年9月29日(2011.9.29)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
H O 1 L 21/68 (2006.01) H O 1 L 21/68 F 5 F O 3 1

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 49 頁)

(21) 出願番号 特願2010-58643 (P2010-58643)  
(22) 出願日 平成22年3月16日 (2010.3.16)

(71) 出願人 000005049  
シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
(74) 代理人 100147256  
弁理士 平井 良憲  
(72) 発明者 今中 崇雄  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
シャープ株式会社内  
(72) 発明者 田中 利之  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
シャープ株式会社内  
(72) 発明者 二川 正康  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
シャープ株式会社内

最終頁に続く

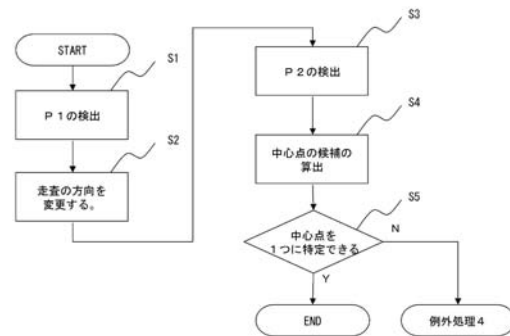
(54) 【発明の名称】 測定方法、測定装置、搬送装置、気相成長装置、プログラム、記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】半径  $r$  が既知である円形の被測定物の外周上の点の座標をセンサで測定し、前記測定値に基づき、被測定物の中心点の位置を特定する場合において、被測定物の中心点を特定する。

【解決手段】前記センサを被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出し、前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を屈曲点として、前記屈曲点で前記走査の方向を変更し、前記センサを走査して、前記内側に進入する位置および前記屈曲点からともに距離  $r$  である点のうち走査側にある点を中心点とする半径  $r$  の円である判定円から進出するより前または同時に、前記被測定物の外側に進出する位置の座標を検出し、前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から被測定物の中心点の座標を算出する。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

センサを用いて、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、  
 前記センサを被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第 1 ステップと、  
 前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を屈曲点として、前記屈曲点で前記走査の方向を変更する第 2 ステップと、  
 前記センサを走査して、前記内側に進入する位置および前記屈曲点からともに距離  $r$  である点のうち走査側にある点を中心点とする半径  $r$  の円である判定円から進出するより前または同時に、前記被測定物の外側に進出する位置の座標を検出する第 3 ステップと、  
 前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から被測定物の中心点の座標を算出する第 4 ステップとを備える  
 ことを特徴とする測定方法。

10

## 【請求項 2】

センサを用いて、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、  
 前記センサを前記被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第 1 ステップと、  
 前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を屈曲点として、前記屈曲点で前記走査の方向を変更する第 2 ステップと、  
 前記センサを走査して前記被測定物の外側へ進出する位置の座標を検出する第 3 ステップと、  
 前記内側に進入する位置および前記屈曲点からともに距離  $r$  である点のうち走査側にある点を中心点とする半径  $r$  の円である判定円に、外側へ進出する位置が含まれるか否かを判断する第 4 ステップと、  
 前記判定円に含まれると判断された場合に、前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点の座標を算出する第 5 ステップと  
 を備えることを特徴とする測定方法。

20

## 【請求項 3】

センサを用いて、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、  
 前記センサを前記被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第 1 ステップと、  
 前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を屈曲点として、前記屈曲点で前記走査の方向を変更する第 2 ステップと、  
 前記センサを走査して前記被測定物の外側へ進出する位置の座標を検出する第 3 ステップと、  
 前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点候補の座標を算出する第 4 ステップと、  
 前記中心点候補のうち、前記屈曲点との距離が前記半径  $r$  以下である前記中心点候補を中心点として特定とする第 5 ステップと  
 を備えることを特徴とする測定方法。

30

40

## 【請求項 4】

センサを用いて、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、  
 前記センサを被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第 1 ステップと、  
 前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査する第 2 ステップと、

50

前記センサを走査して、前記内側に進入する位置から距離  $r$  に中心点がありかつ前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査に外接する半径  $r$  の円のうち走査側にある円である判定円から進出するより前または同時に、前記被測定物の外側に進出する位置の座標を検出する第 3 ステップと、

前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から被測定物の中心点の座標を算出する第 4 ステップとを備え、

前記被測定物の内側の走査は、曲率半径または曲率中心のある側が異なる複数の部分からなる

ことを特徴とする測定方法。

【請求項 5】

センサを用いて、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、

前記センサを前記被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第 1 ステップと、

前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査する第 2 ステップと、

前記センサを走査して前記被測定物の外側へ進出する位置の座標を検出する第 3 ステップと、

前記進入する位置から距離  $r$  に中心点がありかつ前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査に外接する半径  $r$  の円のうち走査側にある円である判定円に、前記外側に進出する位置が、含まれるか否かを判断する第 4 ステップと、

前記判定円に含まれると判断された場合に、前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から前記被測定物の中心点の座標を算出する第 5 ステップとを備えることを特徴とする測定方法。

【請求項 6】

センサを用いて、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、

前記センサを前記被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第 1 ステップと、

前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査する第 2 ステップと、

前記センサを走査して前記被測定物の外側へ進出する位置の座標を検出する第 3 ステップと、

前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点候補の座標を算出する第 4 ステップと、

前記中心点候補のうち、前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査の全てとの距離が前記半径  $r$  以下である前記中心点候補を中心点として特定とする第 5 ステップと

を備えることを特徴とする測定方法。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 記載の発明であって、前記第 3 ステップにおける前記走査は直線であり、前記被測定物の内側に進入する位置の座標と前記第 3 ステップにおける前記走査との距離  $D$  が  $0 < D < 2^{1/2} r$  ( $r$  は前記半径) の範囲にあることを特徴とする測定方法。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 6 記載の発明であって、前記第 3 ステップにおける前記走査は、前記被測定物の内側に進入する位置を中心点とし前記被測定物の前記半径  $r$  の  $2^{1/2}$  倍の距離を半径とする円周上の走査であることを特徴とする測定方法。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 3 記載の発明であって、

前記内側に進入する位置から前記屈曲点までの走査は、前記走査側の反対側に屈曲する屈曲点、または前記走査側の反対側に屈曲する曲率半径が前記半径  $r$  未満である走査を含む

10

20

30

40

50

ことを特徴とする測定方法。

【請求項 10】

請求項 4 ~ 6 記載の発明であって、

前記内側に進入する位置から前記始点までの走査は、前記走査側の反対側に屈曲する屈曲点、または前記走査側の反対側に屈曲する曲率半径が前記半径  $r$  未満である走査を含むことを特徴とする測定方法。

【請求項 11】

半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、

前記被測定物の内外を検知するセンサと、

前記センサが検知する位置を走査する走査手段と、

前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、

前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、

前記センサが被測定物の内側に進入する位置、および前記内側に進入する位置から所定の方向に所定の距離離れた屈曲点から、ともに距離  $r$  である点のうち走査側にある点を中心点とする半径  $r$  の円である判定円としたとき、

前記制御手段は、

前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を検出し、前記屈曲点で前記センサが前記被測定物の内側であることを検知し、前記走査手段の前記走査の方向を変更し、さらに、前記判定円から進出するより前または同時に前記被測定物の外側へ進出したことを、前記センサが検知した時の座標を座標検出手段

が検出するものであり、前記進入した時の座標、前記進出した時の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点の座標を算出することを特徴とする測定装置。

【請求項 12】

半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、

前記被測定物の内外を検知するセンサと、

前記センサが検知する位置を走査させる走査手段と、

前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、

前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、

前記センサが被測定物の内側に進入する位置、および前記内側に進入する位置から所定の方向に所定の距離離れた屈曲点から、ともに距離  $r$  である点のうち走査側にある点を中心点とする半径  $r$  の円である判定円としたとき、

前記制御手段は、

前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を検出し、前記屈曲点で前記センサが前記被測定物の内側であることを検知し、前記走査手段の前記走査の方向を変更し、前記センサが前記被測定物の外側へ進出したことを検知した時の座標を座標検出手段が検出するものであり、

さらに、前記判定円に、前記外側に進出する位置が含まれるか否かを判断し、含まれると判断した場合、前記進入した時の座標、前記進出した時の座標および前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点の座標を算出することを特徴とする測定装置。

【請求項 13】

半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、

前記被測定物の内外を検知するセンサと、

前記センサが検知する位置を走査させる走査手段と、

前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、

前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、

前記制御手段は、

前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を前記座標検出手段が検出し、前記屈曲点で前記センサが円の内側であることを検知し、前記走査手段の前記走査の方向を変更し、前記センサが前記被測定物の外側へ進出し

たことを検知した時の座標を座標検出手段が検出するものであり、  
前記進入した時の座標、前記進出した時の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点候補の座標を算出し、前記中心点候補のうち、前記中心点候補と前記屈曲点との距離が前記半径  $r$  以下である前記中心点候補を中心点として特定とすることを特徴とする測定装置。

【請求項 14】

半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、  
前記被測定物の内外を検知するセンサと、  
前記センサが検知する位置を走査する走査手段と、  
前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、  
前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、  
前記内側に進入する位置から距離  $r$  に中心点がありかつ前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査に外接する半径  $r$  の円のうち、走査側にある円である判定円としたとき、  
前記制御手段は、  
前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を検出し、前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査させ、前記判定円から進出するより前または同時に前記被測定物の外側へ進出したことを、前記センサが検知した時の座標を座標検出手段が検出するものあり、  
前記進入した時の座標、前記進出した時の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点の座標を算出し、前記被測定物の内側の走査は、曲率半径または曲率中心のある側が異なる複数の部分からなることを特徴とする測定装置。

【請求項 15】

半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、  
前記被測定物の内外を検知するセンサと、  
前記センサが検知する位置を走査させる走査手段と、  
前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、  
前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、  
前記内側に進入する位置から距離  $r$  に中心点がありかつ前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査に外接する半径  $r$  の円のうち、走査側にある円である判定円としたとき、  
前記制御手段は、  
前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を前記座標検出手段が検出し、前記センサが円の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記走査手段が前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査させ、前記センサが前記被測定物の外側へ進出したことを検知した時の座標を座標検出手段が検出するものであり、  
前記判定円に、前記外側に進出する位置が含まれるか否かを判断し、含まれると判断した場合、前記進入した時の座標、前記進出した時の座標および前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点の座標を算出することを特徴とする測定装置。

【請求項 16】

半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、  
前記被測定物の内外を検知するセンサと、  
前記センサが検知する位置を走査させる走査手段と、  
前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、  
前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、  
前記制御手段は、  
前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を前記座標検出手段が検出し、前記センサが円の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記走査手段が前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査させ、前記センサが前記被測定物の外側へ進出したことを検知した時の座標を座標検出手段が検出するものであ

り、

前記進入した時の座標、前記進出した時の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点候補の座標を算出し、前記中心点候補のうち、前記中心点候補と前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査の全てとの距離が、前記半径  $r$  以下である前記中心点候補を中心点として特定とすることを特徴とする測定装置。

【請求項 17】

被搬送物を搬送し円形の配置場所に配置する搬送装置であって、請求項 11 ~ 16 記載の測定装置を備え、配置場所の位置を前記測定装置で測定し、前記測定された位置に対して被搬送物を配置することを特徴とする搬送装置。

【請求項 18】

気相成長によって基板に薄膜を形成する気相成長装置であって、請求項 17 記載の搬送装置を備え、前記搬送装置は前記基板の搬送を行なうこと特徴とする気相成長装置。

【請求項 19】

円形の被搬送物を把持する搬送装置であって、請求項 11 ~ 16 記載の測定装置を備え、搬送対象物の位置を前記測定装置で測定し、前記測定された位置にある被搬送物を把持することを特徴とする搬送装置。

【請求項 20】

気相成長によって基板に薄膜を形成する気相成長装置であって、請求項 19 記載の搬送装置を備え、前記搬送装置は前記基板の搬送を行なうこと特徴とする気相成長装置。

【請求項 21】

前記被測定物の内外を検知する前記センサと、前記センサが検知する位置を走査する走査手段と、前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、を備える測定装置に請求項 1 ~ 6 記載の測定方法を実行させるプログラムまたは前記プログラムを記憶した記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、円形の被測定物の外周上の点の座標をラインセンサ等のセンサで測定し、前記測定値に基づき、被測定物の中心点の位置を特定する測定方法に関する。また、前記測定方法を実施する測定装置、または、前記測定装置を備える搬送装置、気相成長装置、または前記測定方法を測定装置等に行なわせるプログラムおよび前記プログラムを記憶する媒体に関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、図 37 に示すように既知半径の円盤状物 200 の円周と 1 個のセンサの直線状の軌跡 201 とが交わる 2 点  $W1$ 、 $W2$  を検出し、この 2 点と円盤状物の半径とを用いて円盤状物の中心位置  $A$  を算出する技術が開示されている。

【0003】

また、特許文献 2 には、図 38 に示すように、ウエハ 210 の周縁位置  $A$  点を検出し、次に、 $A$  点より  $Y$  方向に直進して周縁の  $B$  点を検出し、 $B$  点より  $X$  方向に直角に直進し、 $C$  点を検出して、 $A$  点位置データと  $C$  点位置データに基づいてウエハ 210 の中心位置  $P0$  を検出する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2005 - 297072 号公報

【特許文献 2】特開平 02 - 207548 号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、特許文献1の技術のように円周上の2点と半径 $r$ のみでは、円盤状物200の中心位置の候補として、中心位置A以外に、中心位置Aについて直線 $W1 - W2$ を対称軸とする線対称の位置にある点が求まり、解を1つに特定することはできない。

## 【0006】

また、特許文献1の技術においては、センサは円200の中心から外れた軌跡201を移動する。これは、中心位置の候補である2点のうち一方を除外し、円盤状物200の中心位置Aを特定するためである。特許文献1では、2点の中心位置の候補のうち一方を円盤状物200の中心ではないと推定するために、円盤状物200の中心位置から外れた位置をセンサが移動するように設定し、中心位置の候補の間の距離を長くするとともに、2点のうち一方を他の要件（例えば、設計上そのような位置に円盤状物200の中心位置があることはあり得ない等）によって除外している。

10

## 【0007】

また、特許文献1記載の技術は、センサが円盤状物200の中心点付近を通過する場合に測定誤差が大きいという問題がある。

## 【0008】

図39を用いて、円盤状物200のエッジをセンサが検知する際の測定精度について説明する。図39は、軌跡201が円盤状物200のエッジを通過する部位に係る部分拡大図である。センサは微小な面線を有する領域について検知するものであり、一般的に円形の領域について検知する。ここでは、前記円の直径を $d$ とする。 $\theta$ は、センサの空間分解能（測定誤差）を表す。

20

## 【0009】

円202aは円盤状物200のエッジに進入する直前の状態におけるセンサが検知する領域を示し、円202bは円盤状物200のエッジに進入した直後の状態におけるセンサが検知する領域を示している。エッジの測定にあたっては、センサが検知する領域を、円盤状物200の外側である領域202aから内側である領域202bまでに移動させる必要があり、前記移動の距離に応じた測定誤差が生じる。

## 【0010】

円盤状物200へのセンサの進入角度を $\alpha$ とすると、走査の方向に係る測定誤差は、 $d \sin \alpha$ である。また、円盤状物200の中心点方向への測定誤差はその進入角度 $\alpha$ と関係なく、常に $d \cos \alpha$ である。

30

## 【0011】

従って、特許文献1記載の技術においては、 $W1$ 、 $W2$ において、それぞれ、円の中心Aの方向について誤差 $d \cos \alpha$ が生じている可能性がある。

## 【0012】

次に図40を用いて、中心位置Aの座標の算出に係る計算誤差について説明する。中心位置Aは、 $W1$ 方向、 $W2$ 方向に対しそれぞれ $d \cos \alpha$ の測定誤差を含むのであるから、中心位置Aは、対辺間の距離が $d$ である菱形の領域の中に含まれることになる。ただし、前記菱形の頂点の角度のうち、一方は、角 $W1 - A - W2$ （以下これを $\theta$ と呼ぶ）である。中心位置Aにおいて想定される誤差のうち、最大のものは、前記菱形の対角線のうち長い方 $e$ である。式で示すと、 $0 < \theta < 90^\circ$ の場合、 $e = 2 d \cos(\theta/2) / \sin \theta$ 、 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ の場合、 $e = 2 d \sin(\theta/2) / \sin \theta$ となる。 $\theta$ が $90^\circ$ の時、 $e$ は最小値 $2^{1/2} d$ となり、 $\theta$ が $90^\circ$ より大きくまたは $90^\circ$ より小さくなるにつれて大きくなり、 $180^\circ$ および $0^\circ$ の時に中心位置Aが不定となることを示している。

40

## 【0013】

同様に、特許文献2の技術においても、測定誤差が大きいという問題がある。

## 【0014】

図41を用いて、特許文献2における中心位置P0における誤差を説明する。まず、点Aにおいて、Y方向に $d \cos \alpha$ の測定誤差が発生する。次に点Bにおいても同様にY

50

方向に  $\theta / \cos$  の測定誤差が発生する。従って、点Bから点Cに向かう走査はY方向に  $\theta / \cos$  の測定誤差を含む。点Cにおけるセンサの進出角度は  $\theta / 2 - \alpha$  であるので、点CにおけるX方向の測定誤差は  $\theta / \cos (\theta / 2 - \alpha)$  である。従って点Cの誤差領域は、底辺  $\theta / \cos (\theta / 2 - \alpha)$ 、高さ  $\theta / \cos$  の平行四辺形となる。中心位置P0は、点Aと点Cとの中点であるので、図示の六角形の領域となり、その最大誤差eは、前記六角形における最長距離である。

【0015】

図42に中心位置P0の誤差領域を示す。誤差領域は、底辺  $\theta / (2 \cos (\theta / 2 - \alpha))$ 、高さ  $\theta / (2 \cos \alpha)$ 、斜辺の傾き  $\theta / 2 - \alpha$  である平行四辺形を高さ方向に  $\theta / (2 \cos \alpha)$  だけスリーブした形状である。従って、最大誤差  $e = ((1 / \cos \alpha)^2 + (\tan (\theta / 2 - \alpha) \cos \theta / 2 + \cos (\theta / 2 - \alpha) / 2)^2)^{1/2}$  となる。

10

【0016】

図43に、特許文献1、2に係る誤差のシミュレーション結果をグラフで示す。縦軸は、円盤状物200の中心位置Aと軌跡201との距離Eを円盤状物200の半径rで除算して正規化した数値、またはウエハ210の中心位置P0と直線ABとの距離Eをウエハ210の半径rで除算して正規化した数値である。また、横軸は、中心位置における最大誤差eを  $r$  で除算して正規化した数値である。図43から判るように、従来技術1、2ともに、Eが  $\pm 2^{1/2} r$  の時に誤差が最小となり、その時の誤差eは特許文献1の技術においては  $2^{1/2}$ 、特許文献2の技術においては  $2$  である。Eの値が  $\pm 2^{1/2} r$  より大きく、または小さくなるに連れて、誤差eが大きくなり、Eが  $-r$ 、 $0$ 、 $r$  の時に誤差が  $10$  より大となる。

20

【0017】

図43は、特許文献1記載の技術で、 $-0.916r < E < -0.400r$  となる範囲を測定した場合、誤差eの値が  $2.5r$  未満であることを表す。また、特許文献2記載の技術で、 $-0.894r < E < -0.447r$  となる範囲を測定した場合、eの値が  $2.5$  未満であることを表す。

【0018】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、円形の被測定物の中心点を特定する測定方法または測定装置、並びにこれを利用して円形の被搬送物を正確に把持する搬送装置及び気相成長装置を提供するものである。また、本発明は、測定装置に前記測定方法を実行させるプログラムまたは前記プログラムを記憶する記憶媒体を提供するものである。

30

【0019】

また、本発明は、円形の被測定物の中心点を小さい誤差で測定する測定方法または測定装置、並びにこれを利用して円形の被搬送物を正確に把持する搬送装置及び気相成長装置を提供するものである。また、本発明は、測定装置に前記測定方法を実行させるプログラムまたは前記プログラムを記憶する記憶媒体を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0020】

上記課題を解決するために、センサを用いて、半径rの円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、前記センサを被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第1ステップと、前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を屈曲点として、前記屈曲点で前記走査の方向を変更する第2ステップと、前記センサを走査して、前記内側に進入する位置および前記屈曲点からとも距離rである点のうち走査側にある点を中心点とする半径rの円である判定円から進出するより前または同時に、前記被測定物の外側に進出する位置の座標を検出する第3ステップと、前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径rから被測定物の中心点の座標を算出する第4ステップとを備えることを特徴。

40

【0021】

50



また、本発明の測定方法は、センサを用いて、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、前記センサを前記被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第 1 ステップと、前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を屈曲点として、前記屈曲点で前記走査の方向を変更する第 2 ステップと、前記センサを走査して前記被測定物の外側へ進出する位置の座標を検出する第 3 ステップと、前記内側に進入する位置および前記屈曲点からともに距離  $r$  である点のうち走査側にある点を中心点とする半径  $r$  の円である判定円に、外側へ進出する位置が含まれるか否かを判断する第 4 ステップと、前記判定円に含まれると判断された場合に、前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点の座標を算出する第 5 ステップとを備えることを特徴。

10

## 【0022】

また、本発明の測定方法は、センサを用いて、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、前記センサを前記被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第 1 ステップと、前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を屈曲点として、前記屈曲点で前記走査の方向を変更する第 2 ステップと、前記センサを走査して前記被測定物の外側へ進出する位置の座標を検出する第 3 ステップと、前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点候補の座標を算出する第 4 ステップと、前記中心点候補のうち、前記屈曲点との距離が前記半径  $r$  以下である前記中心点候補を中心点として特定とする第 5 ステップとを備えることを特徴とする。

20

## 【0023】

また、本発明の測定方法は、センサを用いて、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、前記センサを被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第 1 ステップと、前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査する第 2 ステップと、前記センサを走査して、前記内側に進入する位置から距離  $r$  に中心点がありかつ前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査に外接する半径  $r$  の円のうち走査側にある円である判定円から進出するより前または同時に、前記被測定物の外側へ進出する位置の座標を検出する第 3 ステップと、前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から被測定物の中心点の座標を算出する第 4 ステップとを備え、前記被測定物の内側の走査は、曲率半径または曲率中心のある側が異なる複数の部分からなることを特徴とする。

30

## 【0024】

また、本発明の測定方法は、センサを用いて、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、前記センサを前記被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第 1 ステップと、前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査する第 2 ステップと、前記センサを走査して前記被測定物の外側へ進出する位置の座標を検出する第 3 ステップと、前記進入する位置から距離  $r$  に中心点がありかつ前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査に外接する半径  $r$  の円のうち走査側にある円である判定円に、前記外側へ進出する位置が、含まれるか否かを判断する第 4 ステップと、前記判定円に含まれると判断された場合に、前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から前記被測定物の中心点の座標を算出する第 5 ステップとを備えることを特徴とする。

40

## 【0025】

また、本発明の測定方法は、センサを用いて、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定方法であって、前記センサを前記被測定物の外側から内側へ走査して前記被測定物の内側に進入する位置の座標を検出する第 1 ステップと、前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査する第 2 ステップと、前記センサを走査して前記被測定物の外側へ進出する位置の座

50

標を検出する第3ステップと、前記進入した位置の座標、前記進出した位置の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点候補の座標を算出する第4ステップと、前記中心点候補のうち、前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査の全てとの距離が前記半径  $r$  以下である前記中心点候補を中心点として特定とする第5ステップとを備えることを特徴とすることを特徴とする。

【0026】

また、本発明の測定方法は、前記第3ステップにおける前記走査は直線であり、前記被測定物の内側に進入する位置の座標と前記第3ステップにおける前記走査との距離  $D$  が  $0 < D < 2^{1/2} r$  ( $r$  は前記半径) の範囲にあることを特徴とする。

【0027】

また、本発明の測定方法は、前記第3ステップにおける前記走査は、前記被測定物の内側に進入する位置を中心点とし前記被測定物の前記半径  $r$  の  $2^{1/2}$  倍の距離を半径とする円周上の走査であることを特徴とする。

【0028】

また、本発明の測定方法は、前記内側に進入する位置から前記屈曲点までの走査は、前記走査側の反対側に屈曲する屈曲点、または前記走査側の反対側に屈曲する曲率半径が前記半径  $r$  未満である走査を含むことを特徴とする。

【0029】

また、本発明の測定方法は、前記内側に進入する位置から前記始点までの走査は、前記走査側の反対側に屈曲する屈曲点、または前記走査側の反対側に屈曲する曲率半径が前記半径  $r$  未満である走査を含むことを特徴とする。

【0030】

また、本発明の測定装置は、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、前記被測定物の内外を検知するセンサと、前記センサが検知する位置を走査する走査手段と、前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、前記センサが被測定物の内側に進入する位置、および前記内側に進入する位置から所定の方向に所定の距離離れた屈曲点から、ともに距離  $r$  である点のうち走査側にある点を中心点とする半径  $r$  の円である判定円としたとき、前記制御手段は、前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を検出し、前記屈曲点で前記センサが前記被測定物の内側であることを検知し、前記走査手段の前記走査の方向を変更し、さらに、前記判定円から進出するより前または同時に前記被測定物の外側へ進出したことを、前記センサが検知した時の座標を座標検出手段が検出するものであり、前記進入した時の座標、前記進出した時の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点の座標を算出することを特徴とする。

【0031】

また、本発明の測定装置は、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、前記被測定物の内外を検知するセンサと、前記センサが検知する位置を走査させる走査手段と、前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、前記センサが被測定物の内側に進入する位置、および前記内側に進入する位置から所定の方向に所定の距離離れた屈曲点から、ともに距離  $r$  である点のうち走査側にある点を中心点とする半径  $r$  の円である判定円としたとき、前記制御手段は、前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を検出し、前記屈曲点で前記センサが前記被測定物の内側であることを検知し、前記走査手段の前記走査の方向を変更し、前記センサが前記被測定物の外側へ進出したことを検知した時の座標を座標検出手段が検出するものであり、さらに、前記判定円に、前記外側に進出する位置が含まれるか否かを判断し、含まれると判断した場合、前記進入した時の座標、前記進出した時の座標および前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点の座標を算出することを特徴とする。

【0032】

10

20

30

40

50

また、本発明の測定装置は、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、前記被測定物の内外を検知するセンサと、前記センサが検知する位置を走査させる走査手段と、前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、前記制御手段は、前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を前記座標検出手段が検出し、前記屈曲点で前記センサが円の内側であることを検知し、前記走査手段の前記走査の方向を変更し、前記センサが前記被測定物の外側へ進出したことを検知した時の座標を座標検出手段が検出するものであり、前記進入した時の座標、前記進出した時の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点候補の座標を算出し、前記中心点候補のうち、前記中心点候補と前記屈曲点との距離が前記半径  $r$  以下である前記中心点候補を中心点として特定とすることを特徴とする。

#### 【0033】

また、本発明の測定装置は、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、前記被測定物の内外を検知するセンサと、前記センサが検知する位置を走査する走査手段と、前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、前記内側に進入する位置から距離  $r$  に中心点がありかつ前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査に外接する半径  $r$  の円のうち、走査側にある円である判定円としたとき、前記制御手段は、前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を検出し、前記センサが前記被測定物の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査させ、前記判定円から進出するより前または同時に前記被測定物の外側へ進出したことを、前記センサが検知した時の座標を座標検出手段が検出するものあり、前記進入した時の座標、前記進出した時の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点の座標を算出し、前記被測定物の内側の走査は、曲率半径または曲率中心のある側が異なる複数の部分からなることを特徴とする。

#### 【0034】

また、本発明の測定装置は、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、前記被測定物の内外を検知するセンサと、前記センサが検知する位置を走査させる走査手段と、前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、前記内側に進入する位置から距離  $r$  に中心点がありかつ前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査に外接する半径  $r$  の円のうち、走査側にある円である判定円としたとき、前記制御手段は、前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を前記座標検出手段が検出し、前記センサが円の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記走査手段が前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査させ、前記センサが前記被測定物の外側へ進出したことを検知した時の座標を座標検出手段が検出するものであり、前記判定円に、前記外側に進出する位置が含まれるか否かを判断し、含まれると判断した場合、前記進入した時の座標、前記進出した時の座標および前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点の座標を算出することを特徴とする。

#### 【0035】

また、本発明の測定装置は、半径  $r$  の円形の被測定物の中心点の座標を測定する測定装置であって、前記被測定物の内外を検知するセンサと、前記センサが検知する位置を走査させる走査手段と、前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、前記センサと前記走査手段と前記座標検出手段とを制御する制御手段と、を備えており、前記制御手段は、前記走査手段が走査して前記センサが前記被測定物の内側に進入したことを検知した時の座標を前記座標検出手段が検出し、前記センサが円の内側であることを検知した所定の位置を始点として、前記走査手段が前記半径  $r$  未満の曲率半径で走査させ、前記センサが前記被測定物の外側へ進出したことを検知した時の座標を座標検出手段が検出するものであり、前記進入した時の座標、前記進出した時の座標及び前記半径  $r$  から、前記被測定物の中心点候補の座標を算出し、前記中心点候補のうち、前記中心点候補と

前記半径  $r$  未満の曲率半径の走査の全てとの距離が、前記半径  $r$  以下である前記中心点候補を中心点として特定とすることを特徴とする。

【0036】

また、本発明の搬送装置は、被搬送物を搬送し円形の配置場所に配置する搬送装置であって、本発明の測定装置を備え、配置場所の位置を前記測定装置で測定し、前記測定された位置に対して被搬送物を配置することを特徴とする。

【0037】

また、本発明の気相成長装置は、気相成長によって基板に薄膜を形成する気相成長装置であって、本発明の搬送装置を備え、前記搬送装置は前記基板の搬送を行なうこと特徴とする。

【0038】

また、本発明の搬送装置は、円形の被搬送物を把持する搬送装置であって、本発明の測定装置を備え、搬送対象物の位置を前記測定装置で測定し、前記測定された位置にある被搬送物を把持することを特徴とする。

【0039】

また、本発明の気相成長装置は、気相成長によって基板に薄膜を形成する気相成長装置であって、本発明の搬送装置を備え、前記搬送装置は前記基板の搬送を行なうこと特徴とする。

【0040】

また、本発明のプログラムは、前記被測定物の内外を検知する前記センサと、前記センサが検知する位置を走査する走査手段と、前記センサが検知する位置の座標を検出する座標検出手段と、を備える測定装置に本発明の測定方法を実行させるプログラムである。

【0041】

また、本発明の記憶媒体は、本発明のプログラムを記憶した記憶媒体である。

【発明の効果】

【0042】

本発明に係る測定方法または測定装置によれば、被測定物の中心点を確実に特定することができる。また、確実に被測定物の中心点を特定することができる。また、精度良く被測定物の中心点の座標を測定することができる。

【0043】

本発明に係る搬送装置によれば、高い精度で特定された載置場所の位置に対して、被搬送物を載置するので、被搬送物を正確に載置することができる。

【0044】

また、高い精度で測定された位置にある被搬送物を把持するので、被搬送物を正確に把持することができる。

【0045】

本発明に係る気相成長装置によれば、高い精度で特定された載置台の位置に対し基板トレイを載置するので、基板の載置の失敗を含む基板に対する処理の失敗および本発明の気相成長装置の故障などを未然に防止することができる。

【0046】

また、高い精度で特定された基板トレイの位置に対し取り出しを行なうので、取り出しの失敗を含む基板に対する処理の失敗および本発明の気相成長装置の故障などを未然に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】本実施の形態に係る測定装置の側面図である。

【図2】本実施の形態に係る気相成長装置の構成図である。

【図3】本実施の形態の測定方法の概略フロー図である。

【図4】本実施の形態に係る被測定物とセンサの走査軌跡との位置関係を示す上面図である。

10

20

30

40

50

- 【図 5】本実施の形態に係る被測定物とセンサの走査軌跡との位置関係を示す上面図である。
- 【図 6】本実施の形態に係る走査軌跡の適用可能な範囲を示す上面図である。
- 【図 7】本実施の形態に係る走査軌跡の適用可能な範囲を示す上面図である。
- 【図 8】本実施の形態に係る走査軌跡の適用可能な範囲を示す上面図である。
- 【図 9】本実施の形態の測定装置を用いる測定方法の概略フロー図である。
- 【図 10】本実施の形態の測定方法における測定誤差に関する説明図である。
- 【図 11】本実施の形態に係る中心点 P0 に係る誤差のシミュレーション結果である。
- 【図 12】本実施の形態に係る中心点 P0 に係る誤差のシミュレーション結果である。 10
- 【図 13】従来技術における誤差と、本実施の形態における誤差とを比較するグラフである。
- 【図 14】本実施の形態に係る被測定物とセンサの走査軌跡との関係を示す上面図である。
- 【図 15】本実施の形態に係る被測定物とセンサの走査軌跡との関係を示す上面図である。
- 【図 16】本実施の形態に係る被測定物とセンサの走査軌跡との関係を示す上面図である。
- 【図 17】本実施の形態に係る被測定物とセンサの走査軌跡との関係を示す上面図である。 20
- 【図 18】本実施の形態に係る被測定物とセンサの走査軌跡との関係を示す上面図である。
- 【図 19】本実施の形態に係る気相成長装置の構成図である。
- 【図 20】本実施の形態に係る基板トレイ搬送部の構成図である。
- 【図 21】本実施の形態に係る基板トレイの断面図である。
- 【図 22】本実施の形態に係る処理フローにおける初期状態を示す図である。
- 【図 23】本実施の形態に係るフロー図である。
- 【図 24】センサが対象載置台の縁を検出する時の断面図である。
- 【図 25】本実施の形態に係るフロー図である。
- 【図 26】本実施の形態に係るセンサの走査軌跡の上面図である。 30
- 【図 27】本実施の形態に係るフロー図である。
- 【図 28】本実施例の形態に係る被測定物の内側である可能性のある領域を示す説明図である。
- 【図 29】本実施の形態に係るフロー図である。
- 【図 30】本実施の形態に係るフロー図である。
- 【図 31】本実施の形態に係るフロー図である。
- 【図 32】対象載置台に基板トレイを載置する時の断面図である。
- 【図 33】本実施の形態に係るフロー図である。
- 【図 34】本実施の形態に係るセンサの走査軌跡の上面図である。
- 【図 35】本実施の形態に係る誤差のシミュレーション結果を示すグラフである。 40
- 【図 36】本実施の形態に係る吸着ヘッドの上面図である。
- 【図 37】従来技術に係る円盤状物の円周と検出手段の走査軌跡との関係を示す上面図である。
- 【図 38】従来技術に係る半導体ウエアの中心位置と検出手法の説明図である。
- 【図 39】円盤状物のエッジをセンサが検知する際の測定精度について説明図である。
- 【図 40】中心位置 A の座標の算出に係る計算誤差についての説明図である。
- 【図 41】従来技術における中心位置における誤差を説明図である。
- 【図 42】従来技術における中心位置 P0 の誤差領域を示す図である。
- 【図 43】従来技術に係る誤差のシミュレーション結果を示すグラフである。
- 【発明を実施するための形態】 50

## 【0048】

以下、本発明に係る実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。

## 【0049】

図1に本実施の形態に係る測定装置および被測定物100の側面図を示す。本実施の形態の測定装置は、被測定物の内外を検知するセンサ25、センサ25が検知する位置を移動することによりセンサ25が検知する位置を走査させる走査手段、センサ25が検知する位置の座標を検出する座標検出手段、および前記センサ25と走査手段と座標検出手段とを制御する制御手段37とを備えている。前記走査手段は、第1の移動機構28と第2の移動機構29とから構成される。また、前記座標検出手段は、第1の移動機構28、第2の移動機構29が備えるエンコーダ(図示せず)から構成される。

10

## 【0050】

センサ25は、アーム26の先端に取付けられている(以後、アーム26から見てセンサ25のある先端方向をX方向とする。)。センサ25は下向きにして取り付けられていて、センサ25の下方に被測定物100が有るかどうかが検知する。

## 【0051】

アーム26は第1の移動機構28に固定されている。第1の移動機構28は、アーム26が延在する方向(以降、この方向をX方向とする)に移動可能であり、第1の移動機構28が移動することによって、センサ25をX方向に移動させることができる。また、X方向に対して直角方向(図中手前から奥の方向)に移動する第2の移動機構29が配置されている。(以降、この方向をY方向とする)。第1の移動機構28は、第2の移動機構29に固定されている。したがって、第2の移動機構29が移動することによって、センサ25をY方向に移動させることができる。第1の移動機構28、第2の移動機構29によって、センサ25をX方向ないしY方向に移動させることができるので、センサ25が検知する位置を走査することができる。

20

## 【0052】

なお、走査手段は、センサ25が検知する位置を走査できれば良く、図1の構成に代えて、例えば、センサ25を回転運動させる移動機構であっても良い。

## 【0053】

第1の移動機構28および第2の移動機構29はそれぞれ制御手段37に接続されている。制御手段37は、第1の移動機構28および第2の移動機構29に移動命令を発する。また、制御手段37は、第1の移動機構28および第2の移動機構29から返信される位置信号を受信し、センサ25が検知している位置の座標を検知する。

30

## 【0054】

被測定物100は、円形の形状を有する物体であり、その半径は $r$ である。図1においては、センサ25から下方を見た時に円となる円盤形状であるが、円筒形、球形、円錐形、その他回転体形状であれば良い。また、円の一部が欠けて弦となった形状(図38のウエハ210参照)であっても良い。被測定物100は、設置台120に設置されている。

## 【0055】

図2に本実施の形態の測定装置の一利用形態である気相成長装置の側方断面図を示す。図2に示すように、本実施例に係る気相成長処理部1の外部には、被搬送物である基板トレイ17の仮置場所18と基板トレイ搬送部19とが配置されている。基板トレイ17には、それぞれ被処理物である基板3が載置されている。基板トレイ搬送部19のアーム26の先端には吸着ヘッド22が接続されており、吸着ヘッド22の先端にセンサ25が取り付けられている。センサ25により、被測定物100である基板トレイ17のエッジの位置の測定が可能である。

40

## 【0056】

本実施の形態の測定装置の一利用形態である気相成長装置の概略としては、仮置場所18に配置された基板トレイ17を基板トレイ搬送部19が把持し、載置場所である載置台5まで搬送する。基板3は基板トレイ17に載置されており、基板トレイ17とともに搬送される。気相成長処理部1では基板3に対し成膜処理が行われ、成膜処理終了後に基

50

板トレイ 17 は再び基板トレイ搬送部 19 によって把持され、搬出される。基板 3 は基板トレイ 17 に載置されているので、基板トレイ 17 とともに搬出される。

【0057】

[本願発明の測定原理]

図 3 に、本願発明の測定原理に係るフローを示す。本フローは制御手段 37 がセンサ 25 と第 1 の移動機構 28 と第 2 の移動機構 29 とを制御し、実行するものである。

【0058】

図 4 に本実施の形態に係る円形の被測定物 100 とセンサ 25 の走査の軌跡（走査軌跡 101、屈曲点 P3、走査軌跡 102）との位置関係を上面図で示す。被測定物 100 は円形であり、その半径  $r$  は既知である。第 1 ステップにおいて、センサ 25 は走査軌跡 101 に沿って被測定物 100 の外側から内側へ、（図中においては下から上へ向って）走査手段によって走査され、センサ 25 は被測定物 100 の内側に進入したことを検知する。センサ 25 が進入したことを検知した時の座標 P1 を座標検出手段が検出とする（S1）。

10

【0059】

第 2 ステップにおいて、センサ 25 は所定の方向に所定の距離だけ走査する。図 4 の例では、進入した時の走査の方向に距離  $D$  だけ走査する。図 4 においては、 $D = r$  とする。距離  $D$  だけ走査した先の座標 P3 は被測定物 100 の内側であるので、センサ 25 は P3 が被測定物 100 の内側であることを検知できる。ここで、P3 を屈曲点として、走査の方向を直角（図中においては右）に変更する（S2）。

20

【0060】

第 3 ステップにおいて、走査手段がセンサ 25 を走査軌跡 102 に沿って走査し、被測定物 100 の外側への進出したことをセンサ 25 が検知した時の座標 P2 を座標検出手段が検出する（S3）。

【0061】

第 4 ステップにおいて、被測定物 100 の中心点候補を算出する。中心点候補は、P1 からの距離が  $r$  であり、かつ P2 からの距離が  $r$  である点であり、幾何的に求めることができる。図 4 の例では P0 と P0' の 2 点が中心点候補となる（S4）。なお、図 4 の例では屈曲点 P3 と円の中心点候補 P0 とは同一座標となっている。ここでは、S2 において走査の方向を変更した側（図 4 においては前記走査の方向の変更が右折であるので右側。これを「走査側」と呼ぶ。）にある中心点候補を P0'、その逆側にある中心点候補を P0 とする。

30

【0062】

第 5 ステップにおいて、屈曲点 P3 と被測定物 100 の中心点候補 P0' との距離を算出し、半径  $r$  と比較する。図 4 の例では P0' と P3 との距離は半径  $r$  より長い。もし仮に、P0' が被測定物 100 の中心点だと仮定すると、P3 は被測定物 100 の外側にあるといえる。ところが、センサ 25 は P3 を走査した時にそこが被測定物 100 の内側であったことを検知している。従って、P0' が中心点であるという仮定は誤りであり、消去法により、P0 が被測定物 100 の中心点であると特定することができる（S5）。

【0063】

また、P0' と P3 との距離が半径  $r$  以下である場合、P0' が中心点であるという仮定を棄却できないので、例外処理 4 を実施する。

40

【0064】

以上の説明においては、屈曲点 P3 における走査の方向の変更が右折である場合を例として説明したが、屈曲点 P3 における走査の方向の変更は左折であっても良く、その場合は上面図における左右が反対となる。以下の説明においても同様であるので、屈曲部における走査の方向の変更が右折である場合を例にして説明し、左折である場合の説明を略す。

【0065】

なお、センサ 25 が検知する位置を走査するのに代えて、被測定物 100 を移動しても

50

よい。また、センサ 25 が検知する位置と被測定物 100 との両方を移動させても良い。

【0066】

図 5 に本実施の形態に係る被測定物 100 とセンサ 25 の走査軌跡 101、屈曲点 P3、走査軌跡 102 との他の位置関係の例を示す。図 5 における走査軌跡 101 は被測定物 100 の中心点 P0 より距離 E だけ左側を走査する走査軌跡となっている。

【0067】

図 4 に説明した例と同じく、センサ 25 は走査軌跡 101、屈曲点 P3、走査軌跡 102 を走査しつつ、P1 の座標を検出し (S1)、屈曲点 P3 が被測定物 100 の内側であることを検知し (S2)、P2 の座標を検出し (S3)、さらに P0、P0' の座標を算出し (S4)、屈曲点 P3 との距離によって、P0' を中心点候補から除外し (S5)、被測定物 100 の中心点 P0 を特定することができる。

10

【0068】

本実施の形態によれば、被測定物 100 の中心点 P0 を特定することができる。

【0069】

図 6 ~ 図 8 を用いて、どの位置において P2 が検出されたら、被測定物 100 の中心点 P0 を特定できるかについて説明する。

【0070】

図 6 に、判定円 105 を示す。判定円 105 とは、P0 が存在し、かつ P0' が存在しない (除外できる) P2 の存在領域である。言い替えれば、判定円 105 の内側において、被測定物 100 の外側に進出し、P2 の座標を検出することができれば、P0' を中心点候補から除外し、P0 を中心点と特定することができる。

20

【0071】

以下、図 7、8 を用いて、判定円 105 の内側において、被測定物 100 の外側に進出し、P2 の座標を検出した場合に、P0' を中心点候補から除外し、P0 を中心点と特定することができる理由について説明する。

【0072】

図 7 に、P3 が被測定物 100 の内側であることを検知できた時点における P0 の存在する可能性のある領域 103 を示す。領域 103 は、P1 を中心とする半径 r の円弧である。P0 と P1 との距離は r であるため、領域 103 は P1 を中心とする半径 r の円周上になければならない。また、P3 と P0 との距離は r 未満でなければならぬため、領域 103 は P3 を中心とする半径 r の円 112 の内側に限られる。

30

【0073】

領域 118 (領域 108 を除く) に P2 が存在する可能性がある領域を示す。領域 118 は領域 103 上の点を中心とする半径 r の円の軌跡である。また、領域 108 に領域 103 上のいずれの点からも距離が r 未満である領域を示す。領域 108 の内側の点は、被測定物 100 の内側であることが確実であるため、P2 が検知される可能性は無い。

【0074】

P3 (または領域 108 の境界上の 1 点) を始点として、領域 118 の境界上の 1 点を終点とする連続した走査軌跡 102 を走査するならば、その走査軌跡 102 上のいずれかの点において確実に P2 が検出できる。すなわち、P2 を確実に検出するためには、走査軌跡 102 の終点を、領域 118 の境界上とすれば良い。

40

【0075】

図 8 に P3 が被測定物 100 の内側であることが検知できた時点における P0' の存在する可能性のある領域 115 を示す。P0 が存在する条件と P0' が存在する条件とは同じであるので、領域 115 は領域 103 と同じ領域となる。

【0076】

また、領域 116 に、P0' を中心点とする P2 が存在する可能性がある領域を示す。領域 116 は、円弧 115 上の点を中心とする半円弧の軌跡である。なお、P2 と P0' との距離は r でなければならぬため、前記半円弧の半径は r である。また、P0' はベクトル P1 - P2 の右側であるので、P2 はベクトル P1 - P0' の左側になければなら

50



ず、従って、前記半円弧は、ベクトル  $P_1 - P_0'$  の左側の半円弧でなければならない。

【0077】

図6に示す判定円105は、図7に示す領域118から図8に示す領域116を除外した領域である。領域118は  $P_2$  が存在する可能性がある領域であり、領域116は、 $P_0'$  を中心点とする  $P_2$  が存在する可能性がある領域である。従って、判定円105の内側は、 $P_2$  は存在するが、 $P_0'$  を中心点とする  $P_2$  は存在しない領域であり、これすなわち、 $P_0$  のみを中心点とする  $P_2$  が存在する領域と言える。

【0078】

判定円105は、 $P_1$  および  $P_3$  からともに距離  $r$  である点のうち走査側にある点を中心点とする半径  $r$  の円である。

10

【0079】

図9に本実施の形態に係る他の処理フローを示す。図6を用いて説明した通り、判定円105の内側に含まれるか否かで中心点を特定できるか否かを判断できるので、図3に記載したフローに代えて図9に示したフローに基づいて実施しても良い。すなわち、 $S_3$  の工程において  $P_2$  を検出した後に、第4ステップにおいて、検出した  $P_2$  の座標に基づいて中心点を特定できるか否かを判断する ( $S_14$ )。具体的には、 $P_2$  が判定円105の内側に含まれるか否かで判断する。判定円105は円であるので、 $P_2$  と判定円105の中心点との距離が  $r$  未満であるか否かで容易に判断できる。

【0080】

$P_2$  が判定円105の内側に含まれる場合、第5ステップにおいて、中心点  $P_0$  を算出する ( $S_15$ )。中心点  $P_0$  は2つの中心点候補のうち、走査側の逆側に存在する中心点候補である。

20

【0081】

図9に示した処理フローによれば、 $P_0'$  の座標を算出する必要が無い。

【0082】

なお、 $P_2$  が検知された場合に確実に  $P_0$  を特定するためには、走査軌跡102は、図8の領域116内を走査せず、かつ図7の領域118の境界上の点を終点とする連続した軌跡である必要がある。すなわち、 $P_3$  (または領域108の境界) を始点とし、判定円105の内側を走査する連続した軌跡であって、領域118の境界の一部かつ判定円105の境界の一部である境界117上の点を終点としなければならない。境界117は、判定円105の円周のうち、 $P_1$  を端点する  $P_3$  から遠い側 (走査側の逆側) の半円弧である。これにより、判定円105の外側に進出する前または同時に、被測定物100の外側に確実に進出することができ、前記進出の時まで判定円105の外側 (判定円105の境界を含む) に進出しない (領域116に進入しないので、領域116内で  $P_2$  を検出してしまいうリスクが無い) ので、 $P_2$  が検出された場合に確実に  $P_0$  を特定することができる。この場合、図9の  $S_14$  における値は常に真となるので、工程  $S_14$  を省略し、 $S_3$  の次に  $S_15$  を実施しても良い。

30

【0083】

図4、図5に示した軌跡102は、図6に示す通り、 $P_3$  を始点とし、判定円105の内側を走査する軌跡であって、境界117上の点  $P_2R$  を終点とする軌跡であるため、確実に測定物100の中心点  $P_0$  を特定することができる。

40

【0084】

次に図10を用いて本実施の形態の測定方法における誤差について説明する。本実施の形態の走査軌跡において、誤差に関連するのは、直線  $P_1 - P_0$  と直線  $P_2 - P_0$  とのなす角度  $\theta$  である。

【0085】

$P_0$  に係る誤差  $e$  は、センサ25の空間分解能 (測定誤差) を  $\delta$  とすると、図40を用いて説明した従来技術と同じく、 $0 < \theta < 90^\circ$  の場合、 $e = 2\delta \cos(\theta/2) / \sin \theta$ 、 $90^\circ < \theta < 180^\circ$  の場合、 $e = 2\delta \sin(\theta/2) / \sin \theta$  となる。従って、 $\theta$  が  $90^\circ$  の時、 $e$  は最小値  $2^{1/2}\delta$  となり、 $\theta$  が  $90^\circ$  より大きくまたは  $90^\circ$  より

50

小さくなるにつれて大きくなり、180度および0度の時に中心位置Aが不定となることを示している。

【0086】

図11に図4および図5に示した走査軌跡に係る中心点P0に係る誤差のシミュレーション結果をグラフで示す。グラフのX軸、Y軸の意味は図43と同じである。 $-0.866 < E/r < 0.866$ の範囲においては、屈曲点P3が被測定100の内側であるので、図4および図5に係る測定方法を用いることができる。 $E = -0.866r$ において誤差eは10より大であり、 $E = 0.00$ においてeは最小値1.414となり、 $E = 0.866r$ において、 $e = 2.00$ となる。 $-0.866r < E < 0.00$ の範囲においては、Eの増加につれてeは減少し、 $0.00 < E < 0.866r$ の範囲においてはEの増加につれてeは増加する。

10

【0087】

また、 $e = 2.00$ となる他方のEは $-0.414r$ である。すなわち、 $-0.414r < E < 0.866r$ の範囲においては、 $e < 2.00$ である。これは、 $-0.414r < E < 0.866r$ の範囲において、P1を検出できた場合、その測定誤差はの2倍未満であることが期待できるという意味である。すなわち、本実施の形態に係る測定方法による測定前に $\pm 0.640$ 未満の誤差で、中心点P0の位置を推定できる場合に、前記推定された中心点P0の位置を $E = 0.00$ となる位置と仮定して、 $E = 0.226r$ となる位置に進入するよう軌跡101を設定すれば、測定誤差は、の2倍未満とすることができる。

20

【0088】

第3ステップにおける走査軌跡102が直線である場合におけるP1と走査軌跡102との距離Dの値について考察する。まず、Dの取りうる範囲は、 $0 < D < 2r$ を満たす範囲である。なぜならば、Dの値が0または $2r$ 以上である場合、屈曲点P3が被測定物100の内側である可能性は無いためである。より望ましいDの範囲は $0 < D < 2^{1/2}r$ の範囲である。なぜならば、 $0 < D < 2^{1/2}r$ の範囲である場合のeの値は $2^{1/2}r < 0$ である場合と比較して小さいからである。

【0089】

図12に、 $D = 0$ である参考例、および $D = 0.2r$ 、 $0.6r$ 、 $r$ 、 $1.23r$ 、 $1.414r$ とした本実施の形態に係る誤差e/を示す。 $D = 1.23r$ とした場合、 $0.014r < E < 0.789r$ の範囲において、誤差eを1.63未満とすることができる。また、 $D = 0.6r$ とした場合、 $-0.811r < E < 0.954r$ の範囲において、誤差eを3.33未満とすることができる。また、 $D = 0.2r$ とした場合、 $-0.980r < E < 0.995r$ の範囲において、誤差eを10未満とすることができる。

30

【0090】

このように、 $0 < D < 2^{1/2}r$ の範囲においては、Dの値を大きくすれば、誤差eを小さくすることができる。また、Dの値を小さくすれば、誤差eを保証できる被測定物100の存在するEの範囲を広くすることができる。従って、要求する測定精度(最大誤差)および測定前における被測定物100の存在する可能性のある範囲に基づいて、適時Dの値を設定すれば良い。

40

【0091】

なお、 $D = 1.414r$ とした場合、端点である $E = 0.707r$ において誤差eが最小となる。

【0092】

また、 $D = 0$ とした場合を比較例として、図12に示す。 $D = 1$ とは、すなわち進入点P1を屈曲点P3する軌跡であるから、測定可能な範囲は $-1.00r < E < 0.00$ に限られる。誤差eは、従来技術1と同値となる。

【0093】

図13を用いて、図43に示した従来技術における誤差と、図12に示した本実施の形

50

態における誤差とを比較する。図13は、誤差を比較しやすいように、誤差が最小となる  $E/r$  の位置が Y 軸上となるように、各グラフを X 軸方向に移動させて表示している。本図より、本実施の形態（軌跡102が直線かつ  $0 < D < 1.414r$  の場合）における誤差  $e$  は、測定可能な全ての範囲において、特許技術1における誤差を下回ることが判る。なお、 $D = 1.23r$  および  $D = 1.414r$  の場合においては、 $E > 0$  である側の測定可能な範囲が狭くなるが、それ以上に  $E < 0$  である側の測定可能な範囲が広くかつ誤差が小さくなるため、特許文献1記載の技術より広い範囲  $E$  において、測定誤差  $e$  を小さくすることができることは明らかである。

【0094】

また、特許文献2記載の技術に係る誤差  $e$  は、測定可能な全ての範囲  $E$  において、特許文献1記載の技術に係る誤差  $e$  より大きい。従って、特許文献2記載の技術に係る誤差  $e$  より本実施の形態（軌跡102が直線かつ  $0 < D < 1.414$  の場合）の方がその誤差  $e$  が小さいことは明らかである。

10

【0095】

なお、本実施の形態においては、走査軌跡101、102は直線である必要はなく、円弧その他の曲線であって良い。また、走査軌跡101と走査軌跡102とは必ずしも直交する必要は無い。

【0096】

図14のように、 $P_1$  を中心点とし、 $2^{1/2}r$  の距離を半径とする円104周上を走査する走査軌跡102であっても良い。本走査軌跡102によれば、 $\theta$  は常に90度となるので、誤差  $e$  は常に  $2^{1/2}$  となる。また、 $-(2^{1/2}/2)r < E < (2^{1/2}/2)r$  の範囲において測定可能である。また、走査軌跡102は判定円105の内側のみを走査し、境界117から進出する軌跡であるので、確実に中心点  $P_0$  を特定することができる。また、走査軌跡102は円弧であるので、回転する移動機構を用いて容易に構成することができる。

20

【0097】

また、図15に示すように、図4、図5に示した屈曲点  $P_3$  に代えて、前記被測定物100の内側である点  $P_{3s}$  を始点とし、 $P_{3e}$  を終点とする曲率半径が  $r$  より小さい曲線（円弧を含む）である屈曲部106としても良い。屈曲部は  $S_5$  において、 $P_0'$  との距離が  $r$  より大きいか否かを判定するために存在するのであるから、屈曲部に該当する走査軌跡の全てが距離  $r$  以下であるか否かで判断すれば良い。屈曲部106の曲率半径が  $r$  より小さければ、 $P_0'$  からの距離が最遠となる点が屈曲部106の中に存在する。従って、前記最遠の点が距離  $r$  より遠いか否かで判断することができる。この場合、判定円105は、屈曲部106に外接する円となり、外接点が前記最遠の点となる。

30

【0098】

なお、屈曲点  $P_3$  に代えて屈曲部106を走査する場合で、図9に示すフローの工程  $S_{14}$  を省略して実施する場合、前記被測定物100の内側の走査は、曲率半径または曲率中心のある側が異なる複数の部分からなる。

【0099】

図16に屈曲点  $P_{31}$  と屈曲点  $P_{32}$  との2点において屈曲する例を示す。図16に示すように、被測定物100内において複数の屈曲点で屈曲しても良い。この場合、 $S_5$  において、全ての屈曲点が  $P_0'$  から距離  $r$  以下であるか否かで判断すれば良い。判定円105は、 $P_{31}$  と  $P_{32}$  のうちいずれか一方に外接し他方を内包する円、または両方に外接する円となる。

40

【0100】

また、屈曲点  $P_3$  または屈曲部の始点  $P_{3s}$  が被測定物100の内側であることが検知できた時点で、領域108（図7参照）が被測定物100の内側であることが自明となるので、 $P_1$  から屈曲点  $P_3$  または屈曲部の始点  $P_{3s}$  に到る軌跡においてはセンサ25による検知を行なわなくても良い。

【0101】

50

しかしながら、P1から屈曲点P3または屈曲部の始点P3sに到る走査において連続的にセンサ25による検知を行なえば、P1から屈曲点P3または屈曲部の始点P3sに到る軌跡において被測定物100から進出した場合に、進出した点をP2として検出し、特許文献1等に記載の技術を用いて被測定物100の中心点を推定することができるので、望ましい。

#### 【0102】

図17にP1から屈曲部の始点P3sに到る走査軌跡が曲線である例を示す。図17の走査軌跡101bに示すように、P1からP3s(またはP3)に到る走査軌跡は判定円105の内側に含まれるのであればどのような走査軌跡であっても良く、走査軌跡101bのように、走査側の反対に屈曲する曲率半径がr未満である走査や、走査側の反対に屈曲する屈曲点を含んでいてもよい。走査軌跡101bを、走査側が左である場合の屈曲部と見なせば、走査軌跡101bは前記屈曲部に係る判定円105bの内側を走査する軌跡であるので、走査軌跡101bにおいて、被測定物100の外側に進出した場合においても、被測定物100の中心点P0を確実に特定することができる。これにより、P1からP3(またはP3s)に到る走査軌跡において被測定物100の外側に進出した場合にP0が特定できないという、図4、図5、図14、図15、図16に示した走査軌跡101の問題を解決することができる。

10

#### 【0103】

なお、工程S2~S3に係る走査軌跡の一部が、P1を通過する半径rの円(すでにセンサ25で検知されたもの)の円周上にあるならば、前記走査軌跡の前記一部において、P2が検出される可能性は無いので、センサ25による検知をしなくても良い。図17の例では、P3sを始点としP3eを終点とする走査軌跡は、判定円105(P1を通過する半径rの円の1つ)の円周上にある(と見なせる)ので、P3sからP3eに到る走査においてP2が検出されることはないため、センサ25で検知する必要は無い。また、検知をしない場合、P3sからP3eへ向う移動経路は、どのような経路であっても良い。

20

#### 【0104】

最後に、図18を用いて、例外処理4について説明する。例外処理4は、中心点P0を特定できない軌跡102bにおいて、P2が検出された場合における処理である。この場合、P0'と屈曲点P3との距離がr以下であるため、P0'が中心点である可能性がある。例外処理4の処理としては、例えば、P0'を中心点とする半径rの円111に含まれ、かつP0を中心とする半径rの円110に含まれない領域内を走査する走査軌跡109を走査し、走査軌跡109が被測定物100の内側である場合、P0'を中心点と特定し、そうでない場合はP0を中心点と特定すれば良い。走査軌跡109の望ましい走査軌跡としては、P2にて直線P1-P2に対し垂直になるように屈曲する線分P1-P2を長径とする楕円弧状の走査軌跡が挙げられる。なお、走査軌跡109を円110に含まれかつ円111に含まれない領域内とし、走査軌跡109が被測定物100の内側である場合、P0を中心点と特定し、そうでない場合はP0'を中心点と特定しても良い。

30

#### 【実施例1】

#### 【0105】

図19に本発明の実施例に係る気相成長装置の断面図を示す。本発明の気相成長装置は、処理部である気相成長処理部1および搬送装置である基板トレイ搬送部19を備えて構成される。

40

#### 【0106】

図19に示すように、本実施例に係る気相成長処理部1の外部には、被搬送物である基板トレイ17の仮置場所18と基板トレイ搬送部19とが配置されている。基板トレイ17には、それぞれ被処理物である基板3が載置されている。

#### 【0107】

本実施例の概略としては、仮置場所18に配置された基板トレイ17を基板トレイ搬送部19が把持し、載置場所である載置台5まで搬送する。基板3は基板トレイ17に載

50

置されており、基板トレイ 17 とともに搬送される。気相成長処理部 1 では基板 3 に対し成膜処理が行われ、成膜処理終了後に基板トレイ 17 は再び基板トレイ搬送部 19 によって把持され、搬出される。基板 3 は基板トレイ 17 に載置されているので、基板トレイ 17 とともに搬出される。

#### 【0108】

本実施形態に係る気相成長処理部 1 の構成を説明する。気相成長処理部 1 は、図 19 に示すように、反応室 2、モータ 9、ガス供給部 15、排気経路 16 を備える。ガス供給部 15 と反応室 2 とは供給管 12 で接続されている。

#### 【0109】

気相成長処理部 1 には、反応室 2 の内部において、回転台 4 の上面に複数の円盤状の載置台 5 が設けられている。本実施例では、回転台 4 の上に計 6 台の載置台 5 が設置されている。各載置台 5 には、それぞれ基板トレイ 17 が載置可能である。

10

#### 【0110】

回転台 4 は、回転台支持台 40 に支持されている。回転台支持台 40 はシャフト 8 の上端に固定されており、シャフト 8 はモータ 9 に回転可能に接続している。モータ 9 によって回転台 4 は回転可能である。回転台 4 の上面に設けられた複数の載置台 5 は、それぞれ自転するように構成されている。載置台 5 が自転する仕組みとしては、ギヤの噛み合わせを利用する方法を採用している。自転ギヤ 6 は回転可能に回転台 4 に支持されており、各載置台 5 はそれぞれ自転ギヤ 6 の上に設置されており、回転台 4 の外周には固定ギヤ 7 が配置されている。固定ギヤ 7 は反応室 2 側に固定されており、回転台 4 には固定されていない。そのため回転台 4 が回転しても固定ギヤ 7 は回転しない。自転ギヤ 6 と固定ギヤ 7 とは噛み合っている。自転ギヤ 6 は、回転台 4 の回転にもなって公転し、回転台 4 の外周に固定された固定ギヤ 7 との噛み合わせによって自転する。したがって、載置台 5 の上に載せられた基板 3 は、回転台 4 の回転および載置台 5 の回転によって、公転と自転とをすることになる。

20

#### 【0111】

載置台 5 の材質には、高い熱伝導性および高い耐久性が求められるため、グラファイト、SiC（炭化珪素）または SiC コーティングされたグラファイトを使用する。また、自転ギヤ 6 には、BN（窒化ホウ素）または SBN（窒化ホウ素と窒化珪素との化合物、登録商標第 1737632 号）を素材として使用する。これらを用いるのは、載置台 5 の縁をセンサによって検出しやすくするためでもある。これについては、後ほど詳しく説明する。

30

#### 【0112】

回転台 4 の下にはヒータ 10 が配置されており、基板 3 を加熱するようになっている。また、シャフト 8 にはエンコーダ 30 が取り付けられており、シャフト 8 の回転角度（回転台 4 の向き）を出力する。

#### 【0113】

供給管 12 の反応室 2 内の端部はガス吹き出し口 13 となっていて、供給管 12 に供給されたガスを反応室 2 内に吹き出すことができる。

#### 【0114】

図 20 を参照して、基板トレイ搬送部 19 の構成を説明する。図 20 は、基板トレイ搬送部 19 の断面を示す図である。基板トレイ搬送部 19 は、図 20 に示すように、吸着ヘッド 22、アーム 26、高さ方向移動機構 27、第 1 の移動機構 28 および第 2 の移動機構 29 を備えている。

40

#### 【0115】

基板トレイ搬送部 19 の先端には吸着ヘッド 22 が備えられている。吸着ヘッド 22 は 4 つの吸着パッド 23 を有している。吸着パッド 23 には真空配管 24 が接続されており、真空配管 24 の内部を大気圧の状態から真空状態にすることが可能である。真空配管 24 の内部が真空状態になることによって、基板トレイ 17 を上方から吸着保持し、搬送することができる。

50

## 【0116】

基板トレイ搬送部19が有する移動機構27、28、29を説明する。図20に示すように、吸着ヘッド22はアーム26に接続されている。アーム26は、高さ方向移動機構27に固定されており、かつ高さ方向移動機構27は第1の移動機構28に固定されている。高さ方向移動機構27は、上下に移動可能であり、第1の移動機構28は、アーム26が延在する方向（以降、この方向をX方向とする）に移動可能である。また、高さ方向移動機構27および第1の移動機構28のいずれの移動方向に対しても、直角方向（図中手前から奥の方向）に移動する第2の移動機構29が配置されている。（以降、この方向をY方向とする）。第1の移動機構28は、第2の移動機構29に固定されている。したがって、第2の移動機構29が移動すると、高さ方向移動機構27および第1の移動機構28のいずれもが動くことになる。

10

## 【0117】

高さ方向移動機構27、第1の移動機構28、第2の移動機構29はそれぞれ制御手段37の移動制御部に接続されており、この移動制御部が各移動機構を制御している。

## 【0118】

次に、センサ25が有する検知機能を説明する。図20において、吸着ヘッド22のX方向先端に、センサ25は先端を下向きにして取り付けられており、そこから光を発している。センサ25は、発した光に対する対象物からの反射光の光量変化を計測することによって、対象物の有無を検出する。本実施形態では、前述のように載置台5にはグラファイト、SiCまたはSiCコーティングされたグラファイトを使用しており、自転ギヤ6にはBNまたはSBNを使用している。すなわち載置台5の縁よりも-X方向側には、BNまたはSBNのいずれかが、センサ25から見て臨めるようになっている。

20

## 【0119】

グラファイト、SiCまたはSiCコーティングされたグラファイトの反射率は、BNまたはSBNと比較して非常に小さいので、載置台5と自転ギヤと6のコントラストは十分に大きくなる。したがって、本実施例では、載置台5と自転ギヤ6との反射光量の差を検出することによって、載置台5の縁を検出することができる。また、センサ25は制御手段37の検出制御部（図示せず）に接続されており、センサ25が縁を検出した信号を検出制御部に送信することができる。

## 【0120】

本実施例では、センサ25として反射型光ファイバセンサを使用している。反射型光ファイバセンサは比較的安価であり、耐熱性が高いため、対象物の有無を検出する目的では工業的に広く用いられている。また、センサ25として、ビデオカメラを用いても良く、静電容量型または渦電流検知型のセンサを用いても良い。基本的には非接触型が望ましいが、カンチレバー等を用いた機械スイッチ式でも構成可能である。

30

## 【0121】

本実施例においては、センサ25は、第1の移動機構28、第2の移動機構29によって移動する吸着ヘッド22の先端に取付けられているため、第1の移動機構28、第2の移動機構29は、センサ25が検知する位置を走査させる走査手段として機能することができる。

40

## 【0122】

図21を参照して、本実施例に係る基板トレイ17の構成を説明する。図21は、本実施形態に係る基板トレイ17の断面を示す図である。基板トレイ17は、略円盤形の石英板である。図21に示すように、基板トレイ17は、上面に凹部20を有し、下面に凸部21を有する。凹部20は、基板3を載置するための部位である。凸部21は、載置台5と勘合する部位であり、載置台5の外周に合わせて凸部21の寸法を設定している。

## 【0123】

本実施例における処理工程を図22～図33を用いて説明する。

## 【0124】

図22に、本処理フローにおける初期状態を示す。反応室2の上部2bは下部2aと分

50

離して上方に移動し、反応室 2 は開放状態となっている。そのため、反応室 2 内に図 20 の吸着ヘッド 22 を進入させることが可能である。また、載置台 5 には、基板トレイ 17 および基板 3 は載置されておらず、かつ、仮置場所 18 には気相成長処理前の基板 3 が載置された基板トレイ 17 が配置され、図 20 の吸着ヘッド 22 によって吸着可能な状態となっている。

【0125】

気相成長処理部 1 への基板トレイ 17 の搬送は、1 枚ずつ行なわれる。すなわち、回転台 4 上に載置台 5 が 6 つあり、前記 6 つの載置台 5 にそれぞれ 1 つずつ基板トレイ 17 を載置するので、図 20 の吸着ヘッド 22 は仮置場所 18 と回転台 4 との間を計 6 回往復することとなる。

10

【0126】

図 23 に、前記 6 回の往復のうち 1 つの往復、すなわち、1 枚の基板トレイ 17 を仮置場所 18 から 1 つの載置台 5 (以下、前記 1 つの載置台 5 を「対象載置台 5 a」と言う) に搬送するフローを示す。なお、前記往復の間に、仮置場所 18 には、処理前の基板 3 が載置された新たな基板トレイ 17 が準備され、配置される。

【0127】

図 23 の S103 は図 9 の S1 の一実施例である。また、S104 と S105 とは S2 の一実施例であり、S106 は S3 の一実施例であり、S107 は S14 の一実施例であり、S108 は S15 の一実施例である。

20

【0128】

まず、対象載置台 5 a が基準位置に来るようにモータ 9 を回転させ、そして停止させる (S101)。基準位置とは、基板トレイ 17 を対象載置台 5 a に載置するために、対象載置台 5 a を停止する位置のことである。通常は、対象載置台 5 a が仮置場所 18 に最も近くなる位置に停止する。なお、対象載置台 5 a が測定可能かつ載置可能な範囲であれば、基準位置から若干回転移動した位置 (すなわちエンコーダ 30 が出力する向きが前記基準位置から予め定められた許容範囲内となる位置) までモータ 9 を回転させ、停止させれば良い。

【0129】

次に、図 20 の吸着ヘッド 22 を仮置場所 18 の上に位置するよう移動機構 27、28、29 を用いて移動させ、吸着パッド 23 を仮置場所 18 上の基板トレイ 17 に密着させ、真空配管 24 内を減圧することにより、基板トレイ 17 を吸着ヘッド 22 に吸着させる (S102)。

30

【0130】

次に、基板トレイ 17 を吸着・保持した状態の吸着ヘッド 22 を、移動機構 27、28、29 を用いて基準位置方向に移動させつつ、センサ 25 を用いて、P1 の位置を測定する (S103)。本実施例において、被測定物は、対象載置台 5 a である。

【0131】

図 24 は、センサ 25 が対象載置台 5 a の縁を検出する時の断面を示す図である。図 24 に示すように、センサ 25 は基準位置の方へ移動しながら、センサ 25 の先端から投射光 31 を発している。前述したように、対象載置台 5 a には SiC コーティングされたグラファイト等を使用しており、自転ギヤ 6 には SBN 等を素材として使用している。SiC コーティングされたグラファイト等の反射率は、SBN 等の反射率と比較して非常に小さい。したがって、基準位置の方向に載置台 5 が存在するならば、センサ 25 は、投射光 31 に対する反射光 32 の光量が多い状態から少ない状態へと移動していく。

40

【0132】

図 20 の第 1 の移動機構 28 と第 2 の移動機構 29 とは、自身の座標を常時検出し、センサ 25 の位置として制御手段 37 に常時出力している。すなわち、第 1 の移動機構 28、第 2 の移動機構 29 は、前記センサが検知している座標を検出する座標検出手段として機能し、制御手段 37 は前記座標を検知することができる。

【0133】

50

一方、センサ 25 は、検出した光量が、閾値の上下いずれであるかを判断し、それを信号として図 20 の制御手段 37 に出力するように設定されている。前記閾値は載置台 5 に係る光量と自転ギヤ 6 に係る光量との間に設定されており、前記閾値との比較によって、載置台 5 の内外を判定することができる。

【0134】

図 26 に本実施例におけるセンサ 25 の走査軌跡の上面図の例を示す。図 26 に示した走査軌跡においては屈曲点 P3 に到る走査は直線であり、屈曲点 P3 において 90 度に屈曲し、その後、P2 まで直線的に走査する軌跡とする。図 26 のように、X 方向の直線と Y 方向の直線で構成される走査軌跡は、図 20 の第 1 の移動機構 28、第 2 の移動機構 29 のうち、一方を停止させ、もう一方を移動させることにより、容易かつ正確に実現することができる。

10

【0135】

図 25 に工程 S103 に係る詳細フローを示す。まず、初めに対象載置台 5a の中心点 P0 の座標を推定する (S201)。本実施例においては、基準位置を P0 の座標と推定しても良いし、エンコーダ 30 の出力する値に基づいて P0 の座標を推定しても良い。また、P0 の座標を複数推定しても良い。

【0136】

次にセンサ 25 の走査の方向を決定する (S202)。P1 が存在する可能性のある範囲においては、走査の方向は S201 で推定した P0 を中心とする図 26 に示す半径 S の円に外接するように直線的に近づく方向とする。前記 S は、対象載置台 5a の中心点 P0 が存在する可能性のある範囲または、対象載置台 5a の中心点の測定に関し要求される誤差に基づいて決定する。例えば、対象載置台 5a の中心点の測定に関し要求される誤差が 2 未満である場合、図 11 に示すように  $D = 1$  とするのが適当であるから、 $S = 0.226r$  として、走査の方向を決定すれば良い。

20

【0137】

次に走査限界を設定する (S203)。走査限界とは、載置台 5 が検知できなかった場合において走査の終了を判定するための判定値である。走査限界として、第 1 の移動機構 28、第 2 の移動機構 29 の稼働範囲の限界を設定しても良いし、その他の走査を終了すべき理由に基づき走査限界を設定しても良いし、走査すべき範囲に載置台 5 が存在しないと判定できる位置を走査限界としても良い。

30

【0138】

次に走査限界に達したか否かを判断する (S204)。走査限界に達した場合、走査を終了すべき例外的状態にあるから、図 23 に係る S104 以後の処理を行わずに例外処理 1 (S205) を行なう。例外的状態としては、走査すべき領域に対載置台 5 が存在しない、または本実施例の測定装置が故障している等の状態が考えられる。

【0139】

S202 で決定した走査の方向にセンサ 25 を微小量、走査させる (S206)。

【0140】

センサ 25 が検知する位置が対象載置台 5a の内外のいずれにあるかを検知する (S207)。具体的方法は図 24 を用いて説明した通りである。

40

【0141】

対象載置台 5a の内側であると判断する場合、センサ 25 が検知する位置の座標を、第 1 の移動機構 28 と第 2 の移動機構 29 とが検出する自身の座標から算出し、P1 の座標として記憶する (S208)。この場合、対象載置台 5a の内側に入った直後の座標を検出することになるので、より正確には、対象載置台 5a の外側にいた最後の座標と対象載置台 5a の内側に入った最初の座標との中間値とすれば、より正確に P1 の座標を測定することができる。また、載置台 5a の外側にいた最後の座標と対象載置台 5a の内側に入った最初の座標とを両端点とする線分を、前記両端点における測定された光量と閾値との差の比で、内分する点とすれば、さらに、正確に P1 の座標を測定することができる。

【0142】

50



また、S 2 0 7において対象載置台 5 aの内側にいると判断できない場合、S 2 0 1からの処理を繰り返す。なお、S 2 0 1、S 2 0 3の工程は適時省略することができる。例えば、推定するP 0の座標が前回と同じであることが自明であるならば、再度、推定する必要はない。走査限界においても同様である。また、S 2 0 2において走査の方向を決定できるのであれば、S 2 0 1において、P 0の座標値を具体的に算出しなくとも良い。

【 0 1 4 3 】

次に屈曲点に移動する ( S 1 0 4 )。

【 0 1 4 4 】

図 2 7に工程 S 1 0 4の詳細フローを示し、説明する。まず、屈曲点 P 3の座標を決定する。

10

【 0 1 4 5 】

図 2 8に P 1を検出した時における被測定物 ( 対象載置台 5 a )の内側である可能性のある領域 1 0 7を示す。領域 1 0 7は、P 1を中心としP 1における進入方向側に存在する半径 rの半円弧 1 1 4を中心とする半径 rの円の走査軌跡である。屈曲点 P 3は、領域 1 0 7の内側でなければならない。好ましくは、図中 P 3に示すように、P 1における進入方向の延長線上にあり、かつ P 1から距離 D離れた点である。なお、Dは対象載置台 5 aの半径 rの $2^{2/1}$ 倍未満であることが望ましい。

【 0 1 4 6 】

P 3に達したかどうかを判断する ( S 3 0 2 )。具体的には、第 1の移動機構 2 8と第 2の移動機構 2 9とが検出する自身の座標からセンサ 2 5が検知している位置を算出し、P 3と比較し、一致しているか否かを判定する。P 3に達している場合、S 1 0 4の工程を終了し、図 2 3に示す次の工程 S 1 0 5を行なう。

20

【 0 1 4 7 】

次に走査の方向を決定する ( S 3 0 3 )。走査の方向は、現在の検知している位置から P 3に近づく方向とする。なお、P 1から P 3に到る走査軌跡は領域 1 0 8の内側であれば、どのような走査軌跡であっても良い。

【 0 1 4 8 】

P 3に達していない場合、決定した走査の方向にセンサ 2 5を微量量、走査する ( S 3 0 4 )。

【 0 1 4 9 】

被測定物 ( 対象載置台 5 a )の内側であるかどうかを検知する ( S 3 0 5 )。具体的方法は図 2 4を用いて説明した通りである。被測定物 ( 対象載置台 5 a )の外側である場合、走査軌跡が屈曲点 P 3に到るより前に被測定物 ( 対象載置台 5 a )の外側に進出したことになるので、図 2 3の S 1 0 5以後の処理を行わずに例外処理 2を行なう ( S 3 0 6 )。例外処理 2としては、現在、センサ 2 5が検知している位置を P 2とし、特許文献 1等に示す他の方法によって対象載置台 5 aの中心点を特定し、基板トレイ 1 7を対象載置台に載置する ( 図 2 3の S 1 0 9 )等の方法がある。

30

【 0 1 5 0 】

なお、工程 S 1 0 4に係る走査軌跡を、図 1 7の走査軌跡 1 0 1 bに示すように曲率半径が r未満である部分または 1 点において屈曲する部分を含む軌跡とした場合において、前記部分を屈曲部と見なした場合の判定円の内側で対象載置台 5 aの外側に進出するならば、中心点 P 0を確実に特定することができる。また、前記判定円の内側のみを走査する走査軌跡とするならば、工程 S 1 0 4に係る走査軌跡において対象載置台 5 aの外側に進出した場合、確実に P 0を特定することができる。

40

【 0 1 5 1 】

また、S 3 0 5において対象載置台 5 aの内側であった場合、S 3 0 2に戻る。

【 0 1 5 2 】

以上、S 3 0 1 ~ 3 0 5の工程、すなわち、図 2 3の S 1 0 4の工程によって、センサ 2 5が検知する位置を屈曲始点 P 3まで移動させることができ、かつ、P 1から P 3に到る走査軌跡が対象載置台 5 aの内側であることを確認することができる。また、センサ 2

50

5 が検知する位置が対象載置台 5 a の外側に進出した時に、そのことを検知することができるので、すみやかに例外処理 2 を実行することができる。

【 0 1 5 3 】

なお、図 2 9 に示す処理フローのように、S 3 0 4 の後に S 3 0 2 に戻り、S 3 0 5 の工程を S 3 0 2 において P 3 s に達した場合に実行し、S 3 0 5 において対象載置台 5 a の内側と判定された場合にフローを終了しても良い。この場合、S 3 0 5 の工程が 1 回で良い。

【 0 1 5 4 】

なお、半径  $r$  未満の曲率半径である屈曲部において走査の方向を変更する場合は、屈曲点 P 3 の座標の代わりに屈曲部の始点 P 3 s の座標を用いて S 1 0 4 の各工程を実行すれば良く、これにより、センサ 2 5 が検知する位置を屈曲部の始点 P 3 s まで移動させることができ、かつ、P 1 から P 3 s に到る走査軌跡が対象載置台 5 a の内側であることを確認することができる。また、センサ 2 5 が検知する位置が対象載置台 5 a の外側に進出した時に、そのことを検知することができるので、すみやかに例外処理 2 を実行することができる。

10

【 0 1 5 5 】

また、P 1 と P 3 (または P 3 s) とを同一座標とする場合は、工程 S 1 0 4 を省略することができる。

【 0 1 5 6 】

次に屈曲部を走査する (S 1 0 5)。

20

【 0 1 5 7 】

図 3 0 に工程 S 1 0 5 の詳細フローを示す。工程 S 1 0 5 は、図 2 6 の P 3 のように、屈曲点である場合、不要である。ここでは、長さを持った曲線である屈曲部の場合について、図 3 0 のフローを用いて説明する。

【 0 1 5 8 】

まず、屈曲部の走査軌跡を決定する (S 4 0 1)。屈曲部の走査軌跡は、始点が P 3 s であり、終点が P 3 e である。屈曲部の走査軌跡は、被測定物 (対象載置台 5 a) の半径  $r$  より曲率半径が小さい。また、屈曲部の走査軌跡は、図 7 の領域 1 1 8 内に限定される。

【 0 1 5 9 】

P 3 e に達したかどうかを判断する (S 4 0 2)。具体的には、第 1 の移動機構 2 8 と第 2 の移動機構 2 9 とが検出する自身の座標からセンサ 2 5 が検知する位置の算出し、P 3 e と比較し、一致しているか否かを判定する。P 3 e に達している場合、S 1 0 5 の工程を終了し、図 2 3 に示す次の工程 S 1 0 6 を行なう。

30

【 0 1 6 0 】

次に走査の方向を決定する (S 4 0 3)。走査の方向は、現時点においてセンサ 2 5 が検知している位置と、工程 S 4 0 1 で決定した屈曲部の走査軌跡に基づく。

【 0 1 6 1 】

P 3 e に達していない場合、決定した走査の方向にセンサ 2 5 を微量、走査する (S 4 0 4)。

40

【 0 1 6 2 】

対象載置台 5 a の内側であるかどうかを検知する (S 4 0 5)。具体的には図 2 4 を用いて説明した方法の通りである。対象載置台 5 a の外側である場合、図 3 1 の S 5 0 8 に進む。

【 0 1 6 3 】

以上、S 4 0 1 ~ 4 0 5 の工程、すなわち、図 2 3 の S 1 0 5 の工程によって、センサ 2 5 が検知する位置を屈曲部の始点 P 3 s から終点 P 3 e に到る屈曲部を経由させることができ、かつ、P 3 s から P 3 e に到る走査軌跡が対象載置台 5 a の内側であることを検知または、対象載置台 5 a の外側に進出したことを検知することができる。

【 0 1 6 4 】

50

次に P 2 の測定を行なう ( S 1 0 6 ) 。

【 0 1 6 5 】

図 3 1 に S 1 0 6 の工程の詳細フローを示す。まず、初めに、走査限界を設定する ( S 5 0 1 ) 。走査限界は、図 7 に示す領域 1 1 8 の境界とする。P 1 において被測定物 ( 対象載置台 5 a ) の内側に進入したという事実および屈曲点または屈曲部が被測定物 ( 対象載置台 5 a ) の内側であるという事実により、P 2 の存在する領域は領域 1 1 8 に限定される。さらに、本実施例の測定装置および被測定物 ( 対象載置台 5 a ) に係る制約等によっても限定することができる場合がある。

【 0 1 6 6 】

次に、走査限界に到る走査軌跡を決定する ( S 5 0 2 ) 。図 2 6 に示す本実施例においては、P 3 を起点とする - Y 方向に向かう直線とする。

【 0 1 6 7 】

次に走査限界を超えたか否かを判断する ( S 5 0 3 ) 。走査限界を超えた場合、走査を終了すべき例外的状態にあるから、図 2 3 に係る S 1 0 7 以後の処理を行わずに例外処理 3 ( S 5 0 4 ) を行なう。例外的状態としては、対象載置台 5 a が想定された大きさより大きい、本測定装置の制約等により測定不能である、または本実施例の測定装置が故障している等の状態が考えられる。

【 0 1 6 8 】

次に走査の方向を決定する ( S 5 0 5 ) 。走査の方向は、現在のセンサが検知している位置に基づき、走査軌跡に沿う方向を走査の方向とすれば良い。本実施例においては、 - Y 方向を走査の方向とする。

【 0 1 6 9 】

S 5 0 5 で決定した走査の方向にセンサ 2 5 を微小量、走査させる ( S 5 0 6 ) 。

【 0 1 7 0 】

センサ 2 5 が検知する位置が対象載置台 5 a の内外のいずれにあるかを検知する ( S 5 0 7 ) 。具体的方法は図 2 4 を用いて説明した通り、センサ 2 5 が検知する位置の座標を、第 1 の移動機構 2 8 と第 2 の移動機構 2 9 とが検出する自身の座標から算出し、P 2 の座標として記憶する ( S 5 0 8 ) 。詳細については、光量が少ない状態から多い状態へと変化することを除き、S 2 0 8 と同じである。

【 0 1 7 1 】

また、S 5 0 7 において円の外側にいると判断できない場合、S 5 0 3 からの処理を繰り返す。

【 0 1 7 2 】

検出した P 2 の座標に基づいて中心点を特定できるか判断する ( S 1 0 7 ) 。具体的には、P 2 が判定円 1 0 5 の内側に含まれるか否かを判断する。判定円 1 0 5 は円であるので、P 2 と判定円 1 0 5 の中心点との距離が  $r$  未満であるか否かで容易に判断できる。なお、判定円 1 0 5 の中心点は P 1 から距離  $r$  にあり、かつ P 3 から距離  $r$  にあり、走査側 ( 図 2 6 では右側 ) に存在する点である。

【 0 1 7 3 】

S 1 0 7 において、P 2 が判定円 1 0 5 の外側または境界上にあると判定された場合は、P 0 が特定できないので、例外処理 4 を行なう。例外処理 4 は図 1 8 を用いて説明した通り、走査軌跡 1 0 9 によって、P 0 を特定する処理である。

【 0 1 7 4 】

S 1 0 3、S 1 0 6 で測定された P 1、P 2 の座標および対象載置台 5 a の半径  $r$  から対象載置台 5 a の中心点 P 0 の座標を求める ( S 1 0 8 ) 。対象載置台 5 a の半径  $r$  はあらかじめ判っているので、前記半径  $r$  と P 1、P 2 の位置とから対象載置台 5 a の中心の位置 P 0 とを、P 1、P 2 からともに距離  $r$  離れた点として算出することができる。なお、P 0 は 2 つの中心点候補のうち、走査側の反対側 ( 図 2 6 では左側 ) に存在する中心点候補である。

【 0 1 7 5 】

10

20

30

40

50

次に、S 1 0 8 または例外処理 2 または例外処理 4 の方法にて特定した P 0 の位置に基板トレイ 1 7 を載置する ( S 1 0 9 ) 。

【 0 1 7 6 】

図 3 2 に対象載置台 5 a に基板トレイ 1 7 を載置する時の断面図を示す。図 2 0 の第 1 の移動機構 2 8 と第 2 の移動機構 2 9 とによって、吸着ヘッド 2 2 に吸着された基板トレイ 1 7 を P 0 まで移動させたのちに、図 2 0 の高さ方向移動機構 2 7 によって、吸着ヘッド 2 2 を下方に移動し、前記基板トレイ 1 7 を対象載置台 5 a に載置する。ここで真空配管 2 4 内の気圧を雰囲気気圧まで上げ、吸着パッド 2 3 を基板トレイ 1 7 から解放する。

【 0 1 7 7 】

なお、センサ 2 5 は、図 2 0 の基板トレイ搬送部 1 9 の移動部位である吸着ヘッド 2 2 に設けられているので、センサ 2 5 を移動させるための移動機構を、吸着ヘッド 2 2 を移動させる移動機構と別に設ける必要が無く、構成が単純である。また、S 1 0 3 ~ S 1 0 6 における測定と S 1 0 8 における載置とを一連の移動によって実施することができるので、移動距離を短くすることができ、もって処理時間を短くすることができる。

【 0 1 7 8 】

以上 S 1 0 1 から S 1 0 9 の工程によれば、高い精度で特定された対象載置台 5 a の位置に対して、基板トレイ 1 7 を載置するので、基板トレイ 1 7 を正確に載置 ( 配置 ) することができる。

【 0 1 7 9 】

図 3 3 に本実施例に係る全体の処理フローを示す。

【 0 1 8 0 】

図 2 3 の処理フロー ( S 1 0 1 ~ S 1 0 9 ) を回転台 4 上の 1 つ以上複数の載置台 5 について、前記載置台 5 を対象載置台 5 a として繰り返し行なう ( S 1 2 1 ) 。これにより回転台 4 上の複数の載置台 5 について、基板トレイ 1 7 を載置することができる。

【 0 1 8 1 】

次に、反応室 2 を閉じる ( S 1 2 2 ) 。具体的には、図 2 2 の反応室上部 2 b を下方に移動させ、反応室下部 2 a と一体とすることによって、図 1 9 のような回転台 4 、回転台 4 に設けられた載置台 5 上に載置された基板トレイ 1 7 、基板 3 を内包する閉鎖空間として反応室 2 を形成する。

【 0 1 8 2 】

基板 3 に対し、気相成長処理を行なう ( S 1 2 3 ) 。具体的には、回転台 4 を回転させつつ、前記回転台 4 上の自転ギヤ 6 、載置台 5 、基板トレイ 1 7 、基板 3 を自転させる。この状態で、ヒータ 1 0 によって基板 3 を加熱する。基板 3 の温度が所定の温度になったところでガス供給部 1 5 より材料ガスを供給する。ガス供給部 1 5 より供給された材料ガスは供給管 1 2 を通過してガス吹き出し口 1 3 より吹き出され、基板 3 に供給され、基板 3 上に気相成長し、薄膜が形成される。薄膜形成後は、ヒータ 1 0 を停止し、排気経路 1 6 より材料ガスを排出する。

【 0 1 8 3 】

気相成長処理が終了したら、図 2 2 のように反応室 2 を開き、開放状態とする ( S 1 2 4 ) 。具体的には、反応室上部 2 b を反応室下部 2 a と分離させ、上方に移動させる。

【 0 1 8 4 】

最後に気相成長した基板 3 を載置した基板トレイ 1 7 を載置台 5 から搬出する ( S 1 2 5 ) 。本実施例において、基板トレイ 1 7 の搬出は 1 枚ずつ行なわれる。すなわち、基板トレイ 1 7 が載置された各載置台 5 について、それぞれを対象載置台 5 a として、対象載置台 5 a を基準位置に移動させ、P 1 の検出、P 3 の検知、P 2 の検出、P 0 の算出を行ない、前記 P 0 まで図 2 0 の吸着ヘッド 2 2 を移動させ、基板トレイ 1 7 を吸着パッド 2 3 で吸着し、仮置場所 1 8 まで基板トレイ 1 7 を移動させ、そこで吸着パッド 2 3 から解放する。以上の手順を、全ての載置台 5 から基板トレイ 1 7 が無くなるまで繰り返す。なお、前記基準位置への移動に関しては S 1 0 1 と同様であり、P 1 の検出、屈曲部の検知、P 2 の検出、P 0 の算出に関しては S 1 0 3 ~ S 1 0 8 と同様である。ただし、本工程

10

20

30

40

50

において特定すべき被測定物は、基板トレイ 17 であるから、基板トレイ 17 の縁を P 1、P 2 に係る測定対象とする。または半径 r として、基板トレイ 17 の半径を用いる。

【0185】

S 1 2 5 の工程によれば、高い精度で特定された位置 P 0 にある基板トレイ 17 を吸着・把持するので、基板トレイ 17 を正確に把持することができる。

【0186】

以上の S 1 2 1 ~ S 1 2 5 の工程によって、基板 3 を回転台 4 上の載置台 5 に載置し、基板 3 に対し気相成長処理を行ない、薄膜を形成させ、搬出することができる。

【0187】

また、高い精度で特定された対象載台 5 a の位置に対し基板トレイ 17 を載置するので、載置の失敗を含む基板に対する処理の失敗および本実施例の気相成長装置の故障などを未然に防止することができる。

10

【0188】

また、高い精度で特定された基板トレイ 17 の位置に対し取り出しを行なうので、取り出しの失敗を含む基板に対する処理の失敗および本実施例の気相成長装置の故障などを未然に防止することができる。

【0189】

なお、工程 S 1 0 3 を実施する前に、あらかじめ工程 S 2 0 1 ~ 2 0 3 を実施し、その値を記憶しておくことは可能である。すなわち、工程 S 1 0 3 を開始する前に P 1 または例外処理 1 に到るまでの走査軌跡を決定することが可能であり、事前に決定した前記走査軌跡に基づき走査しても良い。

20

【0190】

また、工程 S 1 0 3 開始時におけるセンサ 2 5 が検知する位置および / または初回の S 2 0 1 における推定された P 0 の座標に基づいて、事前に決定した走査軌跡を平行移動かつ / または回転移動して、走査軌跡として用いても良い。これによって工程 S 2 0 1 ~ 2 0 3 に係る計算量を少なくすることができる。

【0191】

同様に、工程 S 1 0 3 と工程 S 1 0 4 との間に S 3 0 1、S 3 0 3 を、工程 S 1 0 3 と工程 S 1 0 5 との間に S 4 0 1、S 4 0 3 を、工程 S 1 0 3 と工程 S 1 0 6 との間に S 5 0 1、S 5 0 2、S 5 0 5 を実施しておくことは可能である。すなわち、工程 S 1 0 4 を開始する前に例外処理 2、例外処理 3 または P 2 に到るまでの走査軌跡を決定することが可能であり、前記事前に決定した走査軌跡に基づき走査しても良い。

30

【0192】

また、P 1 および P 1 における進入方向に基づいて、事前に決定した走査軌跡を平行移動および / または回転移動して、走査軌跡として用いても良い。これにより、S 3 0 1、S 3 0 3、S 4 0 1、S 4 0 3、S 5 0 1、S 5 0 2、S 5 0 5 に係る計算量を少なくすることができる。

【0193】

また、工程 S 1 0 5 以後の走査軌跡に関して、事前に S 1 0 7 に相当する判断をしておくことができる。その方法としては工程 S 1 0 5 以後の走査軌跡上の各点において、S 4 と同様の方法で P 0 ' の座標を求め、前記 P 0 ' について S 5 と同様の判断をしても良いし、S 1 0 7 と同様に判定円 1 0 5 の内側に含まれるか否かで判断しても良い。この場合、走査軌跡上の各点が中心点を特定できるか否かが S 1 0 7 の工程を開始する前に判るので、P 2 がいずれの座標であるかに基づき、中心点が特定可能かどうか判断できる。

40

【0194】

また、図 2 6 に示した走査軌跡のように、屈曲部以後の走査軌跡が判定円 1 0 5 の内側に含まれ、かつ境界 1 1 7 に到達する走査軌跡であるならば、確実に円の中心点を特定することができる。S 1 0 7 における値は常に真となるので、工程 S 1 0 7 を省略し、S 1 0 6 の次に S 1 0 8 を実施しても良い。これにより、処理フローを簡略とすることができる。

50

## 【 0 1 9 5 】

なお、本実施例の制御手段 3 7 には、プログラムが記憶されており、前記プログラムに含まれる命令を逐次実行することにより、本実施例の測定装置、搬送装置、気相成長装置は、図 3 3 等に説明した本実施例の処理フローを実行することができる。

## 【 0 1 9 6 】

また、対象処理台 5 a また基板トレイ 1 7 の内外を検知するセンサ 2 5 と、センサ 2 5 が検知する位置を走査する走査手段と、前記センサが検知している座標を検出する座標検出手段と、を備える測定装置、搬送装置、気相成長装置に対し、前記プログラムを記憶した記憶媒体から前記プログラムをインストールすることにより、本実施例の測定装置、搬送装置、気相成長装置を生産することができる。

10

## 【 実施例 2 】

## 【 0 1 9 7 】

一般的に、回転台 4 は、回転方向に対し位置決め精度が低いため、図 2 6 の P 1 のように、回転方向に対し垂直にセンサ 2 5 を進入させる場合、対象載置台 5 a の中心点 P 0 が存在する可能性のある範囲 E が広いため、D の値を小さくしなければならず、P 0 に係る誤差が大きくなるという問題がある。本実施例に係る測定方法ないし測定装置は、前記問題を解決することができる。

## 【 0 1 9 8 】

本実施例は S 1 0 3 における P 1 の測定に関し、回転台 4 の回転を用いる方法である。本実施例はその装置構成およびフローにおいて、実施例 1 と共通する部分が多いので、共通する部分については説明を略し、相違する部分のみ説明する。

20

## 【 0 1 9 9 】

図 3 4 は本実施の形態に係るセンサ 2 5 の走査軌跡の上面図である。本実施例においては、S 1 0 1 において、対象載置台 5 a と回転台 4 の中心からみて右隣の載置台 5 b との間の点 P 4 が、基準位置となるように回転台 4 を回転させて停止する。

## 【 0 2 0 0 】

工程 S 1 0 3 では、まず、P 4 の位置を検知できる位置までセンサ 2 5 を移動させ、その後回転台 4 を右回転させる。その結果、センサ 2 5 は、対象載置台 5 a の縁上の点 P 1 上を走査することになる（図 3 4 参照）。正確に表現するならば、センサ 2 5 は位置 P 4 で静止したままであり、P 1 の位置へと移動したわけではない。しかしながら、センサ 2 5 を静止させたまま回転台 4 を右回転させるということは、相対的位置関係において回転台 4 を静止させたままセンサ 2 5 を左回転させることと同じであるので、便宜上、回転台 4 を静止したと仮定した場合におけるセンサ 2 5 の回転台 4 上の走査軌跡を、回転台 4 を基準として図中に円弧状の矢印として記載している。

30

## 【 0 2 0 1 】

回転台 4 を右回転させつつ、センサ 2 5 で反射光量の変化を測定し、あらかじめ定められた閾値を超えた瞬間（すなわち、センサ 2 5 が対象載置台 5 a の縁上の点 P 1 の上を走査した瞬間）のエンコーダ 3 0 の値 e 1 を記録する。

## 【 0 2 0 2 】

図 2 5 のフローに則って説明するならば、工程 S 2 0 2 において、センサ 2 5 が P 4 に到達するまでは、P 4 に近づく方向を走査の方向と決定する。なお、回転台 4 の回転軸 O（図示せず）と P 4 との距離は、実施例 1 の工程 S 2 0 2 における S と同様に、対象載置台 5 a の存在する可能性のある範囲または、対象載置台 5 a の中心点の測定に関し要求される誤差に基づいて決定する。

40

## 【 0 2 0 3 】

図 3 5 に本実施例に係る中心点 P 0 に係る誤差のシミュレーション結果をグラフで示す。本グラフは、実施例 2 において P 1 と P 3 との距離を半径  $0.9927r$  とし、最大の E に係る誤差 e を 2 とした場合のグラフと、実施例 1 における  $D = 1$  の場合のグラフを示している。本実施例に係るグラフは、回転台 4 の回転軸 O と中心点 P 0 との距離を  $5r + E$  とし算出している。すなわち、回転台 4 の回転軸 O と対象載置台 5 a の中心点 P 0

50

との距離が本来  $5r$  であることを前提として、回転台 4 の回転軸 O に対し対象載置台 5 a の位置が E だけずれた場合を想定している。

【0204】

本図より、誤差  $e$  が 2 未満となる E の範囲は、 $-0.302r < E < 0.878r$  であり、実施例 1 の  $D = 1$  の場合と比較して、若干狭くなることが判る。また、前記 E の範囲の中央値は、 $0.288r$  である。

【0205】

例えば、回転台 4 の中心軸 O と P 0 との距離が  $5r$  を中心とする正規分布に従うと推定される場合において、P 0 の測定誤差を 2 未満とする確率を最大とするには、回転軸 O と P 4 との距離を  $(5 - 0.288)r = 4.712r$  とすれば良い。

10

【0206】

また、センサ 2 5 が検知する場所が P 4 に到達した以後は、回転台 4 の回転方向であって、対象載置台 5 a をセンサ 2 5 が検知する位置に近づかせる回転方向を走査の方向として決定する。

【0207】

工程 S 2 0 6 においては、回転台 4 を回転させることにより、対象載置台 5 a を移動させ、回転台 4 上をセンサ 2 5 に走査させる。

【0208】

また、S 2 0 8 において、センサ 2 5 が P 1 を走査した時のエンコーダ 3 0 の値  $c_1$  を記憶する。

20

【0209】

S 1 0 3 のフローにより、センサ 2 5 を回転台 4 の回転方向から対象載置台 5 a に進入させることができる。これにより、回転台 4 の回転方向に関する位置決め精度が低く、推定した P 0 の位置と実際の P 0 の位置とが回転台 4 の回転方向に対してずれている場合においても、誤差が小さくなる範囲 E から進入することができ、誤差を小さくすることができる。

【0210】

S 1 0 4 では、回転台 4 を回転させ、センサ 2 5 が検知する位置が P 3 となる位置で回転台 4 を停止させる。P 3 と P 1 の距離を D とする。

【0211】

図 2 7 のフローに則って説明するならば、工程 S 3 0 2 において、P 1 から回転台 4 の回転に沿って移動する移動先であって、P 1 から距離 D (例えば、 $0.9927r$ ) にある位置を P 3 とする。

30

【0212】

工程 S 3 0 2 においては、エンコーダ 3 0 の値を測定し、P 3 におけるエンコーダの値 (角 P 1 - O - P 3 に相当するエンコーダ値を  $c_1$  に加えた値) と一致するか否かを判断する。

【0213】

工程 S 3 0 3 において、回転台 4 の回転方向であって、P 3 をセンサ 2 5 が検知する位置に近づかせる回転方向を走査の方向として決定する。

40

【0214】

工程 S 3 0 4 においては、回転台 4 を回転させることにより、対象載置台 5 a を移動させ、回転台 4 上をセンサ 2 5 に走査させる。

【0215】

工程 S 1 0 6 においては、センサ 2 5 を回転軸 O の方向に移動させて、P 2 を測定する。

【0216】

図 3 1 のフローに従って説明すると、S 5 0 2 において、回転軸 O に向かう方向を走査の方向と決定する。S 5 0 8 において、センサ 2 5 が検知する位置の座標を、第 1 の移動機構 2 8 と第 2 の移動機構 2 9 とが検出する自身の座標から算出するとともに、P 2 の座

50

標として記憶し、さらにセンサ 25 が P 2 を検出した時のエンコーダ 30 の値 c 2 を記憶する。

【0217】

本実施例の走査軌跡によれば、S 107 は常に真となるので、省略することができる。

【0218】

S 108 において、測定した P 1 の座標を現在の座標に変換する。具体的には、エンコーダ値 c 2 からエンコーダ値 c 1 を引いた角度だけ、回転軸 O を中心に P 1 を回転移動させる。そののちは実施例 1 の S 108 と同様に中心点 P 0 を算出すれば良い。

【0219】

本実施例の測定方法、測定装置、搬送装置、気相成長装置によれば、回転台 4 の回転により、センサ 25 を対象載置台 5 a に対し Y 方向に相対移動させるので、第 2 の移動機構 29 による Y 方向への移動量を省略ないし短くすることができ、第 2 の移動機構 29 の削除ないし小型化をすることができる。

10

【実施例 3】

【0220】

本実施例は、図 14 に係る走査軌跡をセンサ 25 が走査することを機構的に実現する測定装置、搬送装置、および気相成長装置である。本実施例はその装置構成において、実施例 1 と共通する部分が多いので、共通する部分については説明を略し、相違する部分のみ説明する。

【0221】

図 36 は、本実施例の装置に係る吸着ヘッド 22 の上面図を示している。本実施例の吸着ヘッド 22 においては、センサ 25 はスイングアーム 33 の先端に取付けられており、スイングアーム 33 は吸着ヘッド 22 に回転自在に取付けられている。スイングアーム 33 の回転軸と、センサ 25 が検知する位置との距離は、 $2^{1/2} r$  である。

20

【0222】

工程 S 104 または工程 S 105 において、スイングアーム 33 の回転軸が P 1 上となる位置まで吸着ヘッド 22 を移動させ、工程 S 106 においてスイングアーム 33 を回転させることにより、センサ 25 は、図 14 に示す P 1 から距離  $2^{1/2} r$  離れた円周 104 上を移動させることができる。

【0223】

また、対象載置台 5 a (被測定物) の半径 r に応じて、スイングアーム 33 の回転軸とセンサ 25 との距離を変更すれば、異なる半径を有する対象載置台 5 a (被測定物) に対しても測定することができる。

30

【産業上の利用可能性】

【0224】

円形の被測定物の位置を測定する目的において本発明の測定方法および測定装置は利用可能である。また、前記測定装置は、円形の物体を対象物とする把持装置、搬送装置、加工装置、その他の処理装置および方法等に広く利用可能である。

【符号の説明】

【0225】

- 1 気相成長処理部
- 2 反応室
- 3 基板
- 4 回転台
- 5 載置台
- 6 自転ギヤ
- 7 固定ギヤ
- 8 シャフト
- 9 モータ
- 10 ヒータ

40

50

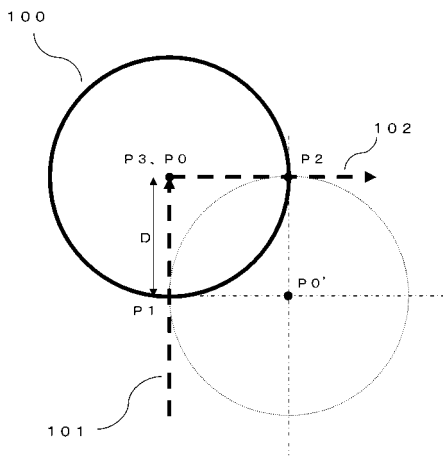


- 1 2 供給管
- 1 3 ガス吹き出し口
- 1 5 ガス供給部
- 1 6 排気経路
- 1 7 基板トレイ
- 1 8 仮置場所
- 1 9 基板トレイ搬送部
- 2 0 凹部
- 2 1 凸部
- 2 2 吸着ヘッド
- 2 3 吸着パッド
- 2 4 真空配管
- 2 5 センサ
- 2 6 アーム
- 2 7 高さ方向移動機構
- 2 8 第 1 の移動機構
- 2 9 第 2 の移動機構
- 3 0 エンコーダ
- 3 3 スイングアーム
- 3 7 制御手段
- 4 0 回転台支持台

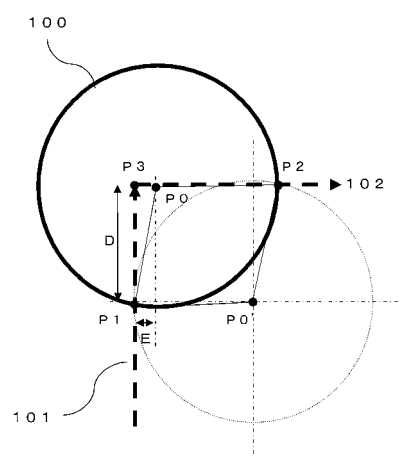
10

20

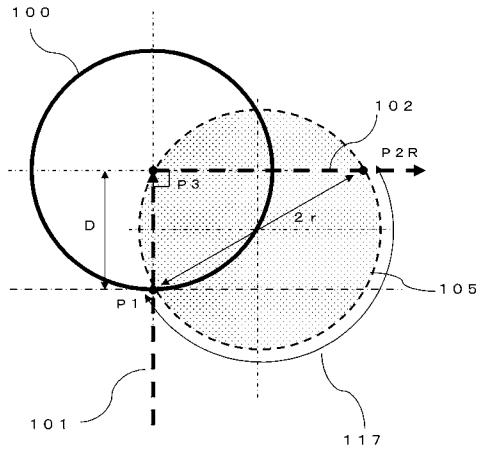
【 図 4 】



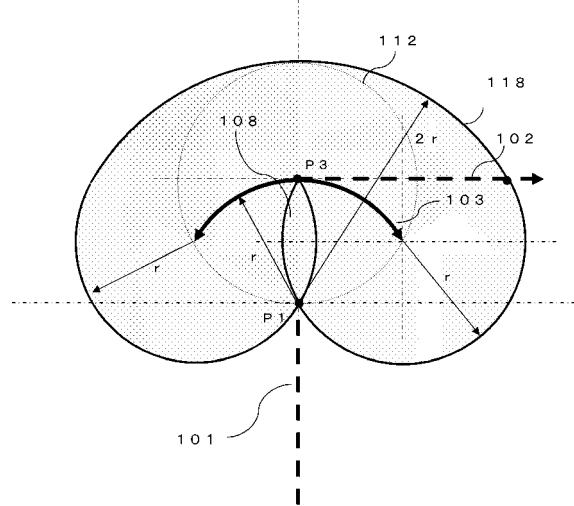
【 図 5 】



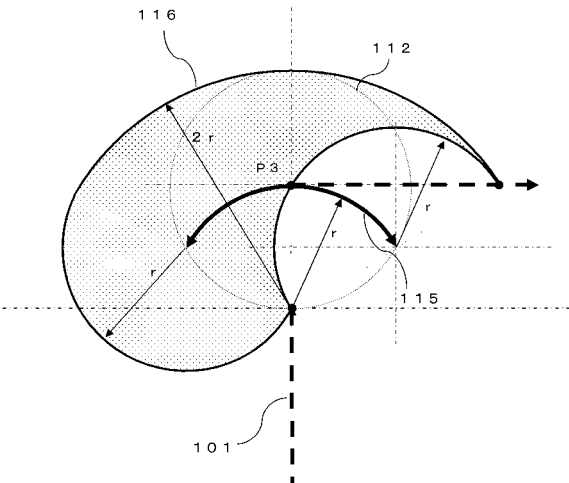
【図 6】



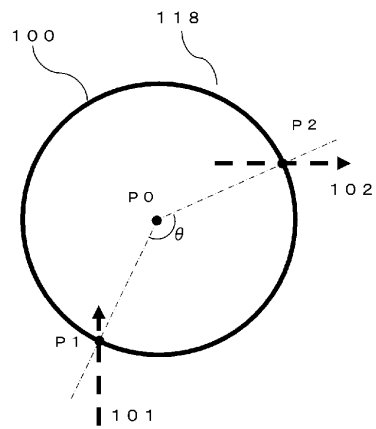
【図 7】



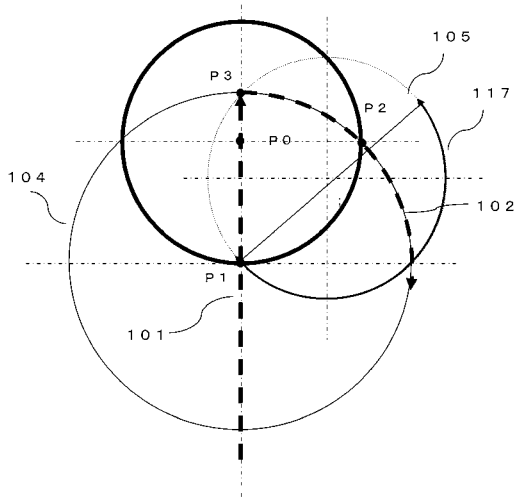
【図 8】



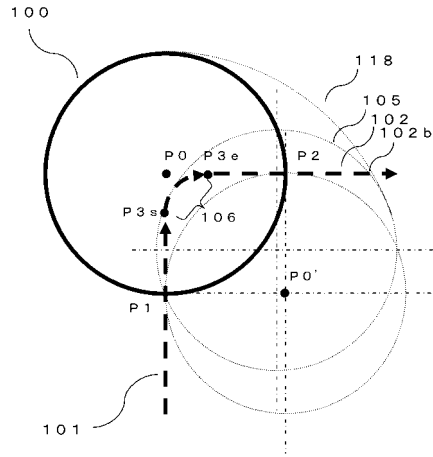
【図 10】



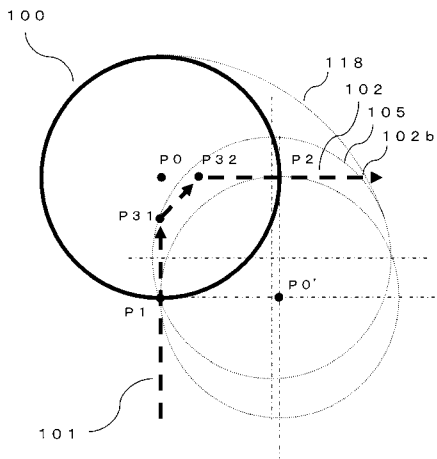
【図 14】



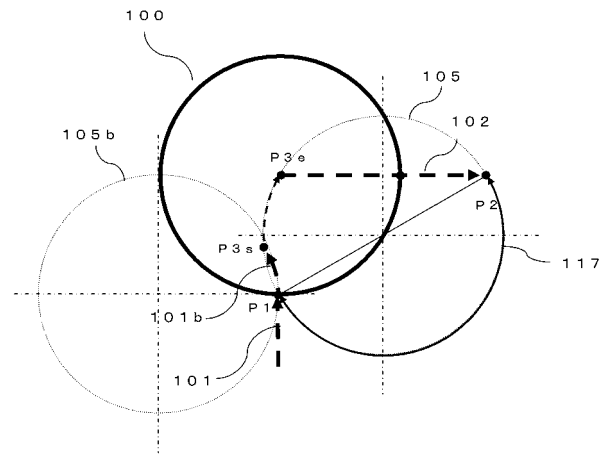
【図 15】



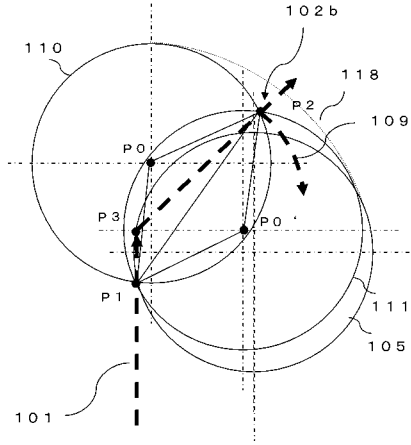
【図 16】



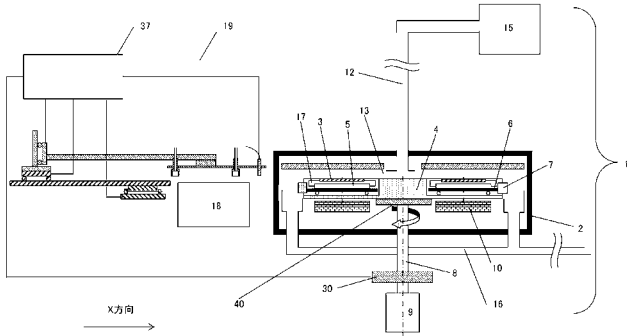
【図 17】



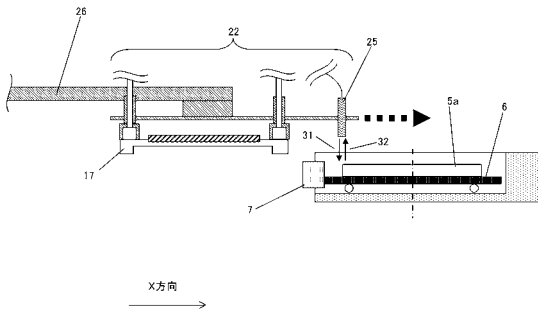
【図18】



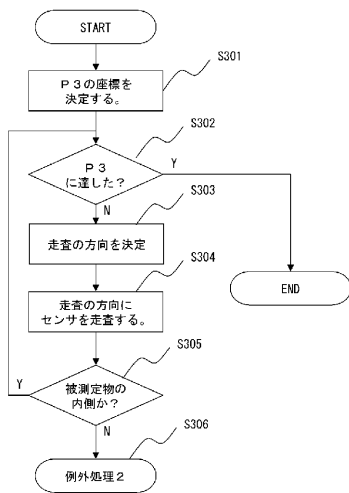
【図19】



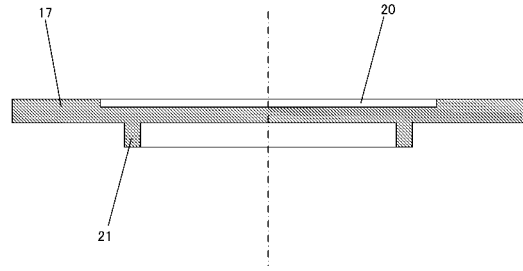
【図24】



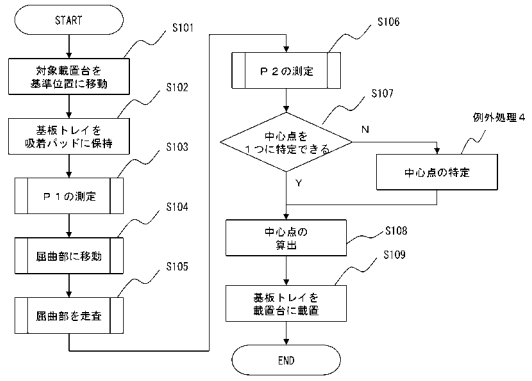
【図27】



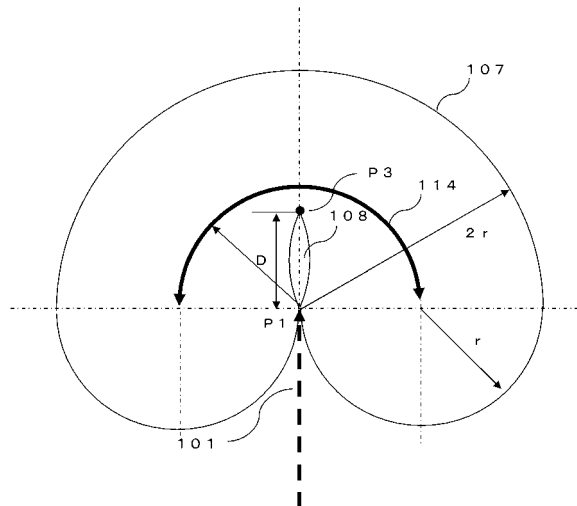
【図21】



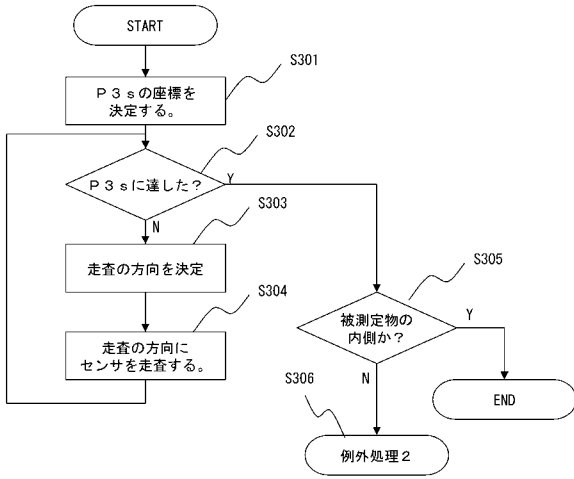
【図23】



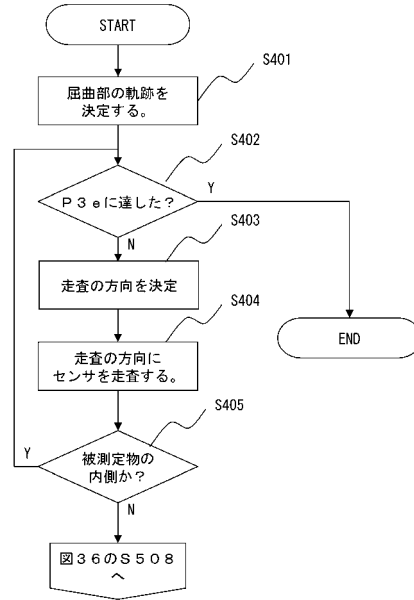
【図28】



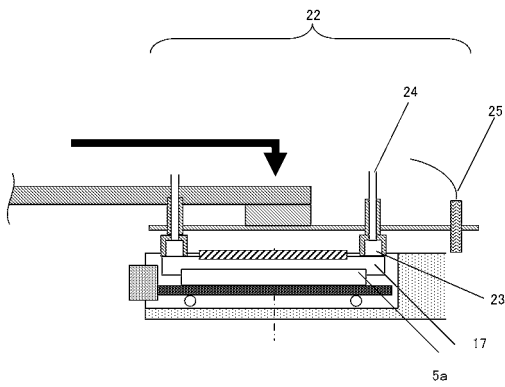
【図 29】



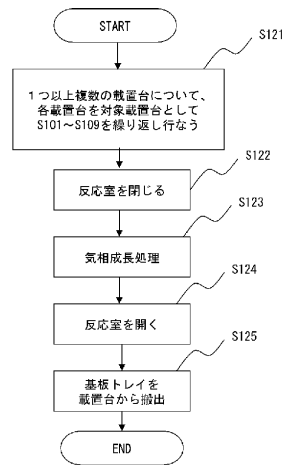
【図 30】



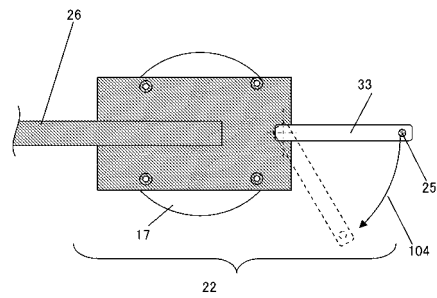
【図 32】



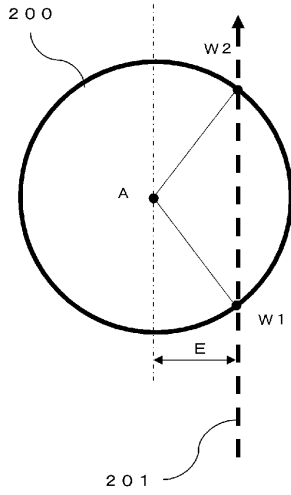
【図 33】



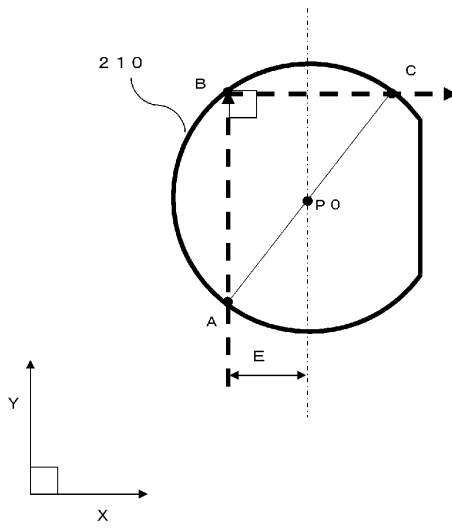
【図 36】



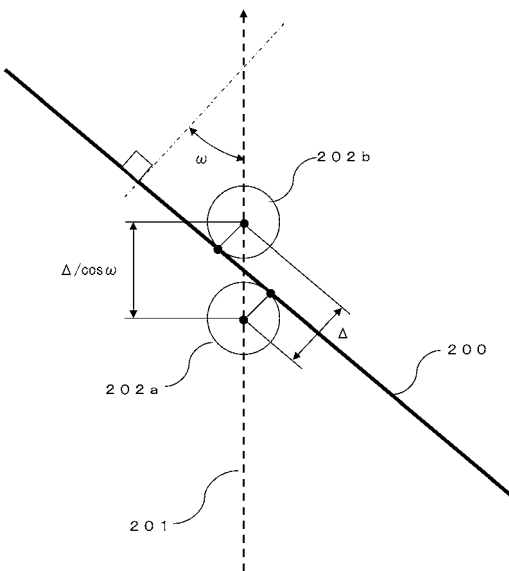
【 図 3 7 】



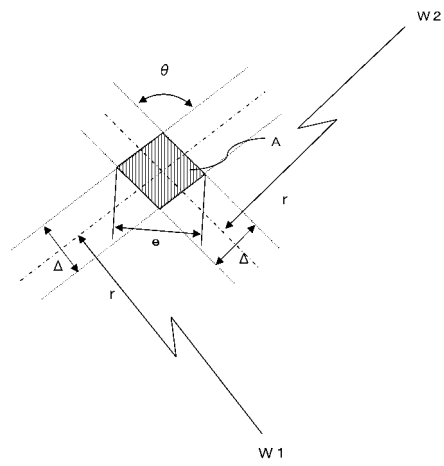
【 図 3 8 】



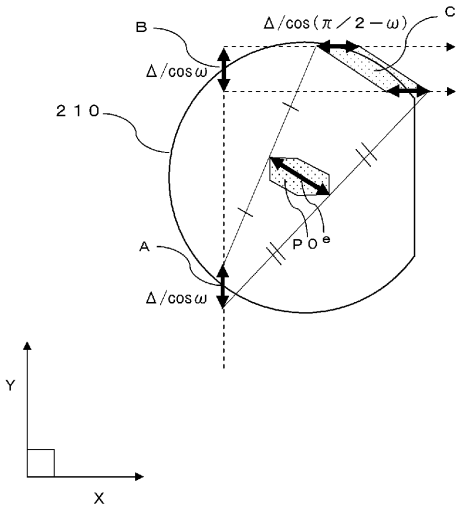
【 図 3 9 】



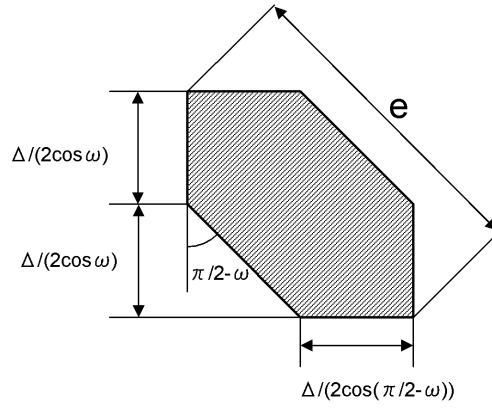
【 図 4 0 】



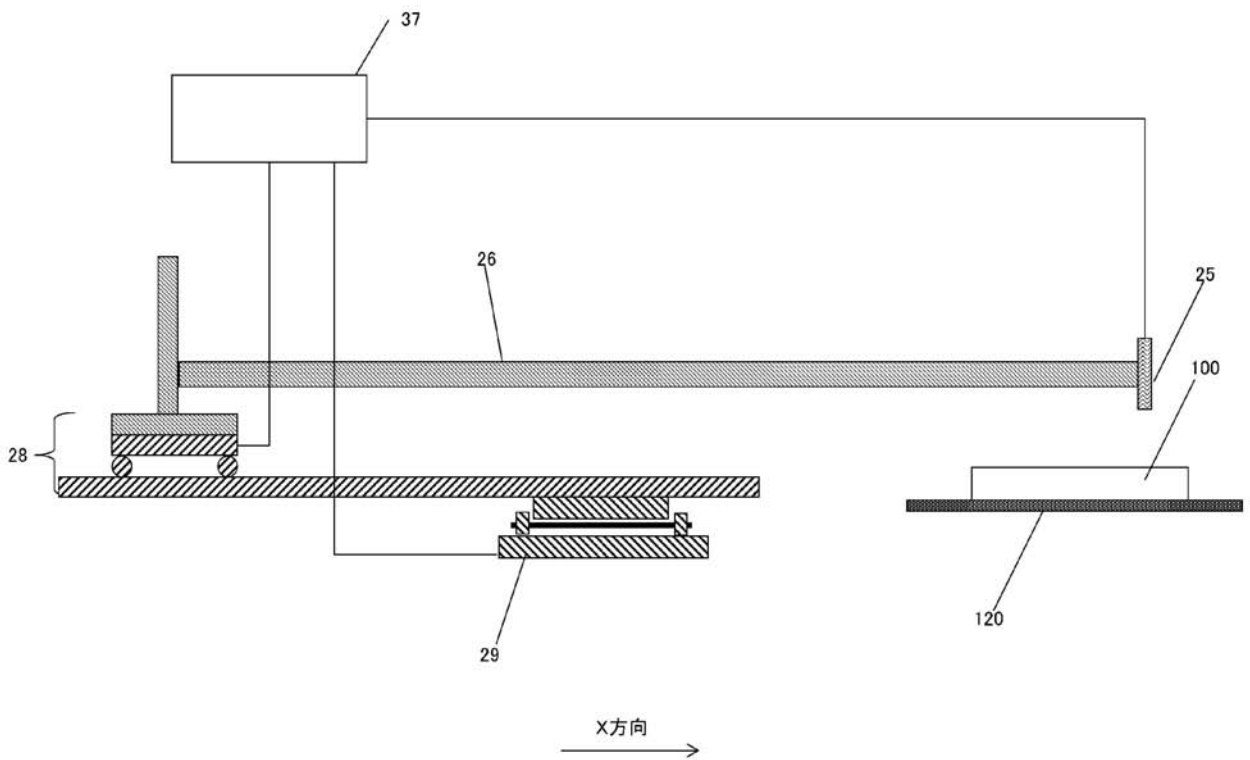
【 図 4 1 】



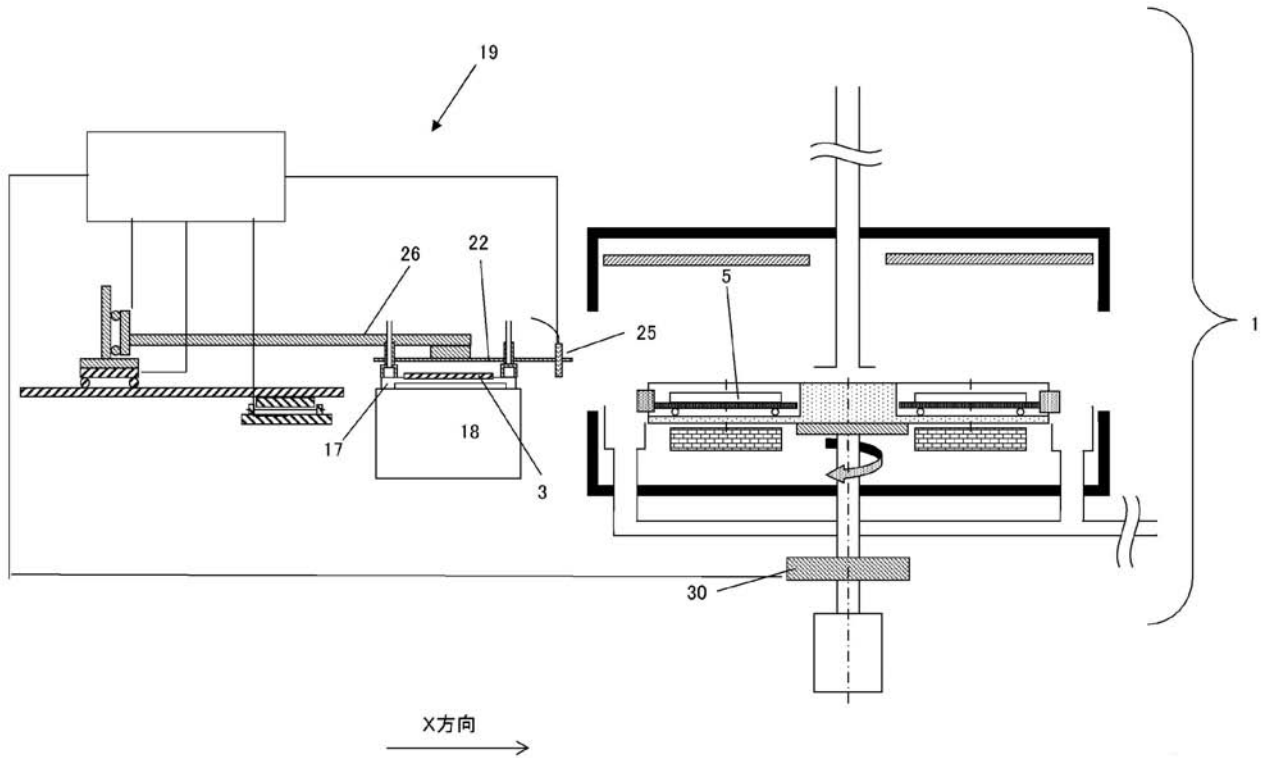
【 図 4 2 】



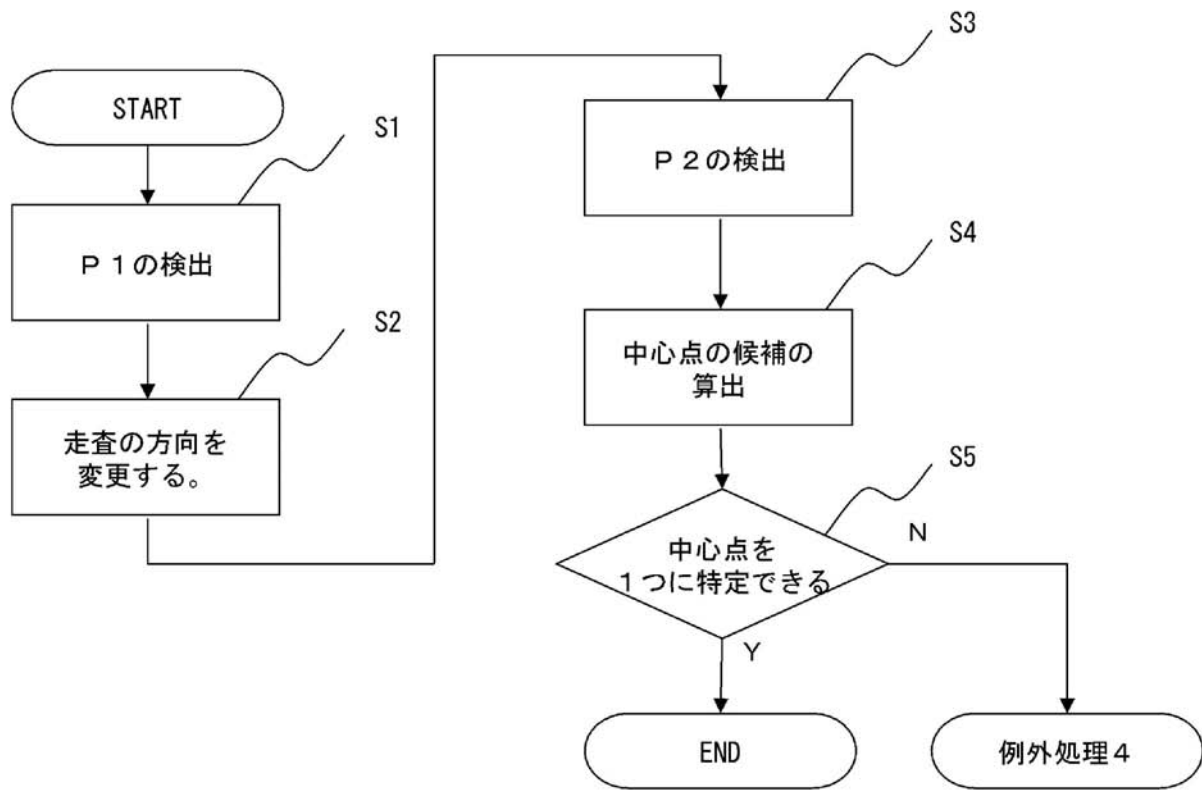
【 図 1 】



【 図 2 】

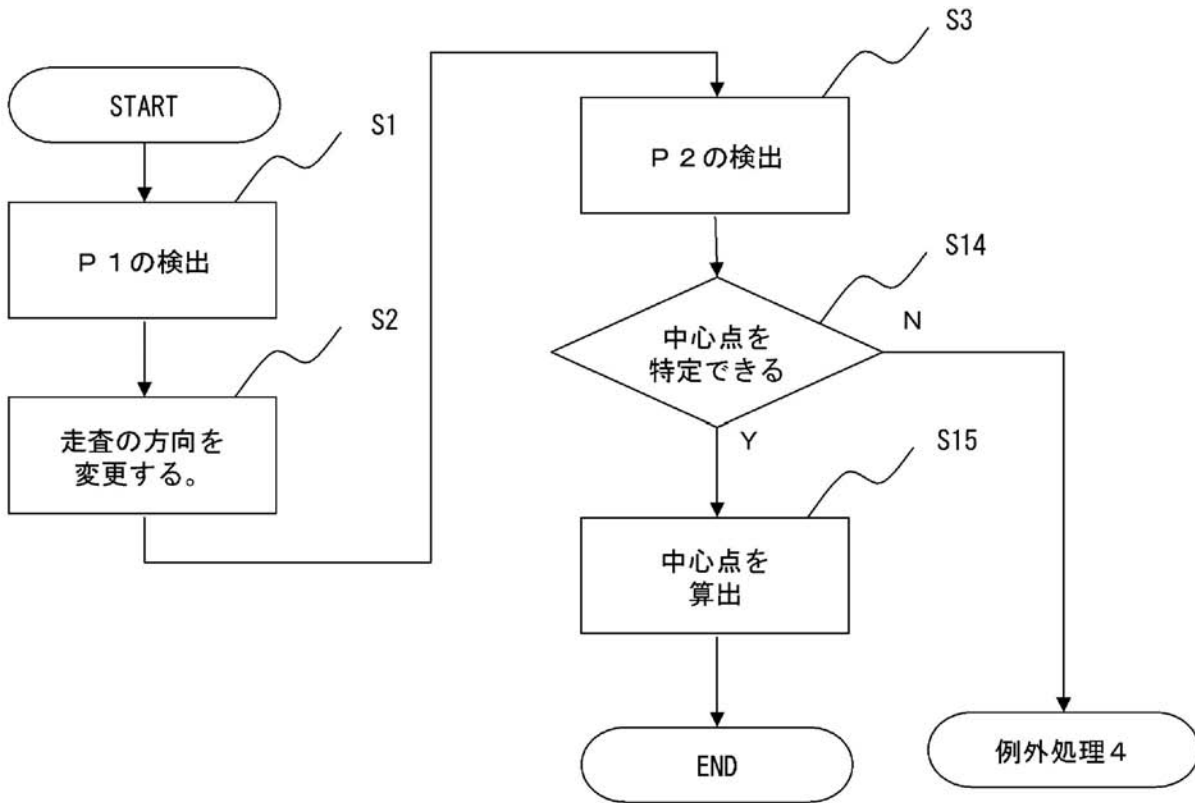


【 図 3 】

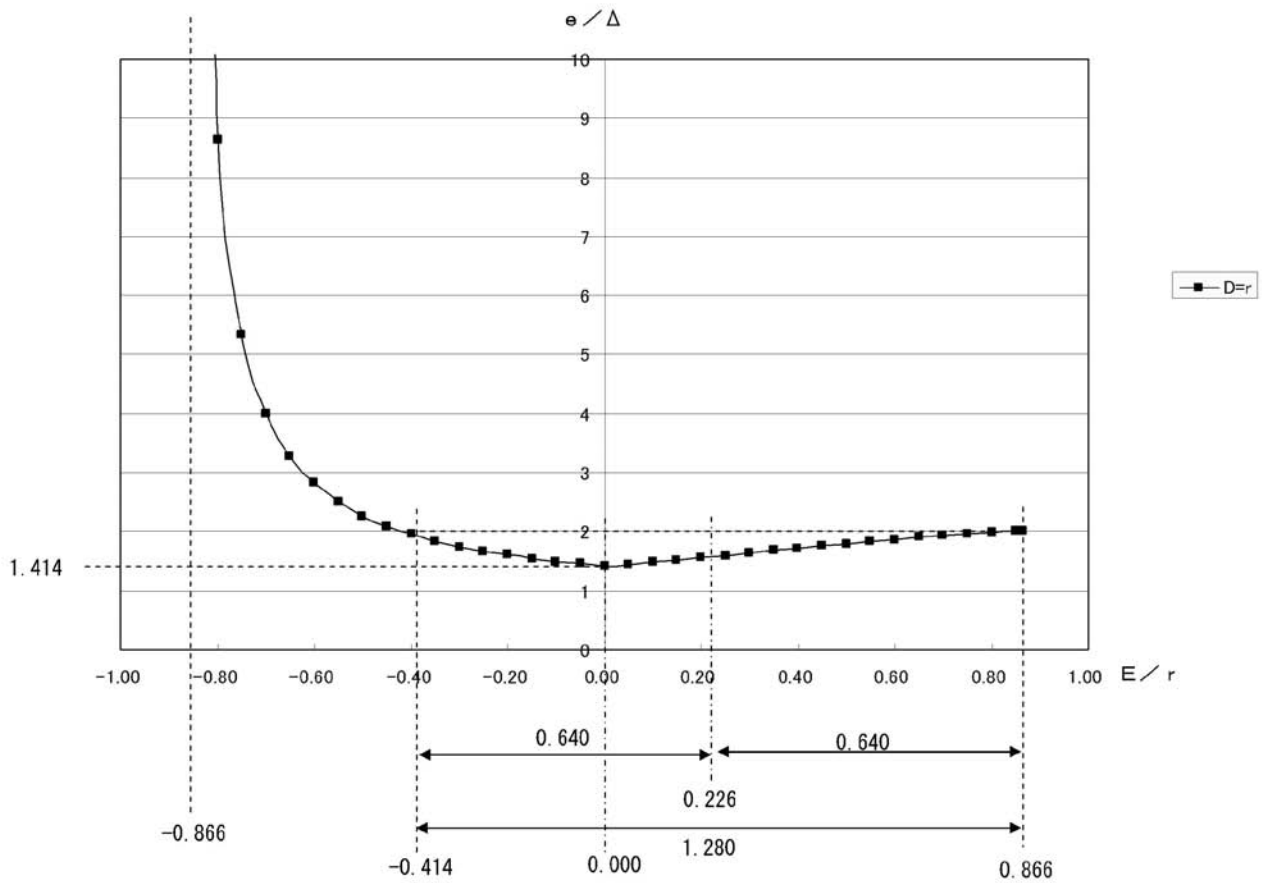




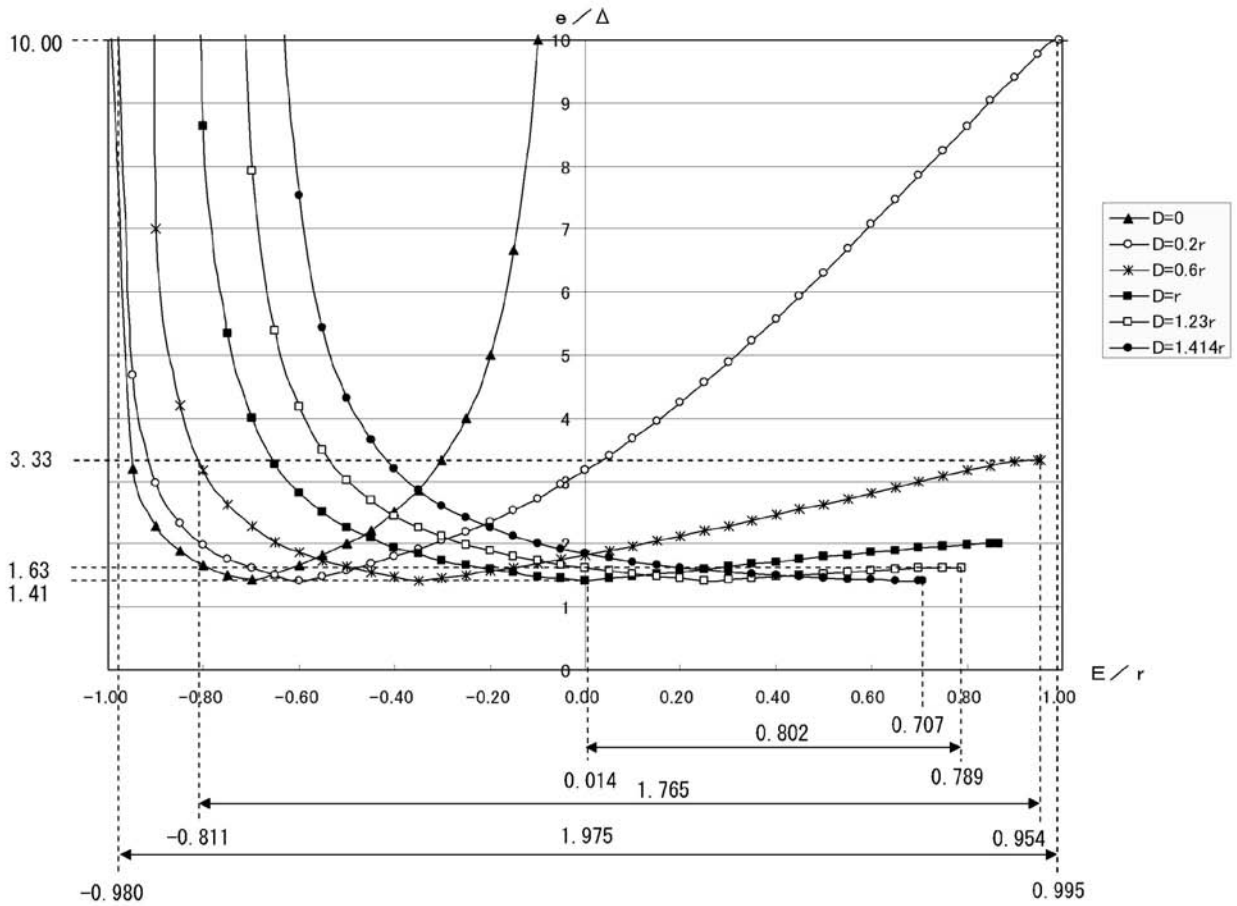
【 図 9 】



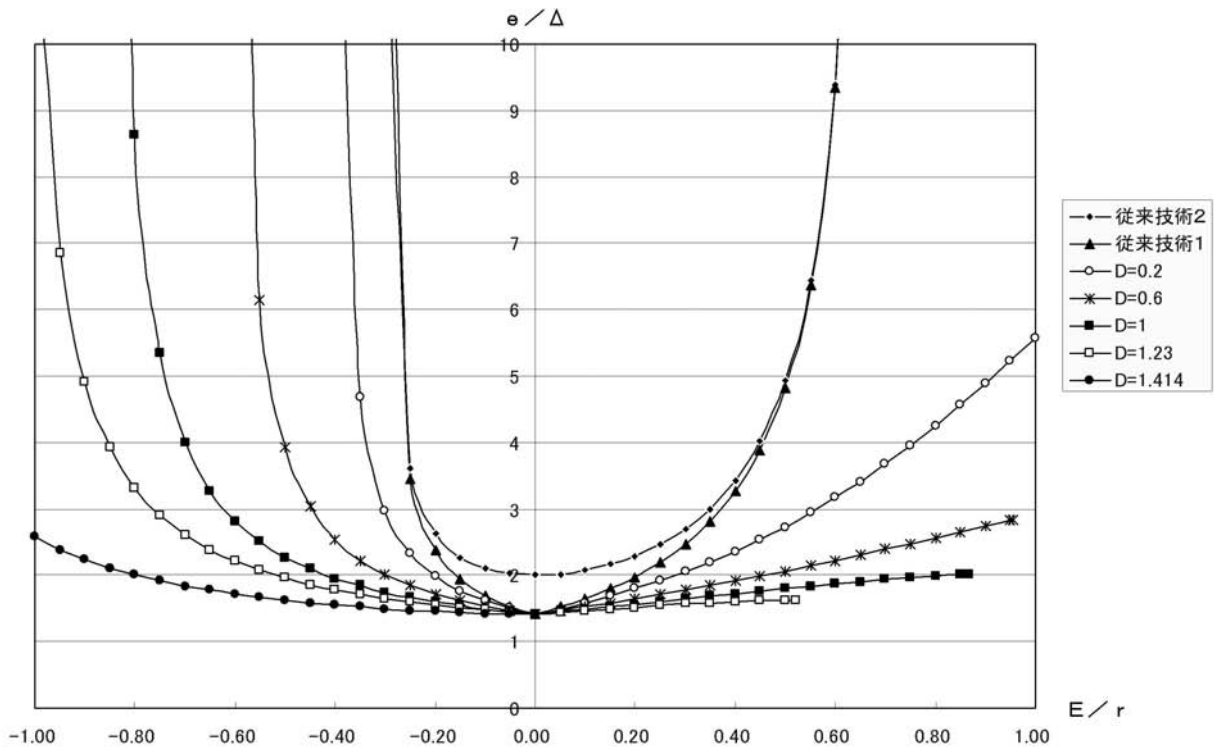
【 図 1 1 】



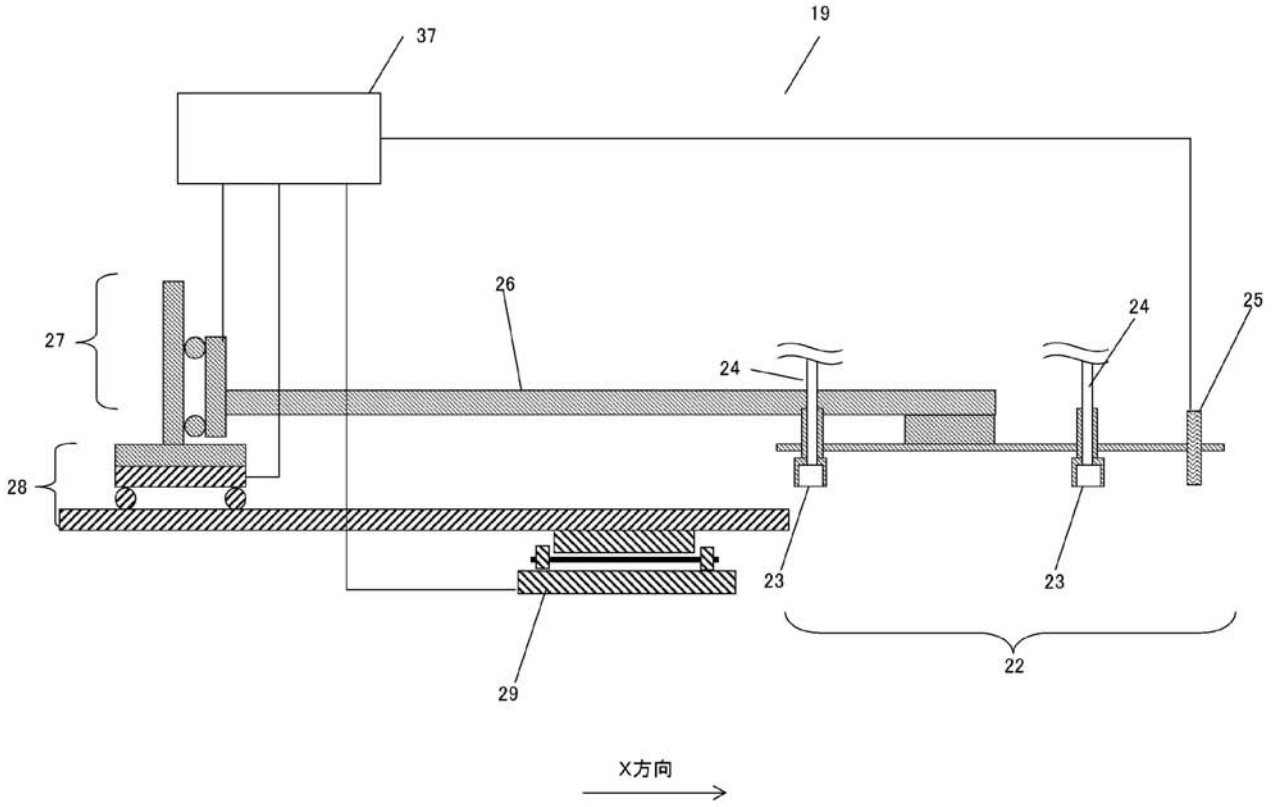
【 図 1 2 】



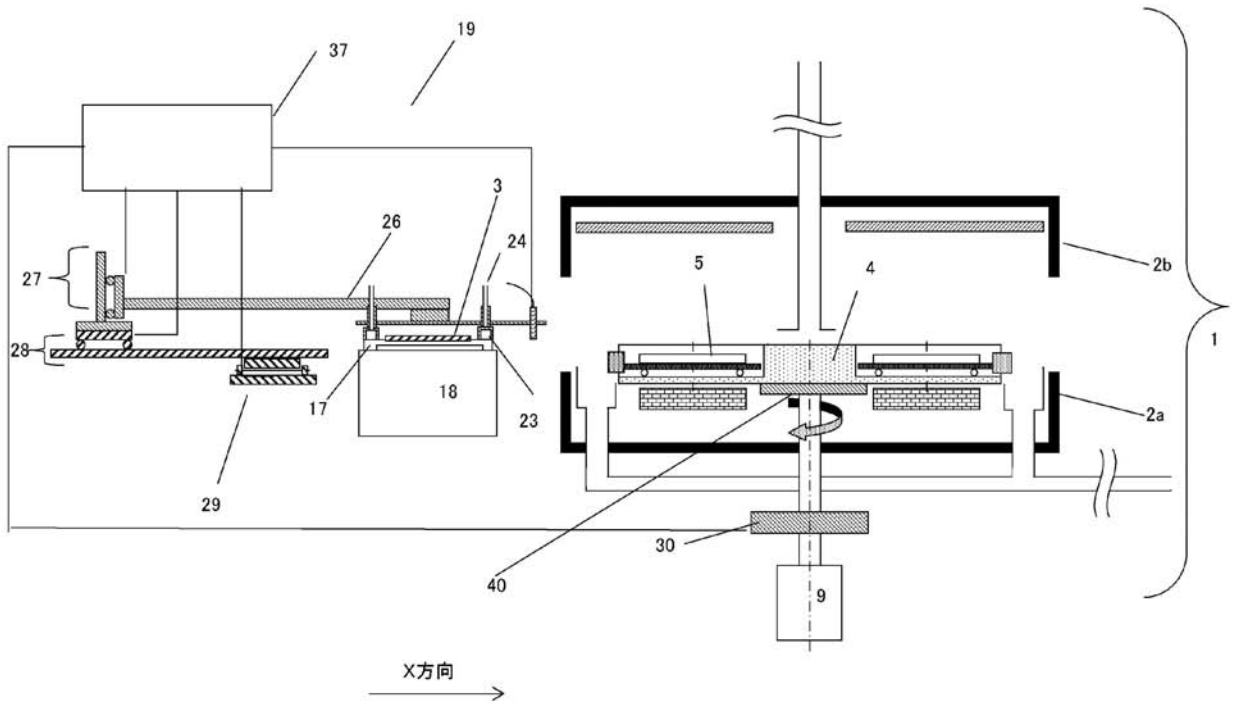
【 図 1 3 】



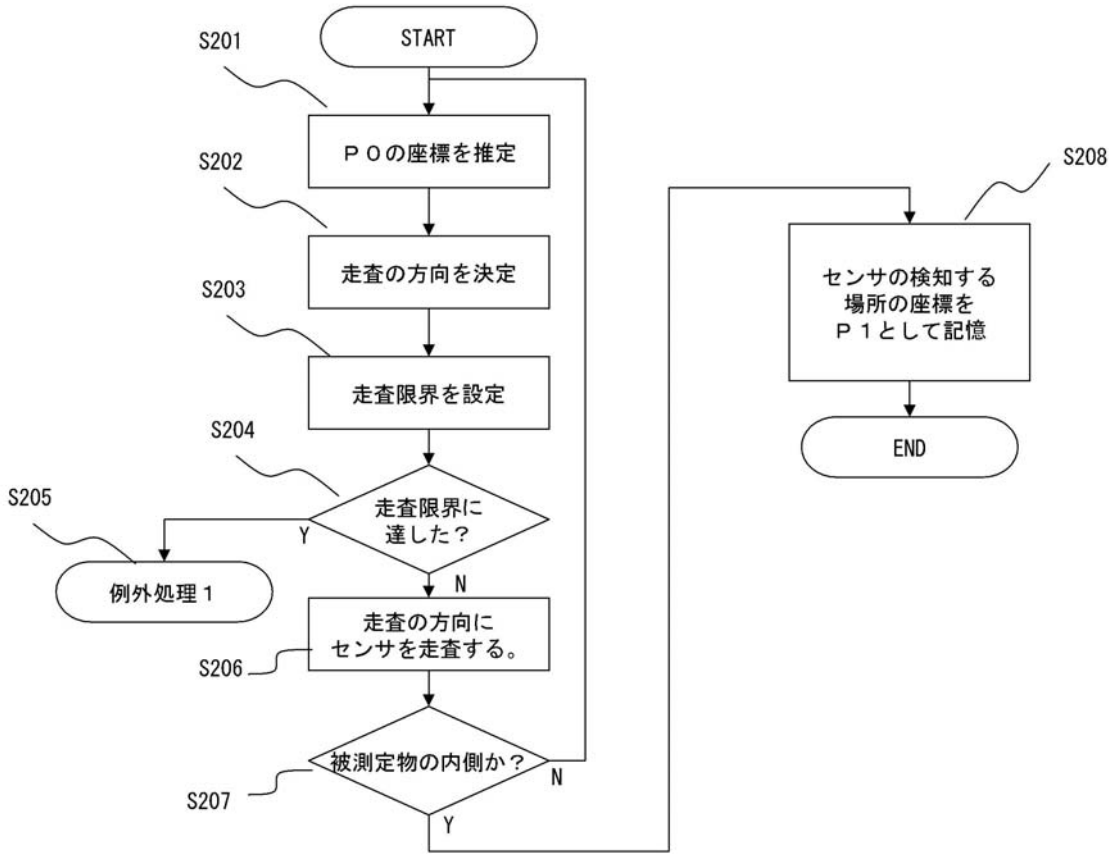
【図20】



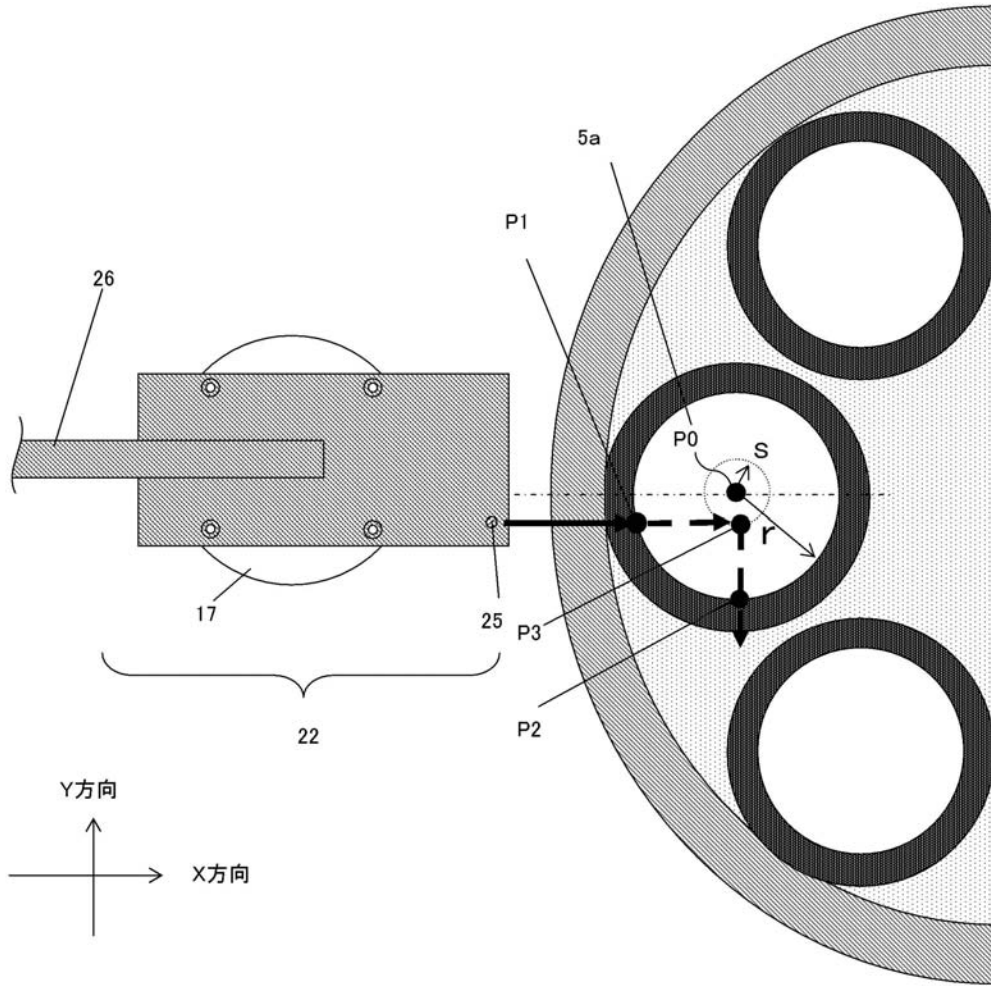
【図22】



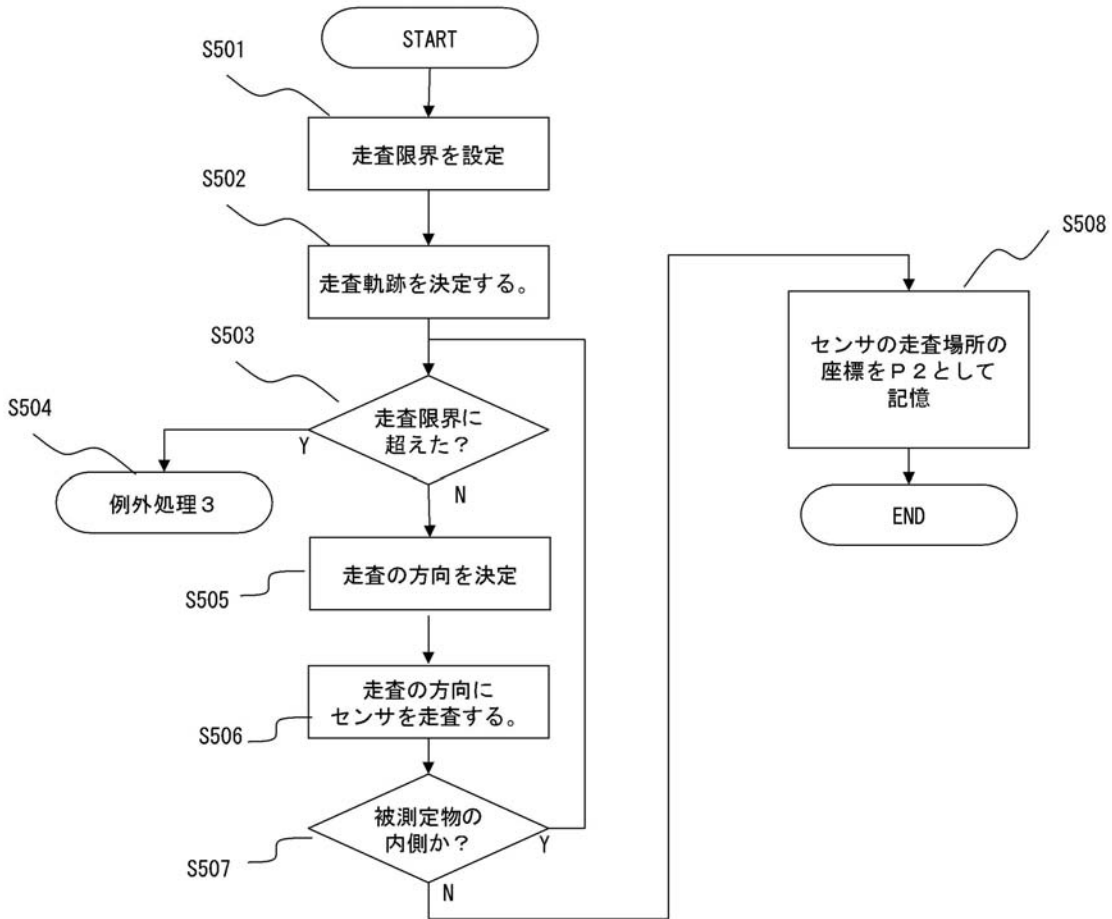
【 図 2 5 】



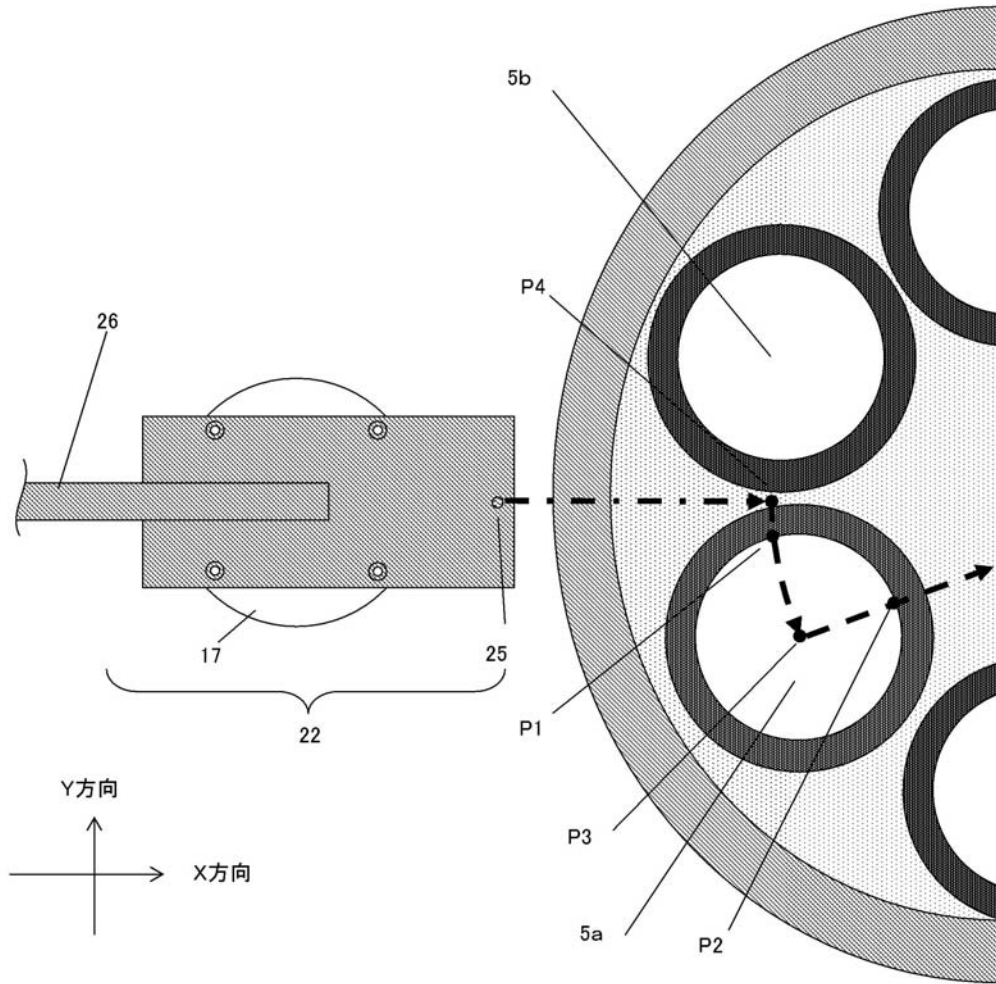
【 図 2 6 】



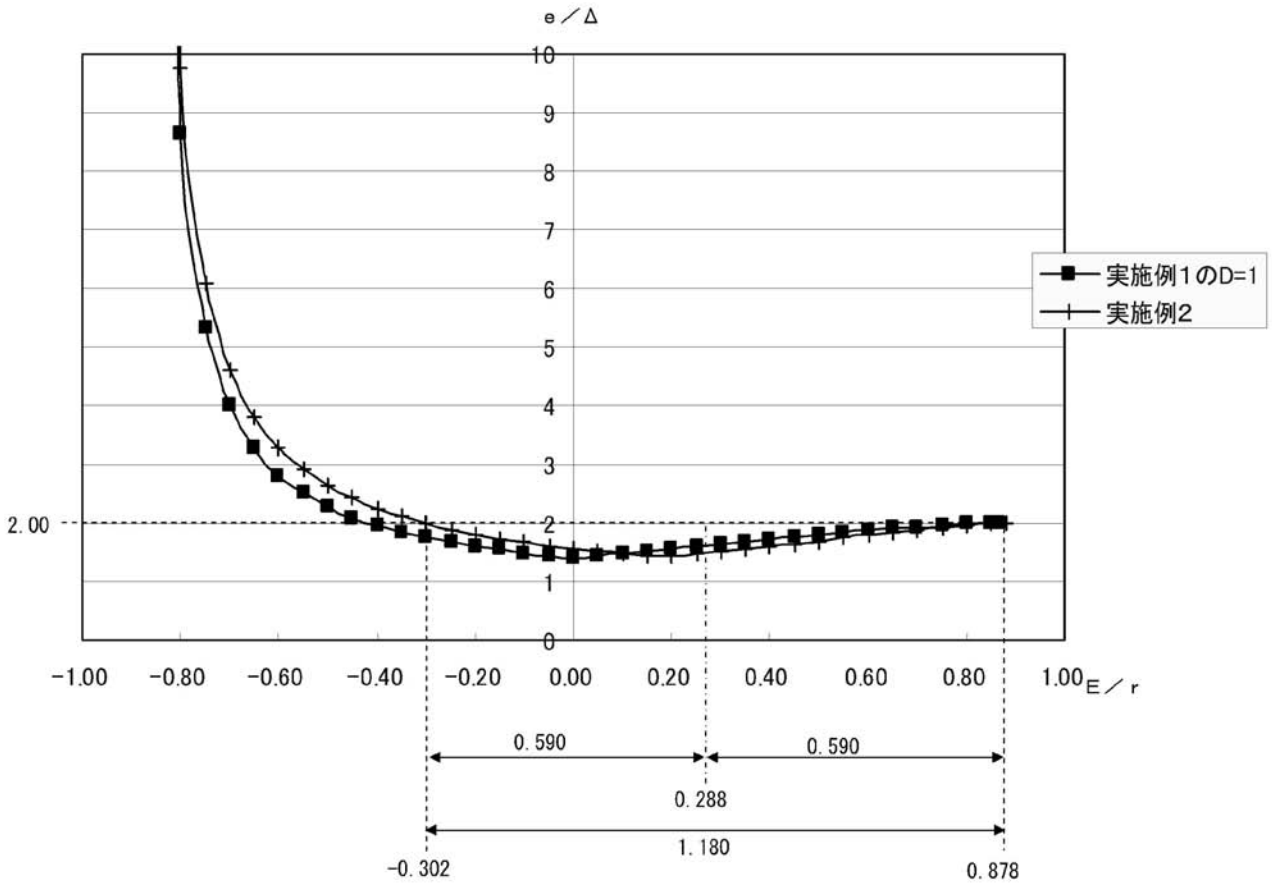
【 図 3 1 】



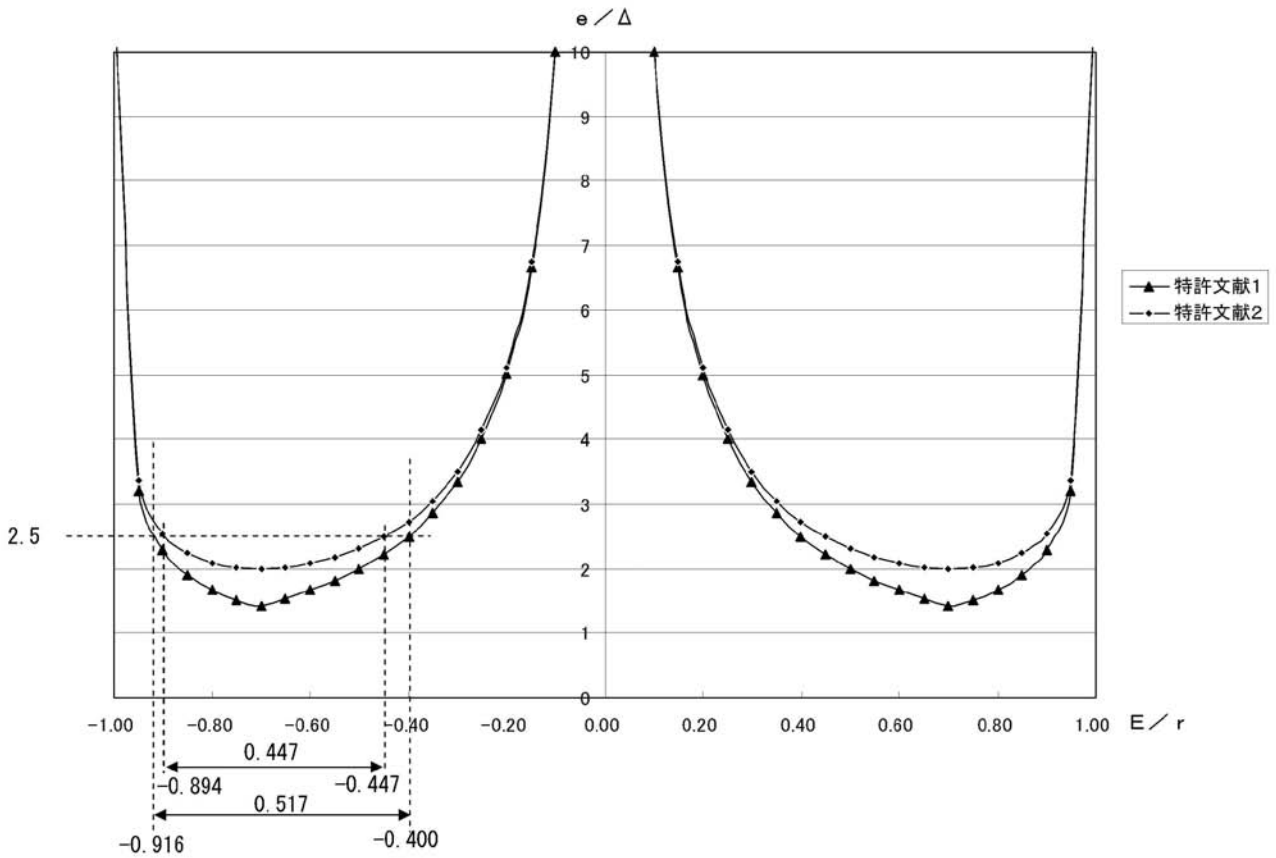
【 図 3 4 】



【 図 3 5 】



【 図 4 3 】





---

フロントページの続き

(72)発明者 田崎 厚治

大阪府大阪市阿倍野区长池町2番2号 シャープ株式会社内

Fターム(参考) 5F031 CA01 CA02 DA12 EA01 FA01 FA03 FA07 FA12 GA08 HA02  
HA37 HA59 JA04 JA06 JA22 JA29 JA32 MA28