

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7179568号
(P7179568)

(45)発行日 令和4年11月29日(2022.11.29)

(24)登録日 令和4年11月18日(2022.11.18)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 1 L 21/304 (2006.01)	H 0 1 L	21/304	6 4 8 G	
B 0 5 C 11/08 (2006.01)	H 0 1 L	21/304	6 4 3 A	
H 0 1 L 21/027 (2006.01)	B 0 5 C	11/08		
	H 0 1 L	21/30	5 6 9 C	

請求項の数 13 (全33頁)

(21)出願番号	特願2018-189981(P2018-189981)	(73)特許権者	000207551 株式会社 S C R E E Nホールディングス 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1
(22)出願日	平成30年10月5日(2018.10.5)	(74)代理人	100088672 弁理士 吉竹 英俊
(65)公開番号	特開2020-61404(P2020-61404A)	(74)代理人	100088845 弁理士 有田 貴弘
(43)公開日	令和2年4月16日(2020.4.16)	(72)発明者	猶原 英司 京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E N Nセミコンダクターソリューションズ内
審査請求日	令和3年6月18日(2021.6.18)	(72)発明者	沖田 有史 京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E N 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 基板処理方法および基板処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板保持部に基板を保持させる保持工程と、
 前記基板保持部を回転させて、前記基板を回転させる回転工程と、
 前記基板保持部の外周を囲むカップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる上昇工程と、
 前記上端位置よりも低い位置にあるノズルの吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するベベル処理工程と、
 前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を、カメラに撮像させて、撮像画像を取得する撮像工程と、
 前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する監視工程と
 を備え、
前記監視工程は、
前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第1統計量が第1閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第1閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定する工程を含み、
前記監視工程は、
前記第1統計量が前記第1閾値よりも大きな第2閾値以上であるか否かを判定し、前記

10

20

第 1 統計量が前記第 2 閾値以上であるときに、前記処理液が前記基板の前記上面で跳ね返る液はねが生じていると判定する工程を含む、基板処理方法。

【請求項 2】

基板保持部に基板を保持させる保持工程と、
前記基板保持部を回転させて、前記基板を回転させる回転工程と、
前記基板保持部の外周を囲むカップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる上昇工程と、
前記上端位置よりも低い位置にあるノズルの吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するベベル処理工程と、

前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を、カメラに撮像させて、撮像画像を取得する撮像工程と、

前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する監視工程と
を備え、

前記監視工程は、

前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第 1 統計量が第 1 閾値以上であるか否かを判定し、前記第 1 統計量が前記第 1 閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定する工程を含み、

前記監視工程は、

前記撮像画像のうち、前記吐出判定領域に対して前記基板の回転方向の下流側に設定された液はね判定領域内の画素の輝度値に基づいて、前記処理液が前記基板の前記上面で跳ね返る液はねが生じているか否かを判定する工程を含む、基板処理方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の基板処理方法であって、

前記撮像画像のうち、前記吐出判定領域に対して前記基板の回転方向の上流側には、前記液はね判定領域が設定されない、基板処理方法。

【請求項 4】

基板保持部に基板を保持させる保持工程と、
前記基板保持部を回転させて、前記基板を回転させる回転工程と、
前記基板保持部の外周を囲むカップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる上昇工程と、
前記上端位置よりも低い位置にあるノズルの吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するベベル処理工程と、

前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を、カメラに撮像させて、撮像画像を取得する撮像工程と、

前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する監視工程と
を備え、

前記監視工程は、

前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第 1 統計量が第 1 閾値以上であるか否かを判定し、前記第 1 統計量が前記第 1 閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定する工程を含み、

前記吐出判定領域は、前記撮像画像において鏡面反射により前記基板の前記上面に写る前記処理液の一部が含まれた位置に設定される、基板処理方法。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の基板処理方法であって、

前記カメラの露光時間は前記基板が 1 回転するのに要する時間以上に設定される、基板処理方法。

【請求項 6】

請求項 4 に記載の基板処理方法であって、

前記基板が 1 回転するのに要する時間以上の時間内に前記カメラによって取得された複数の撮像画像を積分または平均して得られた撮像画像のうち前記吐出判定領域内の画素の輝度値について、前記第 1 統計量を求める、基板処理方法。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか一つに記載の基板処理方法であって、

前記監視工程において、

機械学習済みの分類器によって、前記撮像画像を、前記ノズルの先端から吐出された処理液の吐出状態を示すカテゴリに分類する、基板処理方法。

10

【請求項 8】

請求項 7 に記載の基板処理方法であって、

前記監視工程において、

前記撮像画像から、前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域を切り出し、切り出した前記吐出判定領域の画像を前記分類器に入力する、基板処理方法。

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれか一つに記載の基板処理方法であって、

前記撮像画像には、前記基板の周縁の一部が含まれており、

前記ベベル処理工程は、

前記撮像画像に基づいて前記基板の周縁の一部の基板周縁位置を求める工程と、

前記ノズルを、前記基板周縁位置から所定幅だけ前記基板の中心部の処理位置に移動させる工程を含む、基板処理方法。

20

【請求項 10】

基板保持部に基板を保持させる保持工程と、

前記基板保持部を回転させて、前記基板を回転させる回転工程と、

前記基板保持部の外周を囲むカップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる上昇工程と、

前記上端位置よりも低い位置にあるノズルの吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するベベル処理工程と、

30

前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を、カメラに撮像させて、撮像画像を取得する撮像工程と、

前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する監視工程と

を備え、

前記監視工程において、

前記撮像画像から、前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域を切り出し、切り出した前記吐出判定領域の画像を機械学習済みの分類器に入力し、前記分類器によって、前記撮像画像を、前記ノズルの先端から吐出された処理液の吐出状態を示すカテゴリに分類し、

40

前記カテゴリは、前記処理液が前記基板の前記上面で跳ね返る液はねを示すカテゴリを含む、基板処理方法。

【請求項 11】

基板を保持し、前記基板を回転させる基板保持部と、

前記基板保持部の外周を囲むカップ部材と、

前記カップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる昇降機構と、

前記上端位置よりも低い位置にある吐出口を有し、前記吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するノズルと、

前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持

50

部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を撮像して、撮像画像を取得するカメラと、

前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する画像処理部とを備え、

前記画像処理部は、

前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第1統計量が第1閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第1閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定し、

前記第1統計量が前記第1閾値よりも大きな第2閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第2閾値以上であるときに、前記処理液が前記基板の前記上面で跳ね返る液はねが生じていると判定する、基板処理装置。

10

【請求項12】

基板を保持し、前記基板を回転させる基板保持部と、

前記基板保持部の外周を囲むカップ部材と、

前記カップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる昇降機構と、

前記上端位置よりも低い位置にある吐出口を有し、前記吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するノズルと、

前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を撮像して、撮像画像を取得するカメラと、

20

前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する画像処理部とを備え、

前記画像処理部は、

前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第1統計量が第1閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第1閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定し、

前記撮像画像のうち、前記吐出判定領域に対して前記基板の回転方向の下流側に設定された液はね判定領域内の画素の輝度値に基づいて、前記処理液が前記基板の前記上面で跳ね返る液はねが生じているか否かを判定する、基板処理装置。

30

【請求項13】

基板を保持し、前記基板を回転させる基板保持部と、

前記基板保持部の外周を囲むカップ部材と、

前記カップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる昇降機構と、

前記上端位置よりも低い位置にある吐出口を有し、前記吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するノズルと、

前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を撮像して、撮像画像を取得するカメラと、

40

前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する画像処理部とを備え、

前記画像処理部は、

前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第1統計量が第1閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第1閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定し、

前記吐出判定領域は、前記撮像画像において鏡面反射により前記基板の前記上面に写る前記処理液の一部が含まれた位置に設定される、基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、基板処理方法および基板処理装置に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

基板に対して処理を行う装置として、基板を水平面内で回転させつつ、その基板の表面に吐出ノズルから処理液を吐出する基板処理装置が用いられている。吐出ノズルから基板の略中央へと着液した処理液は基板の回転に伴う遠心力によって全面に広がって、その周縁から外側に飛散する。処理液が基板の全面に広がることにより、基板の全面に対して処理液を作用させることができる。処理液としては、基板に対する処理に応じた薬液または洗浄液などが採用される。

10

【 0 0 0 3 】

このような基板処理装置において、処理液が適切に吐出されているか否かを監視すべく、カメラを設ける技術が提案されている（特許文献 1 ～ 5 ）。

【 0 0 0 4 】

また半導体基板の製造工程において、その基板の周縁端部上に残留した種々の膜が、基板のデバイス面に悪影響を及ぼすことがある。

【 0 0 0 5 】

そこで、従来から、基板の周縁端部から当該膜を除去するためのベベル処理が提案されている。ベベル処理においては、基板を水平面内で回転させつつ、その基板の端部へと吐出ノズルから除去用の処理液を吐出することにより、当該処理液によって基板の周縁端部の膜を除去する。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 文献 】 特開 2 0 1 5 - 1 7 3 1 4 8 号公報

特開 2 0 1 7 - 2 9 8 8 3 号公報

特開 2 0 1 5 - 1 8 8 4 8 号公報

特開 2 0 1 6 - 1 2 2 6 8 1 号公報

特開 2 0 0 8 - 1 3 5 6 7 9 号公報

【 発明の概要 】

30

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

ベベル処理においては、基板の端部のみに処理液を供給すればよいので、その処理液の流量は少なくなる。つまり、吐出ノズルから吐出された液柱状の処理液は細くなる。よって、この液柱状の処理液は、基板の回転に伴う気流、および、周囲に発生する静電気等の諸要因の影響を受けやすく、その吐出状態は変動しやすい。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、ベベル処理においては、吐出ノズルと基板との間の間隔が狭いので、吐出ノズルから吐出された液柱状の処理液を撮像するには、工夫が必要である。

【 0 0 0 9 】

40

そこで、本願は、基板の端部に吐出された液柱状の処理液を監視できる基板処理方法および基板処理装置を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

基板処理方法の第 1 の態様は、基板保持部に基板を保持させる保持工程と、前記基板保持部を回転させて、前記基板を回転させる回転工程と、前記基板保持部の外周を囲むカップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる上昇工程と、前記上端位置よりも低い位置にあるノズルの吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するベベル処理工程と、前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域で

50

あって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を、カメラに撮像させて、撮像画像を取得する撮像工程と、前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する監視工程とを備え、前記監視工程は、前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第1統計量が第1閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第1閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定する工程を含み、前記監視工程は、前記第1統計量が前記第1閾値よりも大きな第2閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第2閾値以上であるときに、前記処理液が前記基板の前記上面で跳ね返る液はねが生じていると判定する工程を含む。

【0013】

基板処理方法の第2の態様は、基板保持部に基板を保持させる保持工程と、前記基板保持部を回転させて、前記基板を回転させる回転工程と、前記基板保持部の外周を囲むカップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる上昇工程と、前記上端位置よりも低い位置にあるノズルの吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するベベル処理工程と、前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を、カメラに撮像させて、撮像画像を取得する撮像工程と、前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する監視工程とを備え、前記監視工程は、前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第1統計量が第1閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第1閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定する工程を含み、前記監視工程は、前記撮像画像のうち、前記吐出判定領域に対して前記基板の回転方向の下流側に設定された液はね判定領域内の画素の輝度値に基づいて、前記処理液が前記基板の前記上面で跳ね返る液はねが生じているか否かを判定する工程を含む。

【0014】

基板処理方法の第3の態様は、第2の態様にかかる基板処理方法であって、前記撮像画像のうち、前記吐出判定領域に対して前記基板の回転方向の上流側には、前記液はね判定領域が設定されない。

【0015】

基板処理方法の第4の態様は、基板保持部に基板を保持させる保持工程と、前記基板保持部を回転させて、前記基板を回転させる回転工程と、前記基板保持部の外周を囲むカップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる上昇工程と、前記上端位置よりも低い位置にあるノズルの吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するベベル処理工程と、前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を、カメラに撮像させて、撮像画像を取得する撮像工程と、前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する監視工程とを備え、前記監視工程は、前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第1統計量が第1閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第1閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定する工程を含み、前記吐出判定領域は、前記撮像画像において鏡面反射により前記基板の前記上面に写る前記処理液の一部が含まれた位置に設定される。

【0016】

基板処理方法の第5の態様は、第4の態様にかかる基板処理方法であって、前記カメラの露光時間は前記基板が1回転するのに要する時間以上に設定される。

【0017】

基板処理方法の第6の態様は、第4の態様にかかる基板処理方法であって、前記基板が1回転するのに要する時間以上の時間内に前記カメラによって取得された複数の撮像画像

10

20

30

40

50

を積分または平均して得られた撮像画像のうち前記吐出判定領域内の画素の輝度値について、前記第1統計量を求める。

【0018】

基板処理方法の第7の態様は、第1から第6のいずれか一つの態様にかかる基板処理方法であって、前記監視工程において、機械学習済みの分類器によって、前記撮像画像を、前記ノズルの先端から吐出された処理液の吐出状態を示すカテゴリに分類する。

【0019】

基板処理方法の第8の態様は、第7の態様にかかる基板処理方法であって、前記監視工程において、前記撮像画像から、前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域を切り出し、切り出した前記吐出判定領域の画像を前記分類器に入力する。

【0020】

基板処理方法の第9の態様は、第1から第8のいずれか一つの態様にかかる基板処理方法であって、前記撮像画像には、前記基板の周縁の一部が含まれており、前記ベベル処理工程は、前記撮像画像に基づいて前記基板の周縁の一部の基板周縁位置を求める工程と、前記ノズルを、前記基板周縁位置から所定幅だけ前記基板の中心部の処理位置に移動させる工程を含む。

基板処理方法の第10の態様は、基板保持部に基板を保持させる保持工程と、前記基板保持部を回転させて、前記基板を回転させる回転工程と、前記基板保持部の外周を囲むカップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる上昇工程と、前記上端位置よりも低い位置にあるノズルの吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するベベル処理工程と、前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を、カメラに撮像させて、撮像画像を取得する撮像工程と、前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する監視工程とを備え、前記監視工程において、前記撮像画像から、前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域を切り出し、切り出した前記吐出判定領域の画像を機械学習済みの分類器に入力し、前記分類器によって、前記撮像画像を、前記ノズルの先端から吐出された処理液の吐出状態を示すカテゴリに分類し、前記カテゴリは、前記処理液が前記基板の前記上面で跳ね返る液はねを示すカテゴリを含む。

【0021】

基板処理装置の第1態様は、基板を保持し、前記基板を回転させる基板保持部と、前記基板保持部の外周を囲むカップ部材と、前記カップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる昇降機構と、前記上端位置よりも低い位置にある吐出口を有し、前記吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するノズルと、前記ノズルの前記吐出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を撮像して、撮像画像を取得するカメラと、前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する画像処理部とを備え、前記画像処理部は、前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第1統計量が第1閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第1閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定し、前記第1統計量が前記第1閾値よりも大きな第2閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第2閾値以上であるときに、前記処理液が前記基板の前記上面で跳ね返る液はねが生じていると判定する。

基板処理装置の第2態様は、基板を保持し、前記基板を回転させる基板保持部と、前記基板保持部の外周を囲むカップ部材と、前記カップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる昇降機構と、前記上端位置よりも低い位置にある吐出口を有し、前記吐出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するノズルと、前記ノズルの

前記吐出から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を撮像して、撮像画像を取得するカメラと、前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する画像処理部とを備え、前記画像処理部は、前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第1統計量が第1閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第1閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定し、前記撮像画像のうち、前記吐出判定領域に対して前記基板の回転方向の下流側に設定された液はね判定領域内の画素の輝度値に基づいて、前記処理液が前記基板の前記上面で跳ね返る液はねが生じているか否かを判定する。

基板処理装置の第3態様は、基板を保持し、前記基板を回転させる基板保持部と、前記基板保持部の外周を囲むカップ部材と、前記カップ部材を上昇させて、前記カップ部材の上端を、前記基板保持部に保持された前記基板の上面よりも高い上端位置に位置させる昇降機構と、前記上端位置よりも低い位置にある吐出出口を有し、前記吐出出口から、前記基板保持部に保持された前記基板の上面の端部に、処理液を吐出するノズルと、前記ノズルの前記吐出出口から吐出される処理液を含む撮像領域であって、前記基板保持部に保持された前記基板の上方の撮像位置から見た撮像領域を撮像して、撮像画像を取得するカメラと、前記撮像画像に基づいて前記処理液の吐出状態を判定する画像処理部とを備え、前記画像処理部は、前記撮像画像のうち前記ノズルの直下に位置し、縦方向よりも横方向に長い吐出判定領域内の画素の輝度値の第1統計量が第1閾値以上であるか否かを判定し、前記第1統計量が前記第1閾値以上であるときに、前記ノズルから前記処理液が吐出されていると判定し、前記吐出判定領域は、前記撮像画像において鏡面反射により前記基板の前記上面に写る前記処理液の一部が含まれた位置に設定される。

【発明の効果】

【0022】

基板処理方法の第1の態様および基板処理装置の第1態様によれば、ノズルから吐出される処理液を撮像でき、その撮像画像に基づいて吐出状態を適切に判定できる。

【0023】

しかも、処理液の吐出の有無を判定できる。

【0024】

さらに、吐出の有無で用いた第1統計量を用いて液はねの有無を判定できる。よって、演算処理が簡易である。

【0025】

基板処理方法の第2の態様および基板処理装置の第2態様によれば、液はねが生じやすい方向に設定された液はね吐出領域内の画素の画素値を用いている。よって、吐出ノズルの有無を適切に判定できる。

【0026】

基板処理方法の第3の態様によれば、液はねが生じにくい領域に液はね判定領域を設定しないので、処理の負荷を低減できる。

【0027】

基板処理方法の第4の態様および基板処理装置の第3態様によれば、鏡面反射により、基板の上面に写る液柱状の処理液の長さが長くなるので、吐出判定領域を設定しやすい。

【0028】

基板処理方法の第5の態様によれば、撮像画像において、基板の上面のパターンが平均化されて一様化されるので、基板の上面に写る処理液の輪郭を際立たせることができる。

【0029】

基板処理方法の第6の態様によれば、撮像画像において、基板の上面のパターンが平均化されて一様化されるので、基板の上面に写る処理液の輪郭を際立たせることができる。

【0030】

基板処理方法の第7の態様によれば、高い精度で異常を検出できる。

【0031】

10

20

30

40

50

基板処理方法の第8および第10の態様によれば、吐出状態とは関連性の低い領域の影響を除去して分類を行うことができるので、その分類精度を向上することができる。

【0032】

基板処理方法の第9の態様によれば、ノズルを高い精度で処理位置に移動させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】基板処理装置の構成の概略的な一例を示す図である。

【図2】処理ユニットの構成の概略的な一例を示す平面図である。

【図3】処理ユニットの構成の概略的な一例を示す断面図である。

10

【図4】カメラによって取得された撮像画像の一例を概略的に示す図である。

【図5】カメラとカメラ保持部との構成の一例を概略的に示す斜視図である。

【図6】基板処理の一例を示すフローチャートである。

【図7】監視処理の一例を示すフローチャートである。

【図8】撮像画像の一部を拡大した図である。

【図9】吐出判定領域内の画素の輝度値の一例を示すグラフである。

【図10】撮像画像の一例を概略的に示す図である。

【図11】統計量の時間変化の一例を示すグラフである。

【図12】監視処理の一例を示すフローチャートである。

【図13】処理ユニットの構成の概略的な一例を示す平面図である。

20

【図14】撮像画像の一例を概略的に示す図である。

【図15】処理ユニットの構成の概略的な一例を示す平面図である。

【図16】制御部の内部構成の一例を概略的に示す機能ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下、添付される図面を参照しながら実施の形態について説明する。なお、図面は概略的に示されるものであり、説明の便宜のため、適宜、構成の省略、または、構成の簡略化がなされるものである。また、図面に示される構成などの大きさおよび位置の相互関係は、必ずしも正確に記載されるものではなく、適宜変更され得るものである。

【0035】

30

また、以下に示される説明では、同様の構成要素には同じ符号を付して図示し、それらの名称と機能とについても同様のものとする。したがって、それらについての詳細な説明を、重複を避けるために省略する場合がある。

【0036】

<基板処理装置の概要>

図1は、基板処理装置100の全体構成を示す図である。基板処理装置100は、基板Wに対して処理液を供給して基板Wに対する処理を行う装置である。基板Wは、例えば半導体基板である。この基板Wは略円板形状を有している。

【0037】

この基板処理装置100は、基板Wを水平面内で回転させつつ、基板Wの端部に処理液を供給することにより、基板Wの周縁端部に付着した不要物を除去することができる。この周縁端部の幅（径方向に沿う幅）は例えば0.5～3[mm]程度である。不要物としては、例えばSiO₂膜、SiN膜およびポリシリコン膜などの膜、および、パーティクル等が挙げられる。このような不要物を除去する処理液としては、フッ酸（HF）、リン酸（H₃PO₄）、アンモニア（NH₃）と過酸化水素（H₂O₂）との混合溶液（SC-1）、および、フッ硝酸（フッ酸と硝酸（HNO₃）の混合液）などが挙げられる。基板処理装置100は、基板Wを回転させつつ、基板Wの端部に処理液を供給することにより、不要物を除去する。このような処理はベベル処理とも呼ばれる。

40

【0038】

基板処理装置100は、インデクサ102、複数の処理ユニット1および主搬送口ボッ

50

ト 1 0 3 を備える。インデクサ 1 0 2 は、装置外から受け取った未処理の基板 W を装置内に搬入するとともに、処理済みの基板 W を装置外に搬出する機能を有する。インデクサ 1 0 2 は、複数のキャリアを載置するとともに移送ロボットを備える（いずれも図示省略）。キャリアとしては、基板 W を密閉空間に収納する F O U P (front opening unified pod) または S M I F (Standard Mechanical Inter Face) ボッド、あるいは、収納した状態で基板 W を外気に曝す O C (open cassette) を採用することができる。移送ロボットは、当該キャリアと主搬送ロボット 1 0 3 との間で基板 W を移送する。

【 0 0 3 9 】

基板処理装置 1 0 0 には、1 2 個の処理ユニット 1 が配置されている。詳細な配置構成は、3 個の処理ユニット 1 を積層したタワーが主搬送ロボット 1 0 3 の周囲を囲むように 4 個配置されるというものである。換言すれば、主搬送ロボット 1 0 3 を囲んで配置された 4 個の処理ユニット 1 が 3 段に積層されており、図 1 はそのうちの 1 層を示している。なお、基板処理装置 1 0 0 に搭載される処理ユニット 1 の個数は 1 2 に限定されるものではなく、例えば 8 個または 4 個であっても良い。

10

【 0 0 4 0 】

主搬送ロボット 1 0 3 は、処理ユニット 1 を積層した 4 個のタワーの中央に設置されている。主搬送ロボット 1 0 3 は、インデクサ 1 0 2 から受け取った未処理の基板 W を各処理ユニット 1 に搬入するとともに、各処理ユニット 1 から処理済みの基板 W を搬出してインデクサ 1 0 2 に渡す。

【 0 0 4 1 】

< 処理ユニット >

次に、処理ユニット 1 について説明する。以下、基板処理装置 1 0 0 に搭載された 1 2 個の処理ユニット 1 のうちの 1 つを説明するが、他の処理ユニット 1 についても同様である。図 2 は、処理ユニット 1 の平面図である。また、図 3 は、処理ユニット 1 の縦断面図である。

20

【 0 0 4 2 】

処理ユニット 1 は、チャンバー 1 0 内に、主たる要素として、基板 W を水平姿勢（基板 W の法線が鉛直方向に沿う姿勢）に保持する基板保持部 2 0 と、基板保持部 2 0 に保持された基板 W の上面に処理液を供給するための 3 つの処理液供給部 3 0 , 6 0 , 6 5 と、基板保持部 2 0 の周囲を取り囲む処理カップ（カップ部材）4 0 と、カメラ 7 0 とを備える。また、チャンバー 1 0 内における処理カップ 4 0 の周囲には、チャンバー 1 0 の内側空間を上下に仕切る仕切板 1 5 が設けられている。また処理ユニット 1 には、制御部 9 および報知部 9 3 が設けられている。

30

【 0 0 4 3 】

< チャンバー >

チャンバー 1 0 は、鉛直方向に沿う側壁 1 1、側壁 1 1 によって囲まれた空間の上側を閉塞する天井壁 1 2 および下側を閉塞する床壁 1 3 を備える。側壁 1 1、天井壁 1 2 および床壁 1 3 によって囲まれた空間が基板 W の処理空間となる。また、チャンバー 1 0 の側壁 1 1 の一部には、チャンバー 1 0 に対して主搬送ロボット 1 0 3 が基板 W を搬出入するための搬出入口およびその搬出入口を開閉するシャッターが設けられている（いずれも図示省略）。

40

【 0 0 4 4 】

チャンバー 1 0 の天井壁 1 2 には、基板処理装置 1 0 0 が設置されているクリーンルーム内の空気をさらに清浄化してチャンバー 1 0 内の処理空間に供給するためのファンフィルタユニット（F F U）1 4 が取り付けられている。ファンフィルタユニット 1 4 は、クリーンルーム内の空気を取り込んでチャンバー 1 0 内に送り出すためのファンおよびフィルタ（例えば H E P A フィルタ）を備えており、チャンバー 1 0 内の処理空間に清浄空気のダウンフローを形成する。ファンフィルタユニット 1 4 から供給された清浄空気を均一に分散するために、多数の吹出し孔を穿設したパンチングプレート天井壁 1 2 の直下に設けるようにしても良い。

50

【 0 0 4 5 】

< 基板保持部 >

基板保持部 2 0 は例えばスピンチャックである。この基板保持部 2 0 は、鉛直方向に沿って延びる回転軸 2 4 の上端に水平姿勢で固定された円板形状のスピンベース 2 1 を備える。スピンベース 2 1 の下方には回転軸 2 4 を回転させるスピンモータ 2 2 が設けられている。スピンモータ 2 2 は、回転軸 2 4 を介してスピンベース 2 1 を水平面内にて回転させる。また、スピンモータ 2 2 および回転軸 2 4 の周囲を取り囲むように筒状のカバー部材 2 3 が設けられている。

【 0 0 4 6 】

円板形状のスピンベース 2 1 の外径は、基板保持部 2 0 に保持される円形の基板 W の径よりも若干大きい。よって、スピンベース 2 1 は、保持すべき基板 W の下面の全面と対向する保持面 2 1 a を有している。

10

【 0 0 4 7 】

スピンベース 2 1 の保持面 2 1 a の周縁部には複数（本実施形態では 4 本）のチャックピン 2 6 が立設されている。複数のチャックピン 2 6 は、円形の基板 W の外周円に対応する円周上に沿って均等な間隔をあけて（本実施形態のように 4 個のチャックピン 2 6 であれば 90° 間隔にて）配置されている。複数のチャックピン 2 6 は、スピンベース 2 1 内に収容された図示省略のリンク機構によって連動して駆動される。基板保持部 2 0 は、複数のチャックピン 2 6 のそれぞれを基板 W の外周端に当接させて基板 W を把持することにより、当該基板 W をスピンベース 2 1 の上方で保持面 2 1 a に近接した水平姿勢にて保持することができるとともに（図 3 参照）、複数のチャックピン 2 6 のそれぞれを基板 W の外周端から離間させて把持を解除することができる。

20

【 0 0 4 8 】

複数のチャックピン 2 6 による把持によって基板保持部 2 0 が基板 W を保持した状態にて、スピンモータ 2 2 が回転軸 2 4 を回転させることにより、基板 W の中心を通る鉛直方向に沿った回転軸 C X まわりに基板 W を回転させることができる。ここでは、基板保持部 2 0 は図 2 において反時計回り方向に回転するものとする。

【 0 0 4 9 】

< 処理液供給部 >

処理液供給部 3 0 は吐出ノズル 3 1 と固定部材 3 2 と移動機構 3 3 とを備えている。固定部材 3 2 は吐出ノズル 3 1 を固定する部材であり、例えばノズルアーム 3 2 1 とノズル基台 3 2 2 とを備えている。ノズルアーム 3 2 1 の先端には吐出ノズル 3 1 が取り付けられている。ノズルアーム 3 2 1 の基端側はノズル基台 3 2 2 に固定して連結されている。移動機構 3 3 はこの固定部材 3 2 を変位させることで、吐出ノズル 3 1 を移動させる。例えば移動機構 3 3 はモータであって、ノズル基台 3 2 2 を、鉛直方向に沿った軸のまわりで回転させる。ノズル基台 3 2 2 が回転することにより、図 2 中の矢印 A R 3 4 にて示すように、吐出ノズル 3 1 は基板 W の端部の上方の処理位置と処理カップ 4 0 よりも外側の待機位置との間で水平方向に沿って円弧状に移動する。

30

【 0 0 5 0 】

処理液供給部 3 0 は複数の吐出ノズル 3 1 を備えていてもよい。図 2 および図 3 の例では、吐出ノズル 3 1 として 3 つの吐出ノズル 3 1 が示されている。3 つの吐出ノズル 3 1 はノズルアーム 3 2 1 を介してノズル基台 3 2 2 に固定されている。よって、3 つの吐出ノズル 3 1 は互いに同期して移動する。3 つの吐出ノズル 3 1 は、処理位置において基板 W の周方向に沿って並ぶ位置に設けられている。3 つの吐出ノズル 3 1 の周方向における間隔は例えば 10 数 [m m] 程度である。

40

【 0 0 5 1 】

図 3 に例示するように、吐出ノズル 3 1 は配管 3 4 を介して処理液供給源 3 7 に接続されている。配管 3 4 の途中には開閉弁 3 5 が設けられている。吐出ノズル 3 1 の先端の下面には吐出口（不図示）が形成されている。開閉弁 3 5 が開くことにより、処理液供給源 3 7 からの処理液が配管 3 4 の内部を流れて吐出ノズル 3 1 の吐出口から吐出される。吐

50

出ノズル 3 1 が処理位置で停止した状態で吐出された処理液は、基板保持部 2 0 に保持された基板 W の上面の端部に着液する。基板 W が回転することにより、吐出ノズル 3 1 からの処理液が基板 W の周縁端部の全領域に供給されて、当該周縁端部の不要物が除去される（ベベル処理）。

【 0 0 5 2 】

配管 3 4 の途中にはそれぞれサックバック弁 3 6 が設けられていてもよい。サックバック弁 3 6 は処理液の吐出停止時において配管 3 4 内の処理液を吸い込むことにより、吐出ノズル 3 1 の先端から処理液を引き込む。これにより、吐出停止時において処理液が吐出ノズル 3 1 の先端から比較的大きな塊（液滴）として落下するばた落ちが生じにくい。

【 0 0 5 3 】

複数の吐出ノズル 3 1 が設けられる場合には、吐出ノズル 3 1 は、互いに異なる処理液供給源 3 7 に接続されてもよい。つまり処理液供給部 3 0 は、複数種の処理液が供給されるように構成されていてもよい。あるいは、複数の吐出ノズル 3 1 の少なくとも 2 つが同じ処理液を供給してもよい。

【 0 0 5 4 】

また、本実施形態の処理ユニット 1 には、上記の処理液供給部 3 0 に加えてさらに 2 つの処理液供給部 6 0 , 6 5 が設けられている。本実施形態の処理液供給部 6 0 , 6 5 は、上記の処理液供給部 3 0 と同様の構成を備える。すなわち、処理液供給部 6 0 は吐出ノズル 6 1 と固定部材 6 2 と移動機構 6 3 とを有している。固定部材 6 2 は固定部材 3 2 と同様に、ノズルアーム 6 2 1 とノズル基台 6 2 2 とを有している。ノズルアーム 6 2 1 の先端には吐出ノズル 6 1 が取り付けられており、その基端にはノズル基台 6 2 2 が連結されている。移動機構 6 3 は例えばモータであって、ノズル基台 6 2 2 を回動させることにより、吐出ノズル 6 1 を、矢印 A R 6 4 にて示すように基板 W の端部の上方の処理位置と処理カップ 4 0 よりも外側の待機位置との間で円弧状に移動させる。この吐出ノズル 6 1 も基板 W の端部に処理液を供給する。基板 W が回転することにより、吐出ノズル 6 1 からの処理液が基板 W の周縁端部の全領域に供給されて、当該周縁端部の不要物が除去される（ベベル処理）。

【 0 0 5 5 】

処理液供給部 6 5 は吐出ノズル 6 6 と固定部材 6 7 と移動機構 6 8 とを有している。固定部材 6 7 はノズルアーム 6 7 1 とノズル基台 6 7 2 とを有している。ノズルアーム 6 7 1 の先端には吐出ノズル 6 6 が取り付けられており、その基端にはノズル基台 6 7 2 が連結されている。移動機構 6 8 は例えばモータであって、ノズル基台 6 7 2 を回動させることにより、吐出ノズル 6 6 を、矢印 A R 6 9 にて示すように基板 W の略中央の上方の処理位置と処理カップ 4 0 よりも外側の待機位置との間で円弧状に移動させる。この吐出ノズル 6 6 は基板 W の略中央に処理液を供給する。基板 W が回転することにより、吐出ノズル 6 6 からの処理液が基板 W の中心から広がってその周縁から外側に飛散される。これにより、基板 W の上面の全てに処理液を作用させることができる。

【 0 0 5 6 】

処理液供給部 6 0 , 6 5 の各々も複数種の処理液が供給されるように構成されていてもよい。あるいは、処理液供給部 6 0 , 6 5 の各々は単一の処理液が供給されるように構成されていてもよい。

【 0 0 5 7 】

処理液供給部 6 0 , 6 5 はそれぞれの吐出ノズル 6 1 , 6 6 が処理位置に位置する状態で、基板保持部 2 0 に保持された基板 W の上面に処理液を吐出する。なお、処理液供給部 6 0 , 6 5 の少なくとも一方は、純水などの洗浄液と加圧した気体とを混合して液滴を生成し、その液滴と気体との混合流体を基板 W に噴射する二流体ノズルであっても良い。また、処理ユニット 1 に設けられる処理液供給部は 3 つに限定されるものではなく、1 つ以上であれば良い。処理液供給部 6 0 , 6 5 の各吐出ノズルも、処理液供給部 3 0 と同様に配管を介して処理液供給源に接続され、またその配管の途中には開閉弁が設けられ、さらにサックバック弁が設けられてもよい。以下では、代表的に処理液供給部 3 0 を用いたべ

10

20

30

40

50

ベル処理について述べる。

【 0 0 5 8 】

< 処理カップ >

処理カップ 4 0 は、基板保持部 2 0 を取り囲むように設けられている。処理カップ 4 0 は内カップ 4 1、中カップ 4 2 および外カップ 4 3 を備えている。内カップ 4 1、中カップ 4 2 および外カップ 4 3 は昇降可能に設けられている。具体的には、処理ユニット 1 には、昇降機構 4 4 が設けられており、昇降機構 4 4 は内カップ 4 1、中カップ 4 2 および外カップ 4 3 を個別に昇降させることができる。昇降機構 4 4 は例えばボールねじ機構を有している。

【 0 0 5 9 】

内カップ 4 1、中カップ 4 2 および外カップ 4 3 が上昇した状態では、処理カップ 4 0 の上端（ここでは外カップ 4 3 の上端）は基板 W の上面に対して上方に位置している。以下では、外カップ 4 3 が上昇した状態での外カップ 4 3 の上端の高さ位置を処理カップ 4 0 の上端位置とも呼ぶ。処理カップ 4 0 の上端位置と基板 W との鉛直方向における間隔は例えば 2 [mm] ~ 1 0 数 [mm] 程度に設定され得る。

【 0 0 6 0 】

内カップ 4 1、中カップ 4 2 および外カップ 4 3 が上昇した状態では、基板 W の周縁から飛散した処理液は内カップ 4 1 の内周面に当たって落下する。落下した処理液は適宜に第 1 回収機構（不図示）によって回収される。内カップ 4 1 が下降し、中カップ 4 2 および外カップ 4 3 が上昇した状態では、基板 W の周縁から飛散した処理液は中カップ 4 2 の内周面に当たって落下する。落下した処理液は適宜に第 2 回収機構（不図示）によって回収される。内カップ 4 1 および中カップ 4 2 が下降し、外カップ 4 3 が上昇した状態では、基板 W の周縁から飛散した処理液は外カップ 4 3 の内周面に当たって落下する。落下した処理液は適宜に第 3 回収機構（不図示）によって回収される。これによれば、異なる処理液をそれぞれ適切に回収することができる。

【 0 0 6 1 】

以下では、外カップ 4 3 が上昇した状態を処理カップ 4 0 が上昇した状態として説明する。つまり、処理カップ 4 0 が上昇した状態は、内カップ 4 1、中カップ 4 2 および外カップ 4 3 の全てが上昇した状態と、中カップ 4 2 および外カップ 4 3 のみが上昇した状態と、外カップ 4 3 のみが上昇した状態を含む。

【 0 0 6 2 】

< 仕切板 >

仕切板 1 5 は、処理カップ 4 0 の周囲においてチャンバー 1 0 の内側空間を上下に仕切るように設けられている。仕切板 1 5 は、処理カップ 4 0 を取り囲む 1 枚の板状部材であっても良いし、複数の板状部材をつなぎ合わせたものであっても良い。また、仕切板 1 5 には、厚さ方向に貫通する貫通孔や切り欠きが形成されていても良く、本実施形態では処理液供給部 3 0、6 0、6 5 のノズル基台 3 2 2、6 2 2、6 7 2 を支持するための支持軸を通すための貫通孔（不図示）が形成されている。

【 0 0 6 3 】

仕切板 1 5 の外周端はチャンバー 1 0 の側壁 1 1 に連結されている。また、仕切板 1 5 の処理カップ 4 0 を取り囲む端縁部は外カップ 4 3 の外径よりも大きな径の円形状となるように形成されている。よって、仕切板 1 5 が外カップ 4 3 の昇降の障害となることはない。

【 0 0 6 4 】

また、チャンバー 1 0 の側壁 1 1 の一部であって、床壁 1 3 の近傍には排気ダクト 1 8 が設けられている。排気ダクト 1 8 は図示省略の排気機構に連通接続されている。ファンフィルタユニット 1 4 から供給されてチャンバー 1 0 内を流下した清浄空気のうち、処理カップ 4 0 と仕切板 1 5 と間を通過した空気は排気ダクト 1 8 から装置外に排出される。

【 0 0 6 5 】

< カメラ >

カメラ70は、チャンバー10内であって仕切板15よりも上方に設置されている。カメラ70は、例えば撮像素子（例えばCCD（Charge Coupled Device））と、電子シャッター、レンズなどの光学系とを備える。カメラ70は、次で説明する撮像領域を撮像することができる。すなわち、当該撮像領域とは、基板Wに対して上方の撮像位置から見た領域であって、処理位置における吐出ノズル31の先端と、その先端から基板Wの端部へ吐出される略液柱状の処理液とを含む領域である（図3も参照）。

【0066】

図4は、カメラ70によって取得された画像データ（以下、撮像画像と呼ぶ）IM1の一例を概略的に示す図である。図4の例では、撮像画像IM1には、3つの吐出ノズル31の先端が含まれている。この撮像画像IM1では、3つの吐出ノズル31のうち中央に位置する吐出ノズル31から吐出された略液柱状の処理液Lq1が含まれている。ここでいう略液柱状の処理液Lq1とは、吐出ノズル31の先端から基板Wの上面に向かって流下する処理液Lq1をいう。カメラ70はこの撮像画像IM1を制御部9へと出力する。

10

【0067】

図2に例示するように、カメラ70は移動可能に設けられるとよい。図2の例では、カメラ70は処理液供給部60の固定部材62に固定されている。より具体的な例として、カメラ70を保持するカメラ保持部73が設けられており、このカメラ保持部73が固定部材62のノズルアーム621に連結されている。例えば、カメラ保持部73はその基端側において、締結部材（例えばねじ）によりノズルアーム621の先端部に固定され、先端側において、締結部材によりカメラ70を固定して保持する。カメラ保持部73は例えば金属（例えばステンレス）等により形成される。移動機構63は固定部材62を変位させることにより、カメラ70を基板Wの上方の撮像位置に移動させる。具体的には、移動機構63はノズル基台622を回転させることにより、カメラ70を、基板Wの上方の撮像位置と処理カップ40よりも外側の待機位置との間で往復移動させることができる。

20

【0068】

図2の例では、吐出ノズル31の待機位置はカメラ70の待機位置に対して、時計回り方向に略90度ずれた位置にある。この吐出ノズル31およびカメラ70は、各々の待機位置から互いに近づくように移動して、それぞれ処理位置および撮像位置で停止する。カメラ70はその撮像位置において、吐出ノズル31の先端と、その先端から吐出される略液柱状の処理液Lq1とを含む撮像領域を撮像できる姿勢で、カメラ保持部73に保持されている。図2の例では、カメラ保持部73はノズルアーム621に対して時計回り方向側に斜めに突出しており、その先端側においてカメラ70を保持する。

30

【0069】

ここで、吐出ノズル31が処理位置で停止し、かつ、カメラ70が撮像位置で停止した状態における、カメラ70と吐出ノズル31との位置関係の一例について述べる。以下では、3つの吐出ノズル31のうち中央に位置する吐出ノズル31を用いて当該位置関係を説明する。

【0070】

図2の例では、カメラ70は平面視において、吐出ノズル31に対して基板Wの中心側に位置している。つまり、カメラ70の基板Wに対する径方向の位置は吐出ノズル31の径方向の位置よりも基板Wの中心側に位置している。

40

【0071】

また図2の例では、カメラ70は平面視において、基板Wの径方向よりも周方向に近い方向から3つの吐出ノズル31の先端を撮像している。つまり、カメラ70の基板Wに対する周方向の位置は吐出ノズル31の周方向の位置に対して一方側にずれている。さらに言い換えれば、平面視において、基板Wの中心と吐出ノズル31とを結ぶ仮想的な直線L1とカメラ70の光軸とがなす角度 θ_1 （ $0 < \theta_1 < 90$ ）は、直線L1に直交する仮想的な直線L2とカメラ70の光軸とがなす角度 θ_2 （ $0 < \theta_2 < 90$ ）よりも大きい。これによれば、撮像画像IM1において、処理液Lq1の基板Wに対する着液位置の径方向位置を見やすくすることができる。ただし角度 θ_2 が小さすぎると、撮像位置から見て、

50

3つの吐出ノズル31が奥行き方向に並んで重なり得る。この場合、3つの吐出ノズル31の全てを撮像画像IM1に含めることが難しいので、撮像位置から見て3つの吐出ノズル31が適度に横方向にずれるように、角度2が設定されるとよい。

【0072】

またカメラ70がより周方向に近い方向から撮像領域を撮像することにより、撮像位置から見て、3つの吐出ノズル31は奥行き方向に互いにずれる。この3つの吐出ノズル31の奥行き方向における間隔は例えば数[mm]~10数[mm]程度である。カメラ70の被写界深度は、これら3つの吐出ノズル31の輪郭が明確となる程度に大きく設定される。またカメラ70と吐出ノズル31との間の距離は例えば約100[mm]程度である。

10

【0073】

図2の例では、カメラ70は吐出ノズル31に対して基板保持部20の回転方向の上流側に位置している。吐出ノズル31に対して上流側では、その下流側に比べて、基板Wの周縁端部上の処理液Lq1の量が少なくなり得る。なぜなら、処理液Lq1は基板Wの回転に伴って基板Wの周縁から外側に飛散し得るからである。よって、カメラ70が吐出ノズル31に対して上流側に位置していれば、処理液Lq1がカメラ70に付着したり、あるいは、処理液Lq1の気化成分がカメラ70に対して影響を及ぼしたりしにくい。つまり、カメラ70が吐出ノズル31に対して上流側に位置することは、カメラ70の保護という観点で好適である。

【0074】

さて、吐出ノズル31が処理液Lq1を吐出する際には、処理カップ40は上昇した状態にある。基板Wの周縁から飛散する処理液Lq1を処理カップ40で受け止めるためである。この状態では、吐出ノズル31の先端(吐出口)は処理カップ40の上端位置よりも低い位置にある。例えば、処理カップ40の上端位置と基板Wの上面との間の鉛直方向における間隔は約2[mm]~10数[mm]程度に設定され、吐出ノズル31と基板Wとの間の間隔は約2[mm]程度以下(例えば約1[mm]程度)に設定される。

20

【0075】

ここで、比較のために、カメラ70による撮像位置を処理カップ40よりも外側に設定する場合について述べる。例えば、処理カップ40よりも外側の空間のうち吐出ノズル31に近い側(図3のチャンパー10内の右上の領域)に撮像位置を設定する。処理カップ40の上端位置は吐出ノズル31の先端よりも高い位置にあるので、この処理カップ40が撮像を阻害し得る。つまり、処理カップ40よりも外側の撮像位置から略液柱状の処理液Lq1を撮像しようとしても、当該処理液Lq1は処理カップ40によって遮られ得る。この処理カップ40を避けるべく撮像位置をより高い位置に設定すると、吐出ノズル31を斜め上方から撮像することになる。吐出ノズル31の先端と基板Wとの間隔は狭いので、略液柱状の処理液Lq1を斜め上方から撮像しようとする、今度は、当該処理液Lq1はその吐出ノズル31によって遮られ得る。

30

【0076】

そこで、処理カップ40よりも外側の空間のうち、基板Wの中心に対して吐出ノズル31とは反対側(図3のチャンパー10内の左上の領域)に撮像位置を設定することも考えられる。これにより、吐出ノズル31から吐出される略液柱状の処理液Lq1を撮像することは可能かもしれない。しかしながら、吐出ノズル31の先端とカメラ70の撮像位置との間の距離が長くなるので、高解像度のカメラ70または望遠用のカメラ70を必要とする。

40

【0077】

これに対して、本実施の形態では、撮像位置が基板Wの上方にあるので、高さ方向において、その撮像位置を基板Wの上面に近づけることが容易であり、カメラ70の光軸を水平方向に沿わせやすい。よって、カメラ70は処理カップ40および吐出ノズル31によって遮られることなく、吐出ノズル31から吐出される略液柱状の処理液Lq1を撮像できる。カメラ70の光軸と水平面とのなす角度は例えば10数[度]程度以下に設定され

50

得る。

【 0 0 7 8 】

また平面視において、カメラ 7 0 を吐出ノズル 3 1 に近づけることも可能である。よって、より低解像度の、または、望遠を必要としない、より安価なカメラを採用することができる。このようなカメラのサイズは小さいので好適である。図 4 の例では、カメラ 7 0 と吐出ノズル 3 1 との間の距離が短いので、撮像画像 I M 1 には基板 W の周縁の一部のみが含まれている。

【 0 0 7 9 】

ここで、カメラ 7 0 の高さ方向における撮像位置の一例について述べる。カメラ 7 0 の撮像位置は、カメラ 7 0 の撮像素子による受光面の下端が処理カップ 4 0 の上端位置と同じ、または当該上端位置よりも低い位置となるように設定されてもよい。例えばカメラ 7 0 と基板 W の上面との間の距離は 1 [mm] ~ 5 [mm] 程度に設定され得る。これにより、カメラ 7 0 を基板 W の上面により近づけることができ、カメラ 7 0 の光軸をより水平方向に沿わせることができる。

10

【 0 0 8 0 】

あるいは、カメラ 7 0 の筐体の下端が処理カップ 4 0 の上端位置と同じ、または当該上端位置よりも低い位置となるように、カメラ 7 0 の撮像位置を設定してもよい。

【 0 0 8 1 】

またカメラ保持部 7 3 がカメラ 7 0 の下面を支持する場合もあり得る。図 5 は、カメラ 7 0 およびカメラ保持部 7 3 の一例を概略的に示す斜視図であり、図 5 においては、基板 W および吐出ノズル 3 1 も示されている。図 5 の例では、カメラ保持部 7 3 は、L 字状の連結部材 7 3 1 と、カメラ 7 0 の上面側に位置する上面部材 7 3 2 と、カメラ 7 0 の側面側に位置する側面部材 7 3 3 と、カメラ 7 0 の下面側に位置する下面部材 7 3 4 とを有している。連結部材 7 3 1 はノズルアーム 6 2 1 から水平方向に延びる第 1 棒状部材と、その棒状部材の先端から鉛直下方へと延びる第 2 棒状部材とを有している。第 2 棒状部材の先端は上面部材 7 3 2 に連結されている。図 5 の例では、上面部材 7 3 2、側面部材 7 3 3 および下面部材 7 3 4 は板状の形状を有している。上面部材 7 3 2 および下面部材 7 3 4 はその厚み方向が鉛直方向に沿う姿勢で配置されており、側面部材 7 3 3 はその厚み方向が水平方向に沿う姿勢で配置されている。側面部材 7 3 3 は上面部材 7 3 2 および下面部材 7 3 4 を連結する。下面部材 7 3 4 はカメラ 7 0 を支持する支持部材としても機能する。

20

30

【 0 0 8 2 】

このような構造において、カメラ 7 0 の撮像位置は、下面部材 7 3 4 の下端が処理カップ 4 0 の上端位置と同じ、または当該上端位置よりも低い位置となるように設定されてもよい。これによっても、カメラ 7 0 を基板 W の上面により近づけることができ、カメラ 7 0 の光軸をより水平方向に沿わせることができる。

【 0 0 8 3 】

< 照明部 >

図 3 に示すように、チャンバー 1 0 内であって仕切板 1 5 よりも上方には、照明部 7 1 が設けられている。照明部 7 1 は例えば L E D (Light Emitting Diode) 等の光源を含む。照明部 7 1 が照射する光の波長は特に制限されないものの、例えば可視光または近赤外光を採用できる。図 3 の例では、照明部 7 1 はカメラ 7 0 よりも上方に配置されている。例えば、照明部 7 1 は平面視においてカメラ 7 0 と重なる位置に配置される (図 2 参照) 。照明部 7 1 はカメラ保持部 7 3 によって保持されてもよい。例えば照明部 7 1 はカメラ保持部 7 3 の上面部材 7 3 2 の上面に固定されてもよい。通常、チャンバー 1 0 内は暗室であるため、カメラ 7 0 が撮像を行うときには照明部 7 1 が撮像領域に光を照射する。

40

【 0 0 8 4 】

< 制御部 >

制御部 9 は基板処理装置 1 0 0 の各種構成を制御して基板 W に対する処理を進行する。また制御部 9 はカメラ 7 0 によって取得された撮像画像 I M 1 に対して画像処理を行う。

50

よって、制御部 9 は画像処理部として機能する。カメラ 70 は基板 W の上方の撮像位置から吐出ノズル 31 の先端を撮像するので、カメラ 70 によって取得される撮像画像 IM1 には、吐出ノズル 31 から吐出される略液柱状の処理液 Lq1 が適切に含まれている。制御部 9 はこの撮像画像 IM1 に対する画像処理により、吐出ノズル 31 から吐出された処理液 Lq1 の吐出状態を監視する（ベベル監視）。この監視処理の一例は後に詳述する。

【0085】

制御部 9 のハードウェアとしての構成は一般的なコンピュータと同様である。すなわち、制御部 9 は、各種演算処理を行う CPU、基本プログラムを記憶する読み出し専用のメモリである ROM、各種情報を記憶する読み書き自在のメモリである RAM および制御用ソフトウェアやデータなどを記憶しておく磁気ディスクなどを備えて構成される。制御部 9 の CPU が所定の処理プログラムを実行することによって、基板処理装置 100 の各動作機構が制御部 9 に制御され、基板処理装置 100 における処理が進行する。また制御部 9 の CPU が所定の処理プログラムを実行することにより、画像処理を行う。なお制御部 9 の機能の一部または全部は、専用のハードウェアによって実現されてもよい。

10

【0086】

< 報知部 >

報知部 93 は例えば音声出力部（例えばスピーカ）またはディスプレイなどである。報知部 93 は作業者に対して種々の報知を行うことができる。例えば音声出力部が報知音（ブザーまたは音声）を出力したり、あるいは、ディスプレイが報知情報を表示することにより、作業者に対して種々の報知を行うことができる。報知部 93 の報知は制御部 9 によって制御される。

20

【0087】

< 制御部の動作 >

図 6 は、基板処理の一例を示すフローチャートである。まずステップ S1 にて、主搬送口ポット 103 によって基板 W が基板保持部 20 上に搬送される。基板保持部 20 は、搬送された基板 W を保持する。

【0088】

次にステップ S2 にて、制御部 9 は移動機構 33 を制御して吐出ノズル 31 を処理位置へと移動させ、移動機構 63 を制御してカメラ 70 を撮像位置へと移動させる。次にステップ S3 にて、制御部 9 は昇降機構 44 を制御して処理カップ 40 を上昇させ、スピンドル 22 を制御してスピンドルベース 21 を回転させる。スピンドルベース 21 の回転速度は例えば約 1000 [rpm] 以上に設定される。

30

【0089】

次にステップ S4 にて、制御部 9 はカメラ 70 を制御して撮像を開始させる。カメラ 70 は所定のフレームレート（例えば 60 フレーム / 秒）で撮像領域を撮像し、取得した撮像画像 IM1 を制御部 9 に順次出力する。制御部 9 は後に詳述するように撮像画像 IM1 に対する画像処理に基づいて処理液 Lq1 の吐出状態を監視する。

【0090】

次にステップ S5 にて、制御部 9 は吐出ノズル 31 からの処理液 Lq1 の吐出を開始する。具体的には、制御部 9 は開信号を開閉弁 35 に出力する。開閉弁 35 はこの開信号に基づいて開動作を行って配管 34 を開く。これにより、処理液供給源 37 からの処理液 Lq1 が吐出ノズル 31 から吐出されて、基板 W の上面の端部に着液する。処理液 Lq1 の流量は例えば数～数十 [ml / 分] 程度に設定される。この流量は、基板 W の全面を処理する際の処理液の流量（例えば処理液供給部 65 の吐出ノズル 66 から吐出される処理液の流量）に比して少ない。

40

【0091】

基板 W を回転させながら基板 W の端部に処理液 Lq1 が吐出されることにより、処理液 Lq1 は基板 W の周縁端部の全領域に作用する。この処理液 Lq1 により、基板 W の周縁端部に付着した不要物を除去することができる（ベベル処理）。3つの吐出ノズル 31 の吐出口からは、不要物（例えば膜）の種類に応じた処理液 Lq1 が順次に吐出され得る。

50

なお3つの吐出ノズル31の少なくとも2つの吐出口から同時期に処理液が吐出されてもよい。

【0092】

このベベル処理においては処理液Lq1の流量は少ないので、処理液Lq1は基板Wの回転に伴う気流の影響を受けやすく、ひいては、処理液Lq1が基板Wの上面で跳ね返る液はねが生じやすい。

【0093】

そこで、制御部9は監視処理において、この処理液Lq1の吐出状態を監視する。監視処理の具体的な動作については後に詳述する。

【0094】

制御部9はベベル処理の終了条件が成立したときに、ステップS6にて、吐出ノズル31からの処理液Lq1の吐出を停止する。ベベルの処理の終了条件は特に限定される必要はないものの、例えばステップS5からの経過時間が所定時間に至るという条件を採用することができる。制御部9はこの終了条件の成立にตอบสนองして、閉信号を開閉弁35に出力する。開閉弁35はこの閉信号に基づいて閉動作を行って配管34を閉じる。これにより、処理液Lq1の吐出が終了する。なおサックバック弁36が設けられる場合には、制御部9は吸い込み信号をサックバック弁36へと出力する。

【0095】

処理液Lq1の吐出停止の後に、基板Wを乾燥させる工程が適宜に行われてもよい。次にステップS7にて、制御部9はカメラ70に撮像を終了させる。つまり、監視処理を終了する。次にステップS8にて、制御部9はスピンモータ22を制御してスピンベース21の回転を終了し、また昇降機構44を制御して処理カップ40を下降させる。次にステップS9にて、制御部9は移動機構33および移動機構63をそれぞれ制御して、吐出ノズル31およびカメラ70をそれぞれの待機位置に移動させる。

【0096】

図7は、監視処理の動作の一例を示すフローチャートである。図7に示す処理フローは例えば撮像画像IM1が制御部9に入力される度に実行される。まずステップS11にて、制御部9は撮像画像IM1のうち以下に説明する吐出判定領域R2を特定する。

【0097】

図8は、撮像画像IM1の拡大図の一例を概略的に示す図である。図8の例では、一つの吐出ノズル31の先端付近の領域R1を拡大した図が示されている。吐出判定領域R2は、撮像画像IM1のうち吐出ノズル31の直下の領域であり、吐出ノズル31から吐出される略液柱状の処理液Lq1の一部を含む領域である。この吐出判定領域R2は撮像画像IM1において吐出ノズル31とは離れた位置に設定される。また吐出判定領域R2は横方向に長い長尺状の形状を有している。つまり、吐出判定領域R2の縦方向の幅はその横方向の幅に比べて狭い。より具体的には、吐出判定領域R2の横方向の幅は、吐出ノズル31から吐出される処理液Lq1の液注幅よりも広く、例えば正常な液柱幅の3倍以上に設定される。吐出判定領域R2の横方向の位置は、処理液Lq1の幅方向の両端がその吐出判定領域R2内に含まれるように設定される。吐出判定領域R2の縦方向の幅は適宜に設定され、例えばその幅は数画素に相当する幅であってもよい。

【0098】

この撮像画像IM1内の吐出判定領域R2は吐出ノズル31に対して予め設定される。つまり、吐出ノズル31と吐出判定領域R2との相対的な位置関係が予め設定されている。この位置関係を示す情報は制御部9の記憶媒体に記憶されていてもよい。

【0099】

ところで、吐出ノズル31に対するカメラ70の相対位置は移動機構33、63の精度に応じて変動し得るので、撮像画像IM1内の吐出ノズル31の位置も変動し得る。そこで、制御部9は撮像画像IM1内の吐出ノズル31の位置を特定し、特定した吐出ノズル31に対して所定の位置関係にある吐出判定領域R2を特定するとよい。この撮像画像IM1内の吐出ノズル31の位置を特定すべく、吐出ノズル31の先端の外観を含む参照画

10

20

30

40

50

像も制御部 9 の記憶媒体に予め記憶される。制御部 9 は参照画像に基づいたパターンマッチングにより、撮像画像 I M 1 内における吐出ノズル 3 1 の位置を特定し、その特定された吐出ノズル 3 1 に対して、所定の相対位置関係に基づいて吐出判定領域 R 2 を特定する。これにより、撮像画像 I M 1 内において吐出ノズル 3 1 の位置が変動しても、その吐出ノズル 3 1 の位置に対応して適切に吐出判定領域 R 2 を特定することができる。

【 0 1 0 0 】

吐出ノズル 3 1 が処理液 L q 1 を吐出している状態では、吐出判定領域 R 2 には、その略液柱状の処理液 L q 1 の一部が含まれる。照明部 7 1 が照射した光は処理液 L q 1 で反射してカメラ 7 0 で受光されるので、処理液 L q 1 を反映する画素の輝度値は、他の画素の輝度値に比して高くなる。なおカメラ 7 0 がグレースケールのモノクロカメラである場合には、画素の画素値が輝度値を示すといえる。ここでは一例として、カメラ 7 0 はモノクロカメラであるとする。

10

【 0 1 0 1 】

図 9 は、吐出判定領域 R 2 内の画素の輝度値（ここでは画素値）の一例を示すグラフである。横軸は、吐出判定領域 R 2 において横方向に並ぶ画素の画素番号を示しており、縦軸は、吐出判定領域 R 2 内において横一列に並ぶ画素の画素値を示している。図 9 に例示するように、処理液 L q 1 の液柱部分に相当する輝度は周囲よりも高い。つまり、輝度分布は処理液 L q 1 の液柱形状に起因した特徴を有している。

【 0 1 0 2 】

図 7 に戻って、次にステップ S 1 2 にて、制御部 9 は、特定した吐出判定領域 R 2 内の画素の画素値の統計量 A 1 を算出する。この統計量 A 1 は処理液 L q 1 の吐出状態を反映した量である。統計量 A 1 としては、例えば吐出判定領域 R 2 内の画素値の分散（例えば標準偏差）を採用することもできる。なぜなら、処理液 L q 1 の吐出によって吐出判定領域 R 2 内の一部の画素（処理液 L q 1 に対応する画素）の画素値が増大する（図 9 参照）ので、その分散は処理液 L q 1 が吐出されていない場合に比して増大するからである。つまり、当該分散は処理液 L q 1 の吐出の有無を反映した値である、といえる。

20

【 0 1 0 3 】

当該分散は、吐出ノズル 3 1 から吐出された処理液 L q 1 が基板 W の上面で跳ね返る液はねの有無を反映した値でもある。その理由を次に説明する。図 1 0 は、液はねが生じたときの撮像画像 I M 1 の一例を概略的に示す図である。図 1 0 に例示するように、液はねが生じると、吐出判定領域 R 2 内において処理液 L q 1 が占める領域が広がる。つまり、吐出判定領域 R 2 において、処理液 L q 1 の液柱部分の横には、液はね部分が含まれており、全体として処理液 L q 1 が占める領域が広がる。処理液 L q 1 の液はね部分では、液柱部分に比して輝度値の分布ばらつきが大きくなるので、結果として、吐出判定領域 R 2 内の画素値の分散はさらに増大する。

30

【 0 1 0 4 】

図 1 1 は、統計量 A 1 の時間変化の一例を示すグラフである。横軸は、時間を示している。当該時間を示すパラメータとして、例えば撮像画像 I M 1 におけるフレーム番号を採用してもよい。縦軸は、統計量 A 1 を示している。ここでは統計量 A 1 として標準偏差を採用している。図 1 1 では、処理液 L q 1 の吐出時間が異なる 3 つのグラフ G 1 ~ G 3 が示されている。図 1 1 の例では、グラフ G 1 の吐出時間が最も長く、グラフ G 3 の吐出時間が最も短くなっている。またグラフ G 1 ~ G 3 は、それぞれ処理液 L q 1 の流量が 1 8 [m l / 分]、1 2 [m l / 分]、8 [m l / 分] である場合のグラフを示している。

40

【 0 1 0 5 】

グラフ G 1 およびグラフ G 2 は、処理液 L q 1 が適切に吐出された場合の統計量 A 1 の時間変化を示している。グラフ G 3 は、処理液 L q 1 の吐出開始直後において液はねが生じた場合の統計量 A 1 の時間変化を示している。吐出ノズル 3 1 が処理液 L q 1 を吐出していないときには、統計量 A 1 は閾値 A r e f 1 未満である。吐出ノズル 3 1 が処理液 L q 1 を吐出すると、統計量 A 1 はその吐出に応じて増大し、閾値 A r e f 1 を超える。吐出ノズル 3 1 が処理液 L q 1 を正常に吐出しているときには、統計量 A 1 は閾値 A r e f

50

2未満である。閾値 A_{ref2} は閾値 A_{ref1} よりも大きい。閾値 A_{ref1} および閾値 A_{ref2} はシミュレーションまたは実験等により予め設定することができ、例えば制御部9の記憶媒体に記憶されていてもよい。

【0106】

一方で、液はねが生じると、統計量 A_1 はこの閾値 A_{ref2} を超える。図11の例では、最も流量が少ない処理液 L_{q1} の吐出開始直後において液はねが生じている（グラフG3参照）。これは次のように考察できる。すなわち、流量の少ない処理液 L_{q1} は、基板 W の回転に伴う気流の影響を受けやすく、吐出開始直後では処理液 L_{q1} の流れが安定していないためと考察できる。

【0107】

図11の例においては、液はねに応じて統計量 A_1 が大幅に増大している。これは以下の理由によると考察できる。

【0108】

すなわち、ベベル処理においては、処理液 L_{q1} の流量が少なく、処理液 L_{q1} の液柱が細いので、吐出判定領域 R_2 において液はね部分が占める面積の、液柱部分が占める面積に対する割合は、比較的が大きくなる。つまり、ベベル処理においては、輝度分布のばらつきの大きい液はね部分が相対的に大きく占める。

【0109】

比較のために、処理液供給部65について述べる。処理液供給部65においては、吐出ノズル66から吐出される処理液の流量が多いので、その処理液の液注は太い。よって、液はねが発生したとしても、吐出判定領域において液柱部分に対して液はね部分が占める割合は、ベベル処理ほど増大しない。

【0110】

しかも処理液供給部65においては、吐出ノズル66と基板 W との間の間隔は広く設定される。これは流量が多いからである。この場合、吐出判定領域は処理液 L_{q1} の吐出状態をより広い範囲で捉えるべく、横方向よりも縦方向に長く設定される。そして、カメラが水平に近い方向から吐出ノズル66の先端を撮像した場合、撮像画像 IM_1 において処理液 L_{q1} の液はね部分の縦方向の幅が相対的に狭く見える。よって、処理液 L_{q1} の液はね部分はその吐出判定領域の下部のみに存在することになる。この場合、吐出判定領域において液柱部分に対して液はね部分が占める割合はさほど大きくない。

【0111】

これに対して、ベベル処理においては、吐出ノズル31の先端と基板 W の上端との間の間隔が狭く、吐出判定領域 R_2 は横長に設定される。よって、処理液 L_{q1} の液はね部分は、撮像画像 IM_1 の縦方向において吐出判定領域 R_2 の端から端まで存在し得る（図10も参照）。

【0112】

以上のように、ベベル処理において横長の吐出判定領域 R_2 を設定することにより、液はねが生じたときには、吐出判定領域 R_2 において液はね部分が占める割合が大幅に増大する。したがって、液はねの発生により、吐出判定領域 R_2 内の分散が大幅に増大する。つまり、ベベル処理において横長の吐出判定領域 R_2 を設定するからこそ、分散は液はねの有無を反映しやすいのである。

【0113】

図7を参照して、次にステップ S_{13} にて、制御部9は統計量 A_1 が閾値 A_{ref1} 以上であるか否かを判定する。統計量 A_1 が閾値 A_{ref1} 未満であるときには、ステップ S_{14} にて、制御部9は吐出状態が吐出停止状態であると判定し、処理を終了する。つまり、制御部9は処理液 L_{q1} が未だ吐出されていないと判定し、処理を終了する。

【0114】

統計量 A_1 が閾値 A_{ref1} 以上であるときには、ステップ S_{15} にて、制御部9は統計量 A_1 が閾値 A_{ref2} 未満であるか否かを判定する。統計量 A_1 が閾値 A_{ref2} 未満であるときには、ステップ S_{16} にて、制御部9は吐出状態が正常吐出状態であると判

10

20

30

40

50

定し、処理を終了する。つまり、制御部 9 は処理液 L q 1 が正常に吐出していると判定し、処理を終了する。

【 0 1 1 5 】

統計量 A 1 が閾値 A r e f 2 以上であるときには、ステップ S 1 7 にて、制御部 9 は吐出状態が液はね状態であると判定し、処理を終了する。つまり、制御部 9 は液はねが生じていると判定し、処理を終了する。液はねが生じていると判定したときには、制御部 9 は液はねが生じたことを報知部 9 3 に報知させてもよい。これによれば、作業者は液はねが生じたことを認識できる。

【 0 1 1 6 】

以上のように、処理ユニット 1 によれば、ベベル処理における処理液 L q 1 の吐出状態（吐出の有無および液はねの有無）を適切に判定することができる。しかも、吐出の有無で用いた統計量 A 1 を用いて液はねの有無を判定できるので、演算処理が簡易である。

【 0 1 1 7 】

なお上述の例では、統計量 A 1 として分散を採用したものの、必ずしもこれに限らない。統計量 A 1 として、吐出判定領域 R 2 内の画素の画素値の総和（あるいは平均、以下同様）を採用することができる。なぜなら、吐出判定領域 R 2 内において、処理液 L q 1 に相当する画素の画素値は他の画素の画素値よりも高いからである（図 9 も参照）。つまり、処理液 L q 1 の吐出により、当該総和は増大する。言い換えれば、当該総和は処理液 L q 1 の吐出の有無を反映した値である。

【 0 1 1 8 】

当該総和は、液はねの有無を反映した値でもある。その理由を次に説明する。図 1 0 に例示するように、液はねが生じると、吐出判定領域 R 2 内において処理液 L q 1 が占める領域が広がる。つまり、吐出判定領域 R 2 内において高い輝度値を有する画素数がさらに増大し、吐出判定領域 R 2 内の画素値の総和がさらに増大する。

【 0 1 1 9 】

当該吐出の有無および液はねの有無に応じた当該総和の変化の傾向は図 1 1 のグラフと同様である。よって、総和を統計量 A 1 として採用することができる。

【 0 1 2 0 】

なお液はねの有無によって当該総和が大幅に増大するのは、分散と同様に、ベベル処理において横長の吐出判定領域 R 2 を設定しているからである、と考察できる。つまり、ベベル処理における横長の吐出判定領域 R 2 において、液柱部分に対して液はね部分が占める割合は大きい。したがって、吐出判定領域 R 2 内の画素値の総和は、処理液 L q 1 が正常に吐出された場合に比して大幅に増大する。つまり、ベベル処理において、当該総和は処理液 L q 1 の液はねの有無を反映しやすいのである。

【 0 1 2 1 】

< 液はね判定領域 >

上述の例では、吐出判定領域 R 2 内の画素の画素値に基づいて液はねの有無を判定した。しかしながら、吐出判定領域 R 2 とは異なる液はね判定領域 R 3 を設定してもよい。この液はね判定領域 R 3 は吐出判定領域 R 2 と同様に、撮像画像 I M 1 における吐出ノズル 3 1 の位置に対応して予め設定される。つまり、撮像画像 I M 1 における吐出ノズル 3 1 と液はね判定領域 R 3 との相対位置が予め設定される。この相対位置を示す情報は例えば制御部 9 の記憶媒体に記憶される。

【 0 1 2 2 】

図 8 および図 1 1 の例では、液はね判定領域 R 3 は撮像画像 I M 1 において吐出判定領域 R 2 とは離れて設定されている。より具体的には、液はね判定領域 R 3 は吐出判定領域 R 2 に対して回転方向の下流側に設定されている。言い換えれば、吐出判定領域 R 2 に対して回転方向の上流側には液はね判定領域 R 3 が設定されなくてよい。これは、次の理由による。即ち、ベベル処理において、処理液 L q 1 は基板 W の回転に伴う気流の影響を受けやすいので、液はねは主として処理液 L q 1 の着液位置に対して回転方向の下流側において生じる。そこで、液はねが生じやすい領域に液はね判定領域 R 3 を設定し、液はねが

10

20

30

40

50

生じにくい領域では液はね判定領域 R 3 を設定しないのである。

【 0 1 2 3 】

図 8 および図 1 1 の例では、液はね判定領域 R 3 は矩形形状の形状を有しており、その横方向における幅は吐出判定領域 R 2 よりも狭く、その縦方向における幅は吐出判定領域 R 2 よりも広い。これによれば、より効果的に液はね判定領域 R 3 内に液はねを含めることができる。

【 0 1 2 4 】

液はねが生じていないときには、液はね判定領域 R 3 内には基板 W の上面のみが含まれるので、液はね判定領域 R 3 内の画素の画素値は小さく、またその分布のばらつきも小さい。これに対して、液はねが生じているときには、液はね判定領域 R 3 内には処理液 L q 1 の液はね部分が含まれるので、その液はね部分に相当する画素の画素値は増大する。

10

【 0 1 2 5 】

そこで制御部 9 は、液はね判定領域 R 3 内の画素の画素値に基づいて統計量 B 1 を算出する。統計量 B 1 は液はねの有無を反映した量であり、例えば液はね判定領域 R 3 内の画素値の総和または分散である。この統計量 B 1 は統計量 A 1 と同様に、液はねの発生により増大する。

【 0 1 2 6 】

図 1 2 は、監視処理の一例を示すフローチャートである。図 1 2 に示す処理フローは例えば撮像画像 I M 1 が制御部 9 に入力される度に実行される。まずステップ S 2 1 にて、制御部 9 は撮像画像 I M 1 のうち液はね判定領域 R 3 を特定する。具体的には、制御部 9 は参照画像に基づいたパターンマッチングにより、撮像画像 I M 1 内における吐出ノズル 3 1 の位置を特定し、その特定された吐出ノズル 3 1 に対して、所定の相対位置関係に基づいて液はね判定領域 R 3 を特定する。これにより、撮像画像 I M 1 内において吐出ノズル 3 1 の位置が変動しても、その吐出ノズル 3 1 の位置に対応して適切に液はね判定領域 R 3 を特定することができる。

20

【 0 1 2 7 】

次にステップ S 2 2 にて、制御部 9 は液はね判定領域 R 3 内の画素の画素値の統計量 B 1 を算出する。次にステップ S 2 3 にて、制御部 9 は統計量 B 1 が閾値 B r e f 1 以上であるか否かを判定する。閾値 B r e f 1 は例えばシミュレーションまたは実験等により予め設定され、制御部 9 の記憶媒体に記憶されてもよい。

30

【 0 1 2 8 】

統計量 B 1 が閾値 B r e f 1 以上であるときには、ステップ S 2 4 にて、制御部 9 は吐出状態は液はね状態であると判定し、処理を終了する。つまり、制御部 9 は液はねが生じていると判定し、処理を終了する。

【 0 1 2 9 】

一方で、統計量 B 1 が閾値 B r e f 1 未満であるときには、制御部 9 はステップ S 2 4 を実行することなく、処理を終了する。

【 0 1 3 0 】

以上のように、制御部 9 は液はね判定領域 R 3 内の画素値に基づいて液はねの有無を適切に判定することができる。

40

【 0 1 3 1 】

また上述の例では、吐出判定領域 R 2 に対して回転方向の上流側に液はね判定領域 R 3 が設定されていない。よって、その液はね判定領域 R 3 についての演算処理を行わないので、処理の負荷を軽減することができる。

【 0 1 3 2 】

なお上述の例では、統計量 A 1 の一例たる分散としては、吐出判定領域 R 2 内の全画素の画素値の分散を採用した。しかるに、縦方向に並ぶ画素の画素値を列ごとに積分し、その複数の列における複数の積分値の分散を採用してもよい。統計量 B 1 も同様である。

【 0 1 3 3 】

< カメラの固定 >

50

上述の例では、カメラ70は、吐出ノズル61と同様に固定部材62に固定されている。つまり、カメラ70を移動させる機構と吐出ノズル61を移動させる機構とを兼用している。よって、各々に専用の機構を設ける場合に比して、製造コストおよびサイズを低減できる。

【0134】

図13は、処理ユニット1Aの構成の一例を概略的に示す平面図である。処理ユニット1Aはカメラ70の固定対象という点を除いて、処理ユニット1と同様の構成を備えている。この処理ユニット1Aにおいて、カメラ70は、撮像対象となる吐出ノズル31と同じように固定部材32に固定されている。より具体的には、カメラ保持部73はノズルアーム321の側方において、ノズルアーム321に連結されている。カメラ保持部73はカメラ70を保持する。カメラ70はこのカメラ保持部73を介して固定部材32に固定されることとなる。カメラ70およびカメラ保持部73はノズルアーム321に対して、反時計回り方向側（つまり吐出ノズル31の待機位置から処理位置へ向かう側）に配置されている。またカメラ70は、吐出ノズル31の先端およびその吐出ノズル31から吐出される処理液Lq1を撮像可能な姿勢で、カメラ保持部73に保持される。

10

【0135】

移動機構33がノズル基台322を回転させることにより、吐出ノズル31およびカメラ70を、その位置関係を維持しながら、それぞれ処理位置および撮像位置に移動させることができる。カメラ70の撮像位置と吐出ノズル31の処理位置との位置関係は処理ユニット1と同様である。

20

【0136】

この処理ユニット1Aによっても、処理ユニット1と同様に、カメラ70は吐出ノズル31から吐出される略液柱状の処理液Lq1を適切に撮像することができる。

【0137】

またカメラ70が吐出ノズル31と同じ固定部材32に固定されるので、カメラ70を吐出ノズル31に対して高い精度で位置決めできる。つまり、処理ユニット1では、吐出ノズル31およびカメラ70が互いに異なるノズルアーム321, 621に固定されているので、移動機構33, 63の精度に鑑みて、カメラ70とノズルアーム321との間には比較的広いマージンを設ける必要があるのに対して、処理ユニット1Aでは、吐出ノズル31およびカメラ70が同じノズルアーム321に固定されるので、カメラ70とノズルアーム321との間のマージンをより狭く設定できる。つまりカメラ70をよりノズルアーム321に近づけることができる。これによれば、カメラ70はより周方向に近い方向から吐出ノズル31を撮像できる。よって、撮像画像IM1において処理液Lq1の径方向の吐出位置を特定しやすい。

30

【0138】

<カメラ保護>

処理液Lq1がフッ酸を含む場合、カメラ70の筐体の下面もしくはカメラ保持部73の下面部材734の下端面は、耐薬品性の材料で形成されているとよい。要するに、カメラ70を保護する保護部材74がカメラ70の下面側に設けられているとよい。保護部材74としては、フッ酸に対する薬品性が高い、ポリテトラフルオロエチレンなどのフッ素樹脂または塩化ビニル樹脂などの耐薬品性樹脂またはステンレスなどの金属を採用することができる。

40

【0139】

これによれば、基板Wの上方に位置するカメラ70が、処理液Lq1の気化成分によって腐食される可能性を低減することができる。よって、カメラ70の信頼性を高めることができる。

【0140】

<吐出判定領域R2>

図14は、撮像画像IM1の領域R1の他の一例を概略的に示す図である。図11に例示する撮像画像IM1においては、吐出ノズル31が基板Wの上面に含まれている。これ

50

は、照明部 71 からの光が吐出ノズル 31 で反射した後に、基板 W の上面で鏡面反射してカメラ 70 の受光面で受光されることによる。つまり、基板 W の上面がミラーとして機能しており、その上面に吐出ノズル 31 の外観が写っているのである。

【0141】

このような撮像画像 IM1 において、吐出判定領域 R2 は、基板 W の上面に写る略液柱状の処理液 Lq1 (液柱部分) の一部が含まれるように設定されてもよい。つまり、撮像画像 IM1 において、基板 W の上面に写る略液柱状の処理液 Lq1 を横切るように吐出判定領域 R2 が設定されてもよい。

【0142】

制御部 9 は上述した画像処理と同様の画像処理によって、吐出判定領域 R2 内の処理液 Lq1 の液柱幅および吐出位置を特定することができる。

10

【0143】

しかも本実施の形態では、カメラ 70 の光軸がより水平方向に沿っているので、撮像画像 IM1 において、基板 W の上面に写る処理液 Lq1 の縦方向の長さは、吐出ノズル 31 と基板 W との間の処理液 Lq1 の長さよりも長くなる。これによれば、処理液 Lq1 を横切るように吐出判定領域 R2 を設定しやすい。また吐出判定領域 R2 の縦方向の幅をより広く設定することができる。

【0144】

ところで、基板 W の上面には、例えば金属パターン、半導体パターン、絶縁層パターンおよびレジストパターンなどの種々のパターンが形成され得る。よって、基板 W の上面に写る処理液 Lq1 は、これらのパターンの影響を受ける。これにより、処理液 Lq1 の輪郭がぼやけ得る。

20

【0145】

そこで、カメラ 70 の露光時間を基板 W の 1 回転に要する回転時間以上に設定するとよい。これによれば、撮像画像 IM1 における基板 W のパターンが平均化されて一様化されるので、撮像画像 IM1 における処理液 Lq1 の輪郭を際立たせることができる。これによれば、処理液 Lq1 の両端位置の特定精度を向上させることができ、ひいては、液柱幅および吐出位置をより高い精度で求めることができる。

【0146】

あるいは、露光時間が回転時間よりも短くてもよい。制御部 9 は、回転時間よりも長い所定時間内に撮像された複数の撮像画像 IM1 を積分または平均して、所定時間ごとに加工画像を生成してもよい。所定時間ごとの加工画像においては、基板 W の上面のパターンが平均化されて一様化されるので、処理液 Lq1 の輪郭を際立たせることができる。

30

【0147】

上述の例では、吐出判定領域 R2 について説明したものの、液はね判定領域 R3 でも同様である。

【0148】

<吐出ノズル 31 の位置>

吐出ノズル 31 の処理位置を撮像画像 IM1 に基づいて制御してもよい。以下、具体的に説明する。

40

【0149】

吐出ノズル 31 の処理位置は基板 W の周縁から所定幅だけ離れた位置である。そこで制御部 9 は撮像画像 IM1 における基板 W の周縁の位置 (以下、基板周縁位置と呼ぶ) を特定する。まず制御部 9 は撮像画像 IM1 のうち以下で説明する周縁領域 R4 を特定する。

【0150】

周縁領域 R4 は撮像画像 IM1 において基板 W の周縁の一部を含む領域である。図 8 の例では、周縁領域 R4 は矩形状の形状を有している。この周縁領域 R4 の位置は吐出判定領域 R2 と同様に、吐出ノズル 31 の位置に対応して予め設定されている。つまり、吐出ノズル 31 と周縁領域 R4 との相対的な位置関係が予め設定されている。この位置関係を示す情報は制御部 9 の記憶媒体に記憶されていてもよい。

50

【 0 1 5 1 】

制御部 9 はパターンマッチングにより撮像画像 I M 1 内における吐出ノズル 3 1 の位置を特定し、特定した吐出ノズル 3 1 の位置に基づいて周縁領域 R 4 を特定する。そして、制御部 9 は周縁領域 R 4 内の基板 W の基板周縁位置を特定する。例えば制御部 9 はエッジ検出処理などの画像処理に基づいて、基板 W の周縁を特定する。これにより、吐出ノズル 3 1 の位置を基準とした基板 W の基板周縁位置を特定することができる。

【 0 1 5 2 】

制御部 9 はこの基板周縁位置に基づいて吐出ノズル 3 1 の処理位置を決定してもよい。例えば吐出ノズル 3 1 が正しい処理位置で停止したときに撮像画像 I M 1 を予め取得し、その撮像画像 I M 1 において周縁領域 R 4 内の基板周縁位置を予め求め、その基板周縁位置を基準位置として予め制御部 9 の記憶媒体に記憶する。

10

【 0 1 5 3 】

制御部 9 は、特定した基板周縁位置と基準位置とを比較し、その差異が低減するように、吐出ノズル 3 1 の位置を調整する。例えば制御部 9 は、撮像画像 I M 1 において基板周縁位置が基準位置よりも左方向にずれているときには、移動機構 3 3 を制御して吐出ノズル 3 1 を基板 W の中心側に移動させ、基板周縁位置が基準位置よりも右方向にずれているときには、移動機構 3 3 を制御して吐出ノズル 3 1 を基板 W の周縁側に移動させる。これにより、吐出ノズル 3 1 を、基板周縁位置よりも所定幅だけ基板 W の中心部となる位置に移動させることができる。

【 0 1 5 4 】

< 撮像光学系 >

図 1 5 は、処理ユニット 1 B の構成の一例を概略的に示す図である。処理ユニット 1 B は撮像光学系を除いて、処理ユニット 1 と同様の構成を有している。処理ユニット 1 B においては、ミラー 7 5 が設けられている。ミラー 7 5 は基板 W の上方の撮像位置に配置され、カメラ 7 0 は基板 W の上方以外の領域に配置されている。図 1 5 に例示するように、カメラ 7 0 は平面視において処理カップ 4 0 の上方に位置してもよい。ミラー 7 5 は撮像領域からの光をカメラ 7 0 の受光面に向かって反射させる。よって、カメラ 7 0 は、基板 W の上方の撮像位置から見た撮像領域を撮像することができる。

20

【 0 1 5 5 】

図 1 5 に例示するように、ミラー 7 5 は移動可能に設けられているとよい。図 1 5 の例では、ミラー 7 5 は処理液供給部 6 0 の固定部材 6 2 に固定されている。より具体的な例として、ミラー 7 5 を保持するミラー保持部 7 6 が設けられており、このミラー保持部 7 6 が固定部材 6 2 のノズルアーム 6 2 1 に連結されている。例えばミラー保持部 7 6 はその基端側において、締結部材（例えばねじ）によりノズルアーム 6 2 1 の先端部に固定され、その先端側において、締結部材によりミラー 7 5 を固定して保持する。ミラー保持部 7 6 は例えば金属（例えばステンレス）等により形成される。移動機構 6 3 はノズル基台 6 2 2 を回動させることにより、このミラー 7 5 を、基板 W の上方の撮像位置と処理カップ 4 0 よりも外側の待機位置との間で往復移動させることができる。移動機構 6 3 がミラー 7 5 を撮像位置に移動させることにより、撮像領域からの光をミラー 7 5 からカメラ 7 0 へと反射させることができる。

30

【 0 1 5 6 】

ミラー 7 5 の位置（撮像位置）と吐出ノズル 3 1 との平面視上の位置関係は、処理ユニット 1 におけるカメラ 7 0 の位置（撮像位置）と吐出ノズル 3 1 との位置関係と同様である。撮像位置は基板 W に近いことが望ましく、例えばミラー 7 5 の反射面の下端が処理カップ 4 0 の上端位置と同じ、または当該上端位置よりも低い位置となるように、撮像位置を設定してもよい。あるいは、ミラー保持部 7 6 が、ミラー 7 5 の下方側に配置された下面部材を有しているときには、当該下面部材の下端が処理カップ 4 0 の上端位置と同じ、または当該上端位置よりも低い位置となるように、撮像位置を設定してもよい。これにより、カメラ 7 0 は、より水平に近い方向に沿って撮像位置から見た撮像領域を撮像することができる。つまり、撮像位置からの撮像方向をより水平に沿わせやすい。

40

50

【0157】

処理ユニット1Bによれば、カメラ70を基板Wの上方以外の領域に配置することができるので、処理液Lq1のカメラ70に対する影響を低減することができる。例えば処理液Lq1がカメラ70に付着したり、あるいは、処理液Lq1の気化成分がカメラ70に付着する可能性を低減することができる。よって、たとえ処理液Lq1がフッ酸を含んでいても、カメラ70の腐食を招きにくい。

【0158】

なおカメラ70は処理ユニット1B内において実質的に移動不能に固定されていてもよく、あるいは移動可能に固定されていてもよい。

【0159】

またミラー75は必ずしも処理液供給部60の固定部材62に固定されている必要はなく、処理ユニット1Aのカメラ70と同様に、処理液供給部30の固定部材32に固定されていてもよい。これによれば、ミラー75をよりノズルアーム321に近づけることができるので、撮像位置からの撮像方向をより周方向に沿わせやすい。

【0160】

<機械学習>

上述の例では、制御部9は撮像画像IM1に対して画像処理を行って、処理液Lq1の吐出の有無および液はねの有無を判定した。しかしながら、制御部9は機械学習を用いて判定を行ってもよい。

【0161】

図16は、制御部9の内部構成の一例を概略的に示す図である。制御部9は分類器91および機械学習部92を備えている。分類器91には、カメラ70からの撮像画像IM1が順次に入力される。分類器91は、入力された各撮像画像IM1を、吐出ノズル31の吐出状態に関するカテゴリに分類する。カテゴリはクラスとも呼ばれ得る。カテゴリとしては、吐出停止を示す第1カテゴリ、正常吐出を示す第2カテゴリ、および、液はねを示す第3カテゴリを採用することができる。

【0162】

この分類器91は、複数の教師データを用いて機械学習部92によって生成される。つまり、この分類器91は機械学習済みの分類器であるといえる。機械学習部92は、機械学習のアルゴリズムとして、例えば、近傍法、サポートベクターマシン、ランダムフォレストまたはニューラルネットワーク(ディープラーニングを含む)などを用いる。ニューラルネットワークは特徴量を自動で生成するので、設計者が特徴ベクトルを決定する必要がない。

【0163】

教師データは画像データ、および、その画像データがどのカテゴリに分類されるのかを示すラベルを含んでいる。画像データは、カメラ70によって撮像された撮像画像であり、予め生成されている。各画像データには、正しいカテゴリがラベルとして付与される。この付与は、作業者によって行うことができる。機械学習部92はこれらの教師データに基づいて機械学習を行って分類器91を生成する。

【0164】

一例として、近傍法によりフレームを分類する分類器91について説明する。分類器91は、特徴ベクトル抽出部911と、判定部912と、判定データベース913が記憶された記憶媒体とを備えている。特徴ベクトル抽出部911には、カメラ70からの撮像画像の各フレームが順次に入力される。特徴ベクトル抽出部911は所定のアルゴリズムにしたがって撮像画像IM1の特徴ベクトルを抽出する。この特徴ベクトルは吐出ノズル31の吐出状態に応じた特徴量を示したベクトルである。当該アルゴリズムとしては、公知のアルゴリズムを採用できる。特徴ベクトル抽出部911はその特徴ベクトルを判定部912に出力する。

【0165】

判定データベース913には、機械学習部92によって複数の教師データから生成され

10

20

30

40

50

た複数の特徴ベクトル（以下、基準ベクトルと呼ぶ）が記憶されており、その基準ベクトルは各カテゴリに分類されている。具体的には、機械学習部 9 2 は複数の教師データに対して特徴ベクトル抽出部 9 1 1 と同じアルゴリズムを適用して複数の基準ベクトルを生成する。そして機械学習部 9 2 は、当該基準ベクトルに対して教師データのラベル（正しいカテゴリ）を付与する。

【0166】

判定部 9 1 2 は特徴ベクトル抽出部 9 1 1 から入力された特徴ベクトルと、判定データベース 9 1 3 に記憶された複数の基準ベクトルとに基づいて撮像画像 I M 1 を分類する。例えば判定部 9 1 2 は特徴ベクトルが最も近い基準ベクトルを特定し、特定した基準ベクトルのカテゴリに撮像画像 I M 1 を分類してもよい（最近傍法）。これにより、判定部 9 1 2 は、分類器 9 1（特徴ベクトル抽出部 9 1 1）に入力された撮像画像をカテゴリに分類することができる。

10

【0167】

制御部 9 は分類器 9 1 によって各撮像画像 I M 1 を第 1 カテゴリから第 3 カテゴリのいずれか一つに分類する。この分類は、処理液 L q 1 の吐出状態量が適切な範囲内にあるか否かを判定していることを意味する。機械学習により分類を行うので、高い精度で異常を検出することができる。

【0168】

<分類器への入力>

上述の例では、分類器 9 1 への入力データとして、撮像画像 I M 1 の全領域を採用しているものの、必ずしもこれに限らない。例えば制御部 9 は、撮像画像 I M 1 のうち吐出判定領域 R 2 の画像を切り出して、その画像を分類器 9 1 に入力してもよい。この場合、機械学習部 9 2 に入力される学習データとしても、吐出判定領域 R 2 を示す画像を採用する。

20

【0169】

これによれば、分類器 9 1 は、吐出状態とは関連性の低い領域の影響を除去して分類を行うことができるので、その分類精度を向上することができる。

【0170】

また、吐出判定領域 R 2 が縦方向の幅として 2 以上の画素に相当する幅を有している場合には、分類器 9 1 への入力データとして、吐出判定領域 R 2 の縦方向に一列に並ぶ画素値の総和である積分値を列ごとに含む積分値群を採用してもよい。

30

【0171】

<サーバ>

上述の例では、基板処理装置 1 0 0 に設けられた制御部 9 が機械学習によって分類器 9 1 を生成し、その分類器 9 1 によりフレームを分類した。しかるに、この制御部 9 による機械学習機能（分類器 9 1 および機械学習部 9 2）の少なくとも一部の機能がサーバに設けられていてもよい。

【0172】

以上、本基板処理装置の実施の形態について説明したが、この実施の形態はその趣旨を逸脱しない限りにおいて上述したもの以外に種々の変更を行うことが可能である。上述した各種の実施の形態および変形例は適宜に組み合わせて実施することができる。

40

【0173】

また基板 W としては、半導体基板を採用して説明したが、これに限らない。例えばフォトマスク用ガラス基板、液晶表示用ガラス基板、プラズマ表示用ガラス基板、F E D（Field Emission Display）用基板、光ディスク用基板、磁気ディスク用基板または光磁気ディスク用基板などの基板を採用してもよい。

【符号の説明】

【0174】

2 0 基板保持部

3 1 第 1 ノズル（吐出ノズル）

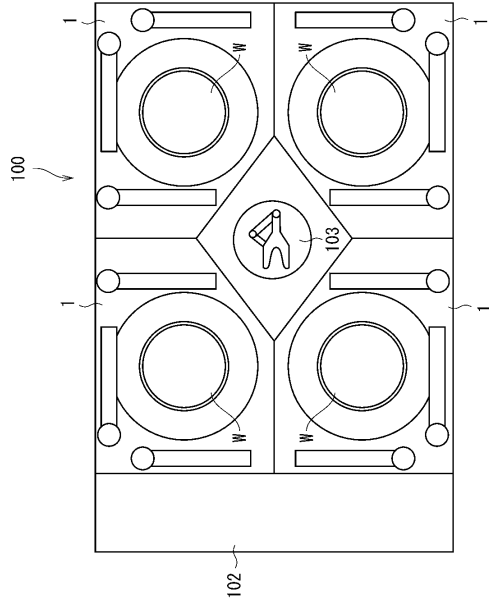
3 3 , 6 3 移動機構

50

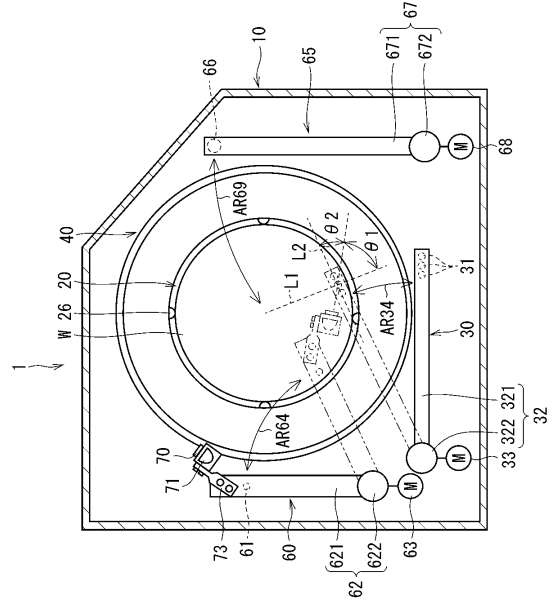
- 4 0 カップ部材 (処理カップ)
- 4 4 昇降機構
- 6 6 , 6 9 第 2 ノズル (吐出ノズル)
- 7 0 カメラ
- 7 5 ミラー
- 9 1 報知部
- 9 1 分類器
- 1 0 0 基板処理装置
- W 基板

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

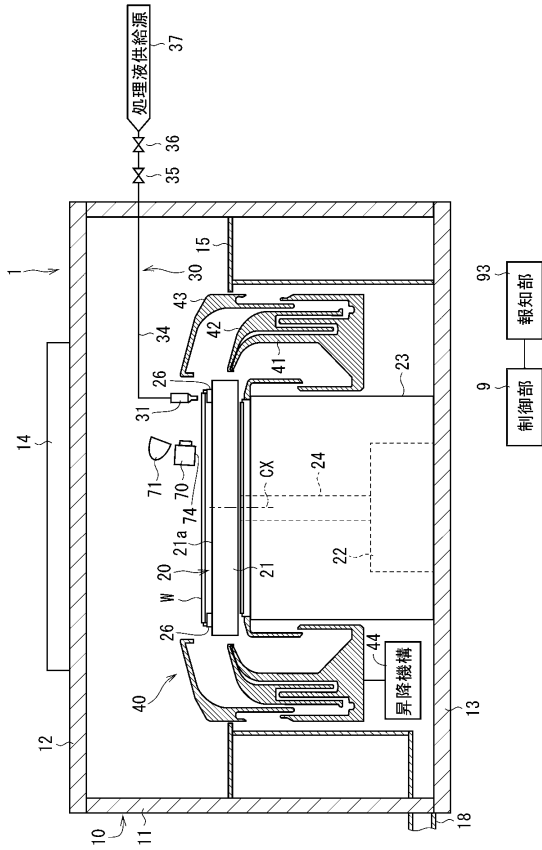
20

30

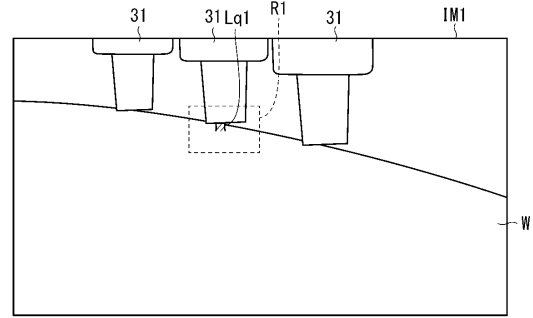
40

50

【図3】



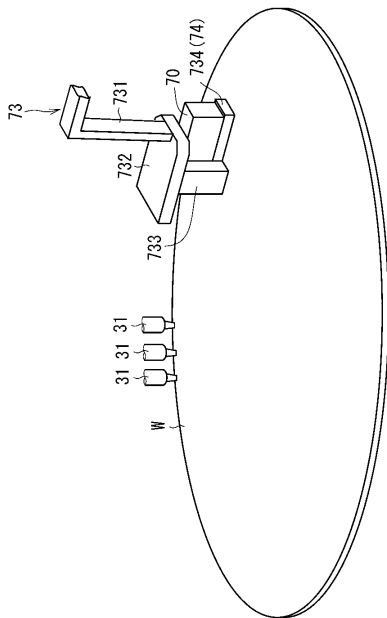
【図4】



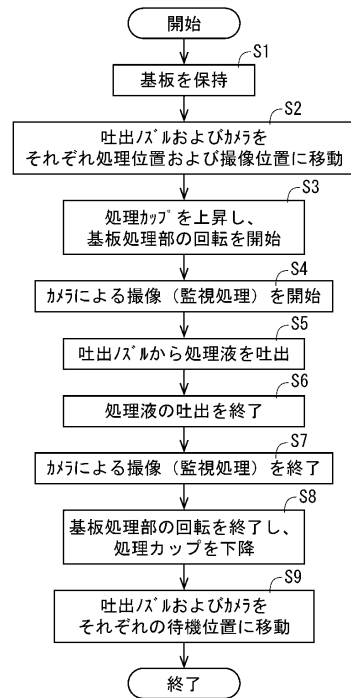
10

20

【図5】



【図6】

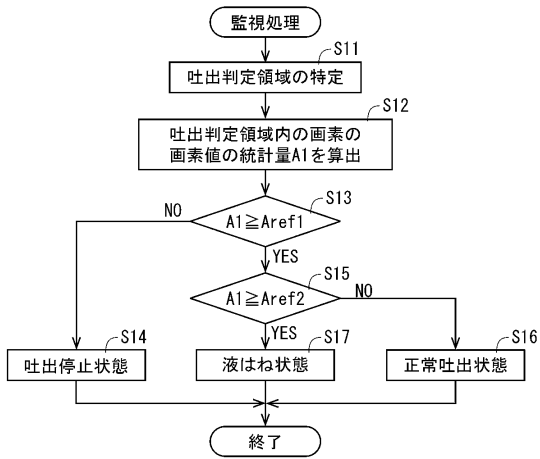


30

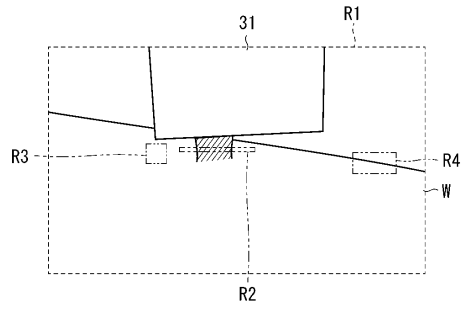
40

50

【図7】

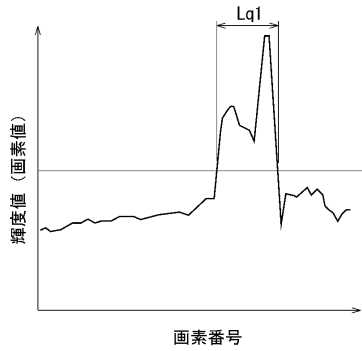


【図8】

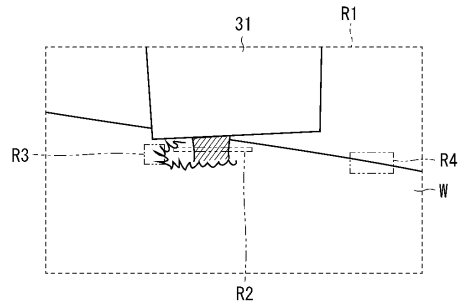


10

【図9】



【図10】



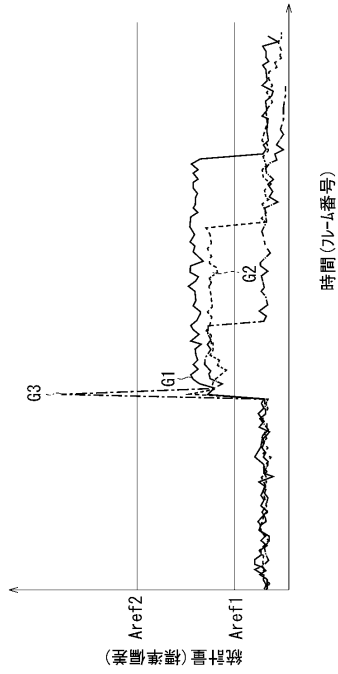
20

30

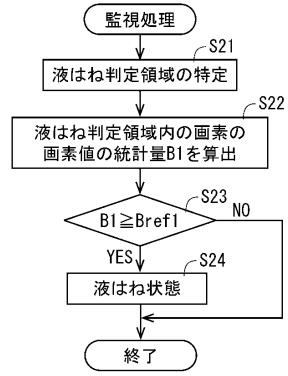
40

50

【図 1 1】

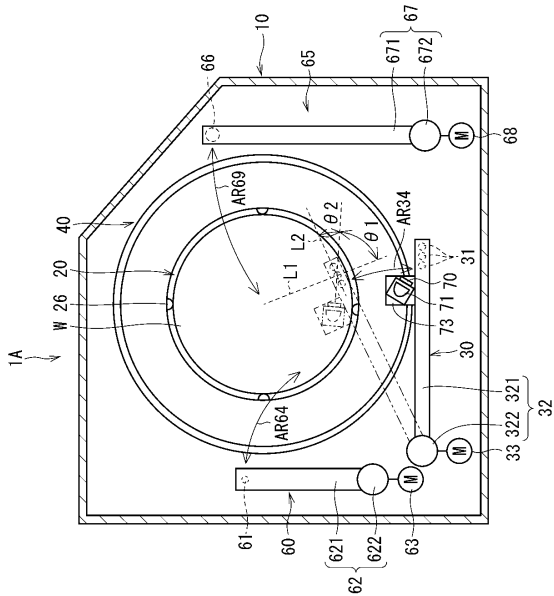


【図 1 2】

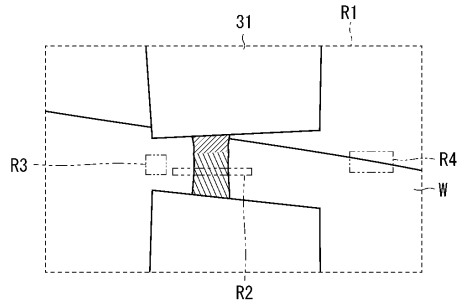


10

【図 1 3】



【図 1 4】



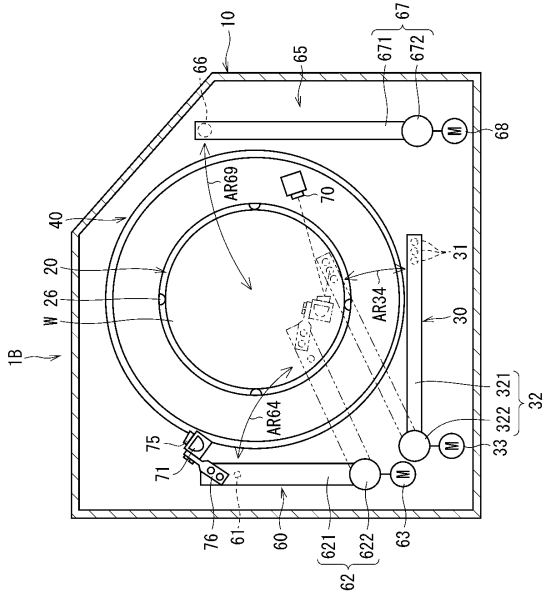
20

30

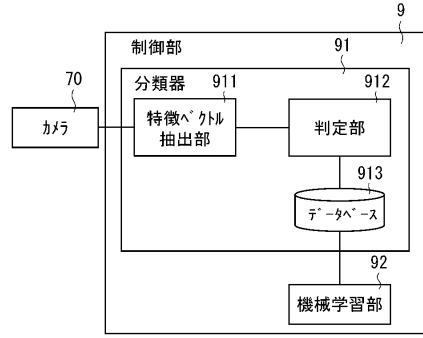
40

50

【図15】



【図16】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

Nセミコンダクターソリューションズ内

(72)発明者 角間 央章

京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1 株式会社SCREENアドバンストシステムソリューションズ内

(72)発明者 増井 達哉

京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1 株式会社SCREENアドバンストシステムソリューションズ内

審査官 安田 雅彦

(56)参考文献

特開2015-173148(JP,A)

特開2017-029883(JP,A)

特開2015-152475(JP,A)

特開2000-082646(JP,A)

国際公開第2018/173861(WO,A1)

特開2016-136572(JP,A)

特開2016-178238(JP,A)

特開2016-115863(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/304 - 21/308

H01L 21/02 - 21/033

B08B 3/00 - 3/14

B05C 5/00 - 5/04

B05C 11/02 - 11/105