

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7564334号
(P7564334)

(45)発行日 令和6年10月8日(2024.10.8)

(24)登録日 令和6年9月30日(2024.9.30)

(51)国際特許分類

F I

H O 1 L 21/3065(2006.01)

H O 1 L 21/302 1 0 1 M

請求項の数 9 (全14頁)

(21)出願番号	特願2023-512213(P2023-512213)	(73)特許権者	501387839
(86)(22)出願日	令和4年3月24日(2022.3.24)		株式会社日立ハイテク
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/014006		東京都港区虎ノ門一丁目17番1号
(87)国際公開番号	WO2023/181265	(74)代理人	110000350
(87)国際公開日	令和5年9月28日(2023.9.28)		ポレール弁理士法人
審査請求日	令和5年2月17日(2023.2.17)	(72)発明者	玉利 南菜子
			東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株
			式会社日立ハイテク内
		(72)発明者	角屋 誠浩
			東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株
			式会社日立ハイテク内
		(72)発明者	鹿子嶋 昭
			東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株
			式会社日立ハイテク内
		(72)発明者	松倉 聖

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 装置診断システム、装置診断装置、半導体装置製造システムおよび装置診断方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体製造装置の状態が診断される装置診断システムにおいて、
前記半導体製造装置から収集されたセンサデータを第一のアルゴリズムに入力することにより健全度指標が出力され、
前記健全度指標を第二のアルゴリズムに入力することにより前記半導体製造装置の正常時の閾値空間データが出力され、
前記健全度指標と前記閾値空間データを第三のアルゴリズムに入力することにより前記半導体製造装置の状態が診断される装置診断装置を備え、
前記健全度指標は、前記半導体製造装置の状態の健全度に関する指標であることを特徴とする装置診断システム。

【請求項2】

請求項1に記載の装置診断システムにおいて、
前記健全度指標もしくは前記閾値空間データが機械学習を用いて出力され、または前記半導体製造装置の状態が機械学習を用いて診断されることを特徴とする装置診断システム。

【請求項3】

請求項1に記載の装置診断システムにおいて、
前記第一のアルゴリズムは、単数のアルゴリズムまたは複数のアルゴリズムであることを特徴とする装置診断システム。

【請求項4】

請求項 1 に記載の装置診断システムにおいて、

前記半導体製造装置を構成するコンポーネントの動作に対応するトリガまたは前記半導体製造装置の処理に対応するトリガによって前記センサデータが収集されることを特徴とする装置診断システム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の装置診断システムにおいて、

前記装置診断装置は、パーソナルコンピュータであることを特徴とする装置診断システム。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の装置診断システムにおいて、

前記装置診断装置からのデータが収集されるとともに前記収集されたデータを基に前記半導体製造装置の故障の予防保全に関する解析またはメンテナンス手法に関する解析が行われるサーバをさらに備えることを特徴とする装置診断システム。

【請求項 7】

半導体製造装置の状態が診断される装置診断装置において、

前記半導体製造装置から収集されたセンサデータを第一のアルゴリズムに入力することにより健全度指標が出力され、

前記健全度指標を第二のアルゴリズムに入力することにより前記半導体製造装置の正常時の閾値空間データが出力され、

前記健全度指標と前記閾値空間データを第三のアルゴリズムに入力することにより前記半導体製造装置の状態が診断され、

前記健全度指標は、前記半導体製造装置の状態の健全度に関する指標であることを特徴とする装置診断装置。

【請求項 8】

半導体製造装置がネットワークを介して接続され、前記半導体製造装置の状態を診断するためのアプリケーションが実装されたプラットフォームを備える半導体装置製造システムにおいて、

前記半導体製造装置から収集されたセンサデータを第一のアルゴリズムに入力することにより健全度指標が出力されるステップと、

前記健全度指標を第二のアルゴリズムに入力することにより前記半導体製造装置の正常時の閾値空間データが出力されるステップと、

前記健全度指標と前記閾値空間データを第三のアルゴリズムに入力することにより前記半導体製造装置の状態が診断されるステップとが前記アプリケーションにより実行され、

前記健全度指標は、前記半導体製造装置の状態の健全度に関する指標であることを特徴とする半導体装置製造システム。

【請求項 9】

半導体製造装置の状態を診断する装置診断方法において、

前記半導体製造装置から収集されたセンサデータを第一のアルゴリズムに入力することにより健全度指標を出力する工程と、

前記健全度指標を第二のアルゴリズムに入力することにより前記半導体製造装置の正常時の閾値空間データを出力する工程と、

前記健全度指標と前記閾値空間データを第三のアルゴリズムに入力することにより前記半導体製造装置の状態を診断する工程とを有し、

前記健全度指標は、前記半導体製造装置の状態の健全度に関する指標であることを特徴とする装置診断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、装置診断システム、装置診断装置、半導体装置製造システムおよび装置診断方法に関する。本発明は、特に、プラズマエッチング装置のセンサデータおよびその他の

10

20

30

40

50

装置ログデータを収集し、任意のトリガと任意の解析アルゴリズムを用いて、当該のデータ群を解析および学習させることによって、プラズマエッチング装置の故障や劣化に関する予兆診断および健全度指標を行う装置診断システムに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製造工場における製造装置の稼働率の向上および高水準での維持は、製造工程における生産性および歩留まりの向上の観点から重要課題の一つである。

【0003】

ここで製造装置の稼働率の向上および維持には、製造装置自体の性能や製造プロセス性能の改善に加え、装置メンテナンスに伴う装置停止時間（以下、ダウンタイム）を短縮することが重要である。

10

【0004】

特に装置メンテナンスに関しては、予め想定されている定期メンテナンス以外に、何らかの装置不具合により突発的に生じる非定常メンテナンス作業がある。一般的に非定常メンテナンス作業には交換パーツの手配やメンテナンス人員調整などの必要リソース調整に起因する待ち時間が発生し、定期メンテナンスと比較して顕著に長いダウンタイムを要する。

【0005】

したがって、装置稼働率の向上については、非定常メンテナンス作業の回避・防止が効果的な因子の一つになっている。

20

【0006】

また、定期メンテナンスであっても、メンテナンス作業の過程で初めて予想以上に装置状態が劣化していたことが判明した場合などは、非定常メンテナンスと同様にリソース調整や作業効率低下が見込まれ、長いダウンタイムを要する。

【0007】

これらに対するアプローチとして、装置の健全状態を常時評価し、装置状態の異常や劣化を予兆診断することで、装置のダウンタイムを大幅に短縮する方法が挙げられる。ここで言うところの装置の健全状態の常時モニタリングとは、例えば装置を構成するコンポーネントの状態量を常時自動で解析することで、当該コンポーネントの健全度や状態変化を常時評価および予測する方法が挙げられる。

30

【0008】

プラズマエッチング装置において、上記のような方法で装置の予防保全を行う技術としては、特開2000-259222号公報および特開2006-324316号公報が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【文献】特開2000-259222号公報

【文献】特開2006-324316号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0010】

半導体デバイス構造の進化に伴い、エッチングプロセス技術などの生産技術や装置を構成するコンポーネントは改善や置換が頻繁に行われるため、上記のような予防保全を行うシステムもそれに追従できる柔軟な校正である必要がある。

【0011】

例えば、装置に新たなコンポーネントや、新たな状態量を計測するセンサが追加された場合であっても、それらのデータ収集・解析を行うにあたりシステムの改修が逐次必要となるものは稼働率の観点から望ましくない。

【0012】

また、評価対象のコンポーネント自体の負荷や状態を正確に評価するに当たり、例えば

50

当該コンポーネントが何ら制御されていない状態における状態量や、処理室と搬送室間を封じるゲートバルブの開閉時など、プロセス実施中に限らず特定の負荷イベントにおける状態量が必要になる場面がある。

【0013】

その観点において、特開2000-259222号公報は故障予知アルゴリズムが組み込みであるため、例えば従来解析対象としていたコンポーネントの仕様が変更になった場合や新たなコンポーネントが追加された場合に、システムの改修が必要となる。特開2006-324316号公報では、解析トリガがレシピ情報のみのため、装置がアイドル状態のときなど任意のトリガで解析を実行することができない。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題は、装置の状態量を解析するアルゴリズムについて、システム上で入替えや削除や新規登録を行う際にシステムのプログラムの改修を伴わず当該の入替えや削除や新規登録作業が実施でき、かつ任意のイベントトリガによって対象コンポーネントの状態量を自動で解析できるシステムによって解決される。

【0015】

具体的には、プラズマエッチング装置において、それを構成するコンポーネントの状態量を各種センサで計測したセンサデータを、予め定められた装置イベントトリガや時間間隔など任意のトリガで、当該センサ群からLAN（ローカルエリアネットワーク）等を介して収集する。その収集したセンサデータを入力として、予め当該システムに登録されている単数もしくは複数の解析アルゴリズムを実行し、上記解析の出力として、装置のあらゆる状態に対するそれぞれの健全度を表す指標を算出させる。その健全度指標をデータベースやファイル等に蓄積し、必要に応じてその健全度指標群を入力として学習用アルゴリズムを実行して正常稼働時の基準空間を算出させる。上記の健全度指標群と基準空間を入力として、解析対象のプラズマエッチング装置の予兆診断を実施し、不具合の予防保全を行う。このデータ収集・解析システムは、解析アルゴリズムおよび学習用アルゴリズムとして前述の健全度指標群と収集データを入力とするAI（人工知能）の搭載が可能であるシステムにより達成される。

【0016】

また、ここで言うところのコンポーネントとは、プラズマエッチング装置系を構成するデバイスや構造物一式を指し、例えば高周波発生回路等のデバイスに限らず、プラズマ処理室等、プラズマエッチング装置系を構成する構造物も含まれる。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、コンポーネントの健康状態を常時モニタリングし、コンポーネントの異常時や異常には至っていないものの異常が予兆される場合は、その旨を装置管理元や作業員等に通知することができる。これにより、非定常メンテナンスに陥る前に適切な処置を行うことで非定常メンテナンス自体を防止できる。また、非定常メンテナンスに陥った場合でも、事前にリソースを調整できる余地があるため、通常の非定常メンテナンスと比較してダウンタイムの短縮が見込まれる。さらに、コンポーネント毎の健全度指標が可視化および解析できる。そのため、次回の定期メンテナンス時のメンテナンス方針を装置毎に策定できる。これにより、定期メンテナンスの的確化および効率化が可能であり、ダウンタイムの短縮に寄与できる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】実施例に係るプラズマエッチング装置の予兆診断および健全度指標の評価を行う装置診断システムを含む半導体装置製造システムの全体図。

【図2】図1のプラズマエッチング装置の構成図。

【図3】図1の装置診断装置であるエッジシステムの構成図。

【図4】図1のサーバシステムの構成図。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】**【0019】**

本発明の実施の形態を、以下図面を参照して説明する。

【実施例】**【0020】**

本発明の実施例について説明する。図1は、実施例に係るプラズマエッチング装置の予兆診断および健全度指標の評価を行う装置診断システムを含む半導体装置製造システムの全体図である。図2は、図1のプラズマエッチング装置の構成図である。図3は、図1の装置診断システムであるエッジシステムの構成図である。図4は、図1のサーバシステムの構成図である。図2～図4に示す矢印は、本発明の実施例に係るデータのフローを示している。

10

【0021】

図1に示すように、半導体装置製造システム100は、この例では、特に制限されないが、複数のプラズマエッチング装置(PEA)101と、複数のエッジシステム(EGS)107と、サーバシステム(SVS)121と、ホストプロセッサ(HPR)200と、を含む。1つのプラズマエッチング装置101と1つのエッジシステム107との間は、例えば、LAN(ローカルエリアネットワーク)ケーブルやUSB(ユニバーサル シリアル バス)ケーブルなどの通信ケーブル108を用いたネットワーク回線により接続されている。複数のエッジシステム107とサーバシステム121との間は、例えば、LANケーブルやUSBケーブルなどの通信ケーブル220を用いたネットワーク回線により接続されている。また、各プラズマエッチング装置101は、LANケーブルやUSBケーブルなどの通信ケーブル210を用いたネットワーク回線により、ホストコンピュータ200に接続されている。なお、LANケーブルやUSBケーブルなどの有線の通信ケーブルの代わりに、無線を用いたネットワーク回線により、プラズマエッチング装置101、エッジシステム107およびサーバシステム121を接続することも可能である。

20

【0022】

サーバシステム121は、例えば、半導体デバイスの製造工場(半導体デバイスFabという)内に設置されている。あるいは、サーバシステム121は、半導体デバイスFabの外のビルなどの建屋、例えば、半導体デバイスの設計棟、試験棟や検査棟などの建屋内に設置されている。

30

【0023】

ここで、プラズマエッチング装置(PEA)101は半導体デバイスを製造するための半導体製造装置である。エッジシステム107は、装置診断装置または装置診断システムと見なすことができる。装置診断装置または装置診断システムは、半導体製造装置(101)の状態を診断するために利用される。また、通信ケーブル108で接続されたサーバシステム121とエッジシステム107とを、装置診断システムと見なす場合がある。通信ケーブル108で接続された半導体製造装置とエッジシステム107とは、半導体装置製造システム100と見なすことができる。また、通信ケーブル108で接続された半導体製造装置とエッジシステム107とサーバシステム121とを、半導体装置製造システム100と見なす場合がある。

【0024】

40

エッジシステム107は、例えば、計算機であるパーソナルコンピュータで構成することができる。エッジシステム107は、例えば、外部インタフェース回路、プロセッサ、メモリ、ストレージ、および、表示装置、を含む。メモリは、例えば、RAM(Random Access Memory)等の高速な読み出しまたは高速な書きが可能な半導体メモリにより構成される。ストレージは、例えば、HDD(Hard Disk Drive)やSSD(Solid State Drive)などの大容量の記憶装置により構成される。プロセッサが、例えばストレージに格納されたエッジシステム107の機能を実現するソフトウェアプログラム(アプリケーションプログラムとも言う)を実行することで、パーソナルコンピュータにより実現されるように構成されている。つまり、図3によって説明されるエッジシステム107の機能は、ストレージに格納されたソフトウェアプログラム

50

とストレージに格納された各種の参照データとをプロセッサが実行および参照することにより実現される。図3において、データ処理領域310はパーソナルコンピュータのプロセッサがソフトウェアプログラムを実行することで実現され、データストレージ領域300はパーソナルコンピュータのメモリまたはストレージで実現され、ユーザインターフェイス領域320はパーソナルコンピュータの表示装置で実現される。

【0025】

この意味で、図1に示す半導体装置製造システム100は、半導体製造装置(101)がネットワークを介して接続され、半導体製造装置(101)の状態を診断するための装置診断装置(107)のアプリケーションが実装されたプラットフォームを備えることと見なすことができる。

【0026】

まず、プラズマエッチング装置(PEA)101内で取得されるデータ群102, 103, 104について説明する。

【0027】

本実施例の観点において、図2に示すように、プラズマエッチング装置(PEA)101の生産領域PRは、試料であるウエハについてプラズマエッチング処理等を施す処理室105と、ウエハカセットから処理室105間においてウエハを搬送する搬送室106に大きく分類できる。それぞれの系には、その目的に応じて種々の制御用コンポーネントCNPが取り付けられている。例えば、搬送室106に設けられる制御用コンポーネントCNP1としては、例えば、ウエハを搬送するロボットや、大気と真空の切り替えを行うパージ用バルブ、真空ポンプ等が設置されている。処理室105に設けられる制御用コンポーネントCNP2としては、例えば、プラズマを生成するための高周波発振回路、処理室内にプロセスガスを導入するためのガス流量制御デバイス、処理室内の排気を行う真空ポンプ等が設置されている。また、図示しないが、処理室105と搬送室106の間に設けられる制御用コンポーネントとしては、両者(105と106)の間を封じるゲートバルブ等が設置されている。通常これらの制御用コンポーネントにはセンサが取り付けられており、その種々の状態量が計測されている。この状態量を以下センサデータ(SDA)102と呼称する。当該センサデータ102はデータストレージ領域DSRに保管される。

【0028】

また、センサデータ102とは別に、プラズマエッチング装置101のリアルタイムの状態を表現する装置状態量(ESQ)103も存在する。当該装置状態量103はセンサデータの一つであるが、バルブの開閉状態やプラズマエッチング装置101ないしは各コンポーネントの稼働状態および停止状態の表現を主目的とした、プラズマエッチング装置101のイベントに特化した値であり、通常ブール値やその他の整数値で表される。これらもデータストレージ領域DSRに保管されるほか、一部のデータは保管されずにコマンドデータとして一定時間メモリに保持される。

【0029】

さらに、上記センサデータ102および装置状態量103いずれにも含まれないデータとして、装置ログ(LOG)104も存在する。装置ログ(LOG)104には装置101のメンテナンスの履歴や実行されたプロセスレシピの情報等、装置イベントの詳細データ等が含まれる。

【0030】

次に、上記で説明したデータ群102, 103, 104について、これらを収集、蓄積、状態評価、状態判定を行うエッジシステム107について説明する。

【0031】

図1に示すように、エッジシステム107は複数のプラズマエッチング装置101に対して1台接続しても良い。しかし、当該システムのような付加設備は設置面積が可能な限り小さいことが製造現場上望ましい。その場合、一般的に設置面積が小さい代わりに処理能力水準が高くないシステムが選定されるため、1台のプラズマエッチング装置101に対して1台の接続が望ましい。したがって、本実施例では、代表的な例として、1台のプラズマエッチング装置101について1台のエッジシステム107を接続した実施例について説明する。

10

20

30

40

50

【0032】

まず、図1に示すように、プラズマエッチング装置101とエッジシステム107を通信用ケーブル108で接続する。本実施例では、通信ケーブル108としてLANケーブルを使用し、スイッチングハブを経由してプラズマエッチング装置101とエッジシステム107を接続している。

【0033】

このようにプラズマエッチング装置101とエッジシステム107を通信用ケーブル108で接続した系において、図3に示すように、まずエッジシステム107内のデータ収集プログラム109が、前述のセンサデータ102、装置ログデータ104のうち、エッジシステム107に当該時点でコピーした実績のないデータをエッジシステム107のデータストレージ領域300にセンサデータ110、装置ログデータ111としてコピーする。センサデータ110は、例えば、プラズマエッチング装置101を構成する各コンポーネント（CNP1、CNP2等）の動作に対応するトリガまたはプラズマエッチング装置101の処理に対応するトリガによってデータ収集プログラム109により前述のセンサデータ102から収集されるように構成するのが好ましい。

10

【0034】

このとき、当該センサデータ110および装置ログデータ111のデータの形式は元データの形式で同じである必要はなく、例えばzip等のデータ圧縮フォーマットによりデータサイズを削減したり、AI（人工知能）やその他の任意のアルゴリズムで抽出したデータの特徴部分のみを保管したり、後の状態評価および判定解析を行う際に便利な形式に変換して保管したり、ファイル形式のデータをデータベースのレコードとして記録および保管したりしてもよい。

20

【0035】

さらに、装置状態量103についてはエッジシステム107のデータストレージ領域300に保管しても良い。しかし、本実施例では、装置状態量103を、主に後述のトリガ判定目的で使用するため、データストレージ領域300には保管はせずに、データ処理領域310に設けたトリガ解析プログラム113に入力として渡す構成とされている（データフロー112を参照）。

【0036】

次にトリガ解析プログラム113について説明する。ここで言うところのトリガとは、後述の解析アルゴリズム114を実行するためのトリガ（以下、解析トリガ）を指す。例えば、特定のプロセスレシピがプラズマエッチング装置101で実施された場合に、そのレシピ実行中のセンサデータ102を入力として特定の解析アルゴリズムを実行したい場合は、当該の特定のプロセスレシピの情報が解析トリガとなる。また、特定の装置イベント、例えば処理室105と搬送室106の間に存在するゲートバルブの開閉時等や、特定の実行レシピや装置イベントに依らず特定の時間間隔等も解析トリガとして設定可能である。すなわち、データ収集プログラム109で収集されたデータ110、111、103に含まれる情報および時間情報は全て解析トリガとして設定可能である。

30

【0037】

トリガ解析プログラム113は装置ログデータ111およびデータ収集プログラム109からデータフロー112によって渡された装置状態量103について、予め解析トリガとして設定されている項目が含まれているかどうかを判定する。

40

【0038】

なお、このとき対象となる装置ログデータ111は、トリガ解析プログラム113が当該データ群を読込んだ時点で過去に既に判定を行った装置ログデータ111以外のデータ、すなわち装置ログデータ111の差分データ群についてである。

【0039】

このとき、差分データ群について、予め解析トリガとして設定されている項目が含まれていた場合、トリガ解析プログラム113は、直ちにその解析トリガが紐づけられている装置健全度指標解析アルゴリズム114を実行する。装置健全度指標解析アルゴリズム114は

50

、第一のアルゴリズムということができる。第一のアルゴリズム114は、半導体製造装置101から収集されたセンサデータを入力として、後述する健全度指標116を出力する。

【0040】

なお、ここで言うところの予め解析トリガとして設定されている項目とは、システムのユーザインターフェイス領域320における設定画面330にて、システムのユーザ、通常は生産現場におけるフィールドエンジニア等が解析トリガとして手動で設定したものや、あるいはAI（人工知能）やその他の任意のアルゴリズムにより解析トリガとして予め設定されたものを指す。

【0041】

さらに、ここで言うところの解析トリガが紐づけられている装置健全度指標解析アルゴリズム114とは、システムのユーザインターフェイス領域320における設定画面330にて、システムのユーザ、通常は生産現場におけるフィールドエンジニア等が当該解析トリガに手動で紐づけた装置健全度指標解析アルゴリズムや、あるいはAIやその他の任意のアルゴリズムが当該解析トリガに紐づけた装置健全度指標解析アルゴリズムを指す。

【0042】

次に装置健全度指標解析アルゴリズム114について説明する。

【0043】

当該アルゴリズム114は、上述のデータ収集プログラム109によりコピーおよび必要に応じて整形されたセンサデータ110および装置ログ111を入力として、上記のトリガ解析プログラム113によって実行される。

【0044】

このときトリガ解析プログラム113が当該アルゴリズム114を実行するためのプラットフォームの要件を満たしている限り、当該アルゴリズム114を記述するプログラミング言語は問わない。また、上記の要件を満たしている限り、当該アルゴリズム114はAIであっても、その他の任意のアルゴリズムであっても構わない。また、当該アルゴリズム114は、エッジシステム107を構成しているデータ収集プログラム109や、トリガ解析プログラム113や、学習用トリガ解析プログラム115に組み込まれていないものとし、本実施例では上記の条件を満たしているdllファイルやその他のスクリプトファイルとしている。これは装置健全度指標解析アルゴリズム114を、エッジシステム107上において入替えや削除や新規登録を行う際に、システムのプログラムの改修を伴わず実施できることを目的としたものである。

【0045】

このとき、当該アルゴリズム114により前述の入力データ（センサデータ110、装置ログ111）が解析され、出力として装置健全度指標116が得られる。装置健全度指標116はファイルとして保管されても良い。しかし、事後に後述の機械学習用の学習データ等として使用する際に検索や抽出を容易にするため、本実施例では、装置健全度指標116はデータベース形式として保管している。健全度指標116は、半導体製造装置101の状態の健全度に関する指標である。装置健全度指標116は、解析アルゴリズム114により学習された機械学習を用いて出力される。解析アルゴリズム114は、入力データ（センサデータ110、装置ログ111）について解析および機械学習により学習することも可能である。

【0046】

また、このとき、当該アルゴリズム114は単数ではなく、複数個を1つのエッジシステム107に登録していても構わない。例えば当該アルゴリズム114を装置のコンポーネント毎に個別に開発し、それらを1つのエッジシステム上でそれぞれ任意のトリガで実行することも可能である。つまり、当該アルゴリズム114は、例えば、単数のアルゴリズムまたは複数のアルゴリズムで構成することができる。

【0047】

次に、学習用トリガ解析プログラム115について説明する。

【0048】

学習用トリガ解析プログラム115は、装置健全度指標解析アルゴリズム114の出力とし

10

20

30

40

50

て得られた装置健全度指標116およびセンサデータ110および装置ログ111について、予め学習用トリガとして設定されている条件を満たすデータ群があるかどうかを判定する。当該条件を満たすデータ群が存在する場合、それらのデータ群を入力として、学習アルゴリズム117を実行する。ここで、学習用トリガとしては、特定の日時等の時間範囲や、ある特定時期からの生産数範囲や、特定のイベントが任意回数発生したときなど、トリガ解析プログラム113と同様に、データ収集プログラム109で収集されたデータ110, 111, 103に含まれる情報および時間情報は全て設定可能である。学習アルゴリズム117は、データ群について解析および機械学習により学習することも可能である。

【0049】

さらに、当該学習用トリガは、トリガ解析プログラム113と同様に、システムのユーザインターフェイス領域320における設定画面330にて、システムのユーザ、通常は生産現場におけるフィールドエンジニア等が解析トリガとして手動で設定したものや、あるいはAIやその他の任意のアルゴリズムによりフィルタリング基準として予め設定されているものとする。

【0050】

次に、学習用アルゴリズム117について説明する。学習用アルゴリズム117とは、前述の通り学習用トリガ解析プログラムにより、センサデータ110、装置ログ111、装置健全度指標116を所定の条件でフィルタリングしたデータ群を入力とし、閾値空間データ118を出力するものである。学習用アルゴリズム117は、第二のアルゴリズムといえることができる。第二のアルゴリズム117は、健全度指標116を入力として半導体製造装置101の正常時の閾値空間データ118を出力する。閾値空間データ118は、学習用アルゴリズム117により学習された機械学習を用いて出力される。

【0051】

ここで、閾値空間データ118とは、装置健全度指標解析アルゴリズム114によって算出された装置健全度指標116の正常および異常を判定するための閾値データである。当該閾値空間データ118は単数ではなく、通常各コンポーネントについて存在する。具体的には、例えば、各コンポーネントの閾値空間データ118をそれに対応する座標軸で描画し、その上に、対応するコンポーネントの装置健全度指標116を描画する。この場合、当該の装置健全度指標が閾値空間内に描画されれば正常であり、当該の装置健全度指標が閾値空間外に描画されれば異常であると判定するように使用される。

【0052】

次に、装置健全状態判定アルゴリズム119について説明する。装置健全状態判定アルゴリズム119が実行された時点で過去に既に判定を行った装置健全度指標116データ以外のデータ、すなわち装置健全度指標116の差分データ群および、当該の健全度指標群それぞれが対応するコンポーネントの閾値空間データ118を入力として、当該健全度指標116に対応するコンポーネントが正常であるか、異常であるかの判定を行う。このとき、出力として装置健全状態判定結果120を得る。このとき、装置健全状態判定結果とは「正常」「異常予兆あり」を表すブール値であることが一般的であるが、「正常」「異常予兆あり」の2値に限らず、例えば「正常」「異常予兆」「異常」といった指標でも構わない。ここで得られた装置健全状態判定結果120はデータベース等のストレージに保管するほか、エッチング装置101を介して、当該エッチング装置101を統括および監視するホストコンピュータ200に送信することもでき、さらにこれらのデータは後述のサーバシステム121にも送信される。装置健全状態判定アルゴリズム119は、第三のアルゴリズムといえることができる。第三のアルゴリズム119は、健全度指標116と閾値空間データ118を入力として当該健全度指標116に対応するコンポーネントが正常であるか、異常であるかの判定を行うことによって、半導体製造装置101の状態を診断する。装置健全状態判定結果120としての半導体製造装置101の状態を診断は、アルゴリズム119により学習された機械学習を用いて診断される。アルゴリズム119は、「正常」「異常予兆」「異常」などの指標について、健全度指標116と閾値空間データ118とを含む入力データの解析および機械学習による学習を行うことも可能である。

10

20

30

40

50

【0053】

ここで、半導体製造装置の状態を診断する装置診断方法については、以下の様にまとめることができる。つまり、半導体製造装置(101)の状態を診断する装置診断方法は、

1) (健全度指標の出力工程) : 半導体製造装置(101)から収集されたセンサデータ(110)を入力として第一のアルゴリズム(114)により健全度指標(116)を出力する工程と、

2) (閾値空間データの出力工程) : 健全度指標(116)を入力として第二のアルゴリズム(117)により半導体製造装置(101)の正常時の閾値空間データ(118)を出力する工程と、および、

3) (診断工程) : 健全度指標(116)と閾値空間データ(118)を入力として第三のアルゴリズム(119)により半導体製造装置(101)の状態を診断する工程と、を有する。

10

【0054】

また、半導体製造装置(101)がネットワークを介して接続され、半導体製造装置(101)の状態を診断するためのアプリケーションが実装されたプラットフォームを備える半導体装置製造システム(100)については、以下の様にまとめることができる。つまり、半導体装置製造システム(100)は、

1) (健全度指標の出力ステップ) : 半導体製造装置(101)から収集されたセンサデータ(110)を入力として第一のアルゴリズム(114)により健全度指標(116)が出力される第1ステップと、

2) (閾値空間データの出力ステップ) : 健全度指標(116)を入力として第二のアルゴリズム(117)により半導体製造装置(101)の正常時の閾値空間データ(118)が出力される第2ステップと、および、

20

3) (診断ステップ) : 健全度指標(116)と閾値空間データ(118)を入力として第三のアルゴリズム(119)により半導体製造装置(101)の状態が診断される第3ステップと、を含む。ここで、第1ステップ、第2ステップおよび第3ステップは半導体製造装置(101)の状態を診断するためのアプリケーションにより実行される。

【0055】

ここで特定のコンポーネントについて、その状態が異常ないしは異常が予兆される状態であるとの通知をホストコンピュータ200ないしはサーバシステム121にて受信した場合、プラズマエッチング装置101の管理元ないしは作業者が直ちに必要な対応をすることができ、非定常メンテナンスに陥る前に適切な処置を行うことで非定常メンテナンス自体を防止できる。さらに、非定常メンテナンスに陥った場合でも事前にリソースを調整できる余地があるため、通常の非定常メンテナンスと比較してダウンタイムの短縮が見込まれる。

30

【0056】

次に、サーバシステム121について説明する。

【0057】

前述の通り、本実施例では1台のプラズマエッチング装置101に対して1台のエッジシステム107が接続されるため、製造現場においてはプラズマエッチング装置101の台数分のエッジシステム107が存在することになる。

【0058】

サーバシステム121はこれら複数のエッジシステム107を統括して管理する目的のシステムであって、主にエッジシステム107から収集した装置ログ111、装置健全度指標116、装置健全度状態判定結果120を収集してモニタしたり、装置健全度状態判定結果120の通知をエッジシステム107から受信したりすることを目的とする。つまり、サーバシステム121は、エッジシステム107からのデータを収集し、収集されたデータを基にプラズマエッチング装置101の故障の予防保全に関する解析またはメンテナンス手法に関する解析を行うために設けられている。

40

【0059】

次に、サーバシステム121におけるデータ収集プログラム122について説明する。

【0060】

データ収集プログラム122は、エッジシステム107の装置ログ111、装置健全度指標11

50

6、装置健全度状態判定結果120において、当該時点でエッジシステム107からサーバシステム121にコピーした実績のないデータをサーバシステム121のデータストレージ領域400に装置ログ123、装置健全度指標124、装置健全度状態判定結果125としてコピーするものである。

【0061】

このとき、当該装置ログ111、装置健全度指標116、装置健全度状態判定結果120のデータの形式は元データの形式で同じである必要はなく、例えばzip等のデータ圧縮フォーマットによりデータサイズを削減したり、AIやその他の任意のアルゴリズムで抽出したデータの特徴部分のみを保管したり、後の状態評価および判定解析を行う際に便利な形式に変換して保管したり、ファイル形式のデータをデータベースのレコードとして記録・保管したりしてもよい。

10

【0062】

次に、可視化プログラム126について説明する。可視化プログラム126は、データ収集プログラム122でデータストレージ領域400にコピーした装置ログ123、装置健全度指標124、装置健全度状態判定結果125について、例えばそのトレンドや現時点での状態を、データ表示領域410に設けた装置状態モニタ127に表示するための処理を行うプログラムである。

【0063】

次に、メンテナンスプラン策定プログラム128について説明する。メンテナンスプラン策定プログラム128は、主にデータ収集プログラム122でデータストレージ領域400にコピーした装置健全度指標124を入力として、各コンポーネントの劣化状態をそれに対応する装置健全度指標124から評価する。メンテナンスプラン策定プログラム128は、異常予兆状態までは至らず装置健全度状態判定では正常と見なされているコンポーネントであっても、今後異常予兆状態に発展する可能性があり次回の定期メンテナンス時に重点的にメンテナンスを行うべきコンポーネントや、また逆に劣化状態が軽微でありメンテナンスの必要がない、あるいは軽微なメンテナンスで問題ないコンポーネントをリスト化する。メンテナンスプラン策定プログラム128は、リスト化されたコンポーネントを、データ表示領域410に設けたメンテナンスプランモニタ129に表示するものである。

20

【0064】

これにより、定期メンテナンス作業の的確化および効率化が可能となり、装置ダウンタイムの短縮およびリソースコストの削減が期待される。

30

【0065】

実施例によれば、装置の状態量を解析するアルゴリズム（114,117,119）について、システム（100）上で入替えや削除や新規登録を行う際にシステム（100）のプログラムの改修を伴わず当該の入替えや削除や新規登録作業が実施でき、かつ任意のイベントトリガによって対象コンポーネントの状態量を自動で解析できるシステム（100）を提供することができる。

【0066】

具体的には、プラズマエッチング装置（101）において、それを構成するコンポーネント（CNP1,CNP2等）の状態量を各種センサで計測したセンサデータ（102）を、予め定められた装置イベントトリガや時間間隔など任意のトリガで、当該センサ群からLANネットワーク等を介して収集する。そして、収集されたセンサデータ（収集データ）（110）を入力として、予め当該システム（100）にアプリケーションとして登録されている単数もしくは複数の解析アルゴリズム（114）を実行する。解析アルゴリズム（114）の解析の出力として、装置（101）のあらゆる状態に対するそれぞれの健全度を表す指標（116）が算出される。その健全度指標（116）をデータベースやファイル等に蓄積し、必要に応じてその健全度指標（116）群を入力として学習用アルゴリズム（117）を実行する。学習用アルゴリズム（117）の実行結果として、正常稼働時の基準空間（閾値空間データ118）を算出する。健全度指標（116）群と基準空間（118）とを入力として、判定アルゴリズム（119）を実行することで、解析対象のプラズマエッチング装置（101）の予兆

40

50

診断を実施する。これにより、解析対象のプラズマエッチング装置（101）の不具合の予防保全を行う。システム（100）において、解析アルゴリズム（114）、学習用アルゴリズム（117）、および、判定アルゴリズム（119）はAI（人工知能）により実施することができる。健全度指標（116）や基準空間（118）はAI（人工知能）の機械学習の結果を用いて出力される。また、プラズマエッチング装置（101）の状態も、AI（人工知能）の機械学習を用いて診断される。

【0067】

また、コンポーネントとは、プラズマエッチング装置（101）系を構成するデバイスや構造物一式を指す。コンポーネントには、例えば、高周波発生回路等のデバイスに限らず、プラズマ処理室等、プラズマエッチング装置系を構成する構造物も含まれる。

【0068】

本発明によれば、プラズマエッチング装置（101）のコンポーネントの健康状態を常時モニタリングする。そして、コンポーネントの異常時や異常には至っていないものの異常が予兆される場合は、その旨を装置管理元や作業者に通知する。これにより、非定常メンテナンスに陥る前に適切な処置を行うことで、非定常メンテナンス自体を防止できる。また、非定常メンテナンスに陥った場合でも、事前にリソースを調整できる余地があるため、通常の非定常メンテナンスと比較してダウンタイムの短縮が見込まれる。さらに、コンポーネント毎の健全度指標が可視化および解析できる。そのため、次の定期メンテナンス時のメンテナンス方針を装置毎に策定できる。これにより、定期メンテナンスの的確化および効率化が可能であり、ダウンタイムの短縮に寄与できる。

【0069】

以上、本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、上記実施形態および実施例に限定されるものではなく、種々変更可能であることはいうまでもない。

【符号の説明】

【0070】

100:半導体装置製造システム、101:プラズマエッチング装置、102:センサデータ、103:装置状態量、104:装置ログ、105:処理室、106:搬送室、107:エッジシステム、108:通信用ケーブル、109:データ収集プログラム、110:センサデータ、111:装置ログデータ、112:装置状態量をトリガ解析プログラムに入力として渡すデータフロー、113:トリガ解析プログラム、114:装置健全度指標解析アルゴリズム、115:学習用トリガ解析プログラム、116:装置健全度指標、117:学習アルゴリズム、118:閾値空間データ、119:装置健全状態判定アルゴリズム、120:装置健全状態判定結果、121:サーバシステム、122:サーバシステムにおけるデータ収集プログラム、123:装置ログ、124:装置健全度指標、125:装置健全状態判定結果、126:可視化プログラム、127:装置状態モニタ、128:メンテナンスプラン策定プログラム、129:メンテナンスプランモニタ、200:ホストプロセッサ（HPR）、210:通信ケーブル、220:通信ケーブル、300:データストレージ領域、310:データ処理領域、320:ユーザインターフェイス領域、330:設定画面

10

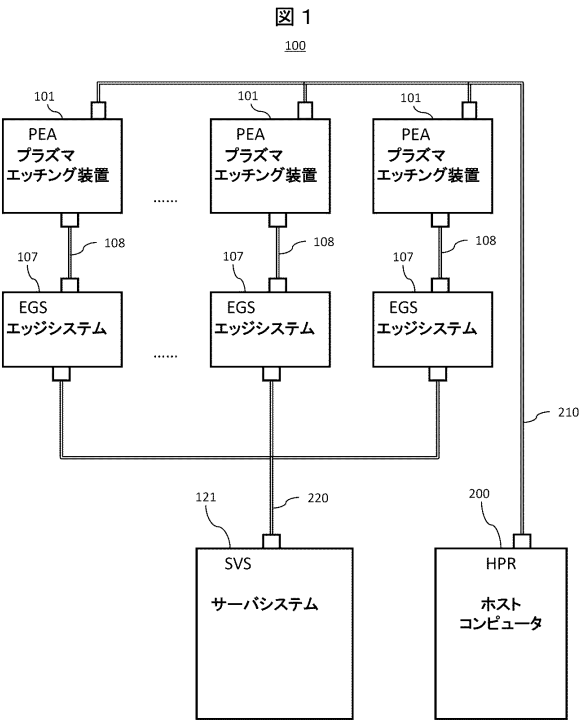
20

30

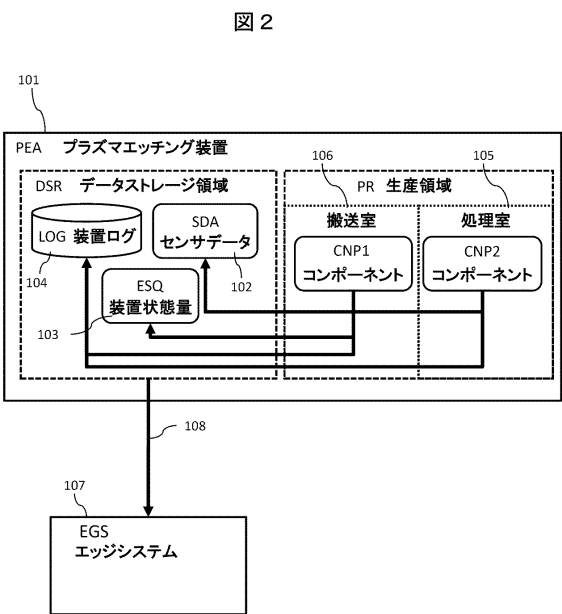
40

50

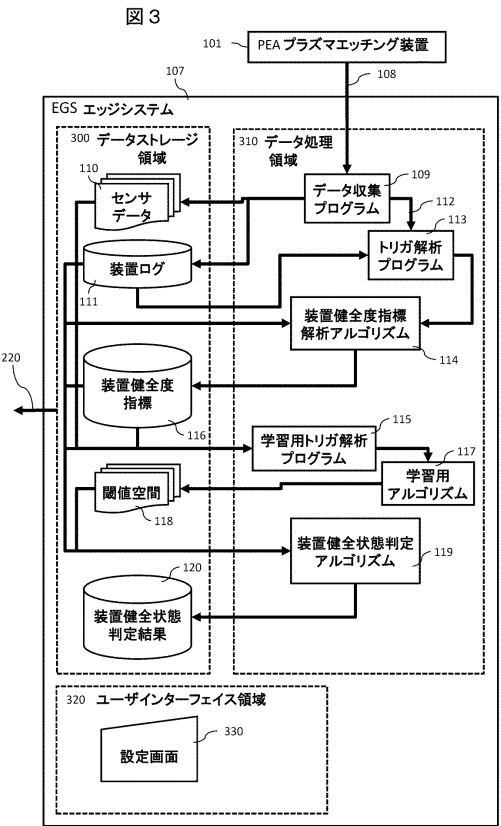
【図面】
【図 1】



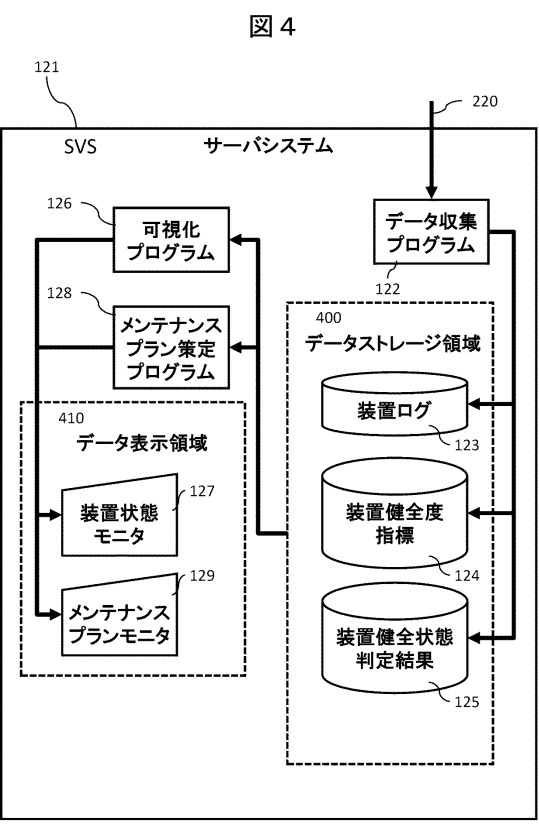
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式会社日立ハイテク内
(72)発明者 長谷 裕治
東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式会社日立ハイテク内
審査官 宇多川 勉
(56)参考文献 特開2020-031096 (JP, A)
国際公開第2020/188747 (WO, A1)
国際公開第2021/065295 (WO, A1)
特表2009-505425 (JP, A)
特開2010-225632 (JP, A)
特開2003-045847 (JP, A)
国際公開第2021/241242 (WO, A1)
国際公開第2020/159730 (WO, A1)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21/3065