

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7311253号  
(P7311253)

(45)発行日 令和5年7月19日(2023.7.19)

(24)登録日 令和5年7月10日(2023.7.10)

(51)国際特許分類

H 01 L	21/02 (2006.01)	F I	H 01 L	21/02	Z
G 05 B	23/02 (2006.01)		G 05 B	23/02	3 0 1 V
G 06 Q	50/04 (2012.01)		G 06 Q	50/04	

請求項の数 34 外国語出願 (全30頁)

(21)出願番号	特願2018-168409(P2018-168409)	(73)特許権者	592010081 ラム リサーチ コーポレーション L A M R E S E A R C H C O R P O R A T I O N アメリカ合衆国, カリフォルニア 9 4 5 3 8 , フレモント, クッシング パー クウェイ 4 6 5 0
(22)出願日	平成30年9月10日(2018.9.10)	(74)代理人	110000028 弁理士法人明成国際特許事務所
(65)公開番号	特開2019-83309(P2019-83309A)	(72)発明者	レイナー・ウンターグッゲンベルガー アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 6 0 ニューアーク, ポトレロ・ド イブ, 3 9 7 2 4
(43)公開日	令和1年5月30日(2019.5.30)	(72)発明者	ヘンリー・チャン アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 最終頁に続く
審査請求日	令和3年9月8日(2021.9.8)		
(31)優先権主張番号	62/556,733		
(32)優先日	平成29年9月11日(2017.9.11)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31)優先権主張番号	16/119,202		
(32)優先日	平成30年8月31日(2018.8.31)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 半導体製造装置のためのユーザ相互作用を自動化するシステムおよび方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

半導体製造装置のためのユーザ相互作用を自動化するシステムであって、  
基板を処理するよう構成された複数の処理モジュールを備えた基板処理ツールの状態を  
受信するためのインターフェースであって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板  
処理ツールの前記処理モジュールから、および前記基板処理ツールに関連付けられた複数  
のセンサから、受け取ったデータに基づいて、決定される、インターフェースと、  
前記インターフェースに接続されたコントローラであって、

前記インターフェースによって受け取られた前記基板処理ツールの前記状態と、前記  
状態の以前の発生に応じて前記基板処理ツールを制御するために、前記インターフェース  
から前記基板処理ツールによって以前に受信された入力と、の相関を生成し、前記相関は  
前記状態の以前の発生に応じて前記基板処理ツールによって以前に受け取られた、あら  
かじめ定められた回数の入力に、少なくとも部分的にに基づいており、

前記インターフェースによって受け取られた前記基板処理ツールの前記状態と、前記  
状態の以前の発生に応じて前記インターフェースから前記基板処理ツールによって以前に  
受信された入力と、の前記相関に基づいて、以前に受信された前記入力と類似の応答を含  
む出力であって、前記基板処理ツールを制御するための出力を、生成する、コントローラ  
と、

を備える、システム。

## 【請求項2】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記コントローラは、前記基板処理ツールの複数の状態と前記複数の状態に基づいて前記基板処理ツールによって受信された対応する入力とをデータベースに格納し、前記データベースを用いて前記相関を実行するよう構成されている、システム。

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載のシステムであって、前記コントローラは、前記基板処理ツールおよびさらなる基板処理ツールの 1 または複数に関連する履歴データに基づいて前記データベースを更新し、前記更新したデータベースを用いて前記相関を実行するよう構成されている、システム。

**【請求項 4】**

請求項 2 に記載のシステムであって、前記コントローラは、さらなる基板処理ツールに関連するデータであって、前記さらなる基板処理ツールの状態と、前記状態に基づいて前記さらなる基板処理ツールによって受信された対応する入力と、を含むデータを、前記データベースに格納し、前記データを用いて前記相関を実行するよう構成されている、システム。

**【請求項 5】**

請求項 1 に記載のシステムであって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに関連するエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記エラーへの対応を示すデータを含む、システム。

**【請求項 6】**

請求項 1 に記載のシステムであって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに関連する差し迫ったエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記差し迫ったエラーを防止するための対応を示すデータを含む、システム。

**【請求項 7】**

請求項 1 に記載のシステムであって、前記コントローラは、前記基板処理ツールのオペレータの存在を検出し、前記出力に基づいて前記オペレータによって受信された対応に従って前記基板処理ツールを制御するよう構成されている、システム。

**【請求項 8】**

請求項 1 に記載のシステムであって、前記コントローラは、前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出し、前記出力に基づいて前記オペレータの不在時に前記基板処理ツールを制御するよう構成されている、システム。

**【請求項 9】**

請求項 1 に記載のシステムであって、前記コントローラは、前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出し、前記出力に関して前記オペレータに通知するよう構成されている、システム。

**【請求項 10】**

請求項 1 に記載のシステムであって、前記コントローラは、前記基板の処理の完了を確実にし、前記基板への損傷を防止し、前記処理モジュールのアイドリングを防止するため、前記出力に基づいて前記基板処理ツールを制御するよう構成されている、システム。

**【請求項 11】**

請求項 1 に記載のシステムであって、前記コントローラは、前記処理モジュールによる前記基板の処理のスケジューリングを最適化するために、前記出力に基づいて前記基板処理ツールを制御するよう構成されている、システム。

**【請求項 12】**

半導体製造装置のためのユーザ相互作用を自動化する方法であって、

基板処理ツールの複数の処理モジュールから、および前記基板処理ツールに関連付けられた複数のセンサから、データを受け取る工程と、

前記処理モジュールおよび前記センサから受け取った前記データに基づいて、前記基板処理ツールの状態を決定する工程と、

前記基板処理ツールの前記状態と、前記状態の以前の発生に応じて前記基板処理ツール

10

20

30

40

50

を制御するために前記基板処理ツールによって以前に受信された入力と、の相関を生成する工程であって、前記相関は、前記状態の以前の発生に応じて前記基板処理ツールによって以前に受け取られた、あらかじめ定められた回数の入力に、少なくとも部分的に基づいている工程と、

前記基板処理ツールの前記状態と、前記状態の以前の発生に応じて前記基板処理ツールによって以前に受信された入力と、の前記相関に基づいて、以前に受信された前記入力と類似の応答を含む出力であって、前記基板処理ツールを制御するための出力を、生成する工程と、

を備える、方法。

**【請求項 13】**

請求項 12 に記載の方法であって、さらに、

前記基板処理ツールの複数の状態と、前記複数の状態に基づいて前記基板処理ツールによって受信された対応する入力とを、データベースに格納する工程と、

前記データベースを用いて前記相関を実行する工程と、  
を備える、方法。

**【請求項 14】**

請求項 13 に記載の方法であって、さらに、

前記基板処理ツールおよびさらなる基板処理ツールの 1 または複数に関連する履歴データに基づいて前記データベースを更新する工程と、

前記更新したデータベースを用いて前記相関を実行する工程と、  
を備える、方法。

**【請求項 15】**

請求項 13 に記載の方法であって、さらに、

さらなる基板処理ツールに関連するデータであって、前記さらなる基板処理ツールの状態と、前記状態に基づいて前記さらなる基板処理ツールによって受信された対応する入力と、を含むデータを、前記データベースに格納する工程と、

前記データを用いて前記相関を実行する工程と、  
を備える、方法。

**【請求項 16】**

請求項 12 に記載の方法であって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに関連するエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記エラーへの対応を示すデータを含む、方法。

**【請求項 17】**

請求項 12 に記載の方法であって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに関連する差し迫ったエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記差し迫ったエラーを防止するための対応を示すデータを含む、方法。

**【請求項 18】**

請求項 12 に記載の方法であって、さらに、

前記基板処理ツールのオペレータの存在を検出する工程と、

前記出力に基づいて前記オペレータによって受信された対応に従って前記基板処理ツールを制御する工程と、を備える、方法。

**【請求項 19】**

請求項 12 に記載の方法であって、さらに、

前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出する工程と、

前記出力に基づいて前記オペレータの不在時に前記基板処理ツールを制御する工程と、  
を備える、方法。

**【請求項 20】**

請求項 12 に記載の方法であって、さらに、

前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出する工程と、

前記出力に関して前記オペレータに通知する工程と、

10

20

30

40

50

を備える、方法。

【請求項 2 1】

請求項 1 2 に記載の方法であって、さらに、基板の処理の完了を確実にし、前記基板への損傷を防止し、前記処理モジュールのアイドリングを防止するために、前記出力に基づいて前記基板処理ツールを制御する工程を備える、方法。

【請求項 2 2】

請求項 1 2 に記載の方法であって、さらに、前記処理モジュールによる基板の処理のスケジューリングを最適化するために、前記出力に基づいて前記基板処理ツールを制御する工程を備える、方法。

【請求項 2 3】

半導体製造装置のためのユーザ相互作用を自動化するシステムであって、  
プロセッサと、  
有形のマシン読み取り可能な媒体に格納されたマシン読み取り可能な命令であって、前記プロセッサによって実行された時に、

基板処理ツールの複数の処理モジュールから、および前記基板処理ツールに関連付けられた複数のセンサから、データを受け取り、

前記処理モジュールおよび前記センサから受け取った前記データに基づいて、前記基板処理ツールの状態を決定し、

前記基板処理ツールの前記状態と、前記状態の以前の発生に応じて前記基板処理ツールを制御するために前記基板処理ツールによって以前に受信された入力と、の相関を生成し、前記相関は、前記状態の以前の発生に応じて前記基板処理ツールによって以前に受け取られた、あらかじめ定められた回数の入力に、少なくとも部分的に基づいており、

前記基板処理ツールの前記状態と、前記状態の以前の発生に応じて前記基板処理ツールによって以前に受信された入力と、の前記相関に基づいて、以前に受信された前記入力と類似の応答を含む出力であって、前記基板処理ツールを制御するための出力を、生成するように、前記プロセッサを構成する、マシン読み取り可能な命令と、  
を備える、システム。

【請求項 2 4】

請求項 2 3 に記載のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、  
前記基板処理ツールの複数の状態と、前記複数の状態に基づいて前記基板処理ツールによって受信された対応する入力と、をデータベースに格納し、  
前記データベースを用いて前記相関を実行するように、前記プロセッサを構成する、システム。

【請求項 2 5】

請求項 2 4 に記載のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、  
前記基板処理ツールおよびさらなる基板処理ツールの 1 または複数に関連する履歴データに基づいて、前記データベースを更新し、  
前記更新したデータベースを用いて前記相関を実行するように、前記プロセッサを構成する、システム。

【請求項 2 6】

請求項 2 4 に記載のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、  
さらなる基板処理ツールに関連するデータであって、前記さらなる基板処理ツールの状態と前記状態に基づいて前記さらなる基板処理ツールによって受信された対応する入力とを含むデータを、前記データベースに格納し、  
前記データを用いて前記相関を実行するように、前記プロセッサを構成する、システム。

【請求項 2 7】

請求項 2 3 に記載のシステムであって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに関連するエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記エラーへの対応を示すデータを含む、システム。

【請求項 2 8】

10

20

30

40

50

請求項 2 3 に記載のシステムであって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに関する差し迫ったエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記差し迫ったエラーを防止するための対応を示すデータを含む、システム。

【請求項 2 9】

請求項 2 3 に記載のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、  
前記基板処理ツールのオペレータの存在を検出し、  
前記出力に基づいて前記オペレータによって受信された対応に従って前記基板処理ツールを制御するように、前記プロセッサを構成する、システム。

【請求項 3 0】

請求項 2 3 に記載のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、  
前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出し、  
前記出力に基づいて前記オペレータの不在時に前記基板処理ツールを制御するように、前記プロセッサを構成する、システム。

【請求項 3 1】

請求項 2 3 に記載のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、  
前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出し、  
前記出力に関して前記オペレータに通知するように、前記プロセッサを構成する、システム。

【請求項 3 2】

請求項 2 3 に記載のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、基板の処理の完了を確実にし、前記基板への損傷を防止し、前記処理モジュールのアイドリングを防止するために、前記出力に基づいて前記基板処理ツールを制御するように、前記プロセッサを構成する、システム。

【請求項 3 3】

請求項 2 3 に記載のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、前記処理モジュールによる基板の処理のスケジューリングを最適化するために、前記出力に基づいて前記基板処理ツールを制御するように、前記プロセッサを構成する、システム。

【請求項 3 4】

請求項 1 に記載のシステムであって、  
前記相関は、データベースに格納されている、状態と入力の関係性に基づいて、生成され  
前記関係性は、シミュレーション環境において、複数の基板処理ツールからのデータと  
他の状態と入力とをシミュレーションすることにより生成されたデータと、を再生され  
ることにより取得される、システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願への相互参照

本願は、2017年9月11日出願の米国仮出願第62/556,733号の利益を主張する。上記の出願の開示全体が、参照によって本明細書に組み込まれる。

【0 0 0 2】

本開示は、一般に、半導体製造装置に関し、特に、人工知能を用いて半導体製造装置のためのユーザ相互作用を自動化することに関する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

本明細書で提供されている背景技術の記載は、本開示の背景を概略的に提示するためのものである。ここに名を挙げられている発明者の業績は、この背景技術に記載された範囲において、出願時に従来技術として通常見なされえない記載の態様と共に、明示的にも黙示的にも本開示に対する従来技術として認められない。

【0 0 0 4】

基板処理システムは、通例、半導体ウエハなどの基板の蒸着、エッチング、および、そ

10

20

30

40

50

の他の処理を実行するために、複数の処理チャンバ（処理モジュールとも呼ばれる）を備える。処理中、基板処理システムの処理チャンバ内で基板支持体上に基板が配置される。蒸着中、1または複数の前駆体を含むガス混合物が、処理チャンバに導入され、プラズマが、化学反応を活性化するために点火されうる。エッティング中、エッティングガスを含むガス混合物が導入され、プラズマが、化学反応を活性化するために点火されうる。通常は、コンピュータ制御されたロボットが、半導体基板を或る処理チャンバから別の処理チャンバへ、半導体基板の処理される順に移動させる。

**【発明の概要】**

**【0005】**

システムが、インターフェースおよびコントローラを備える。インターフェースは、基板を処理するよう構成された複数の処理モジュールを備えた基板処理ツールの状態を受信するよう構成されている。コントローラは、状態を、その状態に基づいてインターフェースから基板処理ツールによって以前に受信された入力と相関させ、相関に基づいて基板処理ツールを制御するための出力を生成するよう構成されている。

10

**【0006】**

別の特徴において、コントローラは、基板処理ツールの複数の状態と複数の状態に基づいて基板処理ツールによって受信された対応する入力をデータベースに格納し、データベースを用いて相関を実行するよう構成されている。

**【0007】**

別の特徴において、コントローラは、基板処理ツールおよびさらなる基板処理ツールの1または複数に関連する履歴データに基づいてデータベースを更新し、更新したデータベースを用いて相関を実行するよう構成されている。

20

**【0008】**

別の特徴において、コントローラは、さらなる基板処理ツールに関連するデータであつてさらなる基板処理ツールの状態と状態に基づいてさらなる基板処理ツールによって受信された対応する入力を含むデータをデータベースに格納し、データを用いて相関を実行するよう構成されている。

**【0009】**

別の特徴において、基板処理ツールの状態は、基板処理ツールに関連するエラーを示すデータを含み、入力は、エラーへの対応を示すデータを含む。

30

**【0010】**

別の特徴において、基板処理ツールの状態は、基板処理ツールに関連する差し迫ったエラーを示すデータを含み、入力は、エラーを防止するための対応を示すデータを含む。

**【0011】**

別の特徴において、コントローラは、基板処理ツールのオペレータの存在を検出し、出力に基づいてオペレータによって受信された対応に従って基板処理ツールを制御するよう構成されている。

**【0012】**

別の特徴において、コントローラは、基板処理ツールのオペレータの不在を検出し、出力に基づいてオペレータの不在時に基板処理ツールを制御するよう構成されている。

40

**【0013】**

別の特徴において、コントローラは、基板処理ツールのオペレータの不在を検出し、出力に関してオペレータに通知するよう構成されている。

**【0014】**

別の特徴において、コントローラは、基板の処理の完了を確実にし、基板への損傷を防止し、処理モジュールのアイドリングを防止するために、出力に基づいて基板処理ツールを制御するよう構成されている。

**【0015】**

別の特徴において、コントローラは、処理モジュールによる基板の処理のスケジューリングを最適化するために、出力に基づいて基板処理ツールを制御するよう構成されている。

50

**【 0 0 1 6 】**

さらに別の特徴において、方法が、基板を処理するよう構成された複数の処理モジュールを備えた基板処理ツールの状態を受信する工程を備える。方法は、さらに、状態を、その状態に基づいて基板処理ツールによって以前に受信された入力と相関させる工程を備える。方法は、さらに、相関に基づいて基板処理ツールを制御するための出力を生成する工程を備える。

**【 0 0 1 7 】**

別の特徴において、方法は、さらに、基板処理ツールの複数の状態と複数の状態に基づいて基板処理ツールによって受信された対応する入力とをデータベースに格納する工程を備える。方法は、さらに、データベースを用いて相関を実行する工程を備える。

10

**【 0 0 1 8 】**

別の特徴において、方法は、さらに、基板処理ツールおよびさらなる基板処理ツールの1または複数に関連する履歴データに基づいてデータベースを更新する工程を備える。方法は、さらに、更新したデータベースを用いて相関を実行する工程を備える。

**【 0 0 1 9 】**

別の特徴において、方法は、さらに、さらなる基板処理ツールに関連するデータであつてさらなる基板処理ツールの状態と状態に基づいてさらなる基板処理ツールによって受信された対応する入力とを含むデータをデータベースに格納する工程を備える。方法は、さらに、そのデータを用いて相関を実行する工程を備える。

**【 0 0 2 0 】**

別の特徴において、基板処理ツールの状態は、基板処理ツールに関連するエラーを示すデータを含み、入力は、エラーへの対応を示すデータを含む。

20

**【 0 0 2 1 】**

別の特徴において、基板処理ツールの状態は、基板処理ツールに関連する差し迫ったエラーを示すデータを含み、入力は、エラーを防止するための対応を示すデータを含む。

**【 0 0 2 2 】**

別の特徴において、方法は、さらに、基板処理ツールのオペレータの存在を検出する工程を備える。方法は、さらに、出力に基づいてオペレータによって受信された対応に従つて基板処理ツールを制御する工程を備える。

**【 0 0 2 3 】**

別の特徴において、方法は、さらに、基板処理ツールのオペレータの不在を検出する工程を備える。方法は、さらに、出力に基づいてオペレータの不在時に基板処理ツールを制御する工程を備える。

30

**【 0 0 2 4 】**

別の特徴において、方法は、さらに、基板処理ツールのオペレータの不在を検出する工程を備える。方法は、さらに、出力に関するオペレータに通知する工程を備える。

**【 0 0 2 5 】**

別の特徴において、方法は、さらに、基板の処理の完了を確実にし、基板への損傷を防止し、処理モジュールのアイドリングを防止するために、出力に基づいて基板処理ツールを制御する工程を備える。

40

**【 0 0 2 6 】**

別の特徴において、方法は、さらに、処理モジュールによる基板の処理のスケジューリングを最適化するために、出力に基づいて基板処理ツールを制御する工程を備える。

**【 0 0 2 7 】**

さらに別の特徴において、システムが、プロセッサと、有形のマシン読み取り可能な媒体に格納されたマシン読み取り可能な命令と、を備える。プロセッサによって実行された時、マシン読み取り可能な命令は、基板を処理するよう構成された複数の処理モジュールを備えた基板処理ツールの状態を受信するように、プロセッサを構成する。マシン読み取り可能な命令は、状態を、その状態に基づいて基板処理ツールによって以前に受信された入力と相関させるように、プロセッサを構成する。マシン読み取り可能な命令は、相関に

50

基づいて基板処理ツールを制御するための出力を生成するように、プロセッサを構成する。

【0028】

別の特徴において、マシン読み取り可能な命令は、基板処理ツールの複数の状態と複数の状態に基づいて基板処理ツールによって受信された対応する入力とをデータベースに格納するように、プロセッサを構成する。マシン読み取り可能な命令は、データベースを用いて相関を実行するように、プロセッサを構成する。

【0029】

別の特徴において、マシン読み取り可能な命令は、基板処理ツールおよびさらなる基板処理ツールの1または複数に関連する履歴データに基づいてデータベースを更新するように、プロセッサを構成する。マシン読み取り可能な命令は、更新したデータベースを用いて相関を実行するように、プロセッサを構成する。

10

【0030】

別の特徴において、マシン読み取り可能な命令は、さらなる基板処理ツールに関連するデータであってさらなる基板処理ツールの状態と状態に基づいてさらなる基板処理ツールによって受信された対応する入力とを含むデータをデータベースに格納するように、プロセッサを構成する。マシン読み取り可能な命令は、そのデータを用いて相関を実行するように、プロセッサを構成する。

【0031】

別の特徴において、基板処理ツールの状態は、基板処理ツールに関連するエラーを示すデータを含み、入力は、エラーへの対応を示すデータを含む。

20

【0032】

別の特徴において、基板処理ツールの状態は、基板処理ツールに関連する差し迫ったエラーを示すデータを含み、入力は、エラーを防止するための対応を示すデータを含む。

【0033】

別の特徴において、マシン読み取り可能な命令は、基板処理ツールのオペレータの存在を検出するように、プロセッサを構成する。マシン読み取り可能な命令は、出力に基づいてオペレータによって受信された対応に従って基板処理ツールを制御するように、プロセッサを構成する。

【0034】

別の特徴において、マシン読み取り可能な命令は、基板処理ツールのオペレータの不在を検出するように、プロセッサを構成する。マシン読み取り可能な命令は、出力に基づいてオペレータの不在時に基板処理ツールを制御するように、プロセッサを構成する。

30

【0035】

別の特徴において、マシン読み取り可能な命令は、基板処理ツールのオペレータの不在を検出するように、プロセッサを構成する。マシン読み取り可能な命令は、出力に関してオペレータに通知するように、プロセッサを構成する。

【0036】

別の特徴において、マシン読み取り可能な命令は、基板の処理の完了を確実にし、基板への損傷を防止し、処理モジュールのアイドリングを防止するために、出力に基づいて基板処理ツールを制御するように、プロセッサを構成する。

40

【0037】

別の特徴において、マシン読み取り可能な命令は、処理モジュールによる基板の処理のスケジューリングを最適化するために、出力に基づいて基板処理ツールを制御するように、プロセッサを構成する。

【0038】

詳細な説明、特許請求の範囲、および、図面から、本開示を適用可能なさらなる領域が明らかになる。詳細な説明および具体的な例は、単に例示を目的としており、本開示の範囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0039】

50

本開示は、詳細な説明および以下に説明する添付図面から、より十分に理解できる。

【0040】

【図1】本開示に従って、基板処理システムの一例を示す機能ブロック図。

【0041】

【図2】本開示に従って、図1の基板処理システムの処理モジュールの一例を示す機能ブロック図。

【0042】

【図3】本開示に従って、図1の基板処理システムの処理モジュールの別の例を示す機能ブロック図。

【0043】

【図4】本開示に従って、図1の基板処理システムの基板処理ツールを制御するコントローラを示す機能ブロック図。

【0044】

【図5】本開示に従って、図1の基板処理システムと、基板処理システムの上流および下流の複数のシステムと、測定システムと、ホストとを備える分散型ネットワークシステムを示す機能ブロック図。

【0045】

【図6】本開示に従って、さらに図1の基板処理システムを複数備えた図5の分散型ネットワークシステムを示す機能ブロック図。

【0046】

【図7】本開示に従って、人工知能を用いて図1の基板処理システムのためのユーザ相互作用を自動化するための方法を示すフローチャート。

【0047】

【図8】本開示に従って、複数の基板処理ツールから受信したデータに基づいて、ツール状態および基板処理ツールのための対応のデータベースを構築するための方法を示すフローチャート。

【0048】

【図9】本開示に従って、複数の基板処理ツールから受信したデータを再生して、シミュレーションを用いることにより、ツール状態および基板処理ツールのための対応のデータベースを構築するための方法を示すフローチャート。

【0049】

図面において、同様および/または同一の要素を特定するために、同じ符号を用いる場合がある。

【発明を実施するための形態】

【0050】

本開示は、人工知能を用いて半導体処理ツールのためのユーザ相互作用を自動化するためのシステムおよび方法に関する。半導体処理ツールは、フィーチャ、オプション、および、処理に関して高い可変性を有する。顧客相互作用を自動化する現在の方法は、顧客の要求を要件に翻訳し、その後、顧客の半導体処理ツールの制御システム上にフィーチャを実装することを含む。現在の方法は、多くの課題に直面している。例えば、一部の顧客要件は、非常に特殊で一時的である。これらの要求に対して、カスタムプログラミングを含む従来の開発サイクルに対する所要時間は長く、費用が高くなる。

【0051】

各半導体処理ツールを制御するための手順およびシーケンスをハードコーディングする代わりに、本開示は、基板処理ツールとのユーザ相互作用に基づいて半導体処理ツールが学習およびトレーニングすることを可能にするための制御システムを提案する。学習およびトレーニングは、基板処理ツールとのユーザ相互作用を自動化するために利用できる。例えば、学習およびトレーニングは、複雑なメンテナンスタスクを実行し、エラーハンドリング分析を自動化し、処理モジュールのアイドルタイムを削減するようスケジュールを最適化するために利用できる。学習およびトレーニングは、エラーを検出してエラー回復

10

20

30

40

50

手順を提案するために利用できる。学習およびトレーニングは、エラー回復手順を自動的に実行してウエハおよび／または基板処理ツールへの損傷を防ぐために利用することもできる。

#### 【0052】

例えば、制御システムは、ツール動作／エラー回復中に実行されたユーザ動作／介入からリアルタイムで学習することができる。制御システムがトレーニングされ、自動的にタスクを実行する準備ができると、ユーザは、制御システムが製造中に引き継ぐ自動モードを選択できる。自動モードがアクティブである時、制御システムは、介入するユーザが存在しなければ、ウエハ／ツールへの損傷が発生する可能性がある時に介入する。ユーザが存在する場合、制御システムは、ユーザへの支援を提案できる。ユーザは、制御システムに引き継いで自動的に対応させてもよいし、制御システムの動作を制御してもよい。したがって、制御システムは、ユーザと独立して動作してもよいし、動作を示唆して、ユーザ相互作用でタスクを実行してもよい。

10

#### 【0053】

制御システムは、様々なセンサからのデータおよび基板処理ツールの様々な状態に関連するデータをリアルタイムで解析する。ツールの状態の例は、ツールがアイドル中、メンテナンス中、エネルギー節約モード時などを含むが、これらに限定されない。概して、ツール（すなわち、基板処理ツール）の状態は、所与の瞬間のツールの動作パラメータまたは条件のスナップショットである。制御システムは、ユーザがどのようにツール状態に反応または対応するのかを学習できる。

20

#### 【0054】

例えば、ユーザがツール状態に所定の回数（例えば、3～5回）同様に反応した後（例えば、ユーザがツール状態に応じて一連の動作またはコマンドを実行した後）、制御システムは、ツール状態に応じてユーザによって実行された動作シーケンスを学習できる。その後、学習に基づいて、そのツール状態に遭遇した時に、制御システムは、そのツール状態について学習したユーザ行動または対応とツール状態を相關させる。制御システムは、全くユーザ介入なしに、学習した動作シーケンスを実行してもよいし、シーケンスを実行するよう提案してもよい。

#### 【0055】

制御システムは、様々な基板処理ツールから入手可能な履歴データ（例えば、イベントログ、警告ログなど）から学習することもできる。例えば、履歴データは、シミュレータ内で再生することができ、ツール状態およびツール状態へのユーザ対応のデータベースが、生成または蓄積されてよい。こうして、リアルタイムでツール情報へアクセスできるため、制御システムは、製造中に起こりうる任意の状況に対して学習済みの知識を適用できる。他のツールから得られた知識を用いて構築されたデータベースは、特定の基板処理ツールの制御システム用にカスタマイズできる。他のツールから得られた知識は、基板処理ツールの制御システムの使用中のデータベースを更新するために利用されてもよい。本開示のシステムおよび方法のこれらおよびその他の特徴について、以下に詳細に説明する。

30

#### 【0056】

本開示は以下のように構成される。基板処理ツールを備えた基板処理システムが、図1を参照して説明される。基板処理ツールの処理モジュール（処理チャンバ）の例が、図2および図3を参照して説明される。基板処理ツールを制御するコントローラが、図4を参照して説明される。基板処理システム、複数の上流および下流システム、測定システム、および、ホストを含むネットワーク化されたシステムが、図5を参照して説明される。複数の基板処理システムをさらに含むネットワーク化されたシステムが、図6を参照して説明される。コントローラを用いて基板処理ツールを制御するための様々な方法が、その後に図7～図9を参照して説明される。

40

#### 【0057】

図1は、基板処理システムの一例1の上面図である。基板処理システム1は、基板処理ツール2およびコントローラ10を備える。基板処理ツール2（本開示を通してツールと

50

も呼ばれる)は、複数の処理モジュール4を備える。例えば、処理モジュール4の各々は、基板に対して1または複数のそれぞれの処理を実行するように構成されうる。処理される基板は、装置フロントエンドモジュール(FFEM)6のロードステーションのポートを介して基板処理ツール2へロードされる。ロボット8が、処理モジュール4によって基板が処理される順に処理モジュール4の内の1または複数へ基板を移動させる。コントローラ10は、図4を参照して後述するように、基板処理ツール2を制御する。コントローラ10は、記載した機能を実行できるサーバまたは任意のその他の適切なコンピュータデバイスを含みうる。

#### 【0058】

図2は、処理モジュール4の一例としてシステム20を示す。以下の例は、プラズマ強化化学蒸着(PECVD)の文脈で説明されているが、本開示の教示は、原子層蒸着(ALD)、PEALD、CVD、または、その他の処理などの他の基板処理システムに適用されてもよい。システム20は、システム20の他の構成要素を収容すると共にRFプラズマを(利用する場合に)閉じ込める処理チャンバ22を備える。システム20は、上側電極24と、静電チャック(ESC)26またはその他の基板支持体と、を備える。動作中、基板28が、ESC26上に配置される。

10

#### 【0059】

例えば、上側電極24は、処理ガスを導入して分散させるガス分配装置29(シャワー・ヘッドなど)を備えてよい。ガス分配装置29は、処理チャンバの上面に接続された一端を備えるステム部分を備えてよい。ベース部分は、略円筒形であり、処理チャンバの上面から離れた位置でステム部分の反対側の端部から半径方向外向きに広がる。シャワー・ヘッドのベース部分の基板対向面すなわちフェースプレートは、気化した前駆体、処理ガス、または、バージガスが流れる複数の穴を備える。あるいは、上側電極24は、導電性のプレートを備えてもよく、処理ガスは、別の方法で導入されてもよい。

20

#### 【0060】

ESC26は、下側電極として機能するベースプレート30を備える。ベースプレート30は、加熱プレート32を支持しており、加熱プレート32は、セラミックのマルチゾーン加熱プレートに対応してよい。熱抵抗層34が、加熱プレート32とベースプレート30との間に配置されてよい。ベースプレート30は、ベースプレート30に冷却材を流すための1または複数の流路36を備えてよい。

30

#### 【0061】

プラズマが利用される場合、RF発生システム40が、RF電圧を生成して、上側電極24および下側電極(例えば、ESC26のベースプレート30)の一方に出力する。上側電極24およびベースプレート30のもう一方は、DC接地、AC接地されるか、または、浮遊していてよい。単に例として、RF発生システム40は、整合/配電ネットワーク44によって上側電極24またはベースプレート30に供給されるRF電力を生成するRF発生器42を備えてよい。他の例において、プラズマは、誘導的にまたは遠隔で生成されてよい。

#### 【0062】

ガス供給システム50は、1または複数のガス源52-1、52-2、・・・、および、52-N(集合的に、ガス源52)を備えており、ここで、Nはゼロより大きい整数である。ガス源52は、バルブ54-1、54-2、・・・、および、54-N(集合的に、バルブ54)ならびにマスフローコントローラ56-1、56-2、・・・、および、56-N(集合的に、マスフローコントローラ56)によってマニホールド60に接続されている。蒸気供給システム61が、マニホールド60または処理チャンバ22に接続された別のマニホールド(図示せず)に気化した前駆体を供給する。マニホールド60の出力は、処理チャンバ22に供給される。

40

#### 【0063】

温度コントローラ63が、加熱プレート32上に配置された複数の熱制御素子(Thermal control element)64に接続されてよい。温度コント

50

ローラ 6 3 は、複数の T C E 6 4 を制御して E S C 2 6 および基板 2 8 の温度を制御するために用いられる。温度コントローラ 6 3 は、流路 3 6 を通る冷却材の流れを制御するための冷却材アセンブリ 6 6 と連通してよい。例えば、冷却材アセンブリ 6 6 は、冷却材ポンプと、リザーバと、1 または複数の温度センサと、を備えてよい。温度コントローラ 6 3 は、E S C 2 6 を冷却するために流路 3 6 を通して冷却材を選択的に流すように、冷却材アセンブリ 6 6 を作動させる。

【 0 0 6 4 】

バルブ 7 0 およびポンプ 7 2 が、処理チャンバ 2 2 から反応物質を排出するために用いられてよい。システムコントローラ 8 0 が、システム 2 0 の構成要素を制御するために用いられてよい。

10

【 0 0 6 5 】

図 3 は、処理モジュール 4 の一例として、基板の層をエッチングするための処理チャンバ 1 0 0 を示す。具体的なチャンバを図示して説明しているが、本開示の教示は、他の基板処理装置に適用されてもよい。

【 0 0 6 6 】

処理チャンバ 1 0 0 は、下側チャンバ領域 1 0 2 および上側チャンバ領域 1 0 4 を備える。下側チャンバ領域 1 0 2 は、チャンバ側壁面 1 0 8 、チャンバ底面 1 1 0 、および、ガス分配装置 1 1 4 の下面によって規定される。

20

【 0 0 6 7 】

上側チャンバ領域 1 0 4 は、ガス分配装置 1 1 4 の上面およびドーム 1 1 8 の内面によって規定される。いくつかの例において、ドーム 1 1 8 は、第 1 環状支持体 1 2 1 の上にある。いくつかの例において、第 1 環状支持体 1 2 1 は、上側チャンバ領域 1 0 4 に処理ガスを供給するための 1 または複数の離間された穴 1 2 3 を備える。いくつかの例において、処理ガスは、ガス分配装置 1 1 4 を含む平面に対して鋭角に上方向に 1 または複数の離間した穴 1 2 3 によって供給されるが、その他の角度 / 方向が用いられてもよい。いくつかの例において、第 1 環状支持体 1 2 1 内のガス流路 1 3 4 が、1 または複数の離間した穴 1 2 3 にガスを供給する。

【 0 0 6 8 】

第 1 環状支持体 1 2 1 は、ガス流路 1 2 9 から下側チャンバ領域 1 0 2 へ処理ガスを供給するための 1 または複数の離間した穴 1 2 7 を規定する第 2 環状支持体 1 2 5 上にあってよい。いくつかの例において、ガス分配装置 1 1 4 の穴 1 3 1 は、穴 1 2 7 と整列する。別の例において、ガス分配装置 1 1 4 は、より小さい直径を有しており、穴 1 3 1 は必要ない。いくつかの例において、処理ガスは、ガス分配装置 1 1 4 を含む平面に対して鋭角に基板 1 2 6 に向かって下方向に 1 または複数の離間した穴 1 2 7 によって供給されるが、その他の角度 / 方向が用いられてもよい。

30

【 0 0 6 9 】

別の例において、上側チャンバ領域 1 0 4 は、平坦な上面を備えた円筒形であり、1 または複数の平坦な誘導コイルが用いられてよい。さらに別の例において、単一のチャンバが、シャワーヘッドと基板支持体との間に配置されたスペーサと共に用いられてもよい。

40

【 0 0 7 0 】

基板支持体 1 2 2 が、下側チャンバ領域 1 0 4 内に配置されている。いくつかの例において、基板支持体 1 2 2 は、静電チャック ( E S C ) を備えるが、その他のタイプの基板支持体が用いられてもよい。基板 1 2 6 は、エッチング中に基板支持体 1 2 2 の上面に配置される。いくつかの例において、基板 1 2 6 の温度は、ヒータプレート 1 3 0 と、流体流路を備えた任意選択的な冷却プレートと、1 または複数のセンサ ( 図示せず ) とによって制御されてよいが、任意のその他の適切な基板支持体温度制御システムが用いられてもよい。

【 0 0 7 1 】

いくつかの例において、ガス分配装置 1 1 4 は、シャワーヘッド ( 例えば、複数の離間した穴 1 2 7 を有するプレート 1 2 8 ) を備える。複数の離間した穴 1 2 7 は、プレート

50

128の上面からプレート128の下面まで伸びる。いくつかの例において、離間した穴127は、0.4インチ(10.16mm)から0.75インチ(19.05mm)の範囲の直径を有し、シャワーヘッドは、導電材料製の埋め込み電極を備えた導電材料(アルミニウムなど)または非導電材料(セラミックなど)で製造される。

#### 【0072】

1または複数の誘導コイル140が、ドーム118の外側部分の周りに配列されている。励起されると、1または複数の誘導コイル140は、ドーム118の内部に電磁場を生成する。いくつかの例では、上側コイルおよび下側コイルが用いられる。ガスインジェクタ142が、ガス供給システム150-1から1または複数のガス混合物を注入する。

#### 【0073】

いくつかの例において、ガス供給システム150-1は、1または複数のガス源152と、1または複数のバルブ154と、1または複数のマスフローコントローラ(MFC)156と、混合マニホールド158とを備えるが、その他のタイプのガス供給システムが用いられてもよい。ガススピリッタ(図示せず)が、ガス混合物の流量を変化させるために用いられてよい。別のガス供給システム150-2が、(ガスインジェクタ142からのエッティングガスに加えてまたはその代わりに)エッティングガスまたはエッティングガス混合物をガス流路129および/または134に供給するために用いられる。

#### 【0074】

いくつかの例において、ガスインジェクタ142は、下方向にガスを方向付ける中央注入位置と、下方向に對して或る角度でガスを注入する1または複数の側方注入位置とを備える。いくつかの例において、ガス供給システム150-1は、中央注入位置に第1流量でガス混合物の第1部分を供給し、ガスインジェクタ142の側方注入位置へ第2流量でガス混合物の第2部分を供給する。別の例では、異なるガス混合物が、ガスインジェクタ142によって供給される。いくつかの例において、ガス供給システム150-1は、後述するように、ガス流路129および134ならびに/もしくは処理チャンバの他の位置へ調節ガスを供給する。

#### 【0075】

プラズマ発生器170が、1または複数の誘導コイル140に出力されるRF電力を生成するために用いられる。プラズマ190が、上側チャンバ領域104で生成される。いくつかの例において、プラズマ発生器170は、RF発生器172および整合回路網174を備える。整合回路網174は、RF発生器172のインピーダンスを1または複数の誘導コイル140のインピーダンスに整合させる。いくつかの例において、ガス分配装置114は、接地などの基準電位に接続される。バルブ178およびポンプ180が、下側および上側チャンバ領域102、104の内部の圧力を制御すると共に、反応物質を排出するために用いられてよい。

#### 【0076】

コントローラ176が、ガス供給システム150-1および150-2、バルブ178、ポンプ180、ならびに、プラズマ発生器170と通信して、処理ガス、バージガスの流量、RFプラズマ、および、チャンバ圧を制御する。いくつかの例において、プラズマは、1または複数の誘導コイル140によってドーム118内で維持される。1または複数のガス混合物が、ガスインジェクタ142(および/または穴123)を用いてチャンバの上部から導入され、プラズマは、ガス分配装置114を用いてドーム118内に閉じこめられる。

#### 【0077】

ドーム118におけるプラズマの閉じこめは、プラズマ種の体積再結合を可能にし、ガス分配装置114を通して所望のエッティング種を放出する。いくつかの例において、基板126にはRFバイアスが印加されない。結果として、基板126上に活性シースはなく、イオンが任意の有限エネルギーで基板に衝突することがない。或る程度の量のイオンが、ガス分配装置114を通してプラズマ領域から拡散する。しかしながら、拡散するプラズマの量は、ドーム118内に位置するプラズマよりも桁が小さい。プラズマ内のイオンの

10

20

30

40

50

ほとんどは、高圧で体積再結合によって失われる。ガス分配装置 114 の上面での表面再結合の損失も、ガス分配装置 114 の下のイオン密度を低下させる。

#### 【 0 0 7 8 】

いくつかの例において、RFバイアス発生器 184 が設けられており、RF発生器 186 および整合回路網 188 を備える。RFバイアスは、ガス分配装置 114 と基板支持体との間でプラズマを生成するため、または、イオンを引きつけるために基板 126 上で自己バイアスを生成するために利用されうる。コントローラ 176 は、RFバイアスを制御するために用いられてよい。

#### 【 0 0 7 9 】

図 4 は、図 1 に示した基板処理ツール 2 を制御するコントローラ 10 の簡単な例を示す。例えば、コントローラ 10 は、記載した機能を実行できるサーバまたは任意のその他の適切なコンピュータデバイスを含みうる。コントローラ 10 は、通例、1 または複数の CPU またはプロセッサ 200 と、1 または複数の入力デバイス 202 ( 例えは、キーパッド、タッチパッド、マウスなど ) と、ディスプレイ 206 を備えたディスプレイサブシステム 204 と、ネットワークインターフェース 208 と、メモリ 210 と、バルクストレージ 212 と、を備える。

10

#### 【 0 0 8 0 】

ネットワークインターフェース 208 は、コントローラ 10 を分散型ネットワークシステム 12 に接続する。分散型ネットワークシステム 12 は、ローカルエリアネットワーク ( LAN ) 、インターネットなどのワイドエリアネットワーク ( WAN ) 、または、その他のタイプのネットワークを含んでよい。例えは、ネットワークインターフェース 208 は、有線インターフェース ( 例えは、イーサネット ( 登録商標 ) インターフェース ) および / または無線インターフェース ( 例えは、Wi-Fi 、 Blue tooth ( 登録商標 ) ) 、近距離無線通信 ( NFC ) 、または、その他の無線インターフェース ) を含んでよい。メモリ 210 は、揮発性または不揮発性メモリ、キャッシュ、もしくは、その他のタイプのメモリを含んでよい。バルクストレージ 212 は、フラッシュメモリ、1 または複数のハードディスクドライブ ( HDD ) 、または、その他のバルクストレージデバイスを含んでよい。

20

#### 【 0 0 8 1 】

コントローラ 10 のプロセッサ 200 は、オペレーティングシステム ( OS ) 214 と、1 または複数のアプリケーション 216 と、を実行する。アプリケーション 216 は、基板処理ツール 2 を制御する制御システムを実装する。アプリケーション 216 は、人工知能によって基板処理ツール 2 のためのユーザ相互作用を自動化するために、図 7 ~ 図 9 を参照して後に説明する方法を実施する。アプリケーション 216 は、基板処理ツール 2 のためのユーザ相互作用を自動化する人工知能 ( AI ) エンジンを実装する。バルクストレージ 212 は、それぞれの機能を実行するためにアプリケーション 216 によって用いられるデータ構造を格納する 1 または複数のデータベース 218 を格納してよい。

30

#### 【 0 0 8 2 】

コントローラ 10 は、コントローラ 10 を処理モジュール 4 およびロボット 8 にインターフェース接続するインターフェース 220 を備える。コントローラ 10 は、インターフェース 220 を介して基板処理ツール 2 のロボット 8 および処理モジュール 4 を制御する。コントローラ 10 は、インターフェース 220 を介して図 2 および図 3 に示した処理モジュール 4 のコントローラ 80 および 176 と通信する。処理モジュール 4 のコントローラ 80 および 176 も、記載した機能を実行できるサーバまたは任意のその他の適切なコンピュータデバイスを含みうる。コントローラ 10 は、インターフェース 220 を介して、基板処理ツール 2 によって用いられる様々なセンサと通信する。コントローラ 10 は、インターフェース 220 を介して処理モジュール 4 およびロボット 8 に関連する様々なセンサからデータを受信する。

40

#### 【 0 0 8 3 】

コントローラ 10 は、基板処理ツール 2 の様々な構成要素を制御するために、インター

50

フェース 220 を通して信号を送信する。例えば、信号は、処理モジュール 4 内のバルブ、ポンプなどを制御してよい；信号は、処理モジュール 4 内の様々な処理パラメータ（圧力、温度、電力、ガスなど）を制御してよい；信号は、ロボット 8 を制御してよい、などである。

#### 【 0084 】

コントローラ 10 は、処理モジュール 4 と基板処理ツール 2 によって用いられる様々なセンサとから受信したデータに基づいて、任意の所与の時点の基板処理ツール 2 の状態を決定する。コントローラ 10 は、基板処理ツール 2 の状態に基づいて、基板処理ツール 2 を制御する。

#### 【 0085 】

コントローラ 10 は、ディスプレイサブシステム 204 および / または入力デバイス 202 を介して（またはネットワークインターフェース 208 を介して遠隔で）受信したオペレータ入力に基づいて、基板処理ツール 2 を制御する（例えば、基板処理ツール 2 に信号を送信する）。コントローラ 10 は、後に詳述するような人工知能（AI）エンジンを実装するアプリケーション 216 およびデータベース 218 の制御下で、基板処理ツール 2 のためのユーザ相互作用を自動化する。コントローラ 10 は、ユーザ相互作用のあるなしに関わらず、AI エンジンを用いて基板処理ツール 2 を制御できる。

10

#### 【 0086 】

コントローラ 10 は、基板処理ツール 2 の状態に基づいて、警告を生成できる。例えば、コントローラ 10 は、基板処理ツール 2 内のイベント、エラー（発生したエラーおよび差し迫ったエラー）などに基づいて、警告を生成できる。警告は、基板処理ツール 2 のユーザ（すなわち、オペレータ）に警告するために、ディスプレイサブシステム 204 を介して出力される。警告は、基板処理ツール 2 の音声サブシステム（図示せず）を介して出力されてもよい。警告は、ネットワークインターフェース 208 を介して、メッセージとして通信されてもよい。

20

#### 【 0087 】

アプリケーション 216 は、基板処理ツール 2 の具体的な状態に応じて実行された具体的なユーザ動作から学習する。例えば、アプリケーション 216 は、警告に応じて実行されたユーザ動作（例えば、エラーから回復するために実行された動作）から学習する。基板処理ツール 2 において発生したイベントへのユーザによる同じ反応を観察した後（例えば、特定のイベントに対して 3 ~ 5 回同じセットの入力でユーザが反応した後）、アプリケーション 216 は、基板処理ツール 2 の状態と、その状態に応じてオペレータによって実行された対応する動作とを、データベース 218 に格納する。

30

#### 【 0088 】

いくつかの実施例において、データベース 218 は、基板処理ツール 2 の状態とそれらの状態に応じてオペレータによって実行された対応する動作とに関連する関係性をすでに格納していてもよい。かかる実施例において、アプリケーション 216 は、基板処理ツール 2 の継続動作からの学習に基づいて、データベース 218 を更新し続けてよい。

#### 【 0089 】

別の実施例において、データベース 218 は、様々な基板処理ツールの状態とそれらの状態に応じてオペレータによって実行された対応する動作とに関連する関係性をすでに格納していてもよい。例えば、関係性は、様々な基板処理ツールからの履歴データ（例えば、イベントログ、警告ログなど）を再生することによって導出されてよい。再生は、（例えば、図 1 ~ 図 3 に示したのと同様の基板処理システムをシミュレートすることによって）シミュレートされた環境で実行されてよい。シミュレーションプロセスは、他の基板処理システムから受信した生産データ（ツール状態および対応）を再生することに加えて、様々な他の動作条件および対応をシミュレートして学習プロセスをさらに改善できるというさらなる利点を提供する。例えば、シミュレートされた条件下でエラー検出を改善することによって、誤警告（例えば、エラーによって誤ってトリガされる不必要なメンテナンスタスク）を最小限に抑えるかまたは回避することができる。

40

50

## 【0090】

かかる実施例において、データベース218が様々な基板処理システムから受信したデータに基づいて生成される場合、アプリケーション216は、基板処理ツール2の実際の構成に従ってデータベース218を構成（例えば、適合またはカスタマイズ）してよい。アプリケーション216は、基板処理ツール2の継続動作からの学習に基づいて、データベース218を更新し続けてよい。

## 【0091】

学習に基づいて、コントローラ10は、基板処理ツール2の状態に応じて動作を実行するようユーザに指示できる。例えば、コントローラ10は、基板処理ツール2の状態を、データベース218に格納された状態への対応と相關させることができる。相關に基づいて、コントローラ10は、基板処理ツール2におけるエラーの検出時に、データベース218で見つかった修正または回復動作を示唆できる。別の例として、コントローラ10は、基板処理ツール2内の1または複数のセンサからのデータを用いて、予防または修正のメンテナンス動作を実行する必要のあることを決定できる。コントローラ10は、ツール状態をデータベース218に格納されたデータと相關させ、その相關に基づいて、実行すべき適切な動作を示唆できる。

10

## 【0092】

コントローラ10は、ユーザ相互作用なしに、提示された動作を自動的に実行するよう提案できる（例えば、ディスプレイサブシステム204上のGUIで提案できる）。コントローラ10は、基板処理ツール2と相互作用するオペレータが存在するか否かを判定できる。コントローラ10は、日時に基づく（例えば、スケジュールされたシフトのタイミングまたは労働時間に基づく）、ユーザがコントローラ10に現在ログインしているか否かに基づくなどして、オペレータの存否を検出できる。ユーザが存在しない場合（すなわち、基板処理ツール2に人が付いていない場合）、コントローラ10は、自動的にタスクを実行し、基板処理ツール2の状態およびその状態に応じて実行される動作についてメッセージを介してユーザに通知することができる。

20

## 【0093】

タスクのタイプおよび/またはアプリケーション216の構成に応じて、ユーザは、ユーザからのさらなる入力は全くなしに動作を実行することを、遠隔で（すなわち、基板処理ツール2の近くにユーザが存在しない場合に）コントローラ10に許可することもできる。あるいは、ユーザは、動作を実行し、コントローラによるタスクの実行を監視し、必要であれば介入することを、遠隔で（またはローカルに、すなわち、ユーザが基板処理ツール2の近くに存在する場合に）コントローラ10に許可することもできる。

30

## 【0094】

上述のように、アプリケーション216は、基板処理ツール2のユーザ（すなわち、オペレータ）の動作から、エラーからの回復方法、（エラー修正手段およびスケジュールされた予防手段としてトリガされた）複雑なメンテナンスタスクを実行する方法などを学習する。学習に基づいて、コントローラ10は、エラーを検出し、エラーから回復し、ウエハの損傷または廃棄を防止することができる。

40

## 【0095】

一部の状況は、基板処理ツール2などの半導体処理装置に特有または独特であり、人工知能（AI）エンジンの構築を困難にすることに注意されたい。例えば、基板処理ツール2の処理モジュール4は、様々な処理のための様々な化学物質：様々な気体および液体（集合的に流体）；様々な圧力、温度、および、電力；流体、圧力、温度、および、電力の様々な順序、などを利用しうる。かかる多様で幅広い範囲の電気的、機械的、および、化学的制御を含む基板処理ツールのためのユーザ相互作用を学習および自動化することは困難でありうる。

## 【0096】

時には、ウエハが基板処理ツール2などの半導体処理装置内で損傷または廃棄されることを防ぐために、迅速な対応（例えば、数秒ないし数分の1秒）が重要になる場合がある

50

。本開示に従った人工知能（A I）エンジンは、人間のオペレータよりもはるかに迅速にかかる状況に対応できる。

#### 【 0 0 9 7 】

基板処理ツール 2 などの半導体処理装置に固有の別の特有または独特的なパラメータは、待ち時間であり：一連の処理を用いて処理されるウエハは、待ち時間と呼ばれる所定の時間内に、或る処理モジュールから別の処理モジュールへ移送される必要がある。待ち時間は、或る処理モジュール内でウエハに対してすでに実行された処理のタイプおよび別の処理モジュール内でウエハに対して次に実行される処理のタイプに依存して変化しうる。ウエハが待ち時間内に処理されなかった場合、そのウエハは、廃棄される必要がありうる。A I エンジンは、ユーザが存在しない場合に、学習した待ち時間データを用いて、待ち時間内（すなわち、待ち時間が切れる前）に介入し、ウエハの廃棄を防ぐ。

10

#### 【 0 0 9 8 】

A I エンジンは、基板処理ツール 2 内のエラーを検出する。A I エンジンは、学習に基づいて（すなわち、ツール状態とデータベース 218 に格納されたデータとの相関に基づいて）、ツール状態に対する過去の回復手順を認識した場合、以下の 1 つを行う：ユーザがツールを操作している場合（例えば、ユーザが存在する場合）、A I エンジンは、ユーザへの支援を提供できる。ユーザは、A I エンジンに回復シーケンスを自動的に実行させることができる。ユーザは、A I エンジンによる回復シーケンスの自動実行が必要であれば、介入できる。あるいは、ユーザが存在せず、A I エンジンがウエハ廃棄の可能性を検出した場合、A I エンジンは、自動的に介入して、ウエハが廃棄されるのを防ぐことができる。

20

#### 【 0 0 9 9 】

別の例の状況またはシナリオ（A I エンジンは、そこから学習し、後にその中で動作できる）は、以下を含む。例えば、基板処理ツール 2 は、ロボットグリッパエラーに見舞われる場合がある。例えば、ツールは、ロボットグリッパエラーにより生産中に 1 日 2 回停止しうる。交換部品が発注されうるが、届くのに何週間もかかる場合があり、これは、ツールの稼働停止時間および 24 時間週 7 日体制の技術サポートにつながりうる。

#### 【 0 1 0 0 】

ロボットグリッパエラーの回復は複雑であり、熟練した介入が必要である。回復におけるエラーは、ロボットの故障につながり、ウエハの廃棄を引き起こしうる。ウエハは、待ち時間の制約も受ける。したがって、ウエハは、所与の時間内に回復される必要があり、さもなければ、ウエハは廃棄されなければならない。この状況は、ツールの稼働停止時間を引き起こし、24 時間週 7 日体制の技術サポートを必要としうる。

30

#### 【 0 1 0 1 】

その代わりに、A I エンジンは、以下のように対処できる。A I エンジンは、リアルタイムでツール情報にアクセスできる。A I エンジンは、エラーおよびツール状態へのユーザの介入を学習する。上記の状況へのユーザの対応を複数回（例えば、3 ~ 5 回）記録した後、A I エンジンは、データベース 218 に格納されたシーケンスを実行して、エラーから回復することができる。例えば、生産中、A I エンジンは、自動回復モードに設定されることができる。このモードがアクティブであり、上記のエラーが発生した時、A I エンジンは、待ち時間がウエハをリスクにさらしうる場合に介入する。このように、ツールは、交換部品の取り付けまでは生産に用いることができる。A I エンジンは、ロボット 8 に関連するセンサから受信したデータに基づいてエラーを予測することができ、エラーが発生する前に先を見越して部品を発注できる。かかる先を見越した動作は、ツールの稼働停止時間、24 時間週 7 日体制の技術サポートの必要性、および、ウエハ廃棄の可能性を回避または最小化することができる。

40

#### 【 0 1 0 2 】

図 5 は、分散型ネットワークシステム 12 を介して互いに通信する基板処理システム 1 、システム A 250 - 1 およびシステム B 250 - 2（集合的に、他のシステム 250 ） 、測定システム 260 、ならびに、ホスト 270 を含むネットワークを示す。例えば、シ

50

システム A 250 - 1 および B 250 - 2 は、基板処理システム 1 に対して上流および下流にそれぞれ配置されてよい。例えば、基板処理システム 1 の上流に配置されたシステム A 250 - 1 は、基板処理システム 1 による処理に向けて基板の準備をしてよい。システム A 250 - 1 は、基板に関するデータを提供してよい。システム A 250 - 1 から受信したデータに応じて、基板処理システム 1 は、基板処理に向けて、基板処理ツール 2 の 1 または複数の処理モジュール 4 およびロボット 8 の設定および / または処理パラメータを最適化できる。したがって、基板処理システム 1 は、基板処理ツール 2 の状態を改善するために、システム A 250 - 1 からのデータを利用できる。基板処理システム 1 は学習して、将来的に類似のデータを期待できる。さらに、基板処理システム 1 は、下流に配置されたシステム B 250 - 2 からデータを受信してよく、そのデータから学習できる（すなわち、データに基づいて、1 または複数の処理モジュール 4 およびロボット 8 の設定および / または処理パラメータを最適化できる）。

#### 【0103】

測定システム 260 は、1 または複数の光学測定法および質量測定法を用いて、基板処理システム 1 による基板の処理の前、間、および / または、後に、多くの測定を実行することができる。例えば、質量測定システムは、処理の前後で質量を測定して質量の変化を決定するために用いられてよい。光学測定法は、表面のスペクトルモデルを作成して厚さを決定するために利用できる。質量変化および厚さは、フィードバックとして利用できる。測定値は、基板の状態と、基板に実行された 1 または複数の処理（例えば、蒸着、エッキング、洗浄など）の成功とを示唆する。例えば、測定値に応じて、基板の状態は、以下の内の 1 または複数を示唆する：基板が基板処理システム 1 による処理の準備ができるか否か、基板が 1 または複数の処理モジュール 4 によって正確に処理されているか否か（例えば、基板が適切にエッキング；洗浄されているか否か；および / または、蒸着が正確に実行されているか否か、など）、基板処理システム 1 による基板の処理が成功して完了したか否か、など。測定データは、基板処理ツール 2 の 1 または複数の処理モジュール 4 およびロボット 8 の設定および / または処理パラメータを最適化するために利用できる。したがって、測定データは、基板処理ツール 2 の状態をさらに改善するために利用できる。説明の簡単のために測定システムを 1 つだけ図示しているが、2 以上の測定システムを利用してもよい。例えば、或る測定システムが、基板処理システム 1 による基板の処理前に用いられてよく、別の測定システムが、基板処理システム 1 による基板の処理後に用いられてよい。

#### 【0104】

ホスト 270 は、1 または複数のサーバを備えてよい。各サーバは、図 4 に示したコントローラ 10 の構成要素をすべて備えてよい。ホスト 270 は、コントローラ 10 の機能の一部または全部を実行してよい。ホスト 270 は、コントローラ 10 を用いてまたは用いないで基板処理ツール 2 を制御してよい。ホスト 270 は、コントローラ 10 を介しておよび / または直接的に（すなわち、コントローラ 10 を通して通信することなしに）基板処理ツール 2 と通信できる。ホスト 270 は、基板処理ツール 2 の任意の構成要素（例えば、ロボット 8 および任意の処理モジュール 4）と直接通信できる。コントローラ 80 および 176（図 2 および図 3 を参照）は、処理モジュール 4 の例であり、図 4 に示したコントローラ 10 と同様であってよい。各処理モジュール 4 は、ネットワークインターフェース 208 を介して直接的にホスト 270 と通信してよい。各処理モジュール 4 は、インターフェース 220 を介して、他の処理モジュール 4、ロボット 8、および / または、コントローラ 10 と通信してよい。ロボット 8 は、コントローラ 10 と同様のコントローラを備えてもよい。ロボット 8 は、ネットワークインターフェース 208 を介して直接的にホスト 270 と通信してよい。ロボット 8 は、インターフェース 220 を介して、処理モジュール 4 および / またはコントローラ 10 と通信してよい。したがって、処理モジュール 4 およびロボット 8 は、ホスト 270 と直接通信することができ、ホスト 270 によって直接制御されうる。ホスト 270 は、オンプレミスで配置されてもよいし、クラウド内に配置されてもよい。ホスト 270 は、ユーザ相互作用の有無にかかわらず、基板処理

10

20

30

40

50

ツール 2 の制御に関連するさらなるデータを格納できる。さらなるデータは、他のシステム 250、測定システム 260、および、他の基板処理システム（図 6 および対応する以下の記載を参照）からのデータを含みうるが、これらに限定されない。

#### 【0105】

図 6 は、分散型ネットワークシステム 12 を介して互いに通信できる複数の基板処理システム 1-1、1-2、1-3、…、および、1-N（ここで、N は 1 より大きい整数）（集合的に、基板処理システム 1）を示す。基板処理システム 1 は、単一の位置に配置されてもよいし、複数の位置にわたって分散されてもよい。基板処理システム 1 は、それらの状態および状態に対する対応に関するデータを互いに共有してよい。基板処理システム 1 のいずれも、共有したデータに基づいて（例えば、上述のシミュレーション処理を用いて共有データを再生することによって）、基板処理システム 1 の中または外にある 1 または複数の基板処理システムのアプリケーション 216 およびデータベース 218 を生成、更新、および／または、カスタマイズできる。

#### 【0106】

使用時、AI エンジン（すなわち、アプリケーション 216 およびデータベース 218）は、リアルタイムでツールのすべての状態にアクセスできる。AI エンジンは、データベース 218 に格納されたツール状態およびユーザ動作を相關させることができる。AI エンジンは、ユーザがツール状態に反応する方法を学習できる（例えば、AI エンジンは、個々の警告からユーザが回復する方法を学習する）。例えば、ユーザがツール状態に同じように反応することがおよそ 3～5 回発生した後に、AI エンジンは、ユーザに対してそのシーケンスを実行できる。

#### 【0107】

シーケンスが認識された場合（すなわち、現在のツール状態が、データベース内の学習済みの対応を伴う状態に相關する場合）、AI エンジンは、ツールがユーザによって現在作動されているか否か（すなわち、ユーザが存在するか否か）を検出する。ユーザが存在する場合、AI エンジンは、（例えば、メッセージまたは（相關に基づいて見出された）推奨される対応を GUI 上に表示することによって）ユーザに援助を提案する。あるいは、シーケンスが認識され、かつ、ユーザが存在しない場合、AI エンジンは、制御を引き継ぐように設定（すなわち、構成）されている場合には、そのようにすることができる。

#### 【0108】

AI エンジンは、待ち時間についても学習できる。AI エンジンは、ユーザが存在せず、かつ、ウェハが廃棄になりうる場合に、このデータを用いて介入できる。顧客（すなわち、他のツール）および実験ツール（例えば、再生、シミュレーション、など）から学習したシナリオが、マスタデータベースに格納、収集、および、蓄積されてよく、このデータベースは、その後、他のツール上の個々のデータベースをインストール、カスタマイズ、または、更新するために利用できる。AI エンジンの基本的な能力は、AI エンジンがインストールされたツールからの学習により、および、上述したように他のツールからの学習により、時間と共に向上し続けることができる。自身の学習を積んだ AI エンジンについてのデータを共有しようと思わない顧客でも、ツール群（すなわち、彼らのツールのセット）にわたって AI 学習を集約する機能を有する。

#### 【0109】

半導体製造装置のためのユーザ相互作用を自動化する方法について、図 7～図 9 を参照して以下で説明する。以下の記載において、コントロールという用語は、以下に記載の方法を実施する図 1～図 6 を参照して上述したアプリケーション 216 の内の 1 または複数を指す。換言すると、コントロールという用語は、記載した機能を実行するために図 1～図 6 に示した基板処理システム 1 の 1 または複数の構成要素によって実行されるコードまたは命令を表す。例えば、以下に記載の方法は、図 1 および図 4 に示したコントローラ 10 および／または図 5 に示したホスト 270 によって実行されてよい。

#### 【0110】

図 7 は、人工知能を用いて半導体製造装置（例えば、図 1 の基板処理システム 1）のた

10

20

30

40

50

めのユーザ相互作用を自動化する方法 3 0 0 を示す。工程 3 0 2 で、コントロール（例えば、アプリケーション 2 1 6 の内の 1 または複数）は、基板処理ツール（例えば、図 1 の基板処理ツール 2 ）の状態を監視する。工程 3 0 4 で、コントロールは、ツール状態へのオペレータの対応を監視する。工程 3 0 6 で、コントロールは、ツール状態およびツール状態へのオペレータの対応のデータベース（例えば、データベース 2 1 8 の内の 1 または複数）を蓄積（すなわち、生成または構築）する。例えば、コントロールは、オペレータが、所定の回数（例えば、3 ~ 5 回）同じ対応を用いてツール状態に反応した後に、ツール状態およびそのツール状態へのオペレータの対応をデータベースに格納する。

#### 【 0 1 1 1 】

工程 3 0 8 で、コントロールは、リアルタイムに基板処理ツールから受信したデータに基づいて、基板処理ツールの現在のツール状態を決定し、現在のツール状態に対する対応がデータベース内にあるか否かを判定する。例えば、コントロールは、現在のツール状態を、データベースに格納された既知の対応を伴うツール状態と相關させることによって、この判定を行う。コントロールは、相關がデータベース内で現在のツール状態と一致するツール状態を見出すことができない場合には、工程 3 0 2 に戻る。

10

#### 【 0 1 1 2 】

工程 3 1 0 で、現在のツール状態への一致がデータベース内で見つかった場合、コントロールは、現在のツール状態に対応するオペレータが存在するか否かを判定する。例えば、コントロールは、日時およびオペレータのシフトスケジュール、オペレータがシステム（例えば、コントローラ 1 0 ）にログインしたか否か、などに基づいて、オペレータの存否を検出する。

20

#### 【 0 1 1 3 】

工程 3 1 2 で、オペレータが存在する場合、コントロールは、基板処理ツールのディスプレイ上のデータベース（例えば、ディスプレイ上の G U I ）に、データベース内で見つかった一致するツール状態に対応する対応を出力する。コントロールは、その対応に従って基板処理ツールを制御するよう提案する。

#### 【 0 1 1 4 】

工程 3 1 4 で、コントロールは、オペレータが、全くオペレータ入力なしにその対応に従って基板処理ツールを自動的に制御することをコントロールに許可しているか否かを判定する。工程 3 1 6 で、オペレータが、全くオペレータ入力なしにその対応に従った基板処理ツールの自動的制御を行うことを許可している場合、コントロールは、オペレータの介入なしに基板処理ツールを自動的に制御し、コントロールは工程 3 0 2 に戻る。

30

#### 【 0 1 1 5 】

工程 3 1 8 で、オペレータが、全くオペレータ入力なしにその対応に従った基板処理ツールの自動的制御を行うことを許可していない場合、コントロールは、オペレータから 1 または複数の入力を受信し、オペレータの 1 または複数の入力に従って基板処理ツールを制御し、コントロールは工程 3 0 2 に戻る。

#### 【 0 1 1 6 】

工程 3 2 0 で、オペレータが存在しないとコントロールが工程 3 1 0 で判定した場合、コントロールは、現在のツール状態および現在のツール状態への対応に関してオペレータに通知し、コントロールは工程 3 1 6 に進む。例えば、コントロールは、現在のツール状態および現在のツール状態への対応に関するメッセージをオペレータへ送信する。図示していないが、コントロールは、工程 3 1 6 へ進む代わりに、工程 3 1 4 へ進むこともできる。コントロールが工程 3 1 4 へ進む場合、オペレータは、全くオペレータ入力なしに対応に従って基板処理ツールを自動的に制御することをコントロールに遠隔で許可することができ、その場合、コントロールは工程 3 1 6 へ進む。あるいは、コントロールが工程 3 1 4 へ進み、オペレータが、全くオペレータ入力なしに対応に従って基板処理ツールを自動的に制御することをコントロールに許可しない場合、コントロールは工程 3 1 8 へ進む。

40

#### 【 0 1 1 7 】

図 8 は、複数の基板処理ツールから受信したデータに基づいて、ツール状態および特定

50

の基板処理ツールのための対応のデータベースを構築する方法 400 を示す。工程 402 で、コントロールは、複数の基板処理ツールから受信したデータに基づいて、ツール状態およびツール状態に対応するオペレータ対応のマスタデータベースを構築する。工程 404 で、コントロールは、特定の基板処理ツールの構成に従って、(複数の基板処理ツールから受信したデータから工程 402 で生成された) マスタデータベースを構成することによって、特定の基板処理ツールのデータベースをカスタマイズする。あるいは、特定の基板処理ツールがすでにデータベースを有する場合、コントロールは、(複数の基板処理ツールから受信したデータから工程 402 で生成された) マスタデータベースから関連情報を追加することによって、データベースを更新する。コントロールは、特定の基板処理ツールの構成に基づいて、関連情報を選択する。工程 406 で、コントロールは、図 7 に示した方法 300 に従って、カスタマイズ / 更新されたデータベースを用いて特定の基板処理ツールの制御動作を実行する。

#### 【0118】

図 9 は、シミュレートされた環境において複数の基板処理ツールから受信したデータを再生することによって、ツール状態および特定の基板処理ツールのための対応のデータベースを構築する方法 450 を示す。工程 452 で、コントロールは、複数の基板処理ツール(例えば、図 6 を参照)からデータを収集する。工程 454 で、コントロールは、シミュレートされた基板処理ツールにおいてデータを再生し、ここで、ツール状態への対応がシミュレートされうる。工程 456 で、コントロールは、シミュレートされた環境において複数の基板処理ツールから受信したデータを再生することに基づいて、ツール状態およびツール状態に対応する対応のマスタデータベースを構築する。

#### 【0119】

工程 458 で、コントロールは、特定の基板処理ツールの構成に従って、(複数の基板処理ツールから受信したデータから工程 456 で生成された) マスタデータベースを構成することによって、特定の基板処理ツールのデータベースをカスタマイズする。あるいは、特定の基板処理ツールがすでにデータベースを有する場合、コントロールは、(複数の基板処理ツールから受信したデータから工程 456 で生成された) マスタデータベースから関連情報を追加することによって、データベースを更新する。コントロールは、特定の基板処理ツールの構成に基づいて、関連情報を選択する。工程 460 で、コントロールは、図 7 に示した方法 300 に従って、カスタマイズ / 更新されたデータベースを用いて特定の基板処理ツールの制御動作を実行する。

#### 【0120】

本開示を通して、コンピュータ(例えば、サーバ)、アプリケーション(例えば、コンピュータプログラム)などの用語への言及は、単に例示のためである。コンピュータ(例えば、サーバ)などの用語は、マシン読み取り可能な命令を実行するよう構成された 1 または複数のプロセッサおよびメモリを備えるコンピュータデバイスを表すものとして広く理解されるべきである。アプリケーション(例えば、コンピュータプログラム)などの用語は、コンピュータデバイスによって実行できるマシン読み取り可能な命令を表すものとして広く理解されるべきである。

#### 【0121】

本開示を通して、処理モジュールは、単に例として用いられている。本開示の教示は、任意のタイプの処理装置(例えば、バッチリアクタ、イオン注入装置など)に適用可能である。例えば、本開示の教示は、生物サンプル、化学サンプル、医学サンプルなどのサンプルを処理する任意の装置に適用できる。さらに、本開示を通して、基板は、単に例として用いられている。本開示の教示は、任意の対象物またはワークピースを処理するために適用できる。例えば、本開示の教示は、光学的、熱的、化学的、磁気的、および、機械的な処理を用いて対象物またはワークピースを処理するために適用できる。換言すると、本開示の教示は、複数の処理を用いて対象物を処理する任意の装置の動作から学習し、学習に基づいて装置および対象物の処理を制御することで、人的相互作用を最小化すると共に対象物への損傷のリスクを低減するために適用できる。

## 【 0 1 2 2 】

上述の記載は、本質的に例示に過ぎず、本開示、応用例、または、利用法を限定する意図はない。本開示の広範な教示は、様々な形態で実施されうる。したがって、本開示には特定の例が含まれるが、図面、明細書、および、以下の特許請求の範囲を研究すれば他の変形例が明らかになるため、本開示の真の範囲は、それらの例には限定されない。方法に含まれる 1 または複数の工程が、本開示の原理を改変することなく、異なる順序で（または同時に）実行されてもよいことを理解されたい。さらに、実施形態の各々は、特定の特徴を有するものとして記載されているが、本開示の任意の実施形態に関して記載された特徴の内の任意の 1 または複数の特徴を、他の実施形態のいずれかに実装することができる、および / または、組み合わせが明確に記載されていないとしても、他の実施形態のいずれかの特徴と組み合わせることができる。換言すると、上述の実施形態は互いに排他的ではなく、1 または複数の実施形態を互いに置き換えることは本開示の範囲内にある。

## 【 0 1 2 3 】

要素の間（例えば、モジュールの間、回路要素の間、半導体層の間）の空間的関係および機能的関係性が、「接続される」、「係合される」、「結合される」、「隣接する」、「近接する」、「の上部に」、「上方に」、「下方に」、および、「配置される」など、様々な用語を用いて記載されている。第 1 および第 2 要素の間の関係性を本開示で記載する時に、「直接」であると明確に記載されていない限り、その関係性は、他に介在する要素が第 1 および第 2 の要素の間に存在しない直接的な関係性でありうるが、1 または複数の介在する要素が第 1 および第 2 の要素の間に（空間的または機能的に）存在する間接的な関係性でもありうる。本明細書で用いられているように、「A、B、および、C の少なくとも 1 つ」という表現は、非排他的な論理和 OR を用いて、論理（A または B または C）を意味すると解釈されるべきであり、「A の少なくとも 1 つ、B の少なくとも 1 つ、および、C の少なくとも 1 つ」という意味であると解釈されるべきではない。

## 【 0 1 2 4 】

いくつかの実施例において、コントローラは、システムの一部であり、システムは、上述の例の一部であってよい。かかるシステムは、1 または複数の処理ツール、1 または複数のチャンバ、処理のための 1 または複数のプラットフォーム、および / または、特定の処理構成要素（ウエハペデスタル、ガスフローシステムなど）など、半導体処理装置を備えうる。これらのシステムは、半導体ウエハまたは基板の処理前、処理中、および、処理後に、システムの動作を制御するための電子機器と一体化されてよい。電子機器は、「コントローラ」と呼ばれてもよく、システムの様々な構成要素または副部品を制御しうる。コントローラは、処理要件および / またはシステムのタイプに応じて、処理ガスの供給、温度設定（例えば、加熱および / または冷却）、圧力設定、真空設定、電力設定、高周波（R F）発生器設定、R F 整合回路設定、周波数設定、流量設定、流体供給設定、位置および動作設定、ならびに、ツールおよび他の移動ツールおよび / または特定のシステムと接続または結合されたロードロックの内外へのウエハ移動など、本明細書に開示の処理のいずれを制御するようプログラムされてもよい。

## 【 0 1 2 5 】

概して、コントローラは、命令を受信する、命令を発行する、動作を制御する、洗浄動作を可能にする、エンドポイント測定を可能にすることなどを行う様々な集積回路、ロジック、メモリ、および / または、ソフトウェアを有する電子機器として定義されてよい。集積回路は、プログラム命令を格納するファームウェアの形態のチップ、デジタル信号プロセッサ（D S P）、特定用途向け集積回路（A S I C）として定義されるチップ、および / または、プログラム命令（例えば、ソフトウェア）を実行する 1 または複数のマイクロプロセッサまたはマイクロコントローラを含みうる。プログラム命令は、様々な個々の設定（またはプログラムファイル）の形態でコントローラに伝えられて、半導体ウエハに対するまたは半導体ウエハのための特定の処理を実行するための動作パラメータ、もしくは、システムへの動作パラメータを定義する命令であってよい。動作パラメータは、いくつかの実施形態において、ウエハの 1 または複数の層、材料、金属、酸化物、シリコン、

10

20

30

40

50

二酸化シリコン、表面、回路、および／または、ダイの加工中に1または複数の処理工程を達成するために処理エンジニアによって定義されるレシピの一部であってよい。

【0126】

コントローラは、いくつかの実施例において、システムと一体化されるか、システムに接続されるか、その他の方法でシステムとネットワーク化されるか、もしくは、それらの組み合わせでシステムに結合されたコンピュータの一部であってもよいし、かかるコンピュータに接続されてもよい。例えば、コントローラは、「クラウド」内にあってもよいし、ウェハ処理のリモートアクセスを可能にできるファブホストコンピュータシステムの全部または一部であってもよい。コンピュータは、現在の処理のパラメータを変更する、現在の処理に従って処理工程を設定する、または、新たな処理を開始するために、システムへのリモートアクセスを可能にして、製造動作の現在の進捗を監視する、過去の製造動作の履歴を調べる、もしくは、複数の製造動作からの傾向または性能指標を調べる。いくつかの例では、リモートコンピュータ（例えば、サーバ）が、ネットワーク（ローカルネットワークまたはインターネットを含みうる）を介してシステムに処理レシピを提供してよい。リモートコンピュータは、パラメータおよび／または設定の入力またはプログラミングを可能にするユーザインターフェースを備えてよく、パラメータおよび／または設定は、リモートコンピュータからシステムに通信される。いくつかの例において、コントローラは、データの形式で命令を受信し、命令は、1または複数の動作中に実行される処理工程の各々のためのパラメータを指定する。パラメータは、実行される処理のタイプならびにコントローラがインターフェース接続するまたは制御するよう構成されたツールのタイプに固有であってよいことを理解されたい。したがって、上述のように、コントローラは、ネットワーク化されて共通の目的（本明細書に記載の処理および制御など）に向けて動作する1または複数の別個のコントローラを備えることなどによって分散されてよい。かかる目的のための分散コントローラの一例は、チャンバでの処理を制御するために協働するリモートに配置された（プラットフォームレベルにある、または、リモートコンピュータの一部として配置されるなど）1または複数の集積回路と通信するチャンバ上の1または複数の集積回路である。

10

【0127】

限定はしないが、システムの例は、プラズマエッチングチャンバまたはモジュール、蒸着チャンバまたはモジュール、スピリンスチャンバまたはモジュール、金属メッキチャンバまたはモジュール、洗浄チャンバまたはモジュール、ベベルエッジエッチングチャンバまたはモジュール、物理蒸着（PVD）チャンバまたはモジュール、化学蒸着（CVD）チャンバまたはモジュール、原子層蒸着（ALD）チャンバまたはモジュール、原子層エッチング（ALE）チャンバまたはモジュール、イオン注入チャンバまたはモジュール、トラックチャンバまたはモジュール、ならびに、半導体ウェハの加工および／または製造に関するかまたは利用されうる任意のその他の半導体処理システムを含みうる。

30

【0128】

上述のように、ツールによって実行される1または複数の処理工程に応じて、コントローラは、他のツール回路またはモジュール、他のツール構成要素、クラスタツール、他のツールインターフェース、隣接するツール、近くのツール、工場の至る所に配置されるツール、メインコンピュータ、別のコントローラ、もしくは、半導体製造工場内のツール位置および／またはロードポートに向かってまたはそこからウェハのコンテナを運ぶ材料輸送に用いられるツール、の内の1または複数と通信してもよい。

40

本発明は、たとえば、以下のような態様で実現することもできる。

適用例1：

システムであって、

基板を処理するよう構成された複数の処理モジュールを備えた基板処理ツールの状態を受信するためのインターフェースと、

前記状態を、前記状態に基づいて前記インターフェースから前記基板処理ツールによって以前に受信された入力と相關させ、前記相關に基づいて前記基板処理ツールを制御する

50

ための出力を生成するためのコントローラと、  
を備える、システム。

適用例 2 :

適用例 1 のシステムであって、前記コントローラは、前記基板処理ツールの複数の状態と前記複数の状態に基づいて前記基板処理ツールによって受信された対応する入力とをデータベースに格納し、前記データベースを用いて前記相關を実行するよう構成されているシステム。

適用例 3 :

適用例 2 のシステムであって、前記コントローラは、前記基板処理ツールおよびさらなる基板処理ツールの 1 または複数に関連する履歴データに基づいて前記データベースを更新し、前記更新したデータベースを用いて前記相關を実行するよう構成されている、システム。

10

適用例 4 :

適用例 2 のシステムであって、前記コントローラは、さらなる基板処理ツールに関連するデータであって、前記さらなる基板処理ツールの状態と、前記状態に基づいて前記さらなる基板処理ツールによって受信された対応する入力と、を含むデータを、前記データベースに格納し、前記データを用いて前記相關を実行するよう構成されている、システム。

適用例 5 :

適用例 1 のシステムであって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに関連するエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記エラーへの対応を示すデータを含む、システム。

20

適用例 6 :

適用例 1 のシステムであって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに関連する差し迫ったエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記エラーを防止するための対応を示すデータを含む、システム。

適用例 7 :

適用例 1 のシステムであって、前記コントローラは、前記基板処理ツールのオペレータの存在を検出し、前記出力に基づいて前記オペレータによって受信された対応に従って前記基板処理ツールを制御するよう構成されている、システム。

30

適用例 8 :

適用例 1 のシステムであって、前記コントローラは、前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出し、前記出力に基づいて前記オペレータの不在時に前記基板処理ツールを制御するよう構成されている、システム。

適用例 9 :

適用例 1 のシステムであって、前記コントローラは、前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出し、前記出力に関して前記オペレータに通知するよう構成されている、システム。

適用例 10 :

適用例 1 のシステムであって、前記コントローラは、前記基板の処理の完了を確実にし、前記基板への損傷を防止し、前記処理モジュールのアイドリングを防止するために、前記出力に基づいて前記基板処理ツールを制御するよう構成されている、システム。

40

適用例 11 :

適用例 1 のシステムであって、前記コントローラは、前記処理モジュールによる前記基板の処理のスケジューリングを最適化するために、前記出力に基づいて前記基板処理ツールを制御するよう構成されている、システム。

適用例 12 :

方法であって、

基板を処理するよう構成された複数の処理モジュールを備えた基板処理ツールの状態を受信する工程と、

前記状態を、前記状態に基づいて前記基板処理ツールによって以前に受信された入力と

50

相関させる工程と、

前記相関に基づいて前記基板処理ツールを制御するための出力を生成する工程と、  
を備える、方法。

適用例 1 3 :

適用例 1 2 の方法であって、さらに、

前記基板処理ツールの複数の状態と、前記複数の状態に基づいて前記基板処理ツールに  
よって受信された対応する入力とを、データベースに格納する工程と、

前記データベースを用いて前記相関を実行する工程と、  
を備える、方法。

適用例 1 4 :

適用例 1 3 の方法であって、さらに、

前記基板処理ツールおよびさらなる基板処理ツールの 1 または複数に関連する履歴データ  
に基づいて前記データベースを更新する工程と、

前記更新したデータベースを用いて前記相関を実行する工程と、  
を備える、方法。

適用例 1 5 :

適用例 1 3 の方法であって、さらに、

さらなる基板処理ツールに関連するデータであって、前記さらなる基板処理ツールの状  
態と、前記状態に基づいて前記さらなる基板処理ツールによって受信された対応する入力  
と、を含むデータを、前記データベースに格納する工程と、

前記データを用いて前記相関を実行する工程と、  
を備える、方法。

適用例 1 6 :

適用例 1 2 の方法であって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに  
関連するエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記エラーへの対応を示すデータを含  
む、方法。

適用例 1 7 :

適用例 1 2 の方法であって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに  
関連する差し迫ったエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記エラーを防止するため  
の対応を示すデータを含む、方法。

適用例 1 8 :

適用例 1 2 の方法であって、さらに、

前記基板処理ツールのオペレータの存在を検出する工程と、

前記出力に基づいて前記オペレータによって受信された対応に従って前記基板処理ツール  
を制御する工程と、を備える、方法。

適用例 1 9 :

適用例 1 2 の方法であって、さらに、

前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出する工程と、

前記出力に基づいて前記オペレータの不在時に前記基板処理ツールを制御する工程と、  
を備える、方法。

適用例 2 0 :

適用例 1 2 の方法であって、さらに、

前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出する工程と、

前記出力に関して前記オペレータに通知する工程と、  
を備える、方法。

適用例 2 1 :

適用例 1 2 の方法であって、さらに、前記基板の処理の完了を確実にし、前記基板への  
損傷を防止し、前記処理モジュールのアイドリングを防止するために、前記出力に基づい  
て前記基板処理ツールを制御する工程を備える、方法。

適用例 2 2 :

10

20

30

40

50

適用例 1 2 の方法であって、さらに、前記処理モジュールによる前記基板の処理のスケジューリングを最適化するために、前記出力に基づいて前記基板処理ツールを制御する工程を備える、方法。

適用例 2 3 :

システムであって、  
プロセッサと、

有形のマシン読み取り可能な媒体に格納されたマシン読み取り可能な命令であって、前記プロセッサによって実行された時に、

基板を処理するよう構成された複数の処理モジュールを備えた基板処理ツールの状態を受信し、

前記状態を、前記状態に基づいて前記基板処理ツールによって以前に受信された入力と相関させ、

前記相関に基づいて前記基板処理ツールを制御するための出力を生成するように、前記プロセッサを構成する、マシン読み取り可能な命令と、  
を備える、システム。

適用例 2 4 :

適用例 2 3 のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、

前記基板処理ツールの複数の状態と、前記複数の状態に基づいて前記基板処理ツールによって受信された対応する入力と、をデータベースに格納し、

前記データベースを用いて前記相関を実行するように、前記プロセッサを構成する、シ  
ステム。

適用例 2 5 :

適用例 2 4 のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、

前記基板処理ツールおよびさらなる基板処理ツールの 1 または複数に関連する履歴データに基づいて、前記データベースを更新し、

前記更新したデータベースを用いて前記相関を実行するように、前記プロセッサを構成する、システム。

適用例 2 6 :

適用例 2 4 のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、

さらなる基板処理ツールに関連するデータであって、前記さらなる基板処理ツールの状態と前記状態に基づいて前記さらなる基板処理ツールによって受信された対応する入力を含むデータを、前記データベースに格納し、

前記データを用いて前記相関を実行するように、前記プロセッサを構成する、システム。

適用例 2 7 :

適用例 2 3 のシステムであって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに関連するエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記エラーへの対応を示すデータを含む、システム。

適用例 2 8 :

適用例 2 3 のシステムであって、前記基板処理ツールの前記状態は、前記基板処理ツールに関連する差し迫ったエラーを示すデータを含み、前記入力は、前記エラーを防止するための対応を示すデータを含む、システム。

適用例 2 9 :

適用例 2 3 のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、

前記基板処理ツールのオペレータの存在を検出し、

前記出力に基づいて前記オペレータによって受信された対応に従って前記基板処理ツールを制御するように、前記プロセッサを構成する、システム。

適用例 3 0 :

適用例 2 3 のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、

前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出し、

前記出力に基づいて前記オペレータの不在時に前記基板処理ツールを制御するように、

10

20

30

40

50

前記プロセッサを構成する、システム。

適用例 3 1 :

適用例 2 3 のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、

前記基板処理ツールのオペレータの不在を検出し、

前記出力に関して前記オペレータに通知するように、前記プロセッサを構成する、システム。

適用例 3 2 :

適用例 2 3 のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、前記基板の処理の完了を確実にし、前記基板への損傷を防止し、前記処理モジュールのアイドリングを防止するために、前記出力に基づいて前記基板処理ツールを制御するように、前記プロセッサを構成する、システム。

適用例 3 3 :

適用例 2 3 のシステムであって、前記マシン読み取り可能な命令は、前記処理モジュールによる前記基板の処理のスケジューリングを最適化するために、前記出力に基づいて前記基板処理ツールを制御するように、前記プロセッサを構成する、システム。

【図面】

【図 1】

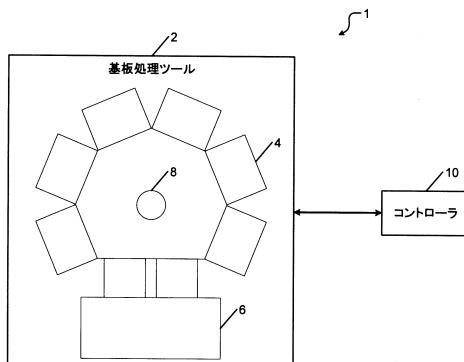
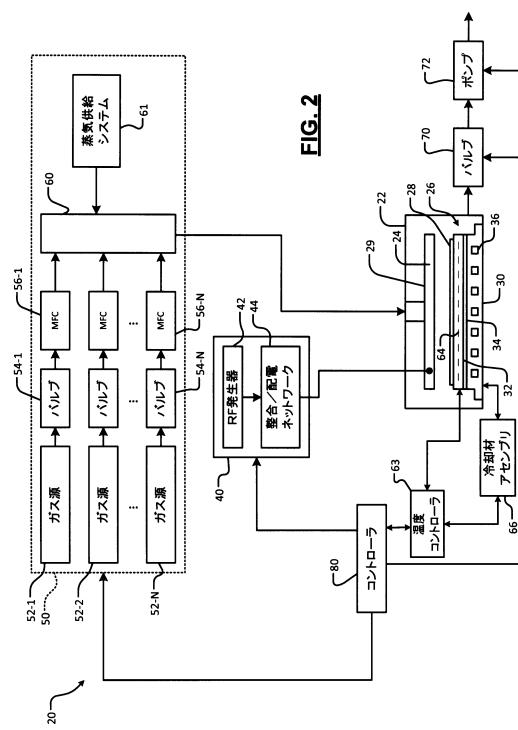


FIG. 1

【図 2】



【図3】

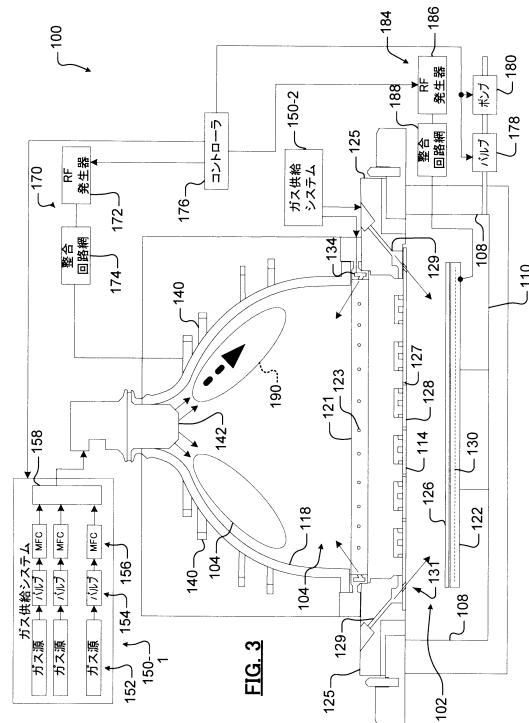


FIG. 3

【図4】

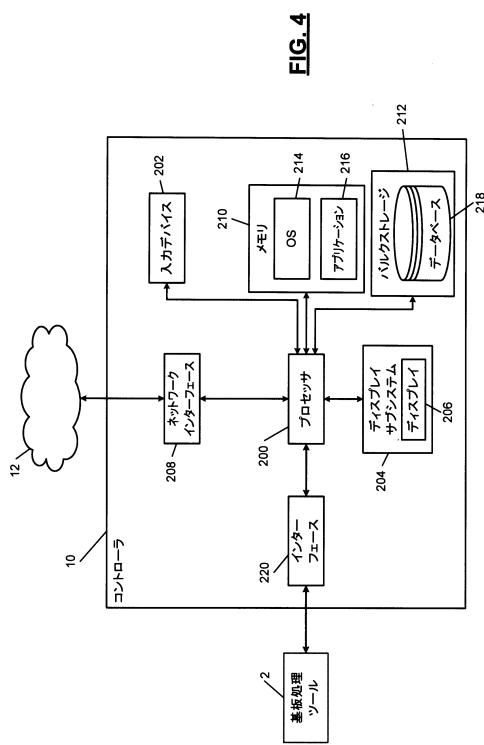


FIG. 4

【図5】

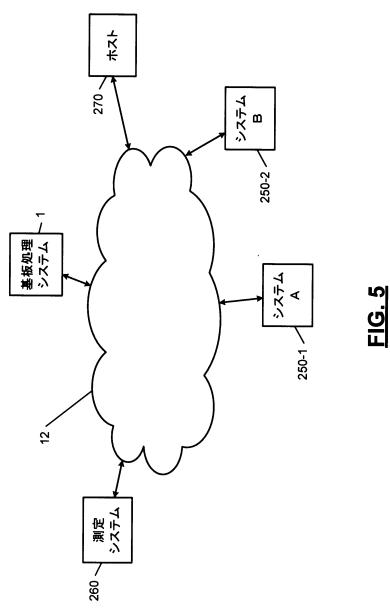


FIG. 5

【図6】

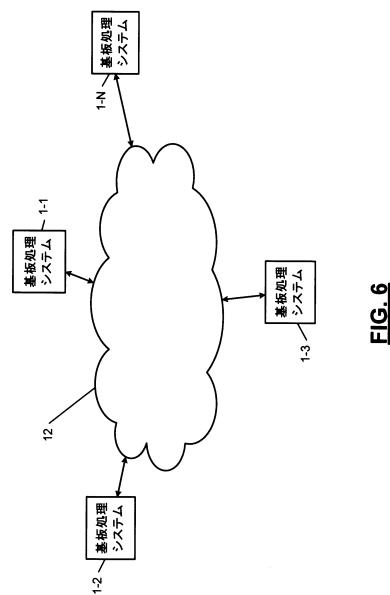
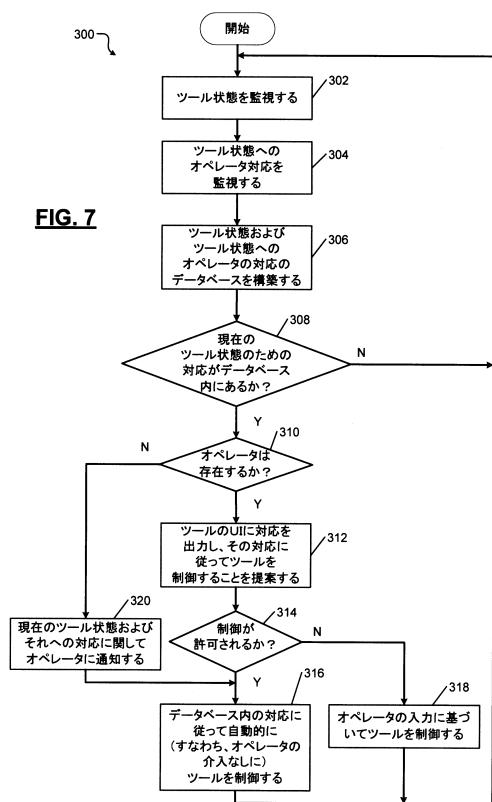
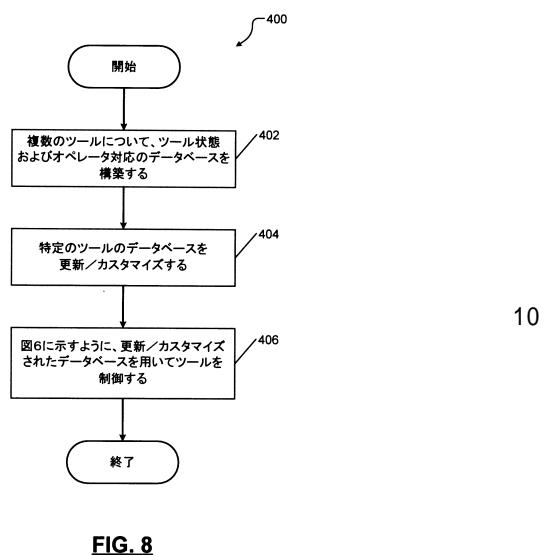


FIG. 6

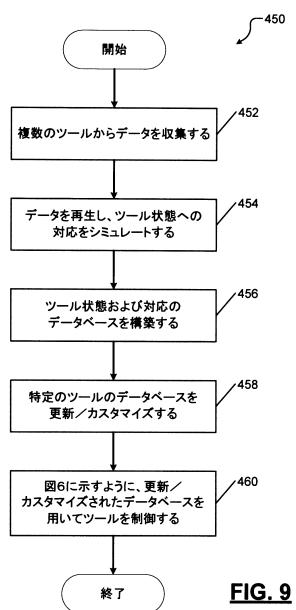
【図 7】



【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

037 モーガン・ヒル, マーフィー・アベニュー, 17470

(72)発明者 チュン・ホ・ファン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95148 サン・ホセ, カー・デ・チャールズ, 3562

(72)発明者 ピンセント・ウォン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94539 フレモント, カンピーナ・コート, 278

(72)発明者 デビッド・ヘンカー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95127 サン・ホセ, エンチャントロ・ビスタ・ドライブ,  
11470

審査官 今井 聖和

(56)参考文献 特開2013-041448 (JP, A)

特表2014-519182 (JP, A)

特開2005-113904 (JP, A)

特開2017-016632 (JP, A)

特表2013-518449 (JP, A)

特表2017-504872 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/02

G05B 23/02

G06Q 50/04