

明 細 書

発明の名称：

メンテナンス作業支援システム、制御方法及び制御プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、メンテナンス作業支援システム、制御方法及び制御プログラムに関する。

背景技術

[0002] 基板処理システムにおける消耗品の交換や清掃等のメンテナンス作業は、一般に作業者により手作業で行われる。一方で、作業者による手作業の場合、作業品質にばらつきが生じることから、作業者のメンテナンス作業を支援するロボットの導入が検討されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2021-136359号公報
特許文献2：国際公開第2021/220752号
特許文献3：国際公開第2021/220753号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示は、メンテナンス作業を均質化させるメンテナンス作業支援システム、制御方法及び制御プログラムを提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様によるメンテナンス作業支援システムは、例えば、以下のような構成を有する。即ち、
各作業項目のメンテナンス作業を行う作業ロボットを備えるメンテナンス作業支援システムであって、
対象とする作業項目のメンテナンス作業が行われるごとに、前記作業項目

について規定された測定部位を測定する測定部と、

前記測定部により測定された測定結果が、前記作業項目について設定された作業品質を満たすか否かを判定する判定部と、

前記作業品質を満たさないと判定した場合に、前記判定部が前記作業品質を満たすと判定するまで、前記作業項目のメンテナンス作業について追加の動作を行うよう制御する制御部とを有する。

発明の効果

[0006] 本開示によれば、メンテナンス作業を均質化させることができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、メンテナンス作業支援システムの適用例を示す図である。

[図2]図2は、メンテナンス作業支援システムのシステム構成の一例を示す図である。

[図3]図3は、メンテナンス作業及び状態測定の作業項目の一例を示す図である。

[図4]図4は、メンテナンス作業の対象システムであるエッチング処理システムの一例を示す図である。

[図5]図5は、メンテナンス作業の対象装置であるエッチング装置の一例を示す図である。

[図6]図6は、エッチング装置に対するメンテナンス作業時の作業品質の測定項目の一例を示す図である。

[図7A]図7Aは、作業ロボットの一例を示す図である。

[図7B]図7Bは、収納型作業ロボットの一例を示す図である。

[図8A]図8Aは、作業ロボットの動作例を示す第1の図である。

[図8B]図8Bは、作業ロボットの動作例を示す第2の図である。

[図9A]図9Aは、収納型作業ロボットの動作例を示す第1の図である。

[図9B]図9Bは、収納型作業ロボットの動作例を示す第2の図である。

[図9C]図9Cは、収納型作業ロボットの動作例を示す第3の図である。

[図10]図10は、作業ロボット及び収納型作業ロボットが有する制御装置の

ハードウェア構成の一例を示す図である。

[図11A]図 1 1 Aは、作業ロボットが有する制御装置の第 1 移動フェーズにおける機能構成の一例を示す図である。

[図11B]図 1 1 Bは、収納型作業ロボットが有する制御装置の第 2 移動フェーズにおける機能構成の一例を示す図である。

[図11C]図 1 1 Cは、作業ロボット及び収納型作業ロボットが有する制御装置の作業フェーズにおける機能構成の一例を示す図である。

[図12]図 1 2は、格納された作業品質情報の具体例を示す図である。

[図13]図 1 3は、作業品質学習部の詳細を説明するための図である。

[図14]図 1 4は、作業用パラメータ最適化部の詳細を説明するための図である。

[図15]図 1 5は、作業情報収集部の処理の具体例を示す図である。

[図16]図 1 6は、作業ロボット及び収納型作業ロボットによるメンテナンス作業支援処理の流れを示すフローチャートである。

[図17A]図 1 7 Aは、搬送ロボットの一例を示す図である。

[図17B]図 1 7 Bは、搬送ロボットの動作例を示す図である。

[図18]図 1 8は、搬送ロボットが提供するパーツの具体例を示す図である。

[図19]図 1 9は、搬送ロボットが有する制御装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図20]図 2 0は、搬送ロボットが有する制御装置の機能構成の一例を示す図である。

[図21A]図 2 1 Aは、協調制御部による処理の具体例を示す第 1 の図である。

[図21B]図 2 1 Bは、協調制御部による処理の具体例を示す第 2 の図である。

[図22]図 2 2は、搬送ロボットによるメンテナンス作業支援処理の流れを示すフローチャートである。

[図23]図 2 3は、遠隔監視装置の一例を示す図である。

[図24]図 2 4は、遠隔監視装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図25]図 2 5は、メンテナンス作業管理部の詳細を説明するための図である。

。

[図26]図 2 6 は、基板品質学習部の詳細を説明するための図である。

[図27]図 2 7 は、作業情報最適化部の詳細を説明するための図である。

[図28A]図 2 8 A は、遠隔監視装置によるメンテナンス作業支援処理の流れを示す第 1 のフローチャートである。

[図28B]図 2 8 B は、遠隔監視装置によるメンテナンス作業支援処理の流れを示す第 2 のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、各実施形態について添付の図面を参照しながら説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複した説明を省略する。

[0009] [第 1 の実施形態]

<メンテナンス作業支援システムの適用例>

はじめに、第 1 の実施形態に係るメンテナンス作業支援システムの適用例について説明する。図 1 は、メンテナンス作業支援システムの適用例を示す図である。図 1 に示すように、第 1 の実施形態に係るメンテナンス作業支援システム 1 1 0 は、例えば、複数の基板処理システムを備える基板製造工場 1 2 0 に適用され、基板処理システム 1 2 1 ~ 1 2 3 を対象システムとして、メンテナンス作業を支援する。

[0010] 図 1 の例は、基板製造工場 1 2 0 が、少なくとも、3 つの基板処理システム 1 2 1 ~ 1 2 3 を備えるケースを示しているが、基板製造工場 1 2 0 が備える基板処理システムの数、3 つに限定されない。また、ここでいう基板処理システムには、少なくとも、塗布現像装置、洗浄装置、エッチング装置、成膜装置のいずれかが含まれるが、かかる装置以外の装置が含まれていてもよい。

[0011] また、図 1 の例では、基板処理システムのみを示しているが、基板製造工場 1 2 0 は、基板処理システム以外の装置（例えば、基板品質検査装置等）を備えていてもよい。

[0012] なお、基板製造工場 120 において、メンテナンス作業支援システム 110 は、対象システムである基板処理システム 121～123 に対して行われるべき全てのメンテナンス作業を行うように構成してもよい。あるいは、対象システムである基板処理システム 121～123 に対して行われるべきメンテナンス作業の一部を行うように構成してもよい。つまり、メンテナンス作業支援システム 110 は、対象システムである基板処理システム 121～123 に対するメンテナンス作業を、作業者と協働して行うように構成してもよい。あるいは、メンテナンス作業支援システム 110 は、対象システムである基板処理システム 121～123 に対して作業者が行うメンテナンス作業を、補助するように構成してもよい。

[0013] <メンテナンス作業支援システムのシステム構成>

次に、第 1 の実施形態に係るメンテナンス作業支援システムのシステム構成について説明する。図 2 は、メンテナンス作業支援システムのシステム構成の一例を示す図である。

[0014] 図 2 に示すように、メンテナンス作業支援システム 110 は、遠隔監視装置 210、作業ロボット 220、搬送ロボット 230、収納型作業ロボット 240__1～240__3 を有する。

[0015] 遠隔監視装置 210 は管理装置の一例であり、基板製造工場 120 が備える各装置（図 2 の例では、基板処理システム 121～123、基板品質検査装置）と通信可能に接続される。また、遠隔監視装置 210 は、メンテナンス作業支援システム 110 を構成する各ロボット（図 2 の例では、作業ロボット 220、搬送ロボット 230、収納型作業ロボット 240__1～240__3）と通信可能に接続される。

[0016] 遠隔監視装置 210 は、基板処理システム 121～123 により基板処理が行われる基板処理期間中に、収納型作業ロボット 240__1～240__3 に対して、基板処理システム 121～123 内部の状態を測定するよう状態測定指示を送信する。また、遠隔監視装置 210 は、収納型作業ロボット 240__1～240__3 から送信された状態測定結果（基板処理システム 12

1～123内部の状態を測定した結果)に基づいて、基板処理システム121～123のメンテナンススケジュールを決定する。

[0017] 一方、メンテナンス期間に移行した後は、遠隔監視装置210は、作業ロボット220、収納型作業ロボット240__1～240__3、搬送ロボット230に対して、メンテナンス作業指示を送信する。なお、遠隔監視装置210は、作業ロボット220、収納型作業ロボット240__1～240__3がメンテナンス作業を行う際に、いずれかのロボットに不具合が発生した場合、遠隔監視者250が遠隔から操作できるように構成されている。

[0018] 更に、遠隔監視装置210は、メンテナンス作業完了後に、作業ロボット220、収納型作業ロボット240__1～240__3から、作業情報を受信するとともに、基板品質検査装置から、立ち上げ時に処理された基板についての基板品質に関する情報を受信する。これにより、遠隔監視装置210は、メンテナンス作業の作業情報を最適化し、作業ロボット220、収納型作業ロボット240__1～240__3が有する作業情報を、最適化した作業情報により更新する。

[0019] 作業ロボット220は第1作業ロボットの一例である。作業ロボット220は、遠隔監視装置210からメンテナンス作業指示を受信する。また、作業ロボット220は、受信したメンテナンス作業指示に基づいて特定した対象システム（基板処理システム121～123のいずれか）について、特定した作業項目のメンテナンス作業を行う。なお、作業ロボット220は、基板処理システム121～123の外側からアクセスし、基板処理システム121～123それぞれの処理装置に設けられた開口部を介して、基板処理システム121～123内部のメンテナンス作業を行う。あるいは、作業ロボット220は、基板処理システム121～123の外側からアクセスし、基板処理システム121～123内部のメンテナンス作業を行う代わりに、ユニット単位の交換を行うことでメンテナンス作業を代替する。

[0020] なお、作業ロボット220は、基板処理システム121～123内部のメンテナンス作業を行う際、あるいは、ユニット単位の交換を行うことでメン

テナンス作業を代替する際に必要なパーツを、搬送ロボット２３０より受け取る。また、作業ロボット２２０は、基板処理システム１２１～１２３内部のメンテナンス作業を行った際、あるいは、ユニット単位の交換を行うことでメンテナンス作業を代替した際に不要となったパーツを、搬送ロボット２３０に渡す。

[0021] また、作業ロボット２２０は、メンテナンス作業時に作業品質を確認し、所定の基準を満たすまで動作を継続する。なお、作業ロボット２２０は、例えば、経時変化等に起因して作業品質が低下したと判定した場合に、メンテナンス作業時のそれぞれの動作に関わる作業用パラメータ（動作量、動作回数等）を最適化する。

[0022] また、作業ロボット２２０は、メンテナンス作業の完了後に、実行した作業情報（それぞれの作業項目についての動作内容）を遠隔監視装置２１０に送信する。更に、作業ロボット２２０は、遠隔監視装置２１０より、更新用の作業情報を受信した場合に、作業情報を更新する。

[0023] 搬送ロボット２３０は、遠隔監視装置２１０からメンテナンス作業指示を受信する。また、搬送ロボット２３０は、受信したメンテナンス作業指示に基づいて特定した対象システムに対して、特定した作業項目のメンテナンス作業を作業ロボット２２０が行うのに必要なパーツを搬送する。具体的には、搬送ロボット２３０は、特定した作業項目のメンテナンス作業に必要なパーツを特定し、特定したパーツを、特定の保管場所にて搭載し、対象システムの位置まで搬送する。

[0024] また、搬送ロボット２３０は、作業ロボット２２０によりメンテナンス作業が行われることで不要となったパーツを、作業ロボット２２０より受け取り、特定の廃棄場所に搬送する。特定の廃棄場所では、メンテナンス作業が行われることで不要となったパーツの廃棄や、使用済みのエンドエフェクタの交換またはクリーニング等が行われる。

[0025] なお、搬送ロボット２３０によるこれらの搬送は、作業ロボット２２０との間で協調制御を行うことで効率的に行われる。

- [0026] 収納型作業ロボット240__1～240__3は第2作業ロボットの一例である。収納型作業ロボット240__1～240__3はそれぞれ、基板処理システム121～123内部に収納される。収納型作業ロボット240__1～240__3は、遠隔監視装置210から状態測定指示を受信すると、基板処理システム121～123内部の状態を測定し、状態測定結果（例えば、消耗品の劣化度、内壁の汚れ具合等）を遠隔監視装置210に送信する。これにより、遠隔監視装置210は、状態測定結果に基づいて、基板処理システム121～123のメンテナンススケジュールを決定することができる。
- [0027] また、収納型作業ロボット240__1～240__3は、遠隔監視装置210からメンテナンス作業指示を受信する。また、収納型作業ロボット240__1～240__3は、受信したメンテナンス作業指示において特定した作業項目のメンテナンス作業を行う。
- [0028] また、収納型作業ロボット240__1～240__3は、メンテナンス作業時に作業品質を確認し、所定の基準を満たすまで動作を継続する。ただし、動作を継続しても、所定の基準を満たさないようなケースでは、収納型作業ロボット240__1～240__3は、例えば、アラームを出力する等の他の処理を行う。なお、収納型作業ロボット240__1～240__3は、例えば、経時変化等に起因して作業品質が低下したと判定した場合に、メンテナンス作業時のそれぞれの動作に関わる作業用パラメータ（動作量、動作回数等）を最適化する。
- [0029] また、収納型作業ロボット240__1～240__3は、メンテナンス作業の完了後に、実行した作業情報（それぞれの作業項目についての動作内容）を遠隔監視装置210に送信する。更に、作業ロボット220は、遠隔監視装置210より、更新用の作業情報を受信した場合に、作業情報を更新する。
- [0030] <メンテナンス作業及び状態測定の作業項目>
- 次に、作業ロボット220及び収納型作業ロボット240__1～240__3により行われるメンテナンス作業の作業項目及び収納型作業ロボット24

0__1～240__3により行われる状態測定の作業項目について説明する。

図3は、メンテナンス作業及び状態測定の作業項目の一例を示す図である。

[0031] 図3に示すように、基板処理システム121～123に対するメンテナンス作業の作業名は、“消耗品交換”、“清掃”に大別することができる。

[0032] このうち、“消耗品交換”とは、基板処理システム121～123内部の消耗品を交換するメンテナンス作業を指す。

[0033] 図3に示すように、“消耗品交換”には、塗布現像装置におけるレジストボトルの交換やフィルタの交換等が含まれる（作業項目番号1、2）。また、“消耗品交換”には、洗浄装置におけるスピンの交換やフォークパッドの交換等が含まれる（作業項目番号3、4）。また、“消耗品交換”には、エッチング装置におけるエッジリングの交換が含まれる（作業項目番号5）。

[0034] また、“清掃”とは、基板処理システム121～123内部（内壁）を清掃し、堆積物を除去するメンテナンス作業を指す。

[0035] 図3に示すように、“清掃”には、エッチング装置におけるチャンバ内の清掃、真空搬送室内の清掃、ロードモジュール内の清掃等が含まれる（作業項目番号101～103）。

[0036] また、図3に示すように、基板処理システム121～123に対する状態測定の作業名には“状態測定”が含まれる。“状態測定”とは、メンテナンス作業の要否を判定し、メンテナンススケジュールを決定するために、基板処理システム121～123内部の状態を測定する作業を指す。

[0037] 図3に示すように、“状態測定”には、エッチング装置におけるエッジリングの消耗度の測定やチャンバ内の堆積物の量の測定等が含まれる（作業項目番号201、202）。

[0038] なお、図3に示したメンテナンス作業の作業項目及び状態測定の作業項目は、一例にすぎず、他の作業項目が含まれていてもよい。また、メンテナンス作業の各作業項目は、作業ロボット220と収納型作業ロボット240__1～240__3のいずれのロボットにより行われてもよい。一方、状態測定の各作業項目は、収納型作業ロボット240__1～240__3により行われ

るものとする。

[0039] <対象システムの具体例>

次に、第1の実施形態に係るメンテナンス作業支援システム110によるメンテナンス作業の対象システムである基板処理システムの具体例について説明する。ここでは、基板処理システム121が、エッチング処理システム400である場合について説明する。図4は、メンテナンス作業の対象システムであるエッチング処理システムの一例を示す図である。

[0040] 図4に示すように、エッチング処理システム400は、制御装置40とエッチング装置410とを備える。

[0041] 制御装置40は、エッチング装置410と通信し、エッチング装置410より取得した情報を遠隔監視装置210に送信する。また、制御装置40は、遠隔監視装置210と通信し、遠隔監視装置210より各種指示を受信し、エッチング装置410を制御する。

[0042] エッチング装置410は、真空搬送室421と、複数の処理装置431～436と、複数のロードロック室422と、大気搬送室423とを有する。

[0043] 真空搬送室421には、複数の処理装置431～436及び複数のロードロック室422が接続されている。なお、図4の例では、真空搬送室421に6台の処理装置431～436が接続されているが、真空搬送室421には5台以下の処理装置が接続されていても、7台以上の処理装置が接続されていてもよい。また、図4の例では、真空搬送室421に2台のロードロック室422が接続されているが、真空搬送室421には1台のロードロック室が接続されていても、3台以上のロードロック室が接続されていてもよい。

[0044] また、真空搬送室421には、収納部471が配されている。収納部471は、収納型作業ロボット240__1を収納する。

[0045] 処理装置431～436それぞれは、基板に対して、例えば低圧環境下でエッチング処理を施す。処理装置431～436それぞれの内部には、基板に対する処理に応じて消耗する消耗品が設けられている。処理装置431～

4 3 6それぞれと、真空搬送室4 2 1とは、ゲートバルブ4 4 0により仕切られている。また、処理装置4 3 1～4 3 6それぞれには、作業ロボット2 2 0がエッチング装置4 1 0の外側からアクセスした際、使用後の消耗品の取り外し、搬出および新たな消耗品の取り付けを行うためのゲートバルブ4 5 0が設けられている。

[0046] それぞれのロードロック室4 2 2は、ゲートバルブ4 6 1及び4 6 2を有し、内部の圧力を、予め定められた真空度の圧力から大気圧に、または、大気圧から予め定められた真空度の圧力に切り替える。ロードロック室4 2 2と真空搬送室4 2 1とはゲートバルブ4 6 1によって仕切られている。また、ロードロック室4 2 2と大気搬送室4 2 3とはゲートバルブ4 6 2によって仕切られている。

[0047] 真空搬送室4 2 1内には、ロボットアーム4 7 0が配置されている。基板処理期間中、真空搬送室4 2 1内は、予め定められた真空度に保たれている。ロボットアーム4 7 0は、基板搬送用のロボットアームであり、予め定められた真空度に減圧されたロードロック室4 2 2内から処理前の基板を取り出して、処理装置4 3 1～4 3 6のいずれかに搬送する。また、ロボットアーム4 7 0は、処理後の基板を処理装置4 3 1～4 3 6の何れかから取り出して、他の処理装置またはロードロック室4 2 2に搬送する。更に、ロボットアーム4 7 0は、メンテナンス作業時または状態測定時に、収納部4 7 1内に収納された収納型作業ロボット2 4 0__1と接続し、例えば、ゲートバルブ4 4 0を介して、処理装置4 3 1～4 3 6内部のメンテナンス作業または状態測定を行う。

[0048] ロードロック室4 2 2には、大気搬送室4 2 3が接続されている。大気搬送室4 2 3内には、ロボットアーム4 8 0が設けられている。また、大気搬送室4 2 3には、処理前または処理後の基板を複数収容可能な容器（例えば、F O U P : Front Opening Unified Pod）が接続される複数のロードポート4 9 1が設けられている。ロボットアーム4 8 0は、ロードポート4 9 1に接続された容器から処理前の基板を取り出してロードロック室4 2 2内に搬

送する。また、ロボットアーム４８０は、ロードロック室４２２から処理後の基板を取り出してロードポート４９１に接続された容器内に搬送する。なお、大気搬送室４２３には、ロードポート４９１に接続された容器から取り出された基板の向きを調整するアライメントユニットが設けられていてもよい。

[0049] かかる構成のもと、作業ロボット２２０は、メンテナンス期間に移行した後に、遠隔監視装置２１０からエッチング処理システム４００に対するメンテナンス作業指示を受信すると、エッチング装置４１０の位置まで移動する。そして、作業ロボット２２０は、例えば、ゲートバルブ４５０を介して、処理装置４３１～４３６内部のメンテナンス作業を行う。

[0050] <エッチング装置の構成>

次に、エッチング処理システム４００が備えるメンテナンス作業の対象装置であるエッチング装置４１０（ここでは、そのうちの処理装置４３１）の構成について説明する。図５は、メンテナンス作業の対象装置であるエッチング装置の一例を示す図である。図５に示すように、エッチング装置４１０の処理装置４３１は、チャンバ５１０、ガス供給部５２０、RF（Radio Frequency）電力供給部５３０、排気システム５４０を備える。

[0051] チャンバ５１０は、支持部５１１及び上部電極シャワーヘッドアセンブリ５１２を有する。支持部５１１は、チャンバ５１０内の処理空間５１０ｓの下部領域に配置されている。上部電極シャワーヘッドアセンブリ５１２は、支持部５１１の上方に配置されており、チャンバ５１０の天板の一部として機能する。

[0052] 支持部５１１は載置台の一例であり、処理空間５１０ｓにおいて基板Wを支持するように構成されている。支持部５１１は、下部電極５１１ｂ及び静電チャック５１１ａを含む。静電チャック５１１ａは、下部電極５１１ｂ上に配置されており、静電チャック５１１ａの上面で基板Wを支持するように構成されている。下部電極５１１ｂの周縁部上面には、エッジリング５１４が設けられている。エッジリング５１４は、下部電極５１１ｂの周縁部上面

において静電チャック５１１a及び基板Wを囲むように配置されている。

[0053] チャンバ５１０の底部、下部電極５１１b、及び静電チャック５１１aには、リフトピン５１５を通過させるための貫通孔が形成されている。リフトピン５１５は、基板Wの搬入時及び搬出時に駆動部５１６によって昇降される。これにより、チャンバ５１０内に搬入された基板Wをロボットアーム４７０から受け取って静電チャック５１１a上に載置することができ、処理後の基板Wをロボットアーム４７０に渡してチャンバ５１０内から搬出することができる。

[0054] また、チャンバ５１０の底部及び下部電極５１１bには、リフトピン５１７を通過させるための貫通孔が形成されている。リフトピン５１７は、エッジリング５１４の交換時に駆動部５１８によって昇降される。これにより、使用後のエッジリング５１４を作業ロボット２２０に渡してチャンバ５１０から搬出することができる。また、新たに取り付けるエッジリング（エッジリング５１４'と称す）を作業ロボット２２０から受け取って下部電極５１１b上に載置することができる。

[0055] 上部電極シャワーヘッドアセンブリ５１２は、ガス供給部５２０からの１種類以上のガスを処理空間５１０s内に供給するように構成されている。図５の例において、上部電極シャワーヘッドアセンブリ５１２は、電極支持部５１２d及び上部電極５１２eを備える。電極支持部５１２dは、ガス入口５１２a及びガス拡散室５１２bを有し、下面において上部電極５１２eを支持する。ガス供給部５２０とガス拡散室５１２bとは、ガス入口５１２aを介して流体連通している。電極支持部５１２d及び上部電極５１２eには、複数のガス出口５１２cが形成されており、ガス拡散室５１２bと処理空間５１０sとは、複数のガス出口５１２cを介して流体連通している。図５の例の場合、上部電極シャワーヘッドアセンブリ５１２は、１種類以上のガスをガス入口５１２aからガス拡散室５１２b及び複数のガス出口５１２cを介して処理空間５１０s内に供給するように構成されている。

[0056] ガス供給部５２０は、複数のガスソース５２１a～５２１c、複数の流量

制御器 5 2 2 a ~ 5 2 2 c、及び複数のバルブ 5 2 3 a ~ 5 2 3 c を有する。ガスソース 5 2 1 a は例えば処理ガスの供給源であり、ガスソース 5 2 1 b は例えばクリーニングガスの供給源であり、ガスソース 5 2 1 c は例えば不活性ガス（例えば、窒素ガス）の供給源である。

[0057] 流量制御器 5 2 2 a ~ 5 2 2 c は、例えばマスフローコントローラまたは圧力制御式の流量制御器を含む。また、ガス供給部 5 2 0 は、1 以上の処理ガスの流量を変調またはパルス化する 1 以上の流量変調デバイスを含んでもよい。

[0058] R F 電力供給部 5 3 0 は、R F 電力、例えば 1 以上の R F 電力を、下部電極 5 1 1 b、上部電極シャワーヘッドアセンブリ 5 1 2、または、下部電極 5 1 1 b 及び上部電極シャワーヘッドアセンブリ 5 1 2 の双方のような 1 以上の電極に供給するように構成されている。図 5 の例において、R F 電力供給部 5 3 0 は、2 つの R F 生成部 5 3 1 a、5 3 1 b、及び、2 つの整合回路 5 3 2 a、5 3 2 b を含む。図 5 の例において、R F 電力供給部 5 3 0 は、第 1 の R F 電力を R F 生成部 5 3 1 a から整合回路 5 3 2 a を介して下部電極 5 1 1 b に供給するように構成されている。R F スペクトルは、3 [H z] ~ 3 0 0 0 [G H z] の範囲の電磁スペクトルの一部を包含する。半導体プロセスのような電子材料プロセスに関して、プラズマ生成のために用いられる R F スペクトルの周波数は、好ましくは 1 0 0 [k H z] ~ 3 [G H z]、より好ましくは 2 0 0 [k H z] ~ 1 5 0 [M H z] の範囲内の周波数である。例えば、第 1 の R F 電力の周波数は、2 7 [M H z] ~ 1 0 0 [M H z] の範囲内の周波数であってもよい。

[0059] また、図 5 の例において、R F 電力供給部 5 3 0 は、第 2 の R F 電力を R F 生成部 5 3 1 b から整合回路 5 3 2 b を介して下部電極 5 1 1 b に供給するように構成されている。例えば、第 2 の R F 電力の周波数は、4 0 0 [k H z] ~ 1 3 . 5 6 [M H z] の範囲内の周波数であってもよい。あるいは、R F 電力供給部 5 3 0 は、R F 生成部 5 3 1 b に代えて、D C (Direct Current) パルス生成部を有していてもよい。

[0060] 排気システム540は、例えばチャンバ510の底部に設けられた排気口510eに、圧力制御バルブ541を介して接続される。排気システム540は、圧力弁、ターボ分子ポンプ、粗引きポンプ、またはこれらの組み合わせのような真空ポンプを含んでもよい。圧力制御バルブ541と排気システム540との間には、バルブ542を介して配管543が接続されている。配管543は、ゲートバルブ519の外部の空間に繋がっている。排気システム540によって排気されたガスは、排気システム540の排気ポートから排気ガスを処理する排気ガス処理システムへ排気される。また、配管543は、バルブ544を介して排気システム540の排気ポートに接続されている。

[0061] <作業品質の測定項目>

次に、対象システムである基板処理システム121がエッチング処理システム400である場合であって、エッチング装置410の処理装置431に対してメンテナンス作業を行う際の作業品質の測定項目について説明する。上述したように、作業ロボット220及び収納型作業ロボット240__1は、メンテナンス作業時に作業品質に対応する測定項目の測定結果（作業品質の測定項目について測定した結果）を確認し、所定の基準を満たすまで動作を継続する。

[0062] 図6は、エッチング装置に対するメンテナンス作業時の作業品質の測定項目の一例を示す図である。

[0063] 図6に示すように、例えば、作業ロボット220がエッチング装置410の処理装置431に対して、消耗品であるエッジリングの交換を行ったとする。この場合、作業ロボット220では、新たに取り付けた消耗品であるエッジリング514'の位置を測定する。また、作業ロボット220では、エッジリング514'の位置を示す座標の、目標座標からのずれ量が所定の閾値以下となるように、追加の動作として、エッジリング514'の位置調整を行う。

[0064] また、図6に示すように、例えば、収納型作業ロボット240__1がエッ

チング装置４１０の処理装置４３１及び真空搬送室４２１に対して、チャンバ５１０内の清掃及び真空搬送室４２１内の清掃を行ったとする。この場合、収納型作業ロボット２４０__１では、側壁のパーティクル数を測定する。また、収納型作業ロボット２４０__１では、側壁のパーティクル数が、基準個数以下となるまで、チャンバ５１０内の追加の清掃及び真空搬送室４２１内の追加の清掃を行う。

[0065] このように、作業ロボット２２０及び収納型作業ロボット２４０__１では、メンテナンス作業を行うごとに、それぞれの作業項目について規定された測定項目について、作業品質の測定を行い、予め設定された基準を満たすまでメンテナンス作業を行う。これにより、第１の実施形態に係るメンテナンス作業支援システム１１０によれば、メンテナンス作業の作業品質を基準値以上で均質化させることができる。なお、ここでいう基準は、固定値として設定されてもよいし、作業者あるいは遠隔監視者２５０等によって、適宜変更されてもよい。

[0066] <作業ロボット及び収納型作業ロボットの詳細>

次に、作業ロボット２２０及び収納型作業ロボット２４０__１～２４０__３の詳細について説明する。

[0067] （１）作業ロボット２２０の構成

はじめに、作業ロボット２２０の詳細構成について説明する。図７Ａは、作業ロボットの一例を示す図である。図７Ａに示すように、作業ロボット２２０は、マニピュレータ７００ａと移動体７００ｂとを有する。

[0068] このうち、移動体７００ｂは、作業ロボット２２０を移動させ、作業ロボット２２０全体の位置及び姿勢を制御する。移動体７００ｂは、支持台座７０１と、移動部７０２と、制御装置７０３とを有する。

[0069] 支持台座７０１は、マニピュレータ７００ａを支持する基部である。移動部７０２は、支持台座７０１に取り付けられた不図示の撮像装置及びレーザ装置からの画像データ及び距離データに基づいて制御される。これにより、移動部７０２は、作業ロボット２２０を任意の位置（例えば、対象システム

の位置)に移動させることができる。制御装置703は、マニピュレータ700aの動作及び移動部702の動作を制御する。

[0070] マニピュレータ700aは、基板処理システム121～123に対するメンテナンス作業のうち、主に消耗品交換及び清掃を行う。また、マニピュレータ700aは、消耗品交換及び清掃の後に、作業品質の測定を行う。

[0071] 図7Aに示すように、マニピュレータ700aは、複数のリンク部(リンク部711～719)を有する。

[0072] リンク部711の一方の端部は、移動体700bに対して、矢印771方向に回転する回転部721を介して取り付けられる。また、リンク部711は、矢印772方向に昇降する昇降機構を有し、他端には、矢印773方向に回転する回転部722を介してリンク部712の一方の端部が取り付けられる。

[0073] リンク部712の他方の端部には、分岐部730が形成されており、分岐部730には、主に消耗品交換及び清掃を行う第1アームと、消耗品交換及び清掃の後に、作業品質の測定を行う第2アームとが取り付けられる。

[0074] 第1アームにおいて、リンク部713の一方の端部は、矢印774方向に回転する回転部723を介して、分岐部730に取り付けられ、他方の端部は、矢印775方向に回転する回転部724を介してリンク部714が取り付けられる。また、リンク部714の他方の端部には、矢印776方向に回転する回転部725を介して、リンク部715の一方の端部が取り付けられる。更に、リンク部715の他方の端部には、矢印777方向に回転する回転部726を介して、エンドエフェクタ740が取り付けられる。

[0075] エンドエフェクタ740は、センサ(例えば、撮像装置727)を有し、エンドエフェクタ740の先端方向を測定する。これにより、第1アームの姿勢が制御されるとともに、エンドエフェクタ740の動作が制御され、消耗品交換及び清掃が行われる。

[0076] なお、図7Aの例では、エンドエフェクタ740として、5本指型のエンドエフェクタが取り付けられた例を示しているが、エンドエフェクタ740

の種類はこれに限定されず、作業項目に応じて適切な種類のエンドエフェクタに交換される。具体的には、搬送ロボット230によって複数種類のエンドエフェクタが作業ロボット220の近傍まで搬送され、作業ロボット220では、作業項目に応じたエンドエフェクタに交換する。あるいは、作業ロボット220は、自ロボット内にストックしている複数種類のエンドエフェクタの中から作業項目に応じたエンドエフェクタに交換してもよい。エンドエフェクタ740は、回転部726の位置において着脱可能に取り付けられるものとする。

[0077] 第2アームにおいて、リンク部716の一方の端部は、矢印778方向に回転する回転部751を介して、分岐部730に取り付けられ、他方の端部は、矢印779方向に回転する回転部752を介してリンク部717が取り付けられる。また、リンク部717の他方の端部には、矢印780方向に回転する回転部753を介して、リンク部718の一方の端部が取り付けられる。また、リンク部718の他方の端部には、矢印781方向に回転する回転部754を介してリンク部719の一方の端部が取り付けられる。更に、リンク部719の他方の端部には、矢印782方向に回転する回転部755を介して、マルチセンサユニット760が取り付けられる。

[0078] マルチセンサユニット760は測定部の一例であり、各種センサ（例えば、撮像装置、レーザ距離計）を有する。これにより、第2アームの姿勢が制御されるとともに、エンドエフェクタ740により行われた消耗品交換及び清掃についての作業品質が測定される。

[0079] (2) 収納型作業ロボット240__1～240__3の構成

次に、収納型作業ロボット240__1～240__3の詳細構成について説明する。なお、収納型作業ロボット240__1～240__3は、同様の構成を有することから、ここでは、収納型作業ロボット240__1の詳細構成について説明する。

[0080] 収納型作業ロボット240__1は、対象システムである基板処理システム121がエッチング処理システム400である場合、真空搬送室421内に

収納される。また、収納型作業ロボット240__1は、遠隔監視装置210より状態測定指示またはメンテナンス作業指示があった場合、ロボットアーム470に接続される。図7Bは、収納型作業ロボットの一例を示す図であり、(a)は、収納型作業ロボット240__1がロボットアーム470に接続される前の様子を、(b)は、収納型作業ロボット240__1がロボットアーム470に接続された後の様子を示している。

[0081] 図7B(a)の紙面左側は、図4を用いて説明したエッチング装置410を上方から見た様子を示している。また、紙面右側は、ロボットアーム470を側面から見た様子を示している。上述したように、ロボットアーム470は、処理前の基板を処理装置431～436のいずれかに搬送し、処理後の基板を処理装置431～436の何れかから取り出す。このため、紙面右側に示したように、ロボットアーム470の先端部の高さ位置は、例えば、ゲートバルブ440の高さ位置にあり、複数のリンクが複数の回転部を介して接続されたリンク機構を有している。

[0082] 図7B(b)の紙面左側は、上方から見たエッチング装置410において、ロボットアーム470に収納型作業ロボット240__1が接続された様子を示している。また、紙面右側は、収納型作業ロボット240__1が接続されたロボットアーム470を側面から見た様子を示している。

[0083] 図7B(b)の紙面右側に示すように、収納型作業ロボット240__1は、接続部790を有し、ロボットアーム470の先端部と接続される。接続部790の内部には、制御装置793が配されており、収納型作業ロボット240__1の動作を制御する。

[0084] 具体的には、接続部790には、2本のアームが取り付けられており、エッチング処理システム400に対するメンテナンス作業（消耗品交換、清掃）及び状態測定を行う。また、2本のアームのうちの一方のアームは、メンテナンス作業時（消耗品交換後または清掃後）に、作業品質の測定を行う。

[0085] なお、接続部790に取り付けられた2本のアームは、図7Aを用いて説明した作業ロボット220の第1アーム及び第2アームと同様の構成を有す

るため、ここでは、作業ロボット220の第1アーム及び第2アームとの相違点を中心に説明する。

[0086] エンドエフェクタ791は、複数本の指を有する指機構を備える（例えば、5本指型の）エンドエフェクタであり、相互の指が密着または分離することで（つまり、指間隔を変更することで）、作業項目に適した形に変形する。例えば、重量の大きい物体を把持する際には、相互の指が結合することで、2本の太い指を形成する。また、小さい物体を把持する際には、相互の指が分離することで、5本の細い指を形成する。更に、チャンバの内壁を布で掃除する場合には、相互の指が結合し平坦面を形成することで、チャンバの内壁と布との接触面積を増やす。

[0087] マルチセンサユニット792は、各種センサ（例えば、撮像装置、レーザ距離計）に加えて、UVライトを有する。これにより、エンドエフェクタ791により清掃が行われた際の作業品質の測定において、UVライトを照射してチャンバ内のパーティクル数を検出することができる。

[0088] <作業ロボット及び収納型作業ロボットの動作例>

次に、作業ロボット220及び収納型作業ロボット240__1の動作例について説明する。

[0089] （1）作業ロボット220の動作例（消耗品交換）

はじめに、作業ロボット220が消耗品（ここでは、エッチング装置410の処理装置431におけるエッジリング514）を交換する際の動作例について説明する。図8Aは、作業ロボットの動作例を示す第1の図である。図8Aに示すように、作業ロボット220は、エッチング装置410が有する複数の処理装置のうち、エッジリングを交換する処理装置（ここでは、処理装置431）にアクセスする。図8Aにおいて、チャンバ800は、処理装置431のチャンバ510を模式的に示したものである。

[0090] 図8Aに示すように、処理装置431にアクセスした作業ロボット220は、チャンバ800のゲート810を介して、第1アームをチャンバ800内に挿入させるよう制御する。具体的には、作業ロボット220は、センサ

(例えば、撮像装置 727) により撮影された画像データに基づいて第 1 アームの姿勢を制御しながら、第 1 アームをチャンバ 800 内に挿入する。

[0091] また、作業ロボット 220 は、第 1 アームを用いて使用後のエッジリング 514 を取り外し、取り外したエッジリング 514 を、チャンバ 800 の外側に搬出し、搬送ロボット 230 (図 8A において不図示) に受け渡す。具体的には、作業ロボット 220 は、センサ (例えば、撮像装置 727) により撮影された画像データに基づいてエンドエフェクタ 740 の動作を制御しながら、エッジリング 514 の取り外しを行う。また、作業ロボット 220 は、センサ (例えば、撮像装置 727) により撮影された画像データに基づいて第 1 アームの姿勢を制御しながら、取り外したエッジリング 514 の搬出及び受け渡しを行う。

[0092] また、作業ロボット 220 は、搬送ロボット 230 により予め搬送された、新たに取り付けるエッジリング 514' を把持し、ゲート 810 を介してチャンバ 800 内に搬入する。更に、作業ロボット 220 は、新たなエッジリング 514' を所定の位置に取り付け、取り付けが完了すると、第 1 アームをチャンバ 800 の外側に抜き出す。

[0093] (2) 作業ロボット 220 の動作例 (作業品質の測定)

続いて、作業ロボット 220 が新たなエッジリング 514' を取り付けた後に、作業品質を測定する際の動作例について説明する。図 8B は、作業ロボットの動作例を示す第 2 の図である。図 8B に示すように、作業ロボット 220 は、チャンバ 800 のゲート 810 を介して、第 2 アームをチャンバ 800 内に挿入させるよう制御する。具体的には、作業ロボット 220 は、マルチセンサユニット 760 が有するセンサ (例えば、撮像装置 820) により撮影された画像データに基づいて第 2 アームの姿勢を制御しながら、第 2 アームをチャンバ 800 内に挿入する。

[0094] また、作業ロボット 220 は、マルチセンサユニット 760 が有するセンサ (例えば、レーザ距離計 830) により、新たに取り付けたエッジリング 514' の取り付け位置を測定する。図 8B において、符号 840 は、新た

に取り付けたエッジリング514'及び静電チャック511aを上方から見た様子を示している。

[0095] 作業ロボット220は、マルチセンサユニット760が有するセンサ（例えば、レーザ距離計830）を、例えば、符号840の1点鎖線に沿って、エッジリング514'の上面及び静電チャック511aの上面に平行に移動させながら、距離を測定する。これにより、作業ロボット220は、例えば、符号841から符号844に示す各位置において、符号850に示す測定結果を得る。

[0096] つまり、作業ロボット220は、符号841から符号844に示す各位置において、エッジリング514'の内側端部と、静電チャック511aの外側端部との間の距離dを算出することができる。この結果、作業ロボット220は、静電チャック511aの中心位置（座標）に対する、エッジリング514'の中心位置（目標座標）からのずれ量を算出することができる。

[0097] なお、作業ロボット220は、算出したずれ量が所定の閾値以下であるか否かを判定する。また、作業ロボット220は、所定の閾値以下でないと判定した場合には、図8Aに示したように、再度、第1アームをチャンバ800に挿入し、追加の動作を行うことで、新たに取り付けたエッジリング514'の取り付け位置の位置調整を行う。作業ロボット220は、算出したずれ量が所定の閾値以下であると判定するまで、これらの動作を継続する。

[0098] （3）収納型作業ロボット240__1の動作例（状態測定）

次に、収納型作業ロボット240__1が状態測定（ここでは、エッチング装置410の処理装置431におけるエッジリング514の消耗度の測定）を行う際の動作例について説明する。図9Aは、収納型作業ロボットの動作例を示す第1の図である。

[0099] 図9Aに示すように、収納型作業ロボット240__1が状態測定を行うにあたり、はじめに、ロボットアーム470は、先端に収納型作業ロボット240__1を接続する。続いて、ロボットアーム470は、エッチング装置410が有する複数の処理装置のうち、消耗度の測定を行うエッジリング51

4 が取り付けられた処理装置（ここでは、処理装置 4 3 1）にアクセスする。図 8 A 同様、図 9 A において、チャンバ 8 0 0 は、処理装置 4 3 1 のチャンバ 5 1 0 を模式的に示したものである。

[0100] 処理装置 4 3 1 にアクセスしたロボットアーム 4 7 0 は、チャンバ 8 0 0 のゲート 9 1 0 を介して、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 をチャンバ 8 0 0 内に挿入させるよう制御する。具体的には、ロボットアーム 4 7 0 は、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 のマルチセンサユニット 7 9 2 が有するセンサ（例えば、撮像装置 9 4 0）により撮影された画像データに基づいて、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 をチャンバ 8 0 0 内に挿入する。なお、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 をチャンバ 8 0 0 内に挿入するにあたり、静電チャック 5 1 1 a 上には、予め治具基板 W' が載置されているものとする。

[0101] 収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 がチャンバ 8 0 0 内に挿入されると、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 は、例えば、マルチセンサユニット 7 9 2 が有するセンサ（例えば、レーザ距離計 9 5 0）により、エッジリング 5 1 4 の消耗度を測定する。図 9 A において、符号 9 2 0 は、エッジリング 5 1 4 及び治具基板 W' を上方から見た様子を示している。

[0102] 収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 は、マルチセンサユニット 7 9 2 が有するセンサ（例えば、レーザ距離計 9 5 0）を、例えば、符号 9 2 0 の 1 点鎖線に沿って、エッジリング 5 1 4 の上面及び治具基板 W' の上面に平行に移動させながら、距離を測定する。これにより、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 は、例えば、符号 9 3 0 に示す測定結果を得る。この結果、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 は、エッジリング 5 1 4 の消耗度を算出することができる。

[0103] なお、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 は、算出した消耗度を、状態測定結果として遠隔監視装置 2 1 0 に送信する。これにより、遠隔監視装置 2 1 0 は、エッジリング 5 1 4 の交換要否または交換時期を判定し、メンテナンススケジュールを決定することができる。

[0104] （４）収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 の動作例（清掃）

次に、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 が清掃（ここでは、エッチング装置

４１０の処理装置４３１におけるチャンバ５１０内の清掃）を行う際の動作例について説明する。図９Ｂは、収納型作業ロボットの動作例を示す第２の図である。

[0105] 図９Ｂに示すように、収納型作業ロボット２４０__１が清掃を行うにあたり、はじめに、ロボットアーム４７０は、先端に収納型作業ロボット２４０__１を接続する。続いて、ロボットアーム４７０は、エッチング装置４１０が有する複数の処理装置のうち、チャンバの清掃を行う処理装置（ここでは、処理装置４３１）にアクセスする。図９Ａ同様、図９Ｂにおいて、チャンバ８００は、処理装置４３１のチャンバ５１０を模式的に示したものである。

[0106] 処理装置４３１にアクセスしたロボットアーム４７０は、チャンバ８００のゲート９１０を介して、収納型作業ロボット２４０__１をチャンバ８００内に挿入させるよう制御する。具体的には、ロボットアーム４７０は、収納型作業ロボット２４０__１のエンドエフェクタ７９１が有するセンサ（例えば、撮像装置９６０）により撮影された画像データに基づいて、収納型作業ロボット２４０__１をチャンバ８００内に挿入する。なお、収納型作業ロボット２４０__１をチャンバ８００内に挿入するにあたり、エンドエフェクタ７９１は、チャンバ８００の内壁を掃除するための布を保持しているものとする。

[0107] 収納型作業ロボット２４０__１がチャンバ８００内に挿入されると、収納型作業ロボット２４０__１は、エンドエフェクタ７９１が保持する布を用いてチャンバ８００の内壁を掃除する。具体的には、収納型作業ロボット２４０__１は、センサ（例えば、撮像装置９６０）により撮影された画像データに基づいて第１アームの姿勢を制御しながら、エンドエフェクタ７９１の動作を制御することで清掃を行う。なお、収納型作業ロボット２４０__１は、清掃作業として予め定められた動作を行ってもよいし、汚染の状況（汚染の種類、汚染のエリア等）に応じた動作を行ってもよい。収納型作業ロボット２４０__１では、例えば、マルチセンサユニット７９２を介して汚染の状況

を把握する。

[0108] (5) 収納型作業ロボット 240__1 の動作例 (作業品質の測定)

続いて、収納型作業ロボット 240__1 が清掃後に、作業品質を測定する際の動作例について説明する。図 9 C は、収納型作業ロボットの動作例を示す第 3 の図である。図 9 C に示すように、チャンバ 800 の内壁の掃除が完了した時点で、収納型作業ロボット 240__1 は、チャンバ 800 内に挿入された状態にある。

[0109] そこで、収納型作業ロボット 240__1 は、第 2 アームを用いてチャンバ 800 内のパーティクル数を測定する。具体的には、第 2 アームのマルチセンサユニット 792 が有する UV ライトを、チャンバ 800 の内壁に照射し、第 2 アームのマルチセンサユニット 792 が有するセンサ (例えば、撮像装置 940) を用いて、UV ライトの照射位置を撮影する。

[0110] これにより、収納型作業ロボット 240__1 は、エンドエフェクタ 791 により清掃が行われた際の作業品質として、チャンバ 800 内のパーティクル数を測定することができる。

[0111] なお、収納型作業ロボット 240__1 は、測定したパーティクル数が所定の閾値以下であるか否かを判定し、所定の閾値以下でないと判定した場合には、図 9 B に示したように、再度、エンドエフェクタ 791 による清掃を行う。収納型作業ロボット 240__1 は、測定したパーティクル数が所定の閾値以下であると判定するまで、これらの動作を継続する。

[0112] <作業ロボット及び収納型作業ロボットが有する制御装置のハードウェア構成>

次に、作業ロボット (例えば、作業ロボット 220) 及び収納型作業ロボット (例えば、収納型作業ロボット 240__1) が有する制御装置 (例えば、制御装置 703、793) のハードウェア構成について説明する。図 10 は、作業ロボット及び収納型作業ロボットが有する制御装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[0113] 図 10 に示すように、制御装置 703、793 は、プロセッサ 1001、

メモリ 1002、補助記憶装置 1003、I/F (Interface) 装置 1004、通信装置 1005 を有する。なお、制御装置 703、793 に含まれる各ハードウェアは、バス 1006 を介して相互に接続されている。

[0114] プロセッサ 1001 は、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit) 等の各種演算デバイスを有する。プロセッサ 1001 は、各種プログラム（例えば、制御プログラム等）をメモリ 1002 上に読み出して実行する。

[0115] メモリ 1002 は、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory) 等の主記憶デバイスを有する。プロセッサ 1001 とメモリ 1002 とは、いわゆるコンピュータを形成し、プロセッサ 1001 が、メモリ 1002 上に読み出した各種プログラムを実行することで、当該コンピュータは各種機能を実現する。

[0116] 補助記憶装置 1003 は、各種プログラムや、各種プログラムがプロセッサ 1001 によって実行される際に用いられる各種情報を格納する。

[0117] I/F 装置 1004 は、外部装置（操作装置 1011、駆動制御装置 1012、センサ 1013 等）と接続する接続デバイスである。I/F 装置 1004 は、作業者による作業ロボット 220 または収納型作業ロボット 240__1 に対する操作を、操作装置 1011 を介して受け付ける。なお、ここでいう操作装置 1011 には、作業ロボット 220 及び収納型作業ロボット 240__1 が有する電源 ON/OFF の操作スイッチや、緊急停止用の操作スイッチ等が含まれる。

[0118] また、I/F 装置 1004 は、制御装置 703、793 からの制御指示を駆動制御装置 1012 に出力する。なお、ここでいう駆動制御装置 1012 には、作業ロボット 220 の移動、第 1 及び第 2 アームの動作、収納型作業ロボット 240__1 の第 1 及び第 2 アームの動作を制御するための動作信号を出力する装置が含まれる。

[0119] 更に、I/F 装置 1004 は、センサ 1013 からのセンサデータを受け付ける。なお、ここでいうセンサ 1013 には、マルチセンサユニット 76

0が有するセンサやエンドエフェクタ740が有するセンサ、マニピュレータ700aが有するセンサ、移動体700bが有するセンサ等、作業ロボット220が有する各種センサが含まれる。

[0120] あるいは、ここでいうセンサ1013には、マルチセンサユニット792が有するセンサやエンドエフェクタ791が有するセンサ等、収納型作業ロボット240__1が有する各種センサが含まれる。

[0121] 通信装置1005は、ネットワーク1015を介して外部装置1014（例えば、メンテナンス作業支援システム110内の他のロボット、装置等）と通信するための通信デバイスである。

[0122] なお、補助記憶装置1003にインストールされる各種プログラムは、例えば、通信装置1005を介してネットワーク1015よりダウンロードされることで、インストールされる。

[0123] <作業ロボット及び収納型作業ロボットが有する制御装置の機能構成>

次に、作業ロボット220が有する制御装置703及び収納型作業ロボット240__1が有する制御装置793の機能構成について説明する。なお、機能構成は、

- ・作業ロボット220がメンテナンス作業指示を受けて、対象システム（エッチング処理システム400）の位置に移動するまでの「第1移動フェーズ」、
 - ・収納型作業ロボット240__1が状態測定指示またはメンテナンス作業指示を受けて、ロボットアーム470が、収納型作業ロボット240__1を、対象装置（エッチング装置410）の処理装置431のチャンバ510内に挿入するまでの「第2移動フェーズ」、
 - ・作業ロボット220または収納型作業ロボット240__1がメンテナンス作業、または、状態測定、または、作業品質測定を行う「作業フェーズ」、
- に分けて説明する。

[0124] （1）第1移動フェーズにおける機能構成

はじめに、作業ロボット220が有する制御装置703の第1移動フェー

ズにおける機能構成について説明する。図 1 1 A は、作業ロボットが有する制御装置の第 1 移動フェーズにおける機能構成の一例を示す図である。作業ロボット 2 2 0 が有する制御装置 7 0 3 には、制御プログラムがインストールされている。そして、第 1 移動フェーズにおいて当該制御プログラムが実行されることで、制御装置 7 0 3 は、主制御部 1 1 0 1、センサデータ処理部 1 1 0 2、協調制御部 1 1 0 3 として機能する。

[0125] 主制御部 1 1 0 1 は、遠隔監視装置 2 1 0 からメンテナンス作業指示を受信すると、メンテナンス作業の対象システムを特定するとともに、センサデータ処理部 1 1 0 2 より、作業ロボット 2 2 0 の現在の位置及び姿勢情報を取得する。また、主制御部 1 1 0 1 は、レイアウト情報格納部 1 1 0 4 に格納された基板製造工場 1 2 0 内のレイアウト情報を読み出し、現在の位置及び姿勢情報に基づいて、特定した対象システムまでの移動経路を導出する。更に、主制御部 1 1 0 1 は、導出した移動経路に従って移動するよう、移動中の現在の位置及び姿勢情報に基づいて、駆動制御装置 1 0 1 2 に制御指示を出力する。

[0126] なお、主制御部 1 1 0 1 は、移動経路に従って移動中、センサデータ処理部 1 1 0 2 より、障害物情報を取得した場合、取得した障害物情報に基づいて、駆動制御装置 1 0 1 2 に出力する制御指示を調整する。

[0127] また、主制御部 1 1 0 1 は、協調制御部 1 1 0 3 を介して搬送ロボット 2 3 0 との間で協調制御情報を送受信する。協調制御情報とは、メンテナンス作業を効率的に行うための指示情報であり、搬送ロボット 2 3 0 から作業ロボット 2 2 0 に対する指示と、作業ロボット 2 2 0 から搬送ロボット 2 3 0 に対する指示の両方が含まれる。

[0128] 協調制御部 1 1 0 3 は、主制御部 1 1 0 1 から出力された協調制御情報を搬送ロボット 2 3 0 に送信し、搬送ロボット 2 3 0 から送信された協調制御情報を、主制御部 1 1 0 1 に通知する。

[0129] (2) 第 2 移動フェーズにおける機能構成

次に、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 が有する制御装置 7 9 3 の第 2 移動

フェーズにおける機能構成について説明する。図 1 1 B は、収納型作業ロボットが有する制御装置の第 2 移動フェーズにおける機能構成の一例を示す図である。収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 が有する制御装置 7 9 3 には、制御プログラムがインストールされている。収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 が有する制御装置 7 9 3 は、第 2 移動フェーズにおいて当該制御プログラムが実行されることで、主制御部 1 1 1 1、センサデータ処理部 1 1 1 2、協調制御部 1 1 1 3 として機能する。

[0130] 主制御部 1 1 1 1 は、遠隔監視装置 2 1 0 から状態測定指示を受信すると、状態測定を行う処理装置を特定する。また、主制御部 1 1 1 1 は、遠隔監視装置 2 1 0 からメンテナンス作業指示を受信すると、メンテナンス作業を行う処理装置を特定する。

[0131] また、主制御部 1 1 1 1 は、ロボットアーム 4 7 0 が収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 に接続したことを検知すると、協調制御部 1 1 1 3 を介して、ロボットアーム 4 7 0 との間で協調制御を行い、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 の位置及び姿勢を制御する。

[0132] 具体的には、主制御部 1 1 1 1 は、センサデータ処理部 1 1 1 2 より現在の位置及び姿勢情報を取得する。また、主制御部 1 1 1 1 は、レイアウト情報格納部 1 1 1 4 に格納された基板処理システム 1 2 1 内の処理装置 4 3 1 ~ 4 3 6 のレイアウト情報を読み出す。また、主制御部 1 1 1 1 は、取得した現在の位置及び姿勢情報に基づいて、特定した処理装置のチャンバ内に、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 が挿入されるよう、

- ・ 駆動制御装置 1 0 1 2 に制御指示を出力することで、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 の位置及び姿勢を制御し、
- ・ 協調制御部 1 1 1 3 を介してロボットアーム 4 7 0 に協調制御情報を出力することで、ロボットアーム 4 7 0 の位置及び姿勢を制御する。

[0133] (3) 作業フェーズにおける機能構成

次に、作業ロボット 2 2 0 が有する制御装置 7 0 3 及び収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 が有する制御装置 7 9 3 の作業フェーズにおける機能構成につ

いて説明する。なお、作業ロボット２２０が有する制御装置７０３の作業フェーズにおける機能構成と、収納型作業ロボット２４０__１が有する制御装置７９３の作業フェーズにおける機能構成とは同様であるため、ここでは、図１１Ｃを用いてまとめて説明する。

[0134] 図１１Ｃは、作業ロボット及び収納型作業ロボットが有する制御装置の作業フェーズにおける機能構成の一例を示す図である。上述したように、作業ロボット２２０が有する制御装置７０３及び収納型作業ロボット２４０__１が有する制御装置７９３には、制御プログラムがインストールされている。そして、作業フェーズにおいて当該制御プログラムが実行されることで、制御装置７０３または制御装置７９３は、

- ・メンテナンス作業制御部１１２０、
 - ・センサデータ処理部１１３１、作業品質検査部１１３２、
 - ・作業品質学習部１１４１、作業用パラメータ最適化部１１４２、パラメータ更新部１１４３、
 - ・作業情報収集部１１５１、作業情報更新部１１５２、
 - ・メンテナンス作業遠隔操作制御部１１６０、
- として機能する。

[0135] メンテナンス作業制御部１１２０は、更に、消耗品交換制御部１１２１、清掃制御部１１２２、状態測定制御部１１２３を有する。

[0136] 消耗品交換制御部１１２１は制御部及び判定部の一例である。消耗品交換制御部１１２１は、遠隔監視装置２１０よりメンテナンス作業指示を受信すると、受信したメンテナンス作業指示に基づいて、交換する消耗品を特定する。また、消耗品交換制御部１１２１は、特定した消耗品を交換する際の作業ロボット２２０または収納型作業ロボット２４０__１の動作内容を、メンテナンス作業動作内容格納部１１２６より読み出す。また、消耗品交換制御部１１２１は、交換作業用パラメータ１１２４のもとで、読み出した動作内容を実行するよう、駆動制御装置１０１２に制御指示を出力する。なお、消耗品交換制御部１１２１は、制御指示を出力する際、センサデータ処理部１

１３１から取得したセンサデータに基づいて、駆動制御装置１０１２に出力する制御指示を調整する。

[0137] また、消耗品交換制御部１１２１は、消耗品の交換が完了すると、消耗品の交換作業について作業品質を測定する際の作業ロボット２２０または収納型作業ロボット２４０__１の動作内容を、作業品質測定動作内容格納部１１２７より読み出す。また、消耗品交換制御部１１２１は、読み出した動作内容を実行するよう、駆動制御装置１０１２に制御指示を出力する。なお、消耗品交換制御部１１２１は、制御指示を出力する際、センサデータ処理部１１３１から取得したセンサデータに基づいて、駆動制御装置１０１２に出力する制御指示を調整する。

[0138] また、消耗品交換制御部１１２１は、作業品質検査部１１３２から作業品質の測定結果を取得すると、取得した測定結果が所定の基準を満たすか否かを判定する。更に、消耗品交換制御部１１２１は、このときの測定結果を、交換作業用パラメータ１１２４と対応付けて、作業品質情報格納部１１４４に格納する。

[0139] なお、消耗品交換制御部１１２１は、取得した測定結果が所定の基準を満たさないと判定した場合、取得した測定結果が所定の基準を満たすように、駆動制御装置１０１２に追加の制御指示を出力する。消耗品交換制御部１１２１では、取得した測定結果が所定の基準を満たしたと判定するまで、駆動制御装置１０１２に対して制御指示を出力する。

[0140] 清掃制御部１１２２は制御部及び判定部の他の一例である。清掃制御部１１２２は、遠隔監視装置２１０よりメンテナンス作業指示を受信すると、受信したメンテナンス作業指示に基づいて、清掃するチャンバを特定する。また、清掃制御部１１２２は、特定したチャンバを清掃する際の作業ロボット２２０または収納型作業ロボット２４０__１の動作内容を、メンテナンス作業動作内容格納部１１２６より読み出す。また、清掃制御部１１２２は、清掃作業用パラメータ１１２５のもとで、読み出した動作内容を実行するよう、駆動制御装置１０１２に制御指示を出力する。なお、清掃制御部１１２２

は、制御指示を出力する際、センサデータ処理部 1 1 3 1 から取得したセンサデータに基づいて、駆動制御装置 1 0 1 2 に出力する制御指示を調整する。

[0141] また、清掃制御部 1 1 2 2 は、清掃が完了すると、清掃作業について作業品質を測定する際の作業ロボット 2 2 0 または収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 の動作内容を、作業品質測定動作内容格納部 1 1 2 7 より読み出す。また、清掃制御部 1 1 2 2 は、読み出した動作内容を実行するよう、駆動制御装置 1 0 1 2 に制御指示を出力する。なお、清掃制御部 1 1 2 2 は、制御指示を出力する際、センサデータ処理部 1 1 3 1 から取得したセンサデータに基づいて、駆動制御装置 1 0 1 2 に出力する制御指示を調整する。

[0142] また、清掃制御部 1 1 2 2 は、作業品質検査部 1 1 3 2 から作業品質の測定結果を取得すると、取得した測定結果が所定の基準を満たすか否かを判定する。更に、清掃制御部 1 1 2 2 は、このときの測定結果を、清掃作業用パラメータ 1 1 2 5 と対応付けて、作業品質情報格納部 1 1 4 4 に格納する。

[0143] なお、清掃制御部 1 1 2 2 は、取得した測定結果が所定の基準を満たさないと判定した場合、取得した測定結果が所定の基準を満たすように、駆動制御装置 1 0 1 2 に追加の制御指示を出力する。清掃制御部 1 1 2 2 では、取得した測定結果が所定の基準を満たしたと判定するまで、駆動制御装置 1 0 1 2 に対して制御指示を出力する。

[0144] 状態測定制御部 1 1 2 3 は、遠隔監視装置 2 1 0 より状態測定指示を受信すると、受信した状態測定指示に基づいて、状態測定を行う消耗品またはチャンバを特定する。また、状態測定制御部 1 1 2 3 は、特定した消耗品またはチャンバについて状態測定を行う際の収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 の動作内容を、状態測定動作内容格納部 1 1 2 8 より読み出す。また、状態測定制御部 1 1 2 3 は、読み出した動作内容を実行するよう、駆動制御装置 1 0 1 2 に制御指示を出力する。なお、状態測定制御部 1 1 2 3 は、制御指示を出力する際、センサデータ処理部 1 1 3 1 から取得したセンサデータに基づいて、駆動制御装置 1 0 1 2 に出力する制御指示を調整する。

- [0145] また、状態測定制御部 1 1 2 3 は、特定した消耗品またはチャンバに対して状態測定を行うことで、センサデータ処理部 1 1 3 1 から取得したセンサデータに基づいて状態測定結果を算出し、算出した状態測定結果を、遠隔監視装置 2 1 0 に送信する。
- [0146] センサデータ処理部 1 1 3 1 は、消耗品の交換時、チャンバの清掃時、消耗品またはチャンバの状態測定時に、センサ 1 0 1 3 よりセンサデータを取得し、取得したセンサデータを処理する。また、センサデータ処理部 1 1 3 1 は、処理したセンサデータをメンテナンス作業制御部 1 1 2 0 に通知する。
- [0147] 作業品質検査部 1 1 3 2 は、消耗品の交換時またはチャンバの清掃時にセンサ 1 0 1 3 よりセンサデータを取得し、取得したセンサデータに基づいて、作業品質を測定する。また、作業品質検査部 1 1 3 2 は、測定した作業品質をメンテナンス作業制御部 1 1 2 0 に通知する。
- [0148] 作業品質学習部 1 1 4 1 は第 1 学習部の一例である。作業品質学習部 1 1 4 1 は、作業品質情報格納部 1 1 4 4 に格納された、
- ・交換作業用パラメータ 1 1 2 4 と作業品質の測定結果との組み合わせ、または、
 - ・清掃作業用パラメータ 1 1 2 5 と作業品質の測定結果との組み合わせ、を含む学習用データセットを用いて、再学習処理を行う。
- [0149] 作業用パラメータ最適化部 1 1 4 2 は第 1 最適化部の一例である。作業用パラメータ最適化部 1 1 4 2 は、作業品質学習部 1 1 4 1 において再学習処理が行われることで生成される再学習済み作業品質予測モデルを用いて、所望の作業品質が得られる作業用パラメータを探索する。これにより、作業用パラメータ最適化部 1 1 4 2 は、探索した作業用パラメータをパラメータ更新部 1 1 4 3 に通知する。
- [0150] パラメータ更新部 1 1 4 3 は第 1 更新部の一例である。パラメータ更新部 1 1 4 3 は、作業用パラメータ最適化部 1 1 4 2 より通知された作業用パラメータ（交換作業用パラメータ、または、清掃作業用パラメータ）を用いて

、交換作業用パラメータ 1 1 2 4 または清掃作業用パラメータ 1 1 2 5 を更新する。これにより、メンテナンス作業制御部 1 1 2 0 には、交換作業用パラメータ 1 1 2 4 または清掃作業用パラメータ 1 1 2 5 として、作業品質を満たすために追加の動作を行う必要のない、更新後の作業用パラメータが設定される。

[0151] 作業情報収集部 1 1 5 1 は、遠隔監視装置 2 1 0 がメンテナンス作業指示をメンテナンス作業制御部 1 1 2 0 に通知するごとに、メンテナンス作業動作内容格納部 1 1 2 6 から読み出された動作内容が規定された作業情報を、遠隔監視装置 2 1 0 に送信する。

[0152] 作業情報更新部 1 1 5 2 は第 2 更新部の一例である。作業情報更新部 1 1 5 2 は、遠隔監視装置 2 1 0 から、更新用の作業情報として、メンテナンス作業動作内容格納部 1 1 2 6 に格納されるべき動作内容が規定された作業情報を受信する。また、作業情報更新部 1 1 5 2 は、受信した更新用の作業情報を、メンテナンス作業動作内容格納部 1 1 2 6 に格納する。

[0153] メンテナンス作業遠隔操作制御部 1 1 6 0 は、作業ロボット 2 2 0 または収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 に不具合が発生し、自律制御が困難になった場合に動作する。具体的には、メンテナンス作業遠隔操作制御部 1 1 6 0 は、センサデータ処理部 1 1 3 1 からセンサデータ（例えば、撮像装置 7 2 7、8 2 0、9 4 0、9 6 0 により撮影された画像データ）を、遠隔監視装置 2 1 0 に送信する。また、メンテナンス作業遠隔操作制御部 1 1 6 0 は、遠隔監視装置 2 1 0 の遠隔監視者 2 5 0 が、送信された画像データを見ながら手動で作業ロボット 2 2 0 または収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 を操作した場合の操作情報を、遠隔監視装置 2 1 0 から受信する。また、メンテナンス作業遠隔操作制御部 1 1 6 0 は、受信した操作情報を、駆動制御装置 1 0 1 2 に送信する。

[0154] これにより、遠隔監視装置 2 1 0 の遠隔監視者 2 5 0 は、作業ロボット 2 2 0 または収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 を遠隔から手動操作することができる。

[0155] <作業品質情報の具体例>

次に、作業品質情報格納部 1 1 4 4 に格納される、作業品質情報の具体例について説明する。図 1 2 は、格納された作業品質情報の具体例を示す図である。図 1 2 に示すように、作業品質情報 1 2 0 0 は、情報の項目として、“作業項目番号”、“作業項目”、“作業用パラメータ”、“作業品質”を含む。

[0156] “作業項目番号”には、メンテナンス作業の作業項目番号（図 3 参照）が格納される。“作業項目”には、消耗品交換または清掃における作業項目が格納される。

[0157] “作業用パラメータ”には、消耗品交換の場合にあっては、作業項目ごとの交換作業用パラメータが格納され、清掃の場合にあっては、作業項目ごとの清掃作業用パラメータが格納される。

[0158] “作業品質”には、作業品質検査部 1 1 3 2 により測定された作業品質が格納される。

[0159] <作業品質学習部の詳細>

次に、作業品質学習部 1 1 4 1 の詳細について説明する。図 1 3 は、作業品質学習部の詳細を説明するための図である。

[0160] 図 1 3 に示すように、作業品質学習部 1 1 4 1 は、入力部 1 3 0 1、学習済み作業品質予測モデル 1 3 0 2、比較変更部 1 3 0 3 を有する。作業品質学習部 1 1 4 1 は、作業品質情報格納部 1 1 4 4 より読み出した学習用データセット 1 3 1 0__1、1 3 1 0__2、・・・1 3 1 0__n（第 1 学習用データセットの一例）を用いて再学習処理を行う。

[0161] 図 1 3 に示すように、学習用データセット 1 3 1 0__1、1 3 1 0__2、・・・1 3 1 0__n は、作業項目ごとに分けて読み出される。図 1 3 の例は、学習用データセットとして、作業項目番号＝5（エッジリングの交換）における動作内容を入力データとする学習用データセット 1 3 1 0__1 が読み出されたことを示している。

[0162] また、図 1 3 に示すように、学習用データセット 1 3 1 0__1、1 3 1 0

__2、・・・1310__nは、情報の項目として、“入力データ”と“正解データ”とを含む。例えば、学習用データセット1310__1の場合、“入力データ”及び“正解データ”には、過去のメンテナンス作業時に用いられたエッジリングの交換の際の交換作業用パラメータと、その時の作業品質の測定結果とが含まれているものとする。そして、新たに、作業項目番号＝5の作業項目（エッジリングの交換）のメンテナンス作業が完了すると、その時の交換作業用パラメータと作業品質の測定結果とが追加された学習用データセット1310__1として読み出される。

[0163] 入力部1301は、例えば、新たに作業項目番号＝5の作業項目のメンテナンス作業が完了したことで、交換作業用パラメータと作業品質の測定結果とが追加された学習用データセット1310__1を読み出す。また、読み出した学習用データセット1310__1の“入力データ”を、対応する学習済み作業品質予測モデル1302に入力する。

[0164] 学習済み作業品質予測モデル1302は、学習用データセットの数（つまり、作業項目の数）に応じた数の学習済み作業品質予測モデルを有し、入力部1301により学習用データセットの“入力データ”が入力されることで、出力データを出力する。なお、学習済み作業品質予測モデル1302は、例えば、交換作業用パラメータと作業品質の測定結果とが学習用データセット1310__1に追加される前の学習用データセット1310__1を用いて学習処理が行われているものとする。

[0165] 比較変更部1303は、学習済み作業品質予測モデル1302より出力された出力データと、学習用データセットの“正解データ”に含まれる作業品質とを比較し、誤差に応じて学習済み作業品質予測モデル1302のモデルパラメータを更新する。

[0166] これにより、作業品質学習部1141では、再学習処理が行われ、作業項目ごとに再学習済み作業品質予測モデル（作業用パラメータから作業品質を予測するモデル）が生成されることになる。

[0167] <作業用パラメータ最適化部の詳細>

次に、作業用パラメータ最適化部 1142 の詳細について説明する。図 14 は、作業用パラメータ最適化部の詳細を説明するための図である。

[0168] 図 14 に示すように、作業用パラメータ最適化部 1142 は、作業用パラメータ変更部 1401、再学習済み作業品質予測モデル 1402、比較変更部 1403 を有する。作業用パラメータ最適化部 1142 は、作業項目ごとに最適な作業用パラメータを探索する。

[0169] 作業用パラメータ変更部 1401 は、作業項目ごとに交換作業用パラメータを網羅的に変更し、対応する再学習済み作業品質予測モデル 1402 に入力する。ここでいう作業項目ごとの交換作業用パラメータとは、例えば、作業項目＝エッジリングの交換の場合にあっては、エッジリング交換時の交換作業用パラメータを指す（図 12 参照）。また、作業用パラメータ変更部 1401 は、作業項目ごとに網羅的に変更した交換作業用パラメータのうち、予測された作業品質が最も基準に近い交換作業用パラメータを、作業項目ごとに出力する。

[0170] 同様に、作業用パラメータ変更部 1401 は、作業項目ごとに清掃作業用パラメータを網羅的に変更し、対応する再学習済み作業品質予測モデル 1402 に入力する。ここでいう作業項目ごとの清掃作業用パラメータとは、例えば、作業項目＝チャンバ内の清掃の場合にあっては、チャンバ内清掃時の清掃作業用パラメータを指す（図 12 参照）。また、作業用パラメータ変更部 1401 は、作業項目ごとに網羅的に変更した清掃作業用パラメータのうち、予測された作業品質が最も基準に近い清掃作業用パラメータを、作業項目ごとに出力する。

[0171] 再学習済み作業品質予測モデル 1402 は、作業品質学習部 1141 により作業項目ごとに生成された再学習済み作業品質予測モデルである。再学習済み作業品質予測モデル 1402 は、作業用パラメータ変更部 1401 より交換作業用パラメータまたは清掃作業用パラメータが入力されると作業品質を予測する。

[0172] 比較変更部 1403 は、再学習済み作業品質予測モデル 1402 により出

力された作業品質と、作業品質の測定項目格納部 1 4 0 4 から読み出された基準とを比較し、誤差を算出する。また、比較変更部 1 4 0 3 は、算出した誤差を作業用パラメータ変更部 1 4 0 1 に通知する。

[0173] なお、作業品質の測定項目格納部 1 4 0 4 には、例えば、図 6 に示した作業品質の測定項目が格納されており、比較変更部 1 4 0 3 では、測定項目に応じた基準を読み出す。

[0174] <作業情報収集部の処理の具体例>

次に、作業情報収集部 1 1 5 1 の処理の具体例として、作業情報収集部 1 1 5 1 により取得される作業情報について説明する。図 1 5 は、作業情報収集部の処理の具体例を示す図である。上述したように、作業情報収集部 1 1 5 1 は、遠隔監視装置 2 1 0 がメンテナンス作業指示を通知するごとに、メンテナンス作業動作内容格納部 1 1 2 6 から動作内容を読み出し、遠隔監視装置 2 1 0 に送信する。

[0175] 図 1 5 の例は、遠隔監視装置 2 1 0 がメンテナンス作業指示として、作業項目番号 = 1 0 1 (エッチング装置のチャンバ内の清掃) が指示されることで、メンテナンス作業動作内容格納部 1 1 2 6 から読み出された動作内容を示している。

[0176] 図 1 5 の例の場合、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 は、清掃作業用パラメータのもとで、清掃領域 1 から清掃領域 m まで順次移動し、それぞれの清掃領域において、清掃動作 1 → 清掃動作 2 → 清掃動作 3 を実行している。

[0177] また、図 1 5 の例の場合、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 は、すべての清掃領域の清掃作業が完了した後に、作業品質を測定することで、作業項目番号 = 1 0 1 の清掃作業を終了している。

[0178] なお、図 1 5 の例に示す動作内容を収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 が実行した後の立ち上げ時に、検査用基板 W' ' に対して基板処理が行われることで測定された基板品質が、経時変化等に起因して低下していたとする。このような場合、遠隔監視装置 2 1 0 では、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 が実行する動作内容を学習することで、更新用の作業情報を収納型作業ロボット

240__1に送信する。これにより、メンテナンス作業動作内容格納部1126に格納されている動作内容は、更新用の作業情報において規定された動作内容に更新される。なお、検査用基板W' 'とは、例えば、製品基板と同等のテストパターンや成膜処理が施された基板であって、実際の稼働時（製品基板を処理する場合と同じ状態）の挙動（品質）を検査するために用いられる基板を指す。

[0179] これにより、例えば、図15に示す作業項目番号＝101の動作内容は、清掃動作の順序の変更や、新たな清掃動作の追加等、基板品質を向上させるのに有益な動作内容に更新される。

[0180] <作業ロボット及び収納型作業ロボットによるメンテナンス作業支援処理の流れ>

次に、作業ロボット220及び収納型作業ロボット240__1によるメンテナンス作業支援処理の流れについて説明する。図16は、作業ロボット及び収納型作業ロボットによるメンテナンス作業支援処理の流れを示すフローチャートである。

[0181] ステップS1601において、収納型作業ロボット240__1は、遠隔監視装置210から状態測定指示を受信したか否かを判定する。ステップS1601において、状態測定指示を受信していないと判定した場合には（ステップS1601においてNOの場合には）、ステップS1604に進む。

[0182] 一方、ステップS1601において、状態測定指示を受信したと判定した場合には（ステップS1601においてYESの場合には）、ステップS1602に進む。

[0183] ステップS1602において、ロボットアーム470は、収納型作業ロボット240__1に接続し、収納型作業ロボット240__1を、対象装置の処理装置のチャンバ内に挿入する。

[0184] ステップS1603において、収納型作業ロボット240__1は、消耗品またはチャンバについて状態測定を行う。また、収納型作業ロボット240__1は、状態測定結果を遠隔監視装置210に送信する。

- [0185] ステップS 1 6 0 4において、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、遠隔監視装置2 1 0からメンテナンス作業指示を受信したか否かを判定する。ステップS 1 6 0 4において、メンテナンス作業指示を受信していないと判定した場合には（ステップS 1 6 0 4においてNOの場合には）、ステップS 1 6 0 9に進む。
- [0186] 一方、ステップS 1 6 0 4において、メンテナンス作業指示を受信したと判定した場合には、ステップS 1 6 0 5に進む。
- [0187] ステップS 1 6 0 5において、作業ロボット2 2 0は対象システムの位置に移動する。あるいは、ロボットアーム4 7 0は、収納型作業ロボット2 4 0__1に接続し、収納型作業ロボット2 4 0__1を、対象装置の処理装置のチャンバ内に挿入する。
- [0188] ステップS 1 6 0 6において、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、メンテナンス作業（消耗品交換または清掃）を行う。また、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、作業品質を測定し、所定の基準を満たすまで、追加の動作を継続する。更に、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、作業品質が所定の基準を満たした場合に、メンテナンス作業を終了する。
- [0189] ステップS 1 6 0 7において、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、メンテナンス作業の動作内容が規定された作業情報を、遠隔監視装置2 1 0に送信する。
- [0190] ステップS 1 6 0 8において、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、はじめに測定した作業品質を、作業用パラメータと対応付けて、作業品質情報として格納する。
- [0191] ステップS 1 6 0 9において、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、作業用パラメータを更新するか否かを判定する。ステップS 1 6 0 9において、作業用パラメータを更新しないと判定した場合には（ステップS 1 6 0 9においてNOの場合には）、ステップS 1 6 1 1に進む。

- [0192] 一方、ステップS 1 6 0 9において、作業用パラメータを更新すると判定した場合には（ステップS 1 6 0 9においてY E Sの場合には）、ステップS 1 6 1 0に進む。
- [0193] ステップS 1 6 1 0において、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、学習用データセットを用いて学習済み作業品質予測モデルに対する再学習処理を行い、再学習済み作業品質予測モデルを生成する。また、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、生成した再学習済み作業品質予測モデルを用いて、最適な作業用パラメータを作業項目ごとに探索する。
- [0194] ステップS 1 6 1 1において、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、遠隔監視装置2 1 0から更新用の作業情報を受信したか否かを判定する。ステップS 1 6 1 1において、更新用の作業情報を受信していないと判定した場合には（ステップS 1 6 1 1においてN Oの場合には）、ステップS 1 6 1 3に進む。
- [0195] 一方、ステップS 1 6 1 1において、更新用の作業情報を受信したと判定した場合には（ステップS 1 6 1 1においてY E Sの場合には）、ステップS 1 6 1 2に進む。
- [0196] ステップS 1 6 1 2において、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、受信した更新用の作業情報を、メンテナンス作業動作内容格納部1 1 2 6に格納する。
- [0197] ステップS 1 6 1 3において、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1は、メンテナンス作業支援処理を終了するか否かを判定する。ステップS 1 6 1 3において、メンテナンス作業支援処理を継続すると判定した場合には（ステップS 1 6 1 3においてN Oの場合には）、ステップS 1 6 0 1に戻る。
- [0198] 一方、ステップS 1 6 1 3において、メンテナンス作業支援処理を終了すると判定した場合には（ステップS 1 6 1 3においてY E Sの場合には）、メンテナンス作業支援処理を終了する。

[0199] <搬送ロボットの詳細>

次に、搬送ロボット230の詳細について説明する。図17Aは、搬送ロボットの一例を示す図であり、(a)は、搬送ロボット230を前方から見た場合を、(b)は、搬送ロボット230を側方から見た場合を、(c)は、搬送ロボット230を後方から見た場合をそれぞれ示している。

[0200] 図17A(a)に示すように、搬送ロボット230は本体部1700を有する。本体部1700の前面には、撮像装置1701、1702が配され、それぞれRGB画像データと、深度画像データとを撮影する。また、本体部1700の前面にはレーザ装置1703が配され、例えば、障害物までの距離を測定する。また、本体部1700の上方には、メンテナンス作業に必要なパーツのうち、主に消耗品を載置する搬送台1704が配されている。更に、本体部1700の下方には、搬送ロボット230を移動させる移動部1705が配されている。

[0201] 図17A(b)に示すように、本体部1700は、側方から見た場合、2段に構成されており、上段には搬送台1704が配され、下段には6台のエンドエフェクタ交換器1706が配されている。ただし、エンドエフェクタ交換器1706の数は、6台に限定されない。

[0202] 6台のエンドエフェクタ交換器1706のうちの1台は、作業ロボット220の第1アームの先端が開口部に挿入された場合に、エンドエフェクタ740を取り外す役割を果たす。また、残りの5台は、エンドエフェクタ740が取り外された状態で、作業ロボット220の第1アームの先端が開口部に挿入された場合に、エンドエフェクタ740を取り付ける役割を果たす。

[0203] また、本体部1700は、制御装置1710を内蔵しており、移動部1705やエンドエフェクタ交換器1706を制御するための制御指示を出力する。また、制御装置1710は、遠隔監視装置210と通信し、遠隔監視装置210からのメンテナンス作業指示を受信したり、作業ロボット220と通信し、作業ロボット220と協調制御を行う。

[0204] 図17A(c)に示すように、エンドエフェクタ交換器1706は、本体

部 1 7 0 0 の右側側面と左側側面とに配されている。また、本体部 1 7 0 0 の後面には、撮像装置 1 7 0 7 が配され、RGB 画像データを撮影する。

[0205] <搬送ロボットの動作例>

次に、搬送ロボット 2 3 0 の動作例について説明する。図 1 7 B は、搬送ロボットの動作例を示す図である。

[0206] 図 1 7 B (a) に示すように、メンテナンス作業指示を受信すると、搬送ロボット 2 3 0 は、作業ロボット 2 2 0 の近傍に移動し、メンテナンス作業に適したエンドエフェクタ 7 4 0 を提供する。図 1 7 B (a) は、作業ロボット 2 2 0 の第 1 アームの先端がエンドエフェクタ交換器 1 7 0 6 に挿入されたことで、エンドエフェクタ 7 4 0 を取り付けている様子を示している。これにより、作業ロボット 2 2 0 は、メンテナンス作業として、例えば、エッジリング 5 1 4 の取り外しと、新たなエッジリング 5 1 4' の取り付けに適したエンドエフェクタを用いて、エッジリングの変換を行うことができる。

[0207] 図 1 7 B (b) に示すように、搬送ロボット 2 3 0 は、作業ロボット 2 2 0 によるメンテナンス作業中、作業ロボット 2 2 0 の近傍に位置し、取り外された消耗品（例えば、エッジリング 5 1 4）を受け取る。また、搬送ロボット 2 3 0 は、作業ロボット 2 2 0 に新たなエッジリング 5 1 4' を提供する。なお、搬送台 1 7 0 4 には、作業ロボット 2 2 0 から受け取ったエッジリング 5 1 4 と、作業ロボット 2 2 0 に提供するエッジリング 5 1 4' とが載置されているものとする。

[0208] <搬送ロボットが提供するパーツの具体例>

次に、作業ロボット 2 2 0 及び収納型作業ロボット 2 4 0 _ 1 がメンテナンス作業を行う際に必要となるパーツであって、搬送ロボット 2 3 0 が提供するパーツの具体例について説明する。

[0209] 図 1 8 は、搬送ロボットが提供するパーツの具体例を示す図である。図 1 8 に示すように、例えば、塗布現像装置における消耗品交換であって、作業項目がレジストボトルの交換の場合、搬送ロボット 2 3 0 はレジストボトル

を提供し、作業項目がフィルタの交換の場合、搬送ロボット230はフィルタを提供する。

[0210] また、例えば、洗浄装置における消耗品交換であって、作業項目がスピンの交換の場合、搬送ロボット230はスピンを提供し、作業項目がフォークパッドの交換の場合、搬送ロボット230はフォークパッドを提供する。

[0211] また、例えば、エッチング装置における消耗品交換であって、作業項目がエッジリングの交換の場合、搬送ロボット230はエッジリングを提供する。

[0212] なお、消耗品交換の際に搬送ロボット230が提供するエンドエフェクタには、例えば、真空グリッパ（2爪）、真空グリッパ（3爪）、クランプ、吸着ハンド、ツールチェンジャ等が含まれる。

[0213] また、例えば、エッチング装置における清掃であって、作業項目がチャンバ内の清掃、真空搬送室内の清掃、ローダモジュール内の清掃であった場合、搬送ロボット230は、ウェット用布、ドライ用布、洗浄液等を提供する。

[0214] なお、清掃の際に搬送ロボット230が提供するエンドエフェクタには、掃除用エンドエフェクタ、吸引機、高圧洗浄機、ブラシ、CO₂ディスペンサ、ドライアイスガン等が含まれる。

[0215] <搬送ロボットが有する制御装置のハードウェア構成>

次に、搬送ロボット230が有する制御装置1710のハードウェア構成について説明する。図19は、搬送ロボットが有する制御装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[0216] 図19に示すように、制御装置1710は、プロセッサ1901、メモリ1902、補助記憶装置1903、I/F（Interface）装置1904、通信装置1905を有する。制御装置1710に含まれる各ハードウェアは、バス1906を介して相互に接続されている。

[0217] なお、制御装置1710の各ハードウェアは、図10を用いて説明した作業ロボット220が有する制御装置703及び収納型作業ロボット240__

1 が有する制御装置 793 のハードウェアと概ね同じであるため、ここでは相違点を中心に説明する。

[0218] I/F 装置 1904 は、外部装置（操作装置 1911、駆動制御装置 1912、センサ 1913 等）と接続する接続デバイスである。I/F 装置 1904 は、作業者による搬送ロボット 230 に対する操作を、操作装置 1911 を介して受け付ける。なお、ここでいう操作装置 1911 には、搬送ロボット 230 が有する電源 ON/OFF の操作スイッチや、緊急停止用の操作スイッチ等が含まれる。

[0219] また、I/F 装置 1904 は、制御装置 1710 からの制御指示を駆動制御装置 1912 に出力する。なお、ここでいう駆動制御装置 1912 には、搬送ロボット 230 の移動、エンドエフェクタ交換器 1706 の動作を制御するための動作信号を出力する装置が含まれる。

[0220] 更に、I/F 装置 1904 は、センサ 1913 からのセンサデータを受け付ける。なお、ここでいうセンサ 1913 には、撮像装置 1701、1702、1707、レーザ装置 1703、エンドエフェクタ交換器 1706 が有するセンサ等、搬送ロボット 230 が有する各種センサが含まれる。

[0221] <搬送ロボットが有する制御装置の機能構成>

次に、搬送ロボット 230 が有する制御装置 1710 の機能構成について説明する。図 20 は、搬送ロボットが有する制御装置の機能構成の一例を示す図である。搬送ロボット 230 が有する制御装置 1710 には、制御プログラムがインストールされており、当該プログラムが実行されることで、制御装置 1710 は、主制御部 2010、センサデータ処理部 2011、協調制御部 2012 として機能する。

[0222] 主制御部 2010 は、遠隔監視装置 210 からメンテナンス作業指示を受信すると、メンテナンス作業の対象システムと作業項目とを特定するとともに、センサデータ処理部 2011 より、作業ロボット 220 の現在の位置及び姿勢情報を取得する。

[0223] また、主制御部 2010 は、レイアウト情報格納部 2013 に格納された

基板製造工場 120 内のレイアウト情報を読み出し、現在の位置及び姿勢情報に基づいて、特定した作業項目のメンテナンス作業に必要なパーツが保管された保管場所までの移動経路を導出する。また、主制御部 2010 は、導出した移動経路に従って移動するよう、移動中の現在の位置及び姿勢情報に基づいて、駆動制御装置 1912 に制御指示を出力する。これにより、メンテナンス作業に必要なパーツが搬送ロボット 230 に搭載されることになる。なお、主制御部 2010 は、パーツ情報格納部 2014 に格納されたパーツ情報（例えば、図 18 に示す情報）を参照することで、特定した作業項目のメンテナンス作業に必要なパーツを判断する。

[0224] また、主制御部 2010 は、レイアウト情報格納部 2013 に格納された基板製造工場 120 内のレイアウト情報を読み出し、現在の位置及び姿勢情報に基づいて、特定した対象システムまでの移動経路を導出する。更に、主制御部 2010 は、導出した移動経路に従って移動するよう、移動中の現在の位置及び姿勢情報に基づいて、駆動制御装置 1912 に制御指示を出力する。これにより、メンテナンス作業に必要なパーツが搭載された搬送ロボット 230 が、対象システムに移動し、作業ロボット 220 の近傍にて、作業ロボット 220 にパーツを提供することができる。

[0225] また、主制御部 2010 は、作業ロボット 220 によるメンテナンス作業が完了すると、レイアウト情報格納部 2013 に格納された基板製造工場 120 内のレイアウト情報を読み出す。また、主制御部 2010 は、読み出したレイアウト情報と、現在の位置及び姿勢情報に基づいて、メンテナンス作業により不要となったパーツを廃棄する廃棄場所までの移動経路を導出する。また、主制御部 2010 は、導出した移動経路に従って移動するよう、移動中の現在の位置及び姿勢情報に基づいて、駆動制御装置 1912 に制御指示を出力する。これにより、メンテナンス作業により不要となったパーツを廃棄することができる。

[0226] なお、主制御部 2010 は、移動経路に従って移動中、センサデータ処理部 2011 より、現在の位置及び姿勢情報を取得するとともに、障害物情報

を取得した場合、取得した障害物情報に基づいて、駆動制御装置 1912 に出力する制御指示を調整する。

[0227] また、主制御部 2010 は、協調制御部 2012 を介して作業ロボット 220 との間で協調制御情報を送受信する。なお、上述したように、協調制御情報とは、メンテナンス作業を効率的に行うための指示情報であり、搬送ロボット 230 から作業ロボット 220 に対する指示と、作業ロボット 220 から搬送ロボット 230 に対する指示とが含まれる。

[0228] 協調制御部 2012 は、主制御部 2010 から出力された協調制御情報を作業ロボット 220 に送信し、作業ロボット 220 から送信された協調制御情報を、主制御部 2010 に通知する。

[0229] <協調制御部による処理の具体例>

次に、協調制御部 2012 による処理の具体例について説明する。図 21 A 及び図 21 B は、協調制御部による処理の具体例を示す第 1 及び第 2 の図である。なお、図 21 A 及び図 21 B では、協調制御部 2012 による処理が実行されることの利点を明確にするために、協調制御部 2012 による処理を実行しなかった場合の処理の具体例もあわせて示している。

[0230] (1) 具体例その 1

図 21 A (a) は、協調制御部 2012 による処理を実行しなかった場合の処理であって、メンテナンス作業指示が送信されてから、消耗品を受け渡すまでの処理の具体例を示している。

[0231] ステップ S2101 及び S2102 において、遠隔監視装置 210 は、作業ロボット 220 及び搬送ロボット 230 に、メンテナンス作業を行うべき対象システムと、作業項目とを明示したメンテナンス作業指示を送信する。

[0232] ステップ S2103 において、作業ロボット 220 は、対象システムに移動する。

[0233] ステップ S2104 において、搬送ロボット 230 は、メンテナンス作業に必要なパーツが保管されているパーツ保管場所に移動する。

[0234] ステップ S2105 において、搬送ロボット 230 は、パーツ保管場所に

てパーツを搭載する。

[0235] ステップS 2 1 0 6において、搬送ロボット2 3 0は、対象システムに移動する。

[0236] ステップS 2 1 0 7において、作業ロボット2 2 0は、対象システムにおいて消耗品の取り外しを行う。

[0237] ステップS 2 1 0 8において、作業ロボット2 2 0は、取り外した消耗品を搬出し、搬送ロボット2 3 0に載置するとともに、新たに取り付ける消耗品を搬送ロボット2 3 0から受け取る。

[0238] ステップS 2 1 0 9において、搬送ロボット2 3 0は、作業ロボット2 2 0から、取り外された消耗品を受け取るとともに、新たに取り付ける消耗品を作業ロボット2 2 0に受け渡す。

[0239] 一方、図2 1 A (b)は、協調制御部2 0 1 2による処理を実行した場合の処理であって、メンテナンス作業指示が送信されてから、消耗品を受け渡すまでの処理の具体例を示している。図2 1 A (a)との相違点は、ステップS 2 1 0 5'以降である。

[0240] ステップS 2 1 0 5'において、搬送ロボット2 3 0は、協調制御情報として、パーツの搭載が完了したこと、及び、対象システムへの到達時間を作業ロボット2 2 0に送信する。これにより、作業ロボット2 2 0は、直ちに消耗品の取り外しを開始したとしても、取り外し及び搬出が完了するまでには、搬送ロボット2 3 0が作業ロボット2 2 0の近傍に到達すると判定する。

[0241] このため、図2 1 A (b)の場合、ステップS 2 1 0 6の搬送ロボット2 3 0による対象システムへの移動と、ステップS 2 1 0 7の作業ロボット2 2 0による消耗品の取り外しとが、並行して実行される。

[0242] このように、作業ロボット2 2 0と搬送ロボット2 3 0との間で、協調制御情報を送受信することで、メンテナンス作業を効率化することができる。

[0243] (2) 具体例その2

図2 1 B (a)は、協調制御部2 0 1 2による処理を実行しなかった場合

の処理であって、消耗品の受け渡しを行ってから、次のメンテナンス作業を行うまでの処理の具体例を示している。

- [0244] ステップS 2 1 0 8において、作業ロボット2 2 0は、取り外した消耗品を搬送ロボット2 3 0に載置するとともに、新たに取り付ける消耗品を搬送ロボット2 3 0から受け取る。
- [0245] ステップS 2 1 0 9において、搬送ロボット2 3 0は、作業ロボット2 2 0から、取り外された消耗品を受け取るとともに、新たに取り付ける消耗品を作業ロボット2 2 0に受け渡す。
- [0246] ステップS 2 1 1 0において、作業ロボット2 2 0は、新たに取り付ける消耗品を対象システムに取り付ける。
- [0247] ステップS 2 1 1 1において、作業ロボット2 2 0は、作業品質を測定する。
- [0248] ステップS 2 1 1 2及びS 2 1 1 3において、遠隔監視装置2 1 0は、作業ロボット2 2 0及び搬送ロボット2 3 0に対して、次にメンテナンス作業を行うべき対象システムと、作業項目とを明示したメンテナンス作業指示を送信する。
- [0249] ステップS 2 1 1 4において、作業ロボット2 2 0は、対象システムに移動する。
- [0250] ステップS 2 1 1 5において、搬送ロボット2 3 0は、取り外された消耗品を廃棄場所に搬送し、廃棄する。
- [0251] ステップS 2 1 1 6において、搬送ロボット2 3 0は、対象システムに移動する。なお、搬送ロボット2 3 0は、ステップS 2 1 1 3において受信したメンテナンス作業指示により特定される作業項目のメンテナンス作業に必要なパーツを、既に搭載しているものとする。
- [0252] ステップS 2 1 1 7において、作業ロボット2 2 0は、現在のエンドエフェクタ（ここでは、消耗品の交換に適したエンドエフェクタ）を、搬送ロボット2 3 0が搬送したエンドエフェクタ（ここでは、清掃に適したエンドエフェクタ）に交換する。

- [0253] ステップS 2 1 1 8において、作業ロボット2 2 0は、清掃を行う。
- [0254] 一方、図2 1 B (b)は、協調制御部2 0 1 2による処理を実行した場合の処理であって、メンテナンス作業指示が送信されてから、消耗品を受け渡すまでの処理の具体例を示している。図2 1 B (a)との相違点は、ステップS 2 1 1 3'以降である。
- [0255] ステップS 2 1 1 3において、搬送ロボット2 3 0は、ステップS 2 1 1 3において受信したメンテナンス作業指示により特定される作業項目のメンテナンス作業に必要なパーツを、既に搭載していることを、協調制御情報として、作業ロボット2 2 0に送信する。これにより、作業ロボット2 2 0は、次の対象システムに移動する前に、エンドエフェクタの交換が可能であると判定する。
- [0256] このため、図2 1 B (b)の場合、ステップS 2 1 1 4において、作業ロボット2 2 0は、現在のエンドエフェクタ（消耗品交換に適したエンドエフェクタ）を、搬送ロボット2 3 0が搭載しているエンドエフェクタ（清掃に適したエンドエフェクタ）に交換する。
- [0257] ステップS 2 1 1 5において、作業ロボット2 2 0は、対象システムに移動する。
- [0258] ステップS 2 1 1 6において、搬送ロボット2 3 0は、取り外された消耗品を廃棄場所に搬送し、廃棄する。
- [0259] ステップS 2 1 1 7において、作業ロボット2 2 0は、清掃を行う。
- [0260] ステップS 2 1 1 8において、搬送ロボット2 3 0は、対象システムに移動する。
- [0261] このように、作業ロボット2 2 0は、先にエンドエフェクタの交換を行うことで、搬送ロボット2 3 0が対象システムに到達するのを待つことなく、次のメンテナンス作業を実行することができる。
- [0262] つまり、作業ロボット2 2 0と搬送ロボット2 3 0との間で、協調制御情報を送受信することで、メンテナンス作業を効率化することができる。
- [0263] <搬送ロボットによるメンテナンス作業支援処理の流れ>

次に、搬送ロボット 230 によるメンテナンス作業支援処理の流れについて説明する。図 22 は、搬送ロボットによるメンテナンス作業支援処理の流れを示すフローチャートである。

- [0264] ステップ S 2201 において、搬送ロボット 230 は、遠隔監視装置 210 からメンテナンス作業指示を受信したか否かを判定する。ステップ S 2201 において、メンテナンス作業指示を受信していないと判定した場合には（ステップ S 2201 において N O の場合には）、ステップ S 2208 に進む。
- [0265] 一方、ステップ S 2201 において、メンテナンス作業指示を受信したと判定した場合には（ステップ S 2201 において Y E S の場合には）、ステップ S 2202 に進む。
- [0266] ステップ S 2202 において、搬送ロボット 230 は、作業ロボット 220 との間で、協調制御情報を送受信する。
- [0267] ステップ S 2203 において、搬送ロボット 230 は、作業ロボット 220 との間で送受信した協調制御情報に基づいて、動作順序を決定する。以下、ステップ S 2204 から S 2207 では、ステップ S 2203 において決定した動作順序に従って処理が行われるものとし、ここでは、決定した動作順序の一例について説明する。
- [0268] ステップ S 2204 において、搬送ロボット 230 は、ステップ S 2201 において受信したメンテナンス作業指示により特定される作業項目のメンテナンス作業に必要なパーツの保管場所に移動し、必要なパーツを搭載する。
- [0269] ステップ S 2205 において、搬送ロボット 230 は、ステップ S 2201 において受信したメンテナンス作業指示により特定される対象システムの位置に移動する。
- [0270] ステップ S 2206 において、搬送ロボット 230 は、必要なパーツを作業ロボット 220 に提供する。
- [0271] ステップ S 2207 において、搬送ロボット 230 は、作業ロボット 220

0より消耗品を受け取り、受け取った消耗品を廃棄場所まで搬送し、廃棄する。

[0272] ステップS 2 2 0 8において、搬送ロボット2 3 0は、メンテナンス作業支援処理を終了するか否かを判定する。ステップS 2 2 0 8において、メンテナンス作業支援処理を継続すると判定した場合には（ステップS 2 2 0 8においてN Oの場合には）、ステップS 2 2 0 1に戻る。

[0273] 一方、ステップS 2 2 0 8において、メンテナンス作業支援処理を終了すると判定した場合には（ステップS 2 2 0 8においてY E Sの場合には）、メンテナンス作業支援処理を終了する。

[0274] <遠隔監視装置の詳細>

次に、遠隔監視装置2 1 0の詳細について説明する。図2 3は、遠隔監視装置の一例を示す図である。遠隔監視装置2 1 0には、メンテナンス作業管理プログラムがインストールされており、当該プログラムが実行されることで、遠隔監視装置2 1 0は、メンテナンス作業管理部2 3 0 0として機能する。

[0275] メンテナンス作業管理部2 3 0 0は、基板処理期間中に、収納型作業ロボット2 4 0__1に状態測定指示を送信する。また、メンテナンス作業管理部2 3 0 0は、収納型作業ロボット2 4 0__1より状態測定結果を取得し、対象システムにおけるメンテナンス作業の要否を判定するとともに、メンテナンススケジュールを決定する。

[0276] また、メンテナンス作業管理部2 3 0 0は、メンテナンス期間に移行した後に、作業ロボット2 2 0、収納型作業ロボット2 4 0__1、搬送ロボット2 3 0に対して、メンテナンス作業指示を送信する。

[0277] また、メンテナンス作業管理部2 3 0 0は、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1がメンテナンス作業を行うごとに、メンテナンス作業動作内容格納部1 1 2 6から読み出した動作内容が規定された作業情報を取得する。

[0278] また、メンテナンス作業管理部2 3 0 0は、作業ロボット2 2 0または収

納型作業ロボット 240_1 がメンテナンス作業を行った後の立ち上げ時に、基板処理システム 121 により処理された検査用基板 W' ' についての基板品質情報を取得する。なお、基板処理システム 121 により処理された検査用基板 W' ' は、基板品質検査装置にて検査され、メンテナンス作業管理部 2300 では、基板品質検査装置より基板品質情報を取得する。

[0279] また、メンテナンス作業管理部２３００は、取得した作業情報と、取得した基板品質情報とに基づいて、最適な動作内容を探索し、探索した動作内容が規定された更新用の作業情報を、作業ロボット２２０または収納型作業ロボット２４０__１に送信する。これにより、作業ロボット２２０または収納型作業ロボット２４０__１では、最適な動作内容が規定された更新用の作業情報のもとで、メンテナンス作業を行うことができる。

[0280] また、メンテナンス作業管理部２３００は、作業ロボット２２０または収納型作業ロボット２４０__１に不具合が発生した場合に、作業ロボット２２０または収納型作業ロボット２４０__１から画像データを取得する。また、メンテナンス作業管理部２３００は、取得した画像データを、遠隔監視者２５０が視認する際に用いるＨＭＤ（Head Mounted Display、表示装置の一例）に送信し、遠隔監視者２５０に表示する。また、メンテナンス作業管理部２３００は、表示された画像データを遠隔監視者２５０が視認することで操作装置２３１０に対して行う操作指示を取得し、操作情報として、作業ロボット２２０または収納型作業ロボット２４０__１に送信する。これにより、作業ロボット２２０または収納型作業ロボット２４０__１に不具合が発生した場合でも、遠隔監視者２５０による遠隔操作により、作業ロボット２２０または収納型作業ロボット２４０__１を動作させることができる。

[0281] <遠隔監視装置のハードウェア構成>

次に、遠隔監視装置 210 のハードウェア構成について説明する。図 24 は、遠隔監視装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[0282] 図 24 に示すように、遠隔監視装置 210 は、プロセッサ 2401、メモリ 2402、補助記憶装置 2403、I/F (Interface) 装置 2404、通

信装置 2405、ドライブ装置 2406 を有する。遠隔監視装置 210 に含まれる各ハードウェアは、バス 2407 を介して相互に接続されている。

[0283] なお、遠隔監視装置 210 の各ハードウェアは、図 10 を用いて説明した作業ロボット 220 が有する制御装置 703 及び収納型作業ロボット 240__1 が有する制御装置 793 の各ハードウェアと概ね同じであるため、ここでは相違点を中心に説明する。

[0284] I/F 装置 2404 は、外部装置（HMD 2320、操作装置 2310）と接続する接続デバイスである。

[0285] ドライブ装置 2406 は、記録媒体 2420 をセットするためのデバイスである。ここでいう記録媒体 2420 には、CD-ROM、フレキシブルディスク、光磁気ディスク等のように情報を光学的、電気的あるいは磁氣的に記録する媒体が含まれる。また、記録媒体 2420 には、ROM、フラッシュメモリ等のように情報を電氣的に記録する半導体メモリ等が含まれていてもよい。

[0286] なお、補助記憶装置 2403 にインストールされる各種プログラムは、配布された記録媒体 2420 がドライブ装置 2406 にセットされ、該記録媒体 2420 に記録された各種プログラムがドライブ装置 2406 により読み出されることでインストールされる。あるいは、補助記憶装置 2403 にインストールされる各種プログラムは、通信装置 2405 を介してネットワーク 1015 よりダウンロードされることで、インストールされてもよい。

[0287] <メンテナンス作業管理部の詳細>

次に、メンテナンス作業管理部 2300 が有する機能のうち、ここでは、更新用の作業情報を出力する機能、及び、遠隔操作に関する機能の詳細について説明する。図 25 は、メンテナンス作業管理部の詳細を説明するための図である。図 25 に示すように、メンテナンス作業管理部 2300 は、作業情報格納制御部 2501、基板品質学習部 2502、作業情報最適化部 2503、基板品質格納制御部 2504、遠隔操作部 2505 を有する。

[0288] 作業情報格納制御部 2501 は、メンテナンス作業が行われるごとに作業

ロボット 220 または収納型作業ロボット 240__1 から送信される作業情報を取得し、作業情報格納部 2511 に格納する。

[0289] 基板品質格納制御部 2504 は、メンテナンス作業後の立ち上げ時に、基板品質検査装置より基板品質情報を取得し、作業情報と対応付けて作業情報格納部 2511 に格納する。

[0290] 基板品質学習部 2502 は第 2 学習部の一例である。基板品質学習部 2502 は、作業情報格納部 2511 に格納された、作業情報と基板品質情報との組み合わせからなる学習用データセットを用いて、学習済み基板品質予測モデルに対して再学習処理を行い、再学習済み基板品質予測モデルを生成する。

[0291] 作業情報最適化部 2503 は第 2 最適化部の一例である。作業情報最適化部 2503 は、作業項目ごとに、作業ロボット 220 及び収納型作業ロボット 240__1 の動作内容を網羅的に再学習済み基板品質予測モデルに入力することで、それぞれの動作内容で動作させた場合の基板品質を予測する。また、作業情報最適化部 2503 は、基板品質要求仕様格納部 2512 より、基板品質の要求仕様を読み出し、予測した基板品質の中から、要求仕様を満たす基板品質を特定することで、最適な動作内容を探索する。更に、作業情報最適化部 2503 は、探索した最適な動作内容が規定された更新用の作業情報を、作業ロボット 220 または収納型作業ロボット 240__1 に送信する。

[0292] 遠隔操作部 2505 は、作業ロボット 220 または収納型作業ロボット 240__1 に不具合が発生した場合に、作業ロボット 220 または収納型作業ロボット 240__1 から画像データを取得し、遠隔監視者 250 が装着する HMD に送信する。また、遠隔操作部 2505 は、遠隔監視者 250 が操作する操作装置 2310 から操作情報を取得し、作業ロボット 220 または収納型作業ロボット 240__1 に送信する。

[0293] <基板品質学習部の詳細>

次に、基板品質学習部 2502 の詳細について説明する。図 26 は、基板

品質学習部の詳細を説明するための図である。

- [0294] 図26に示すように、基板品質学習部2502は、入力部2601、学習済み基板品質予測モデル2602、比較変更部2603を有する。基板品質学習部2502は、作業情報格納部2511に格納された学習用データセット2610__1、2610__2、・・・2610__n（第2学習用データセットの一例）を用いて再学習処理を行う。
- [0295] 図26に示すように、学習用データセット2610__1、2610__2、・・・2610__nは、作業項目ごとに分けて格納される。図26の例において学習用データセット2610__1は、作業項目番号=101（チャンバ内の清掃）における動作内容を入力データとする学習用データセットであることを示している。
- [0296] また、図26に示すように、学習用データセット2610__1、2610__2、・・・2610__nは、情報の項目として、“入力データ”と“正解データ”とを含む。例えば、学習用データセット2610__1の場合、“入力データ”及び“正解データ”には、過去のメンテナンス作業時に行われたチャンバ内の清掃の際の動作内容と、その時の基板品質情報とが予め格納されているものとする。そして、新たに、作業項目番号=101の作業項目（チャンバ内の清掃）のメンテナンス作業が完了するごとに、その時の動作内容と基板品質情報とが学習用データセット2610__1に追加される。
- [0297] 入力部2601は、例えば、新たに作業項目番号=101の作業項目（チャンバ内の清掃）のメンテナンス作業が完了したことで、学習用データセット2610__1に、動作内容と基板品質情報とが追加されると、学習用データセット2610__1を読み出す。また、読み出した学習用データセット2610__1の“入力データ”を、対応する学習済み基板品質予測モデル2602に入力する。
- [0298] 学習済み基板品質予測モデル2602は、学習用データセットの数（つまり、作業項目の数）に応じた数の学習済み基板品質予測モデルを有し、入力部2601により学習用データセットの“入力データ”が入力されることで

、出力データを出力する。なお、学習済み基板品質予測モデル 2602 は、例えば、動作内容と基板品質情報とが学習用データセット 2610__1 に追加される前の学習用データセット 2610__1 を用いて学習処理が行われているものとする。

[0299] 比較変更部 2603 は、学習済み基板品質予測モデル 2602 より出力された出力データと、学習用データセットの“正解データ”に格納された作業品質とを比較し、誤差に応じて学習済み基板品質予測モデル 2602 のモデルパラメータを更新する。

[0300] これにより、基板品質学習部 2502 では、再学習処理が行われ、作業項目ごとに再学習済み基板品質予測モデル（動作内容から基板品質を予測するモデル）が生成されることになる。

[0301] <作業情報最適化部の詳細>

次に、作業情報最適化部 2503 の詳細について説明する。図 27 は、作業情報最適化部の詳細を説明するための図である。

[0302] 図 27 に示すように、作業情報最適化部 2503 は、作業情報変更部 2701、再学習済み基板品質予測モデル 2702、比較変更部 2703 を有する。作業情報最適化部 2503 は、作業項目ごとに最適な動作内容を探索し、更新用の作業情報を出力する。

[0303] 作業情報変更部 2701 は、再学習済み基板品質予測モデル 2702 が新たに生成されると、対応する作業項目について動作内容（メンテナンス作業を行う際の動作内容）を網羅的に変更し、当該新たに生成された再学習済み基板品質予測モデル 2702 に入力する。作業情報変更部 2701 は、対応する作業項目について網羅的に変更した動作内容のうち、予測された基板品質が要求仕様を満たす動作内容を出力する。

[0304] 再学習済み基板品質予測モデル 2702 は、基板品質学習部 2502 により作業項目ごとに生成された再学習済み基板品質予測モデルであり、作業情報変更部 2701 より動作内容が入力されると基板品質を予測する。

[0305] 比較変更部 2703 は、再学習済み基板品質予測モデル 2702 により予

測された基板品質と、基板品質要求仕様格納部 2 5 1 2 から読み出された要求仕様とを比較し、予測された基板品質が要求仕様を満たすか否かを判定する。また、比較変更部 2 7 0 3 は、予測された基板品質を判定結果とともに作業情報変更部 2 7 0 1 に通知する。

[0306] <遠隔監視装置によるメンテナンス作業支援処理の流れ>

次に、遠隔監視装置 2 1 0 によるメンテナンス作業支援処理の流れについて説明する。図 2 8 A 及び図 2 8 B は、遠隔監視装置によるメンテナンス作業支援処理の流れを示す第 1 及び第 2 のフローチャートである。なお、ここでは、対象システムである基板処理システム 1 2 1 に対するメンテナンス作業支援処理について説明する。

[0307] 図 2 8 A のステップ S 2 8 0 1 において、遠隔監視装置 2 1 0 は、対象システムである基板処理システム 1 2 1 について、状態測定が必要か否かを判定する。ステップ S 2 8 0 1 において状態測定が必要でないと判定した場合には（ステップ S 2 8 0 1 において N O の場合には）、状態測定が必要と判定するまで待機する。

[0308] 一方、ステップ S 2 8 0 1 において状態測定が必要と判定した場合には（ステップ S 2 8 0 1 において Y E S の場合には）、ステップ S 2 8 0 2 に進む。

[0309] ステップ S 2 8 0 2 において、遠隔監視装置 2 1 0 は、対象システムである基板処理システム 1 2 1 に収納された収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 に対して状態測定を指示する。

[0310] ステップ S 2 8 0 3 において、遠隔監視装置 2 1 0 は、収納型作業ロボット 2 4 0 __ 1 より状態測定結果を取得する。

[0311] ステップ S 2 8 0 4 において、遠隔監視装置 2 1 0 は、取得した状態測定結果に基づいて、基板処理システム 1 2 1 に対するメンテナンス作業が必要か否かを判定する。ステップ S 2 8 0 4 において、メンテナンス作業が必要でないと判定した場合には（ステップ S 2 8 0 4 において N O の場合には）、ステップ S 2 8 0 1 に戻る。

- [0312] 一方、ステップS 2 8 0 4において、メンテナンス作業が必要と判定した場合には（ステップS 2 8 0 4においてY E Sの場合には）、ステップS 2 8 0 5に進む。
- [0313] ステップS 2 8 0 5において、遠隔監視装置2 1 0は、メンテナンススケジュールを生成する。
- [0314] ステップS 2 8 0 6において、遠隔監視装置2 1 0は、メンテナンス作業のタイミングに到達したか否かを判定する。ステップS 2 8 0 6において、メンテナンス作業のタイミングに到達していないと判定した場合には（ステップS 2 8 0 6においてN Oの場合には）、メンテナンス作業のタイミングに到達するまで待機する。
- [0315] 一方、ステップS 2 8 0 6において、メンテナンス作業のタイミングに到達したと判定した場合には（ステップS 2 8 0 6においてY E Sの場合には）、ステップS 2 8 0 7に進む。
- [0316] ステップS 2 8 0 7において、遠隔監視装置2 1 0は、作業ロボット2 2 0、収納型作業ロボット2 4 0__1、搬送ロボット2 3 0に対して、メンテナンス作業指示を送信する。
- [0317] 図2 8 BのステップS 2 8 1 1において、遠隔監視装置2 1 0は、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1に対する遠隔操作が必要か否かを判定する。ステップS 2 8 1 1において遠隔操作が必要でないと判定した場合には（ステップS 2 8 1 1においてN Oの場合には）、ステップS 2 8 1 3に進む。
- [0318] 一方、ステップS 2 8 1 1において遠隔操作が必要と判定した場合には（ステップS 2 8 1 1においてY E Sの場合には）、ステップS 2 8 1 2に進む。
- [0319] ステップS 2 8 1 2において、遠隔監視装置2 1 0は、作業ロボット2 2 0または収納型作業ロボット2 4 0__1に対して遠隔操作を行う。
- [0320] ステップS 2 8 1 3において、遠隔監視装置2 1 0は、作業ロボット2 2 0及び収納型作業ロボット2 4 0__1より作業情報を取得する。また、遠隔

監視装置 210 は、基板品質検査装置より基板品質情報を取得する。

[0321] ステップ S 2814 において、遠隔監視装置 210 は、メンテナンス作業の動作内容を更新する必要があるか否かを判定する。ステップ S 2814 においてメンテナンス作業の動作内容を更新する必要があると判定した場合には（ステップ S 2814 において N O の場合には）、ステップ S 2817 に進む。

[0322] 一方、ステップ S 2814 においてメンテナンス作業の動作内容を更新する必要があると判定した場合には（ステップ S 2814 において Y E S の場合には）、ステップ S 2815 に進む。

[0323] ステップ S 2815 において、遠隔監視装置 210 は、取得した作業情報と基板品質情報とを追加した学習用データセットを用いて学習済み基板品質予測モデルに対して再学習処理を行い、再学習済み基板品質予測モデルを生成する。また、遠隔監視装置 210 は、生成した再学習済み基板品質予測モデルを用いて動作内容を最適化し、更新用の作業情報を生成する。

[0324] ステップ S 2816 において、遠隔監視装置 210 は、生成した更新用の作業情報を、作業ロボット 220 または収納型作業ロボット 240 __ 1 に対して送信する。

[0325] ステップ S 2817 において、遠隔監視装置 210 は、メンテナンス作業支援処理を終了するか否かを判定する。ステップ S 2817 において、メンテナンス作業支援処理を継続すると判定した場合には（ステップ S 2817 において N O の場合には）、ステップ S 2801 に戻る。

[0326] 一方、ステップ S 2817 において、メンテナンス作業支援処理を終了すると判定した場合には、メンテナンス作業支援処理を終了する。

[0327] <まとめ>

以上の説明から明らかなように、第 1 の実施形態に係るメンテナンス作業支援システム 110 は、各作業項目のメンテナンス作業を行う作業ロボット及び収納型作業ロボットを備え、作業ロボット及び収納型作業ロボットは、
・対象とする作業項目のメンテナンス作業が行われるごとに、作業項目につ

いて規定された測定部位を測定する。

- ・測定結果が、作業項目について設定された作業品質を満たすか否かを判定する。

- ・作業品質を満たさないと判定した場合に、作業品質を満たすと判定するまで当該作業項目のメンテナンス作業について追加の動作を行うよう制御する。

[0328] これにより、第1の実施形態に係るメンテナンス作業支援システム110によれば、全てのメンテナンス作業において、設定された作業品質を満たすことが可能となり、メンテナンス作業を均質化させることができる。

[0329] また、第1の実施形態に係るメンテナンス作業支援システム110は、各作業項目のメンテナンス作業を行う作業ロボット及び収納型作業ロボットを備え、作業ロボット及び収納型作業ロボットは、

- ・メンテナンス作業時のそれぞれの動作に関わる作業用パラメータ（動作量、動作回数等）と、メンテナンス作業時の作業品質とを含む学習用データセットを用いて再学習処理された再学習済み作業品質予測モデルを有する。

- ・再学習済み作業品質予測モデルを用いて、作業用パラメータを最適化する。

[0330] これにより、第1の実施形態に係るメンテナンス作業支援システム110によれば、全てのメンテナンス作業において、設定された作業品質を満たす作業用パラメータを用いることが可能となる。この結果、第1の実施形態に係るメンテナンス作業支援システム110によれば、追加の動作を行うことなくメンテナンス作業を完了させることができるようになり、均質化したメンテナンス作業を効率的に行うことができる。

[0331] また、第1の実施形態に係るメンテナンス作業支援システム110は、作業ロボット、収納型作業ロボット、搬送ロボットと通信可能に接続され、各ロボットを管理する遠隔監視装置を有し、遠隔監視装置は、

- ・各ロボットがメンテナンス作業を行った際の動作内容と、メンテナンス作業後の立ち上げ時に処理された基板についての基板品質情報とを含む学習用

データセットを用いて再学習処理された再学習済み基板品質予測モデルを有する。

・再学習済み基板品質予測モデルを用いて、動作内容を最適化する。

[0332] これにより、第1の実施形態に係るメンテナンス作業支援システム110によれば、全てのメンテナンス作業において、作業ロボット及び収納型作業ロボットを、設定された基板品質を満たす動作内容で動作させることができる。この結果、第1の実施形態に係るメンテナンス作業支援システム110によれば、メンテナンス作業後の基板品質を維持することができる。

[0333] [第2の実施形態]

上記第1の実施形態では、遠隔監視装置210が、基板処理期間中に収納型作業ロボット240__1～240__3に対して、状態測定指示を送信するものとして説明した。しかしながら、遠隔監視装置210が、基板処理期間中に状態測定指示を送信する送信先は、収納型作業ロボット240__1～240__3に限定されない。

[0334] 例えば、基板処理システム121～123内部の状態を測定する1または複数の測定器が、基板処理システム121～123内に設置されている場合にあっては、遠隔監視装置210は、基板処理システム121～123に状態測定指示を送信してもよい。また、基板処理システム121～123内部の状態を測定する1または複数の測定器が、基板処理システム121～123外に設置されている場合にあっては、遠隔監視装置210は、当該外部に設置された1または複数の測定器を含む所定の装置に状態測定指示を送信してもよい。なお、当該外部に設置された1または複数の測定器を含む所定の装置には、作業ロボット220、搬送ロボット230が含まれていてもよい。

[0335] また、上記第1の実施形態では、遠隔監視装置210が状態測定指示を送信するものとして説明した。しかしながら、状態測定指示を送信する主体は、遠隔監視装置210に限定されず、遠隔監視装置210以外の装置またはロボット等が、上記送信先に状態測定指示を送信してもよい。

- [0336] 例えば、作業ロボット220が、収納型作業ロボット240__1～240__3、搬送ロボット230、基板処理システム121～123、基板処理システム121～123の外部に設置された装置等に、状態測定指示を送信してもよい。このように、状態測定指示を送信する主体と送信先との組み合わせは任意である。
- [0337] 同様に、状態測定結果を送信する主体と、送信先との組み合わせも任意である。例えば、基板処理システム121～123内に設置されている1または複数の測定器により測定された状態測定結果は、作業ロボット220に送信されてもよい。
- [0338] 上記第1の実施形態では、収納型作業ロボット240__1をロボットアーム470に取り付ける際、収納型作業ロボット240__1の接続部790にロボットアーム470の先端を挿入することで、取り付けるものとして説明した。しかしながら、収納型作業ロボット240__1をロボットアーム470に取り付ける際の取り付け方法はこれに限定されない。
- [0339] 例えば、ロボットアーム470の先端部を取り外したうえで、収納型作業ロボット240__1の接続部790をロボットアーム470に取り付けてもよい。つまり、収納型作業ロボット240__1は、ロボットアームの一部と交換されるように構成されてもよい。
- [0340] また、上記第1の実施形態では、収納型作業ロボット240__1は収納部471に収納され、ロボットアーム470に取り付けられることで、メンテナンス作業または状態測定を行う構成とした。しかしながら、収納型作業ロボット240__1の構成はこれに限定されず、例えば、基板処理システム121内を自律的に移動する構成としてもよい。
- [0341] また、上記第1の実施形態では、エッチング装置410のチャンバ内の清掃を、収納型作業ロボット240__1が行うものとして説明した（例えば、図9B参照）。しかしながら、メンテナンス作業の各作業項目は、作業ロボット220と収納型作業ロボット240__1のいずれか一方が行うものとは限られず、両方のロボットが行ってもよい。ここでいう両方のロボットが行

うとは、作業ロボット２２０と収納型作業ロボット２４０が並行して清掃を行うケースと、順番に清掃を行うケースとが含まれる。

[0342] また、上記第１の実施形態では、作業ロボット２２０が処理装置にアクセスする際、当該処理装置は大気状態にあるものとして説明した。しかしながら、作業ロボット２２０を筐体内に収める構成とし、処理装置が真空状態のままでも、作業ロボット２２０がアクセスできるようしてもよい。例えば、作業ロボット２２０の筐体と処理装置４３１とを接続することで、チャンバ５１０内の処理空間５１０ｓと、作業ロボット２２０の筐体内部とが１つの空間を形成するようにしてもよい。その際、作業ロボット２２０の筐体を、処理装置４３１の配管５４３と接続し、排気システム５４０が作業ロボット２２０の筐体内を真空状態にする。あるいは、作業ロボット２２０の筐体に真空排気する機構を配し、当該機構が筐体内を真空状態にする。

[0343] また、上記第１の実施形態では、作業ロボット２２０が１台であるとして説明したが、作業ロボット２２０は複数台であってもよい。例えば、基板処理システム１２１内部のメンテナンス作業を行う代わりに、ユニット単位の交換作業を行う場合にあっては、当該複数台の作業ロボット２２０が協調制御することで交換作業を行うように構成してもよい。

[0344] なお、上記実施形態に挙げた構成等に、その他の要素との組み合わせ等、ここで示した構成に本発明が限定されるものではない。これらの点に関しては、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で変更することが可能であり、その応用形態に応じて適切に定めることができる。

[0345] 本出願は、２０２３年３月１６日に出願された日本国特許出願第２０２３－４１６０１号に基づきその優先権を主張するものであり、同日本国特許出願の全内容を参照することにより本願に援用する。

符号の説明

[0346]	１１０	: メンテナンス作業支援システム
	１２１～１２３	: 基板処理システム
	２１０	: 遠隔監視装置

2 2 0	: 作業ロボット
2 3 0	: 搬送ロボット
2 4 0 _ 1 ~ 2 4 0 _ 3	: 収納型作業ロボット
4 1 0	: エッチング装置
4 2 1	: 真空搬送室
4 3 1 ~ 4 3 6	: 処理装置
4 7 0	: ロボットアーム
4 7 1	: 収納部
5 1 0	: チャンバ
5 1 1 a	: 静電チャック
5 1 4、5 1 4'	: エッジリング
7 0 3	: 制御装置
7 4 0	: エンドエフェクタ
7 6 0	: マルチセンサユニット
7 9 0	: 接続部
7 9 1	: エンドエフェクタ
7 9 2	: マルチセンサユニット
7 9 3	: 制御装置
1 0 1 2	: 駆動制御装置
1 0 1 3	: センサ
1 1 0 1	: 主制御部
1 1 0 2	: センサデータ処理部
1 1 0 3	: 協調制御部
1 1 1 1	: 主制御部
1 1 1 2	: センサデータ処理部
1 1 1 3	: 協調制御部
1 1 2 0	: メンテナンス作業制御部
1 1 2 1	: 消耗品交換制御部

1 1 2 2	: 清掃制御部
1 1 2 3	: 状態測定制御部
1 1 2 4	: 交換作業用パラメータ
1 1 2 5	: 清掃作業用パラメータ
1 1 3 1	: センサデータ処理部
1 1 3 2	: 作業品質検査部
1 1 4 1	: 作業品質学習部
1 1 4 2	: 作業用パラメータ最適化部
1 1 4 3	: パラメータ更新部
1 1 5 1	: 作業情報収集部
1 1 5 2	: 作業情報更新部
1 1 6 0	: メンテナンス作業遠隔操作制御部
1 2 0 0	: 作業品質情報
1 7 0 0	: 本体部
1 7 0 4	: 搬送台
1 7 0 6	: エンドエフェクタ交換器
1 7 1 0	: 制御装置
2 0 1 0	: 主制御部
2 0 1 1	: センサデータ処理部
2 0 1 2	: 協調制御部
2 3 0 0	: メンテナンス作業管理部
2 3 1 0	: 操作装置
2 3 2 0	: HMD
2 5 0 1	: 作業情報格納制御部
2 5 0 2	: 基板品質学習部
2 5 0 3	: 作業情報最適化部
2 5 0 4	: 基板品質格納制御部
2 5 0 5	: 遠隔操作部

請求の範囲

- [請求項1] 各作業項目のメンテナンス作業を行う作業ロボットを備えるメンテナンス作業支援システムであって、
- 対象とする作業項目のメンテナンス作業が行われるごとに、前記作業項目について規定された測定部位を測定する測定部と、
- 前記測定部により測定された測定結果が、前記作業項目について設定された作業品質を満たすか否かを判定する判定部と、
- 前記作業品質を満たさないと判定した場合に、前記判定部が前記作業品質を満たすと判定するまで、前記作業項目のメンテナンス作業について前記作業ロボットが追加の動作を行うよう制御する制御部と
- を有するメンテナンス作業支援システム。
- [請求項2] 前記作業ロボットは、
- 基板処理システムの処理空間内に対して前記作業項目のメンテナンス作業を行う、請求項1に記載のメンテナンス作業支援システム。
- [請求項3] 前記作業ロボットは、
- 前記基板処理システムの外側に位置して、前記作業項目のメンテナンス作業を行う第1作業ロボットと、
- 前記基板処理システムの内側に位置して、前記作業項目のメンテナンス作業を行う第2作業ロボットと、
- を含む、請求項2に記載のメンテナンス作業支援システム。
- [請求項4] 前記第1作業ロボット及び前記第2作業ロボットは、複数本の指を有する指機構を備え、
- 前記指機構は、前記作業項目に応じて、指間隔を変更する、請求項3に記載のメンテナンス作業支援システム。
- [請求項5] 前記第2作業ロボットは、
- 前記基板処理システムの処理空間において基板処理が行われている間、前記基板処理システムの搬送室内の所定の位置に収納され、前記基板処理システムの処理空間における基板処理が終了した後であって

、メンテナンス期間が継続している間、前記搬送室内の基板搬送用のロボットアームの一部と交換されることで、前記基板処理システムの処理空間内に対して前記メンテナンス作業を行う、請求項 3 に記載のメンテナンス作業支援システム。

[請求項6] 前記作業項目ごとに、前記作業ロボットによるメンテナンス作業時の動作に関わる作業用パラメータが規定されている、請求項 1 に記載のメンテナンス作業支援システム。

[請求項7] 前記作業用パラメータと、前記作業用パラメータのもとで前記作業ロボットにより前記作業項目のメンテナンス作業が行われることで、前記測定部により測定された測定結果とを含む第 1 学習用データセットを用いて、学習済み作業品質予測モデルに対して再学習処理を行う第 1 学習部を更に有する、請求項 6 に記載のメンテナンス作業支援システム。

[請求項8] 前記第 1 学習部により再学習処理が行われた再学習済み作業品質予測モデルの出力が、前記作業項目において設定された前記作業品質を満たす入力データを探索することで、作業用パラメータを最適化する第 1 最適化部と、

前記第 1 最適化部により最適化された作業用パラメータにより、前記作業項目について規定された作業用パラメータを更新する第 1 更新部と

を更に有する、請求項 7 に記載のメンテナンス作業支援システム。

[請求項9] 前記第 2 作業ロボットは、

前記基板処理システムの処理空間において基板処理が行われている間、前記基板処理システムの搬送室内の所定の位置に収納され、前記基板処理システムの処理空間における基板処理が終了した後に、前記搬送室内の基板搬送用のロボットアームの一部と交換されることで、前記基板処理システムの処理空間内の状態を測定する、請求項 3 に記載のメンテナンス作業支援システム。

- [請求項10] 前記第1作業ロボットは、
複数の前記基板処理システムのうち、前記第2作業ロボットによる状態測定の結果に基づきメンテナンス作業が必要と判定された基板処理システムの処理空間に対して、前記メンテナンス作業を行う、請求項9に記載のメンテナンス作業支援システム。
- [請求項11] 前記第1作業ロボットに、前記作業項目のメンテナンス作業において必要な消耗品またはエンドエフェクタを提供する搬送ロボットを備え、
前記搬送ロボットは、
複数の前記基板処理システムのうち、前記第1作業ロボットがメンテナンス作業を行う基板処理システムの処理空間に対する前記作業項目のメンテナンス作業において必要な消耗品またはエンドエフェクタを、前記第1作業ロボットに提供する、請求項10に記載のメンテナンス作業支援システム。
- [請求項12] 前記第1作業ロボット、前記第2作業ロボット、前記搬送ロボット、及び、前記基板処理システムは、管理装置と通信する、請求項11に記載のメンテナンス作業支援システム。
- [請求項13] 前記管理装置は、
前記第2作業ロボットに、基板処理システム内の状態を測定するよう指示し、
前記第2作業ロボットから送信された、基板処理システム内の状態を示す状態測定の結果に基づいて、メンテナンススケジュールを決定する、請求項12に記載のメンテナンス作業支援システム。
- [請求項14] 前記第1作業ロボットは、
前記管理装置より、メンテナンス作業指示が送信された場合に、メンテナンス作業の対象となる基板処理システムの処理装置と、作業項目とを特定し、
前記搬送ロボットは、

前記管理装置より、メンテナンス作業指示が送信された場合に、メンテナンス作業の対象となる基板処理システムの処理装置と、メンテナンス作業に必要な消耗品またはエンドエフェクタとを特定する、請求項 1 2 に記載のメンテナンス作業支援システム。

[請求項15] 前記作業項目について規定された動作内容と、前記作業項目のメンテナンス作業が行われた後に、前記基板処理システムの処理空間において基板処理が行われることで得られた基板品質に関わる情報とを含む第 2 学習用データセットを用いて、学習済み基板品質予測モデルに対して再学習処理を行う第 2 学習部を更に有する、請求項 2 に記載のメンテナンス作業支援システム。

[請求項16] 前記第 2 学習部により再学習処理が行われた再学習済み基板品質予測モデルの出力が、基板品質の要求仕様を満たす入力データを探索することで、動作内容を最適化する第 2 最適化部と、
前記第 2 最適化部により最適化された動作内容により、前記作業項目について規定された動作内容を更新する第 2 更新部と
を更に有する、請求項 1 5 に記載のメンテナンス作業支援システム。

[請求項17] 前記作業ロボットと通信可能に接続される管理装置を更に有し、
前記第 2 学習部、前記第 2 最適化部、及び前記第 2 更新部は、前記管理装置において実現される、請求項 1 6 に記載のメンテナンス作業支援システム。

[請求項18] 前記管理装置は、
前記作業ロボットに搭載された撮像装置により撮影された画像データを取得し、遠隔監視者が視認する際に用いる表示装置に送信し、
前記作業ロボットに対する操作指示を、前記遠隔監視者より取得し、前記作業ロボットに送信する、遠隔操作部を更に有する、請求項 1 7 に記載のメンテナンス作業支援システム。

[請求項19] 前記メンテナンス作業には、前記基板処理システムの消耗品の交換

作業、または、消耗品が交換されたユニットの交換作業、または、前記基板処理システムの処理空間内の内壁の清掃作業のいずれかが含まれる、請求項2に記載のメンテナンス作業支援システム。

[請求項20] 各作業項目のメンテナンス作業を行う作業ロボットのコンピュータが、

対象とする作業項目のメンテナンス作業が行われるごとに、前記作業項目について規定された測定部位を測定する測定工程と、

前記測定工程において測定された測定結果が、前記作業項目について設定された作業品質を満たすか否かを判定する判定工程と、

前記作業品質を満たさないと判定した場合に、前記判定工程が前記作業品質を満たすと判定するまで、前記作業項目のメンテナンス作業について追加の動作を行うよう制御する制御工程と

を実行する制御方法。

[請求項21] 各作業項目のメンテナンス作業を行う作業ロボットのコンピュータに、

対象とする作業項目のメンテナンス作業が行われるごとに、前記作業項目について規定された測定部位を測定する測定工程と、

前記測定工程において測定された測定結果が、前記作業項目について設定された作業品質を満たすか否かを判定する判定工程と、

前記作業品質を満たさないと判定した場合に、前記判定工程が前記作業品質を満たすと判定するまで、前記作業項目のメンテナンス作業について追加の動作を行うよう制御する制御工程と

を実行させるための制御プログラム。