

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月20日(20.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/014392 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/025335

(22) 国際出願日: 2021年7月5日(05.07.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2020-122172 2020年7月16日(16.07.2020) JP

(71) 出願人: 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号 Tokyo (JP).

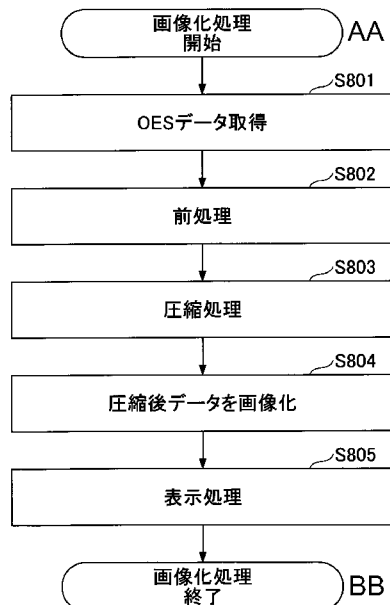
(72) 発明者: 米道 仁史 (YONEMICHI, Hitoshi); 〒0600003 北海道札幌市中央区北3条西3丁目1大同生命札幌ビル10階 東京エレクトロン株式会社内 Hokkaido (JP). 酒井 永典(SAKAI, Hisanori); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP). 秋元 健司(AKIMOTO, Takeshi); 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16階 Tokyo (JP).

(54) Title: DATA PROCESSING DEVICE, DATA PROCESSING SYSTEM, DATA PROCESSING METHOD, AND DATA PROCESSING PROGRAM

(54) 発明の名称: データ処理装置、データ処理システム、データ処理方法及びデータ処理プログラム

[図8]



S801 OES data acquisition
S802 Pre-process
S803 Compression process
S804 Imaging of compressed data
S805 Display process
AA Imaging process start
BB Imaging process end

(57) Abstract: Provided are a data processing device, a data processing system, a data processing method, and a data processing program whereby multi-wavelength time series data is compressed and formed into images while feature data loss is minimized. The data processing device has: a pre-processing unit that generates normalized data by normalizing the multi-wavelength time series data using prescribed reference data; an extraction unit that divides the normalized data into a plurality of regions for each of a prescribed time range and a prescribed wavelength range, and extracts outliers in

[続葉有]

WO 2022/014392 A1

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

each region as representative values; and a generation unit that converts the representative value of each region to color data and generates image data.

(57) 要約: 多波長の時系列データを、特徴データの欠落を抑えて圧縮し、画像化するデータ処理装置、データ処理システム、データ処理方法及びデータ処理プログラムを提供する。データ処理装置は、多波長の時系列データを、所定の基準データを用いて正規化することで、正規化データを生成する前処理部と、前記正規化データを、所定の時間範囲及び所定の波長範囲ごとに複数の領域に区分けし、各領域における外れ値を、代表値として抽出する抽出部と、前記各領域の代表値を色データに変換して、画像データを生成する生成部とを有する。

明 細 書

発明の名称：

データ処理装置、データ処理システム、データ処理方法及びデータ処理プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、データ処理装置、データ処理システム、データ処理方法及びデータ処理プログラムに関する。

背景技術

[0002] 半導体製造プロセスの実行中に測定される測定データのうち、例えば、発光分光分析装置や質量分析装置等により測定される測定データ（いわゆる、多波長の時系列データ）は、一般に、測定分解能が高く、データ量が膨大である。このため、データを管理する際の管理コストがかかる。加えて、多波長の時系列データの場合、ユーザが、直接、異常発生の有無等を判断することが難しい。

[0003] これに対して、例えば、多波長の時系列データを画像化して表示すれば、ユーザは、異常発生の有無等を判断しやすくなると考えられる。更に、画像化したデータを圧縮して管理すれば、管理コストも抑えられると考えられる。

[0004] しかしながら、多波長の時系列データの場合、画像化したデータを表示する際に、あるいは、画像化したデータを圧縮する際に、異常発生を示す特徴データが欠落してしまう可能性がある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2020-65013号公報

特許文献2：特開2005-217448号公報

特許文献3：特許第5315025号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本開示は、多波長の時系列データを、特徴データの欠落を抑えて圧縮し、画像化するデータ処理装置、データ処理システム、データ処理方法及びデータ処理プログラムを提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の一態様によるデータ処理装置は、例えば、以下のような構成を有する。即ち、

多波長の時系列データを、所定の基準データを用いて正規化することで、正規化データを生成する前処理部と、

前記正規化データを、所定の時間範囲及び所定の波長範囲ごとに複数の領域に区分けし、各領域における外れ値を、代表値として抽出する抽出部と、

前記各領域の代表値を色データに変換して、画像データを生成する生成部とを有する。

発明の効果

[0008] 本開示によれば、多波長の時系列データを、特徴データの欠落を抑えて圧縮し、画像化するデータ処理装置、データ処理システム、データ処理方法及びデータ処理プログラムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、データ処理システムのシステム構成の一例を示す第1の図である。

[図2]図2は、半導体製造プロセスの一例を示す図である。

[図3]図3は、データ処理装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図4]図4は、O E Sデータの一例を示す図である。

[図5]図5は、前処理部による処理の具体例を示す図である。

[図6]図6は、圧縮部による処理の具体例を示す図である。

[図7]図7は、画像データの具体例を示す図である。

[図8]図8は、画像化処理の流れを示すフローチャートである。

[図9A]図9 Aは、データ処理システムのシステム構成の一例を示す第2の図である。

[図9B]図9 Bは、データ処理システムのシステム構成の一例を示す第3の図である。

[図10]図10は、学習用データの一例を示す図である。

[図11]図11は、学習部による学習処理の具体例を示す図である。

[図12]図12は、推論部による推論処理の具体例を示す図である。

[図13]図13は、異常検知処理の流れを示すフローチャートである。

[図14]図14は、データ処理システムのシステム構成の一例を示す第4の図である。

発明を実施するための形態

[0010] 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。

[0011] [第1の実施形態]

<データ処理システムのシステム構成>

はじめに、第1の実施形態に係るデータ処理システムのシステム構成について説明する。図1は、データ処理システムのシステム構成の一例を示す第1の図である。図1に示すように、データ処理システム100は、半導体製造プロセスと、発光分光分析装置140と、データ処理装置150とを有する。

[0012] 半導体製造プロセスでは、所定の処理空間120において、対象物（処理前ウェハ110）を処理し、結果物（処理後ウェハ130）を生成する。なお、ここでいう処理前ウェハ110とは、処理空間120において処理される前のウェハ（基板）を指し、処理後ウェハ130とは、処理空間120において処理された後のウェハ（基板）を指す。

[0013] 発光分光分析装置140は、処理空間120において処理前ウェハ110の処理に伴って、OES（Optical Emission Spectroscopy）データを測定す

る。OESデータとは、測定波長の数に応じた数の、各時間の発光強度データを含む“多波長の時系列データ”である。

[0014] 発光分光分析装置140により測定されたOESデータは、データ処理装置150のOESデータ格納部155に格納される。

[0015] データ処理装置150には、データ処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、データ処理装置150は、前処理部151、圧縮部152、画像化部153、表示制御部154として機能する。

[0016] 前処理部151は、OESデータ格納部155からOESデータを読み出し、予め定められた基準データを用いて、前処理（例えば、正規化処理）を行う。また、前処理部151は、前処理後のOESデータを、圧縮部152に通知する。

[0017] 圧縮部152は、前処理後のOESデータを圧縮し、圧縮後のOESデータを画像化部153に通知する。具体的には、圧縮部152は、前処理後のOESデータを所定サイズ（所定の時間範囲及び所定の波長範囲）ごとの複数の領域に区分けし、各領域に含まれる外れ値を、各領域の代表値として抽出することで、前処理後のOESデータを圧縮する。なお、外れ値とは、各領域において、統計的に他の値から大きく外れた値を指す。このように、各領域に含まれる外れ値を残して前処理後のOESデータを圧縮することで、OESデータに含まれる特徴データ（異常発生を示す特徴データ）の欠落を抑えることができる。

[0018] 画像化部153は、圧縮部152から通知された圧縮後のOESデータを色データに変換することで画像データを生成する。また、画像化部153は、生成した画像データを、画像データ格納部156に格納するとともに、表示制御部154に通知する。これにより、画像データ格納部156には、OESデータと比較してデータ量が大幅に削減された画像データが格納されることとなり、管理コストを抑えることができる。

[0019] 表示制御部154は、画像化部153により生成された画像データを不図

示の表示装置に表示するよう制御する。上述したように、画像化部 153 により生成される画像データは圧縮されているため、表示装置の画素数に制約があるか否かに関わらず、表示装置に表示する際に、更なる処理を行うことなく表示することができる。つまり、表示装置に表示する際に、例えば、画像データが間引かれて、特徴データが欠落してしまうといった事態を回避することができる。

[0020] また、画像化部 153 により生成される画像データは、特徴データの欠落が抑えられているため、ユーザは、表示装置に表示される画像データ上で、目視で異常発生の有無等を判断することができる。

[0021] <半導体製造プロセスにおける処理空間>

次に、半導体製造プロセスの所定の処理空間について説明する。図 2 は、半導体製造プロセスの一例を示す図である。図 2 に示すように、半導体製造プロセス 200 は、処理空間の一例であるチャンバを複数有する。図 2 の例では、半導体製造プロセス 200 は、符号 121（名称＝“チャンバ A”）～符号 123（名称＝“チャンバ C”）の 3 つのチャンバを有しており、それぞれのチャンバにおいて処理前ウェハ 110 が処理される。

[0022] なお、半導体製造プロセス 200 において、上述した発光分光分析装置 140 は、チャンバごとに設置されており、それぞれのチャンバにおいて OES データが測定される。しかしながら、以下では、説明の簡略化のため、1 のチャンバにおいて測定された OES データを表示する場合について説明を行う。また、以下では、当該 1 のチャンバがチャンバ A であるとして説明を行う。更に、以下では、チャンバ A が、例えば、エッチング装置のチャンバであるとして説明を行う。

[0023] <データ処理装置のハードウェア構成>

次に、データ処理装置 150 のハードウェア構成について説明する。図 3 は、データ処理装置のハードウェア構成の一例を示す図である。図 3 に示すように、データ処理装置 150 は、CPU（Central Processing Unit）301、ROM（Read Only Memory）302、RAM（Random Access Memory）

303を有する。また、データ処理装置150は、GPU (Graphics Processing Unit) 304を有する。なお、CPU301、GPU304などのプロセッサ(処理回路、Processing Circuit、Processing Circuitry)と、ROM302、RAM303などのメモリは、いわゆるコンピュータを形成する。

[0024] 更に、データ処理装置150は、補助記憶装置305、表示装置306、操作装置307、I/F (Interface) 装置308、ドライブ装置309を有する。なお、データ処理装置150の各ハードウェアは、バス310を介して相互に接続される。

[0025] CPU301は、補助記憶装置305にインストールされた各種プログラム(例えば、データ処理プログラム等)を実行する演算デバイスである。

[0026] ROM302は、不揮発性メモリであり、主記憶装置として機能する。ROM302は、補助記憶装置305にインストールされた各種プログラムをCPU301が実行するために必要な各種プログラム、データ等を格納する。具体的には、ROM302はBIOS (Basic Input/Output System) やEFI (Extensible Firmware Interface) 等のブートプログラム等を格納する。

[0027] RAM303は、DRAM (Dynamic Random Access Memory) やSRAM (Static Random Access Memory) 等の揮発性メモリであり、主記憶装置として機能する。RAM303は、補助記憶装置305にインストールされた各種プログラムがCPU301によって実行される際に展開される、作業領域を提供する。

[0028] GPU304は、画像処理用の演算デバイスであり、本実施形態では、CPU301によりデータ処理プログラムが実行される際に、OESデータについて、並列処理による高速演算を行う。なお、GPU304は、内部メモリ(GPUメモリ)を搭載しており、OESデータについて並列処理を行う際に必要な情報を一時的に保持する。

[0029] 補助記憶装置305は、各種プログラムや、各種プログラムがCPU30

1によって実行される際に用いられる各種データ等を格納する。例えば、OESデータ格納部155、画像データ格納部156は、補助記憶装置305において実現される。

[0030] 表示装置306は、例えば、画像化部153により生成された画像データを表示する表示デバイスである。操作装置307は、データ処理装置150のユーザがデータ処理装置150に対して各種指示を入力する際に用いる入力デバイスである。I/F装置308は、不図示のネットワークと接続し、他の装置（例えば、発光分光分析装置等）との間でデータを送受信するための接続デバイスである。

[0031] ドライブ装置309は記録媒体320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320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320には、ROM、フラッシュメモリ等のように情報を電気的に記録する半導体メモリ等が含まれていてもよい。

[0032] なお、補助記憶装置305にインストールされる各種プログラムは、例えば、配布された記録媒体320がドライブ装置309にセットされ、該記録媒体320に記録された各種プログラムがドライブ装置309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305にインストールされる各種プログラムは、不図示のネットワークを介してダウンロードされることで、インストールされてもよい。

[0033] <OESデータの具体例>

次に、発光分光分析装置140により測定され、データ処理装置150のOESデータ格納部155に格納されるOESデータの具体例について説明する。図4は、OESデータの一例を示す図である。図4に示すように、OESデータ410は、可視光の波長範囲（200[nm]～800[nm]）に含まれる各波長を、0.5[nm]刻みで測定した場合の各時間の発光強度データ群により構成される。なお、OESデータ410において、横軸は時間を、縦軸は各波長の発光強度を示している。

[0034] 図4のOESデータ410の場合、例えば、最上段のグラフは、波長＝200[nm]の各時間における発光強度データを、2段目のグラフは、波長＝200.5[nm]の各時間における発光強度データを、それぞれ示している。また、3段目のグラフは、波長＝201[nm]の各時間における発光強度データを示している。

[0035] なお、OESデータ410の時間長は、例えば、処理前ウェハ110がチャンバA内で処理される処理時間（ウェハ1枚分）であるとする。あるいは、OESデータ410の時間長は、例えば、処理前ウェハ110がチャンバA内で複数の処理工程のもとで処理される場合にあっては、そのうちの一部の処理工程の処理時間であってもよい。あるいは、OESデータ410の時間長は、例えば、処理前ウェハ110がチャンバA内で複数のレシピにより一部の処理工程が実行される場合にあっては、そのうちの一部のレシピにより処理が実行される時間であってもよい。

[0036] 一方、図4において、OESデータ420は、横軸に波長を、縦軸に時間を取り、各点（各時間、各波長）の発光強度データを配列した様子を示している。OESデータ420の場合、横軸方向に1201点の発光強度データが配列されることになる。また、OESデータ420の場合、発光強度データのサンプリング周期が0.1秒で、かつ、処理前ウェハ110がチャンバA内で処理される処理時間（ウェハ1枚分）が300秒であったとすると、縦軸方向に3000点の発光強度データが配列されることになる。

[0037] したがって、仮にOESデータ420の各点の発光強度データを色データに変換し、生成した画像データを表示装置306に表示しようとする、横方向に1201画素、縦方向に3000画素の画素数を有する表示装置が必要となる。

[0038] 一方で、表示装置306の画素数に制約がある場合、OESデータ420は、間引いて表示されることとなり、その場合、異常発生を示す特徴データが欠落してしまう可能性がある。そこで、本実施形態に係るデータ処理装置150では、上述したように、OESデータを前処理したうえで圧縮し、圧

縮後のOESデータを画像化することで画像データを生成する。これにより、表示装置306の画素数に制約があるか否かに関わらず、表示装置306に表示する際に、画像データが間引かれて特徴データが欠落してしまうといった事態を回避することができる。

[0039] <前処理部による処理の具体例>

次に、データ処理装置150の前処理部151による、OESデータ420に対する処理の具体例について説明する。図5は、前処理部による処理の具体例を示す図である。図5に示すように、前処理部151は、正規化処理部510を有する。

[0040] 正規化処理部510は、OESデータ格納部155に格納されたOESデータ420を読み出し、OESデータ420に含まれる各点の発光強度データを、基準データを用いて除算することで、各点の発光強度データを正規化する。

[0041] なお、基準データには、例えば、基準となるウェハ（良品と判定されたウェハ）を処理した際に測定されたOESデータの各波長の発光強度データの平均値が用いられるものとする。この場合、良品と判定されたウェハとの差を顕在化させることができるため、画像データが生成された際に、異常発生の有無を判断しやすくなる。

[0042] あるいは、基準データには、測定されたOESデータの基準となる波長の発光強度データの平均値が用いられてもよい。この場合、処理前ウェハの処理中に、いずれの波長の発光強度が相対的に強くなっているのかを顕在化させることができるため、画像データが生成された際に、異常発生の有無を判断しやすくなる。

[0043] 図5において、前処理後OESデータ500は、正規化処理部510により各点の発光強度データが正規化された前処理後OESデータの一例である。また、図5において、各点の正規化データ501は、前処理後OESデータ500内の所定サイズ（横軸方向3点、縦軸方向3点）の領域に含まれる各点の正規化データを示している。

[0044] 各点の正規化データ501に示すように、各点の発光強度データが基準データによって除算されることで、正規化データの値は、概ね“1.0”に近い値となる。

[0045] <圧縮部による処理の具体例>

次に、データ処理装置150の圧縮部152による、前処理後OESデータ500に対する処理の具体例について説明する。図6は、圧縮部による処理の具体例を示す図である。図6に示すように、圧縮部152は、平均値算出部610、代表値抽出部620を有する。

[0046] 平均値算出部610は、前処理後OESデータ500に含まれる各点の正規化データを、所定サイズ（例えば、横軸方向3点、縦軸方向3点）ごとの複数の領域に区分けし、それぞれの領域において、各点の正規化データの平均値を算出する。

[0047] 代表値抽出部620は、それぞれの領域において算出された平均値と、それぞれの領域に含まれる正規化データ（例えば、9点の正規化データ）の値との差を比較し、差が最大となる正規化データの値（即ち、外れ値）を、それぞれの領域の代表値として抽出する。

[0048] 図6の例は、平均値算出部610が、所定サイズの領域に含まれる9点の正規化データ501の平均値として、“0.99”を算出した様子を示している。また、図6の例は、代表値抽出部620が、所定サイズの領域に含まれる9点の正規化データ501の中から、平均値（“0.99”）との差が最大となる正規化データの値（外れ値＝“1.5”）を、代表値601として抽出した様子を示している。

[0049] このように、所定サイズ（横軸方向3点、縦軸方向3点）の領域ごとに代表値を抽出することで、前処理後OESデータ500に含まれる正規化データの点数は、横軸方向において1／3に圧縮され、縦軸方向において1／3に圧縮されることになる。この結果、図6に示すように、
・横軸方向に1201点、縦軸方向に3000点の正規化データ、
が配列された前処理後OESデータ500が、

・横軸方向に４００点、縦軸方向に１０００点の圧縮データ、
が配列された圧縮後ＯＥＳデータ６００に圧縮されることになり、管理コストを抑えることができる。

[0050] <画像データの具体例>

次に、データ処理装置１５０の画像化部１５３により生成される画像データの具体例について説明する。図７は、画像データの具体例を示す図である。

[0051] 図７において、画像データ６００'は、圧縮部１５２から通知された圧縮後ＯＥＳデータ６００の各点の圧縮データを、色データに変換することで生成された２次元の画像データの具体例を示している。画像データ６００'において、横軸は波長を表し、縦軸は時間を表している。また、各点の色の違いは、圧縮データの値の違いを示しており、図７の例は、圧縮データの値が最大の点を赤色に変換し、圧縮データの値が平均の点を緑色に変換し、圧縮データの値が最小の点を青色に変換した場合を示している。また、圧縮データの値が最大と平均との間の値の点を、色相環における赤色と緑色との間の色に変換し、圧縮データの値が平均と最小との間の値の点を、色相環における緑色と青色との間の色に変換した場合を示している。ただし、圧縮データの各値に対する各色の割り当ては任意であり、他の割り当て方法により各色を割り当ててもよい。

[0052] 画像データ６００'の場合、特徴データの欠落が抑えられている。このため、ユーザは、表示装置３０６に表示される画像データ６００'上で、目視で異常発生の有無等を判断することができる。

[0053] また、図７に示すように、画像化部１５３では、画像データ６００'の所定領域７０１が指定された場合、所定領域７０１の画像データを拡大し、拡大画像データ７０２を表示することも可能である。これにより、ユーザは、画像データ６００'を俯瞰して見ることも、特定の波長範囲及び特定の時間範囲を拡大して見ることもできる。

[0054] また、図７には示していないが、圧縮後ＯＥＳデータ６００は、３次元の

画像データとして表示してもよい。例えば、横軸に波長を、奥行き方向の軸に時間を、高さ方向の軸に圧縮データの値をとり、立体的に表示してもよい。なお、この場合も、圧縮データの値の違いを、色の違いとして表現してもよい。

[0055] また、図7には示していないが、画像データ600'において、横軸の波長に対応する励起種（励起状態の分子）をあわせて表示してもよい。これにより、ユーザは、異常原因を推測することができる。

[0056] <データ処理装置による画像化処理の流れ>

次に、データ処理装置150によるOESデータの画像化処理について説明する。図8は、画像化処理の流れを示すフローチャートである。

[0057] ステップS801において、データ処理装置150は、発光分光分析装置140よりOESデータを取得し、OESデータ格納部155に格納する。

[0058] ステップS802において、データ処理装置150の前処理部151は、OESデータ格納部155よりOESデータを読み出し、各点の発光強度データを基準データで除算することで、前処理を行う。

[0059] ステップS803において、データ処理装置150の圧縮部152は、前処理後OESデータに含まれる各点の正規化データを所定サイズごとの複数の領域に区分けする。また、データ処理装置150の圧縮部152は、所定サイズの領域ごとに算出した平均値との差が最大となる正規化データ（外れ値）の値を、所定サイズの各領域の代表値として抽出することで、前処理後OESデータを圧縮する。

[0060] ステップS804において、データ処理装置150の画像化部153は、圧縮後OESデータの各点の圧縮データを、色データに変換することで、画像データを生成する。

[0061] ステップS805において、データ処理装置150の画像化部153は、圧縮後OESデータの画像データを表示する。

[0062] <まとめ>

以上の説明から明らかなように、第1の実施形態に係るデータ処理装置1

50は、

- ・ O E S データの各点の発光強度データを、所定の基準データを用いて除算し、正規化することで正規化データを生成する前処理部を有する。
- ・ 前処理後の O E S データを、所定の時間範囲及び所定数の波長範囲ごとに複数の領域に区分けし、各領域の平均値との差が最大となる正規化データの値（外れ値）を、各領域の代表値として抽出する圧縮部を有する。
- ・ 各領域の代表値を色データに変換して、画像データを生成する生成部を有する。

[0063] このように、O E S データを画像化する際、正規化し、所定サイズの領域ごとに外れ値を抽出する方法で圧縮することで、O E S データに含まれる特徴データを欠落させることなく、O E S データを圧縮することができる。

[0064] つまり、第1の実施形態によれば、O E S データを、特徴データの欠落を抑えて圧縮し、画像化するデータ処理装置、データ処理システム、データ処理方法及びデータ処理プログラムを提供することができる。

[0065] [第2の実施形態]

上記第1の実施形態では、O E S データの管理コストを抑え、かつ、ユーザが、異常発生の有無等を判断できるように、O E S データを、特徴データの欠落を抑えて圧縮し、画像化する構成について説明した。これに対して、第2の実施形態では、画像化したO E S データを利用して、異常発生の有無等を自動で判断する構成について説明する。なお、画像化したO E S データを利用して、異常発生の有無等を自動で判断する構成には、例えば、

- ・ 対応するウェハが、正常に処理が行われた良品であるか、異常を含むものであるかを判断する構成、
 - ・ 対応するウェハが、正常に処理が行われた良品であるか、良品以外であるか（少なくとも正常に処理が行われた良品でないか）を判断する構成、
 - ・ 対応するウェハが、正常に処理が行われた良品であるか、複数のパターンのうちのいずれのパターンの異常を含むものであるかを判断する構成、
- 等のいずれかの構成が含まれる。このうち、第2の実施形態では、対応する

ウェハが、正常に処理が行われた良品であるか、複数のパターンのうちのいずれのパターンの異常を含むものであるかを自動で判断する構成について説明する。以下、第２の実施形態について、上記第１の実施形態との相違点を中心に説明する。

[0066] <データ処理システムのシステム構成>

はじめに、第２の実施形態に係るデータ処理システムのシステム構成について、図９Ａ及び図９Ｂを用いて説明する。図９Ａは、データ処理システムのシステム構成の一例を示す第２の図である。具体的には、図９Ａは、ＯＥＳデータを画像化することで生成された画像データ及び対応するレシピと、処理後ウェハの処理結果との対応関係を学習する“学習フェーズ”におけるデータ処理システム９００のシステム構成の一例を示している。

[0067] 図１に示したデータ処理システム１００との相違点は、データ処理システム９００の場合、データ処理装置９２０が、学習部９２１を有する点である。

[0068] データ処理システム９００において、データ処理装置９２０は、処理後ウェハ１３０についての処理結果情報を取得する。処理結果情報には、

- ・処理後ウェハ１３０が、正常に処理が行われた良品であるか、異常を含むものであるかを示す情報、
- ・処理後ウェハ１３０が、正常に処理が行われた良品であるか、良品以外であるか（少なくとも正常に処理が行われた良品でないか）を示す情報、
- ・処理後ウェハ１３０が、正常に処理が行われた良品であるか、複数のパターンのうちのいずれのパターンに属する異常を含むものであるかを示す情報、

等の様々なバリエーションが想定されうるが、本実施形態では、このうち、処理後ウェハ１３０が、正常に処理が行われた良品であるか、複数のパターンのうちのいずれのパターンに属する異常を含むものであるかを示す情報を用いる場合について説明する。なお、処理結果情報に含まれる上記情報は、例えば、処理後ウェハを検査装置で検査した際の出力である、良品である

か不良品であるかといった情報に基づいて生成されてもよい。

[0069] データ処理装置 920 では、取得した処理結果情報を、対応するレシピ、対応する画像データとともに、学習用データとして、学習用データ格納部 923 に格納する。

[0070] データ処理装置 920 の学習部 921 は、画像データとレシピとを入力として、処理後ウェハの処理結果情報を出力する異常検知モデルを有する。

[0071] そして、データ処理装置 920 は、学習用データ格納部 923 より学習用データを読み出して、異常検知モデルについて学習処理を行う。具体的には、データ処理装置 920 は、レシピと画像データとを異常検知モデルに入力し、異常検知モデルの出力が、対応する処理結果情報に近づくように、異常検知モデルのモデルパラメータを更新する。

[0072] 一方、図 9B は、データ処理システムのシステム構成の一例を示す第 3 の図である。具体的には、図 9B は、OES データを画像化することで生成された画像データ及び対応するレシピから、処理後ウェハ 130 の処理結果情報を推論する“推論フェーズ”におけるデータ処理システム 900' のシステム構成の一例を表している。

[0073] 図 1 に示したデータ処理システム 100 との相違点は、データ処理システム 900' の場合、データ処理装置 920 が、推論部 922 を有する点である。

[0074] データ処理装置 920 の推論部 922 は、学習部 921 により学習処理が行われることで生成された、学習済み異常検知モデルを有する。推論部 922 は、画像データとレシピとを学習済み異常検知モデルに入力することで、対応する処理後ウェハ 130 の処理結果情報を推論し、推論結果として出力する。なお、推論部 922 より出力される推論結果には、

- ・ 処理後ウェハ 130 が、正常に処理が行われた良品であるか、異常を含むものであるかを示す情報、

- ・ 処理後ウェハ 130 が、正常に処理が行われた良品であるか、良品以外であるか（少なくとも正常に処理が行われた良品でないか）を示す情報、

・処理後ウェハ130が、正常に処理が行われた良品であるか、複数のパターンのうちのいずれのパターンに属する異常を含むものであるかを示す情報、
等の様々なバリエーションが含まれるが、本実施形態では、このうち、処理後ウェハ130が、正常に処理が行われた良品であるか、複数のパターンのうちのいずれのパターンに属する異常を含むものであるかを示す情報を出力する場合について説明する。

[0075] <学習用データの具体例>

次に、学習用データ格納部923に格納される学習用データの具体例について説明する。図10に示すように、学習用データ1000は、情報の項目として、“装置”、“レシピ”、“ウェハ”、“画像データ”、“良／異常を含む”が含まれる。

[0076] “装置”には、処理前ウェハ110が処理されたチャンバの名称が格納される。“レシピ”には、処理前ウェハ110がチャンバAで処理される際に用いられたレシピを識別するレシピ識別子が格納される。

[0077] “ウェハ”には、チャンバAで処理された処理前ウェハを識別するウェハ識別子が格納される。“画像データ”には、対応する処理前ウェハがチャンバAでの処理中に測定されたOESデータについて、画像化部153が画像化することで生成された画像データを識別する画像データ識別子が格納される。

[0078] なお、学習用データに用いられる画像データは、良品と判定されたウェハが処理された際に測定されたOESデータの各波長の発光強度データの平均値を、基準データとして前処理が行われているものとする。また、学習用データに用いられる画像データは、処理前ウェハ110がチャンバA内で処理される処理時間（ウェハ1枚分）の画像データであるとする。

[0079] “良／異常を含む”には、対応する処理前ウェハがチャンバAで処理されることで生成された処理後ウェハ130の処理結果情報が格納される。具体的には、処理後ウェハ130が、正常に処理が行われた良品であるか、複数

のパターンのうちのいずれのパターンに属する異常を含むものであるかを示す情報が格納される。

[0080] 図10の例は、“チャンバA”において“レシピ1”を用いて“ウェハ1”～“ウェハ3”がそれぞれ処理されたことで、“画像データ1”～“画像データ3”が生成され、処理結果情報（“良”）が出力された様子を示している。

[0081] また、図10の例は、“チャンバA”において“レシピ1”を用いて“ウェハ4”が処理されたことで、“画像データ4”が生成され、処理結果情報（“異常を含む（パターンa）”）が出力された様子を示している。

[0082] また、図10の例は、“チャンバA”において“レシピ2”を用いて“ウェハ5、7、8”が処理されたことで、“画像データ5、7、8”が生成され、処理結果情報（“良”）が出力された様子を示している。

[0083] また、図10の例は、“チャンバA”において“レシピ2”を用いて“ウェハ6、9”が処理されたことで、“画像データ6、9”が生成され、処理結果情報（“異常を含む（パターンb）”または“異常を含む（パターンc）”）が出力された様子を示している。

[0084] なお、異常を含むパターン（パターンa、b、c、・・・等）は、例えば、励起状態にある異常原因ごとに、分類されているものとする。異常原因には、例えば、いずれの分子が励起状態にあるのか、あるいは、チャンバ内のいずれのパーツが異常であるのか、といった情報が含まれる。つまり、学習用データ1000を用いて学習した学習済み異常検知モデルによれば、異常のパターンを推論することで、あわせて異常原因を推論することができる。

[0085] <学習部による処理の具体例>

次に、データ処理装置920の学習部921による学習処理の具体例について説明する。図11は、学習部による学習処理の具体例を示す図である。図11に示すように、学習部921は、異常検知モデル1101と、比較／変更部1102とを有する。

[0086] 学習部921は、学習用データ1000の“レシピ”及び“画像データ”

より、レシピ（例えば、レシピ識別子＝“レシピ１”により特定されるレシピ）と、画像データ（例えば、画像データ識別子＝“画像データ１”により特定される画像データ）とを読み出す。

[0087] また、学習部９２１は、学習用データ１０００より読み出したレシピ及び画像データを異常検知モデル１１０１に入力することで、異常検知モデル１１０１を実行し、処理結果情報の確率分布を出力する。

[0088] 異常検知モデル１１０１より出力された、処理結果情報の確率分布は、比較／変更部１１０２に入力され、学習用データ１０００の“良／異常を含む”より読み出された処理結果情報の確率分布と比較される。例えば、学習用データ１０００の“良／異常を含む”より、“良”が読み出された場合には、異常検知モデル１１０１より出力された処理結果情報の確率分布と、“良”＝１００％、他の処理結果情報＝０％”とする確率分布とが比較される。

[0089] 比較／変更部１１０２は、比較結果に基づいて異常検知モデル１１０１のモデルパラメータを更新する。これにより、学習部９２１は、レシピ及び画像データを入力とした場合の出力が、学習用データ１０００の“良／異常を含む”に格納された処理結果情報に近づくように、異常検知モデル１１０１のモデルパラメータを更新することができる。

[0090] <推論部による推論処理の具体例>

次に、データ処理装置９２０の推論部９２２による推論処理の具体例について説明する。図１２は、推論部による推論処理の具体例を示す図である。

図１２に示すように、推論部９２２は、学習済み異常検知モデル１２０１（異常検知モデル１１０１について学習処理が行われることで生成された学習済み異常検知モデル）と、出力部１２０２とを有する。

[0091] 推論部９２２は、処理前ウェハ１１０がチャンバＡにおいて処理された際に用いられたレシピと、処理前ウェハ１１０がチャンバＡでの処理中に測定されたＯＥＳデータから生成された画像データとを取得し、学習済み異常検知モデル１２０１に入力する。

[0092] 推論部９２２によりレシピと画像データとが入力されると、学習済み異常

検知モデル１２０１は、処理結果情報の確率分布を出力する。

[0093] 学習済み異常検知モデル１２０１より処理結果情報の確率分布が出力されると、出力部１２０２は、所定の閾値以上の確率分布のうち、最大の確率分布に対応する処理結果情報を出力する。例えば、“良”の確率分布が、所定の閾値以上であり、かつ、最大であった場合、出力部１２０２は、処理後ウェハ１３０が、正常に処理が行われた良品であることを示す情報を、推論結果として出力する。

[0094] なお、例えば、“異常を含む（パターンa）”の確率分布が、所定の閾値以上であり、かつ、最大であった場合には、出力部１２０２は、処理後ウェハ１３０がパターンaに属する異常を含むことを示す情報及び異常原因を示す情報を推論結果として出力する。更に、出力部１２０２は、推論結果に加えて、最適なレシピを出力するように構成してもよい。

[0095] <異常検知処理の流れ>

次に、データ処理システム９００、９００’による異常検知処理の流れについて説明する。図１３は、異常検知処理の流れを示すフローチャートである。なお、図１３に示す各工程のうち、ステップＳ８０１～ステップＳ８０４に示す工程は、図８のステップＳ８０１～ステップＳ８０４に示す工程と同じであるため、ここでは説明を省略する。

[0096] ステップＳ１３０１において、データ処理装置９２０は、現在のフェーズが学習フェーズであるか推論フェーズであるかを判定する。ステップＳ１３０１において、学習フェーズであると判定した場合には（ステップＳ１３０１においてＹＥＳの場合には）、ステップＳ１３０２に進む。

[0097] ステップＳ１３０２において、データ処理装置９２０は、処理結果情報を取得するとともに、対応するレシピを取得する。

[0098] ステップＳ１３０３において、データ処理装置９２０は、取得した処理結果情報と、レシピと、画像データとを対応付けて、学習用データを生成し、学習用データ格納部９２３に格納する。

[0099] ステップＳ１３０４において、データ処理装置９２０の学習部９２１は、

学習用データを用いて、異常検知モデルについて学習処理を行い、学習済み異常検知モデルを生成した後、異常検知処理を終了する。

[0100] 一方、ステップS 1 3 0 1において、推論フェーズであると判定した場合には（ステップS 1 3 0 1においてN Oの場合には）、ステップS 1 3 0 5に進む。

[0101] ステップS 1 3 0 5において、データ処理装置9 2 0の推論部9 2 2は、画像データとレシピとを、学習済み異常検知モデル1 2 0 1に入力し、処理結果情報の確率分布を出力する。

[0102] ステップS 1 3 0 5において、データ処理装置9 2 0の推論部9 2 2は、学習済み異常検知モデル1 2 0 1より出力された処理結果情報の確率分布に基づいて、出力部1 2 0 2より出力された推論結果を、半導体製造プロセスに送信する。

[0103] <まとめ>

以上の説明から明らかなように、第2の実施形態に係るデータ処理装置9 2 0は、

- ・ O E Sデータを画像化することで生成された画像データ及びレシピと、処理後ウェハの処理結果情報との対応関係を学習する異常検知モデルを有する。

- ・ 学習用データを用いて異常検知モデルについて学習処理を行うことで生成した、学習済み異常検知モデルを有する。

- ・ O E Sデータを画像化することで生成された画像データと、レシピとを、学習済み異常検知モデルに入力することで、処理後ウェハの処理結果情報を推論する。

[0104] このように、画像データを用いて、処理後ウェハの処理結果情報を推論する構成とすることで、第2の実施形態によれば、異常発生の有無等を自動で判断することができる。

[0105] [第3の実施形態]

上記第2の実施形態では、処理空間ごとにデータ処理装置を設置し、デー

タ処理装置ごとに生成した学習用データを用いて、データ処理装置ごとに学習済み異常検知モデルを生成する場合について説明した。これに対して、第3の実施形態では、データ処理装置ごとに生成した学習用データをサーバ装置が収集して学習処理を行う。

[0106] これにより、第3の実施形態によれば、より多くの学習用データを用いて学習処理を行うことで生成された学習済み異常検知モデルを提供することが可能になる。

[0107] 以下、第3の実施形態について、上記第1及び第2の実施形態との相違点を中心に説明する。

[0108] <データ処理システムのシステム構成>

はじめに、第3の実施形態に係るデータ処理システムのシステム構成について説明する。図14は、データ処理システムのシステム構成の一例を示す第4の図である。

[0109] 図14に示すように、データ処理システム1400は、複数の半導体製造プロセスと、それぞれの半導体製造プロセスに対応する、発光分光分析装置140、データ処理装置1401、連携部1411と、サーバ装置1420とを有する。

[0110] このうち、発光分光分析装置140については、既に説明済みであるため、ここでは説明を省略する。

[0111] データ処理装置1401は、前処理部151、圧縮部152、画像化部153、推論部922を有する。なお、データ処理装置1401が有する、前処理部151、圧縮部152、画像化部153、推論部922は、図9A、図9Bを用いて既に説明済みであるため、ここでは、説明を省略する。

[0112] また、データ処理装置1401は、発光分光分析装置140により測定されたOESデータを格納するOESデータ格納部155、画像化部153により生成された画像データを格納する画像データ格納部156を有する。更に、データ処理装置1401は、画像データと、処理結果情報と、レシピとを対応付けて、学習用データとして格納する学習用データ格納部923を有

する。なお、OESデータ格納部155、画像データ格納部156、学習用データ格納部923についても、既に説明済みであるため、ここでは、説明を省略する。

[0113] 連携部1411は、学習用データ格納部923に格納された学習用データ（例えば、学習用データ1）を読み出し、サーバ装置1420に送信する。なお、連携部1411とサーバ装置1420との間で送受信される学習用データに含まれる画像データは、圧縮されているため、OESデータそのものを送受信する場合と比較して、通信量を削減することができる。

[0114] また、連携部1411は、学習用データをサーバ装置1420に送信したことに応じてサーバ装置1420より取得した学習済み異常検知モデルを、推論部922に適用する。これにより、推論部922は、サーバ装置1420にて生成された、各半導体製造プロセス共通の学習済み異常検知モデルを用いて推論することができる。

[0115] サーバ装置1420は、各半導体製造プロセスに対応する各連携部1411より学習用データが送信された場合、学習用データ格納部1422に格納する。また、サーバ装置1420は、学習部921を有する。

[0116] 学習部921は、学習用データ格納部1422に格納された学習用データを用いて、学習部921が有する異常検知モデルについて学習処理を行う。これにより、学習部921では、各半導体製造プロセスに適用される、共通の学習済み異常検知モデルを生成することができる。

[0117] なお、サーバ装置1420では、学習部921により生成された学習済み異常検知モデルを、各半導体製造プロセスに対応する各連携部1411に送信する。

[0118] <まとめ>

以上の説明から明らかなように、第3の実施形態では、学習部921と推論部922とを別体とし、それぞれの半導体製造プロセスにおいて取得された学習用データを収集することで、共通の学習済み異常検知モデルを生成する。

[0119] これにより、第3の実施形態によれば、半導体製造プロセスの個体差に依存しない学習済み異常検知モデルを生成することが可能になる。

[0120] [第4の実施形態]

上記第1乃至第3の実施形態では、半導体製造プロセスの処理空間において処理前ウェハ110の処理に伴って測定される多波長の時系列データとして、OESデータを挙げて説明した。しかしながら、半導体製造プロセスの処理空間において処理前ウェハ110の処理に伴って測定される多波長の時系列データは、OESデータに限定されず、例えば、チャンバ内のガスを分析する質量分析装置により測定された質量分析データであってもよい。あるいは、チャンバの外部光源からウェハ表面に投光した際の反射光を測定することで得られる反射光データであってもよい。

[0121] また、上記第1の実施形態では、所定サイズの領域として、横軸方向に3点、縦軸方向に3点の領域を例示したが、所定サイズの領域はこれに限定されない。また、所定サイズの領域の形状は、正方形に限定されず、横軸方向の点数と縦軸方向の点数とは異なってもよい。

[0122] また、上記第1の実施形態では、圧縮部152により圧縮された圧縮後のOESデータを画像化部153が画像化して、画像データ格納部156に格納するものとして説明した。しかしながら、データ処理装置150では、運用上、圧縮前のOESデータ（前処理後のOESデータ）、あるいは、前処理前のOESデータ（元のOESデータ）を一定期間管理することが必要となる場合もある。したがって、データ処理装置150の画像化部153は、上記第1の実施形態において説明した機能に加えて、例えば、元のOESデータを画像化する機能や、前処理後のOESデータを画像化する機能等を有していてもよい。更に、画像化部153は、画像データに対して、JPEG圧縮等の画像圧縮処理を施したうえで、画像データ格納部156に格納する機能を有してもよい。

[0123] また、上記第2及び第3の実施形態では、異常検知モデルに、レシピと画像データとを入力するものとして説明したが、異常検知モデルには、画像デ

ータのみを入力してもよい。あるいは、異常検知モデルには、レシピと、画像データとに加えて、レシピと画像データ以外の他のデータを入力してもよい。

[0124] また、上記第3の実施形態では、複数の半導体製造プロセスに対応するデータ処理装置1401にて生成された学習用データを、サーバ装置1420が収集する場合について説明した。しかしながら、学習用データは、サーバ装置1420を介して（あるいは直接）、データ処理装置間で、相互に送受信してもよい。この場合、連携部1411は、他の半導体製造プロセスの連携部1411から受信した学習用データ（例えば、学習用データ2）を学習用データ格納部923に追加する。これにより、学習部921は、対応する半導体製造プロセスより取得した学習用データ（例えば、学習用データ1）に加えて、他の半導体製造プロセスより取得された学習用データ（例えば、学習用データ2）を用いて、異常検知モデルの学習処理を行うことができる。つまり、学習部921では、対応する半導体製造プロセスにおいて発生していない事象についても学習処理を行うことができる。なお、このようにして生成された学習済みの異常検知モデルは、サーバ装置1420を介して（あるいは直接）、データ処理装置間で、相互に送受信することで、他の半導体製造プロセスに適用してもよい。つまり、いずれかの半導体製造プロセスにおいて生成された学習済みの異常検知モデルを、サーバ装置1420を介して（あるいは直接）、他の半導体製造プロセスに横展開してもよい。

[0125] また、上記第3の実施形態では、サーバ装置1420が学習部921を有し、生成した学習済み異常検知モデルをデータ処理装置1401に提供するものとして説明した。しかしながら、サーバ装置1420に、生成した学習済み異常検知モデルが適用された推論部を配してもよい。この場合、サーバ装置1420では、いずれかの半導体製造プロセスに対応する連携部1411より画像データ及びレシピを受信すると、受信した当該画像データ及びレシピに基づく推論結果を、対応する連携部1411に送信する。つまり、生成した学習済み異常検知モデルをサーバ装置1420に実行可能に配するこ

とで、各半導体製造プロセス間で、学習済み異常検知モデルを共有してもよい。

[0126] 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。

[0127] 本出願は、2020年7月16日に出願された日本国特許出願第2020-122172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

[0128]	100	: データ処理システム
	110	: 処理前ウェハ
	120	: 処理空間
	130	: 処理後ウェハ
	140	: 発光分光分析装置
	150	: データ処理装置
	151	: 前処理部
	152	: 圧縮部
	153	: 画像化部
	420	: OESデータ
	500	: 前処理後OESデータ
	510	: 正規化処理部
	600	: 圧縮後OESデータ
	610	: 平均値算出部
	620	: 代表値抽出部
	500'	: 画像データ
	600'	: 画像データ
	910	: 検査装置

9 2 0	: データ処理装置
9 2 1	: 学習部
9 2 2	: 推論部
1 0 0 0	: 学習用データ
1 1 0 1	: 異常検知モデル
1 2 0 1	: 学習済み異常検知モデル
1 4 0 0	: データ処理システム
1 4 0 1	: データ処理装置
1 4 1 1	: 連携部
1 4 2 0	: サーバ装置

請求の範囲

- [請求項1] 多波長の時系列データを、所定の基準データを用いて正規化することで、正規化データを生成する前処理部と、
前記正規化データを、所定の時間範囲及び所定の波長範囲ごとに複数の領域に区分けし、各領域における外れ値を、代表値として抽出する抽出部と、
前記各領域の代表値を色データに変換して、画像データを生成する生成部と
を有するデータ処理装置。
- [請求項2] 前記前処理部は、前記所定の基準データとして、半導体製造プロセスにおいて基準となる基板を処理した際の前記多波長の時系列データ、または、前記多波長の時系列データのうちの基準となる波長の時系列データを用いて、前記多波長の時系列データを正規化する、請求項1に記載のデータ処理装置。
- [請求項3] 前記抽出部は、前記各領域に含まれる前記正規化データの平均値を算出し、前記各領域に含まれる前記正規化データの中から、それぞれの平均値との差が最も大きい外れ値を、前記各領域の代表値として抽出する請求項1に記載のデータ処理装置。
- [請求項4] 前記多波長の時系列データは、半導体製造プロセスにおいて基板の処理中に、発光分光分析装置または質量分析装置により測定されたデータである、請求項1に記載のデータ処理装置。
- [請求項5] 前記生成部により生成された画像データであって、前記基板の処理中に測定された前記多波長の時系列データに基づいて生成された画像データと、処理後の前記基板の処理結果との対応関係を学習したモデルに、新たに、前記生成部により生成された画像データであって、基板の処理中に測定された多波長の時系列データに基づいて生成された画像データを入力することで、処理後の基板の処理結果を推論する推論部を更に有する、請求項4に記載のデータ処理装置。

- [請求項6] 前記推論部は、前記処理結果として、処理後の前記基板が異常を含むものであること、及び、処理後の前記基板の異常原因を推論する、請求項5に記載のデータ処理装置。
- [請求項7] 前記生成部により生成された画像データであって、前記基板の処理中に測定された前記多波長の時系列データに基づいて生成された画像データを、前記モデルに入力した場合の出力が、処理後の前記基板の処理結果に近づくように、前記モデルについて学習処理を行う学習部を更に有する請求項5に記載のデータ処理装置。
- [請求項8] 請求項5に記載の複数のデータ処理装置と、
前記複数のデータ処理装置と接続され、前記複数のデータ処理装置から、前記基板の処理中に測定された前記多波長の時系列データに基づいて生成された画像データ、または、前記画像データと処理後の前記基板の処理結果との対応関係を学習したモデル、の少なくともいずれかを受信するサーバ装置と
を有するデータ処理システム。
- [請求項9] 請求項5に記載のデータ処理装置と、
前記生成部により生成された画像データであって、前記基板の処理中に測定された前記多波長の時系列データに基づいて生成された画像データを、前記モデルに入力した場合の出力が、処理後の前記基板の処理結果に近づくように、前記モデルについて学習処理を行う学習部を有するサーバ装置と、
を有するデータ処理システム。
- [請求項10] 多波長の時系列データを、所定の基準データを用いて正規化することで、正規化データを生成する前処理工程と、
前記正規化データを、所定の時間範囲及び所定の波長範囲ごとに複数の領域に区分けし、各領域における外れ値を、代表値として抽出する抽出工程と、
前記各領域の代表値を色データに変換して、画像データを生成する

生成工程と

を有するデータ処理方法。

[請求項11] 前記前処理工程は、前記所定の基準データとして、半導体製造プロセスにおいて基準となる基板を処理した際の前記多波長の時系列データ、または、前記多波長の時系列データのうちの基準となる波長の時系列データを用いて、前記多波長の時系列データを正規化する、請求項10に記載のデータ処理方法。

[請求項12] 前記抽出工程は、前記各領域に含まれる前記正規化データの平均値を算出し、前記各領域に含まれる前記正規化データの中から、それぞれの平均値との差が最も大きい外れ値を、前記各領域の代表値として抽出する請求項10に記載のデータ処理方法。

[請求項13] 前記多波長の時系列データは、半導体製造プロセスにおいて基板の処理中に、発光分光分析装置または質量分析装置により測定されたデータである、請求項10に記載のデータ処理方法。

[請求項14] 多波長の時系列データを、所定の基準データを用いて正規化することで、正規化データを生成する前処理工程と、

前記正規化データを、所定の時間範囲及び所定の波長範囲ごとに複数の領域に区分けし、各領域における外れ値を、代表値として抽出する抽出工程と、

前記各領域の代表値を色データに変換して、画像データを生成する生成工程と

をコンピュータに実行させるためのデータ処理プログラム。

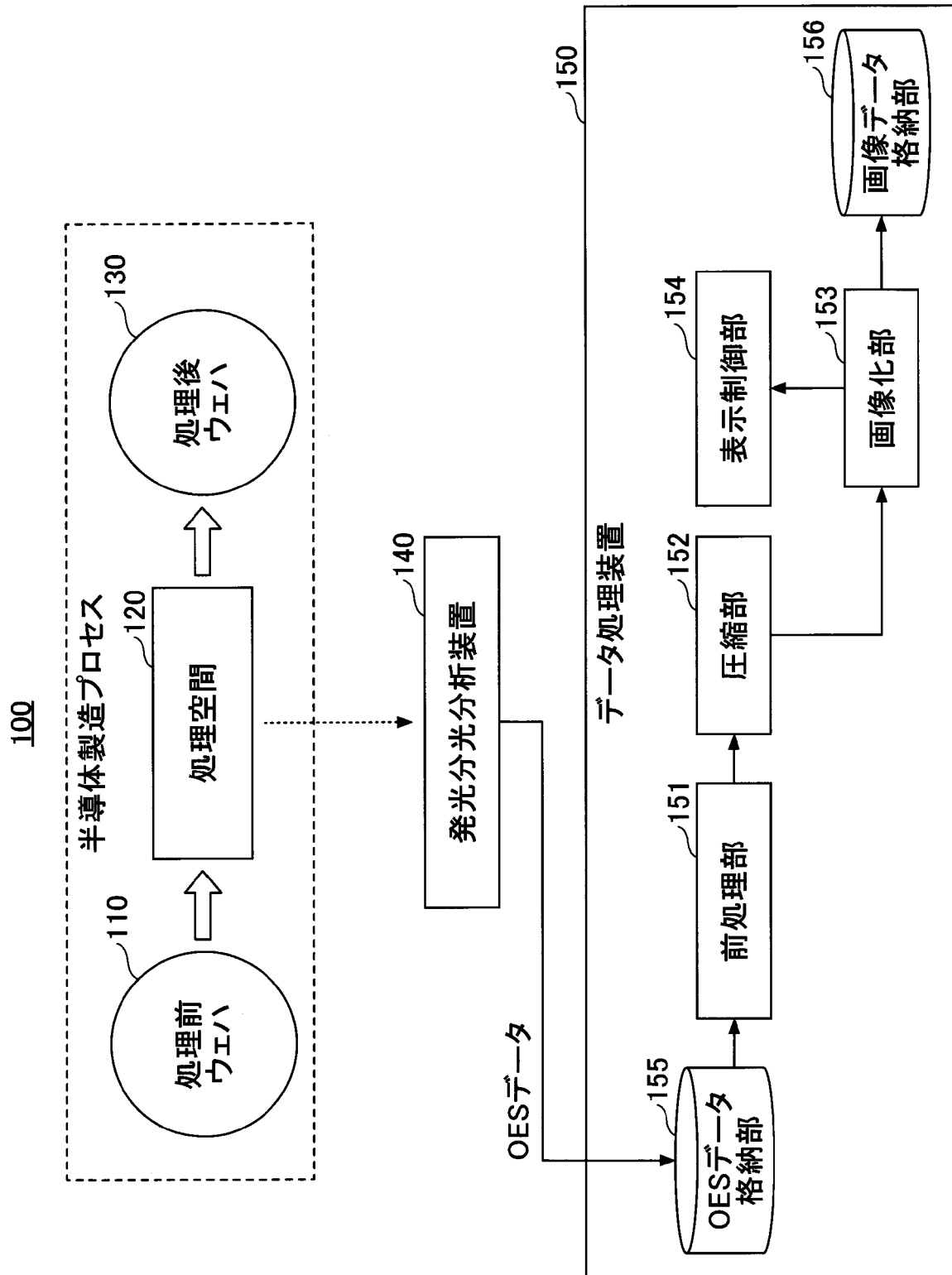
[請求項15] 前記前処理工程は、前記所定の基準データとして、半導体製造プロセスにおいて基準となる基板を処理した際の前記多波長の時系列データ、または、前記多波長の時系列データのうちの基準となる波長の時系列データを用いて、前記多波長の時系列データを正規化する、請求項14に記載のデータ処理プログラム。

[請求項16] 前記抽出工程は、前記各領域に含まれる前記正規化データの平均値

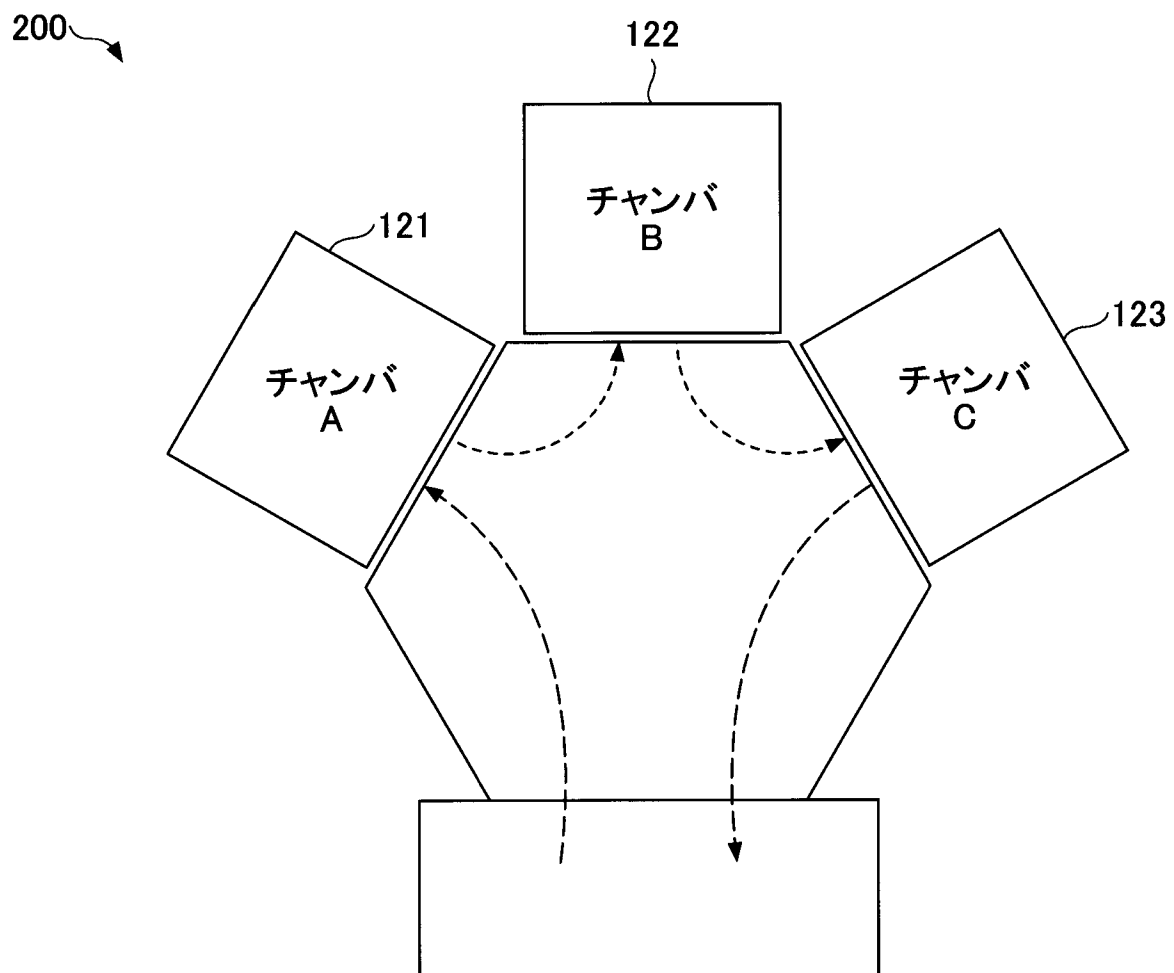
を算出し、前記各領域に含まれる前記正規化データの中から、それぞれの平均値との差が最も大きい外れ値を、前記各領域の代表値として抽出する請求項 14 に記載のデータ処理プログラム。

[請求項17] 前記多波長の時系列データは、半導体製造プロセスにおいて基板の処理中に、発光分光分析装置または質量分析装置により測定されたデータである、請求項 14 に記載のデータ処理プログラム。

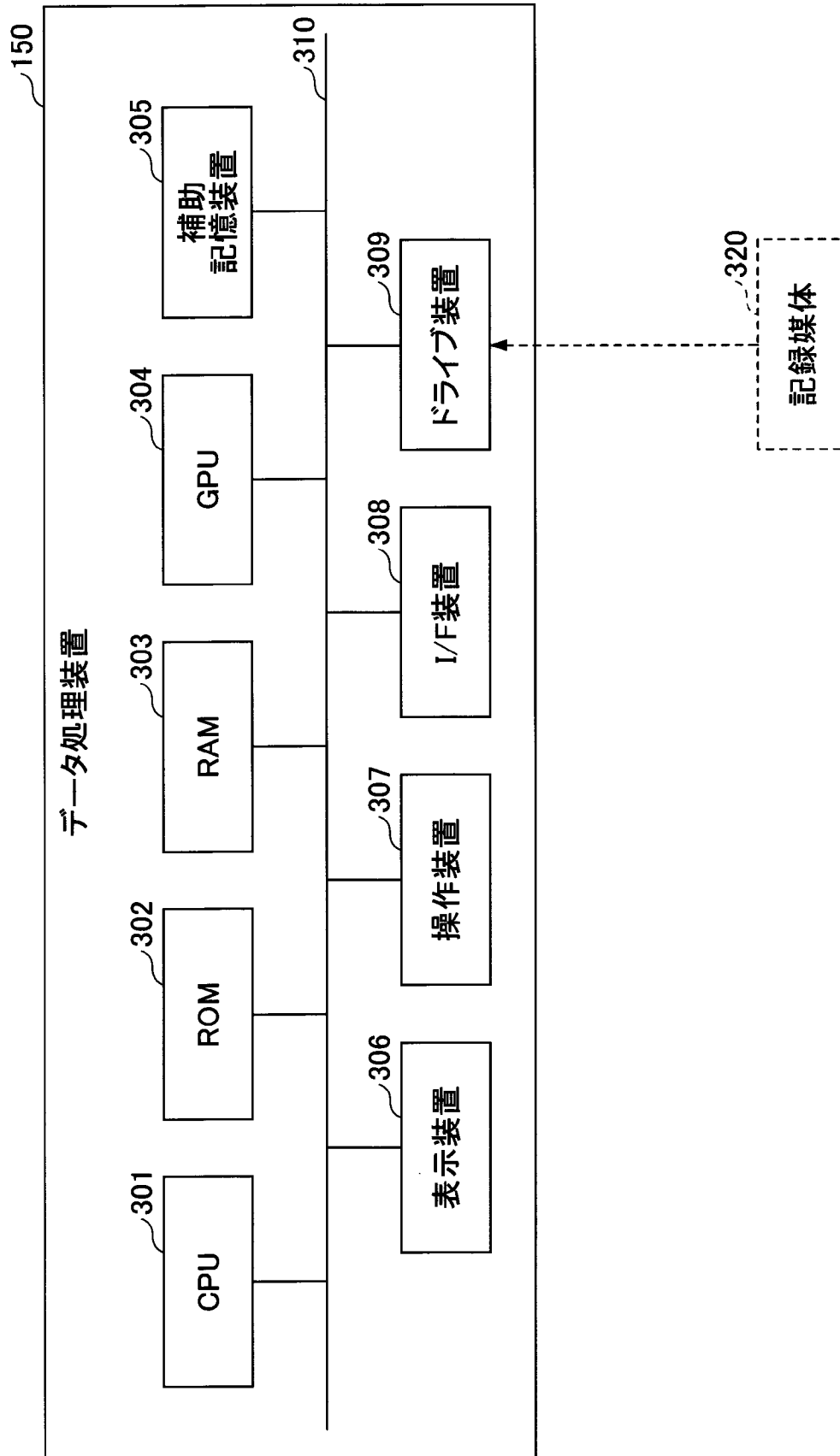
[図1]



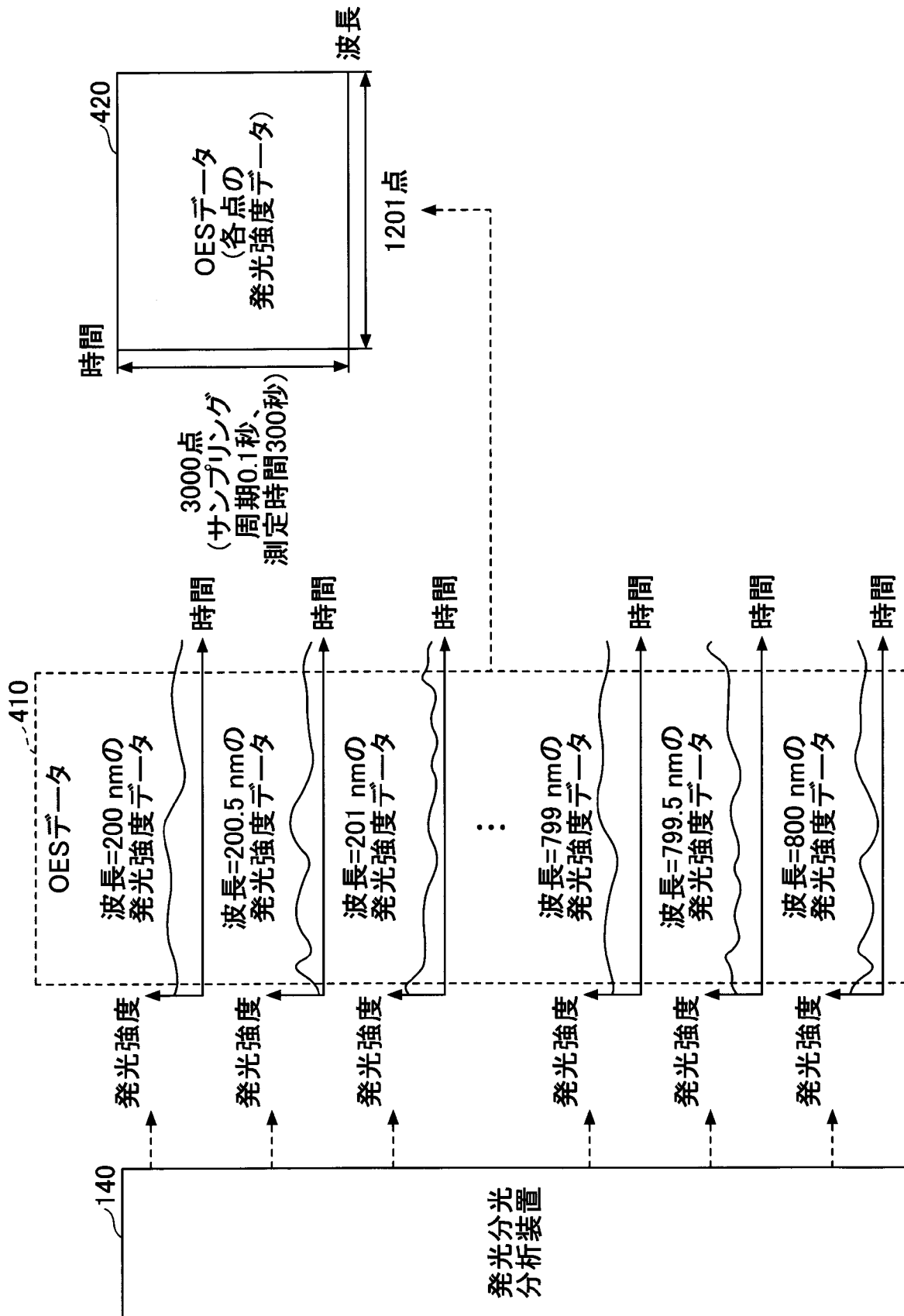
[図2]



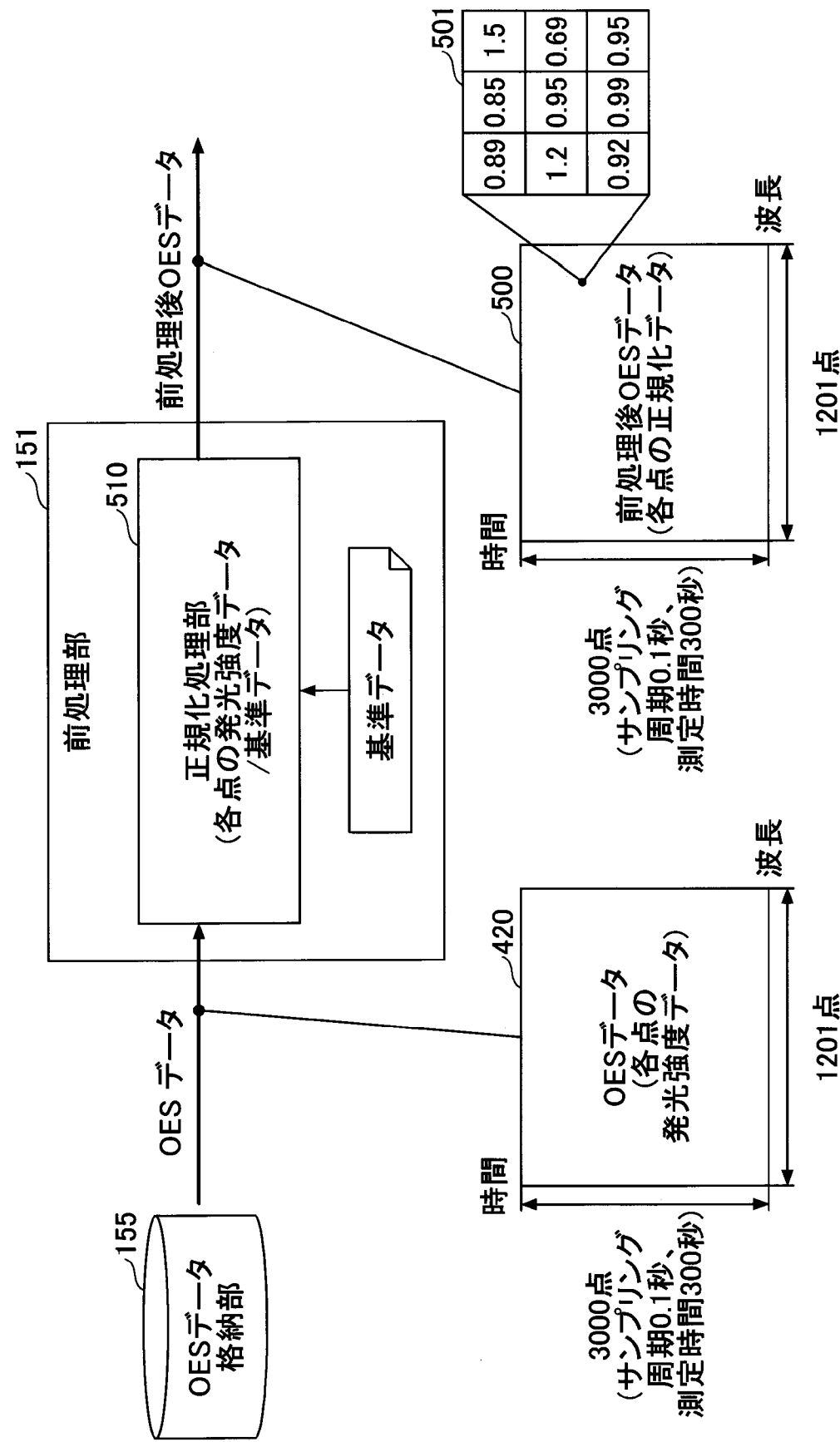
[図3]



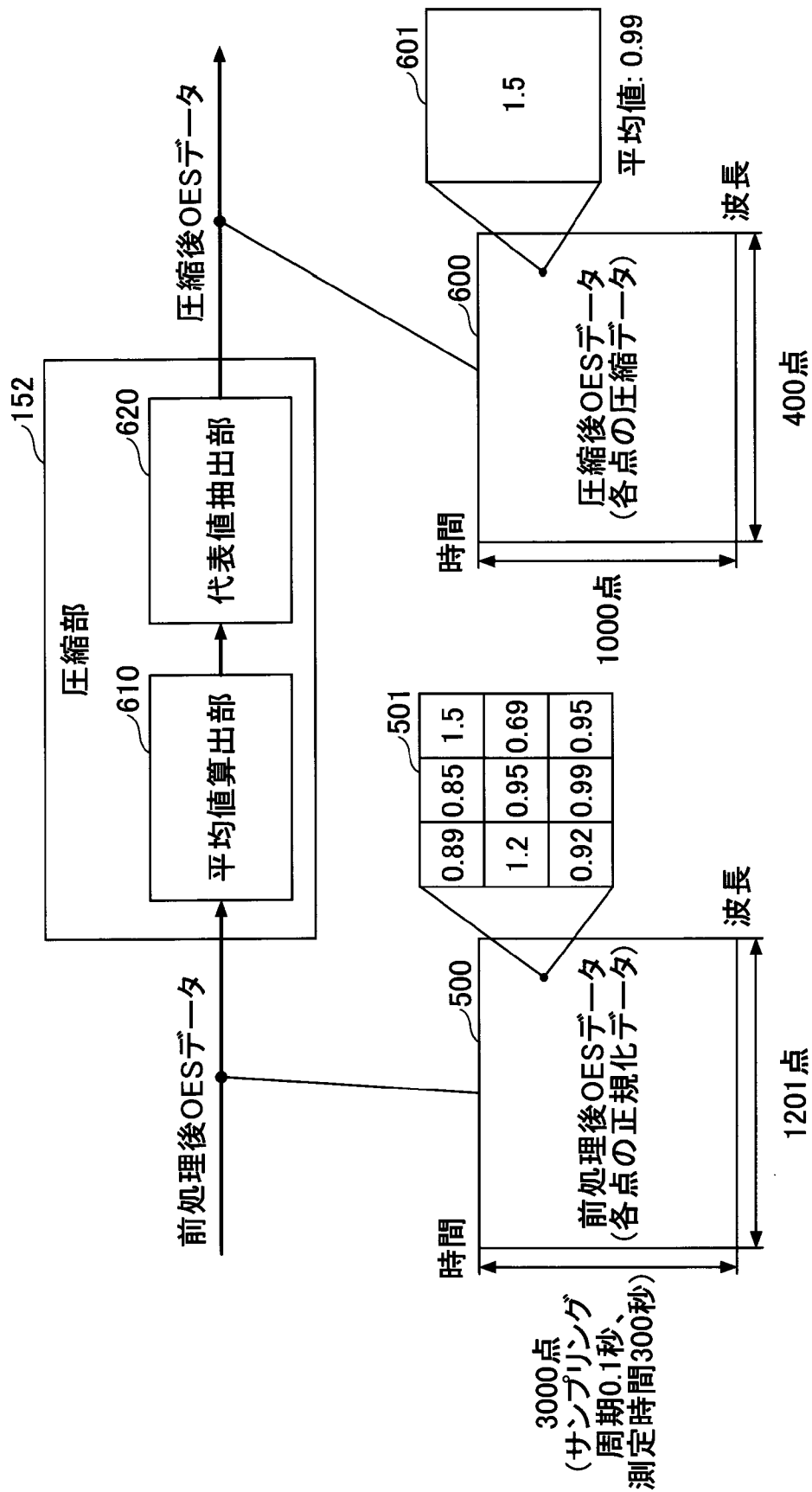
[図4]



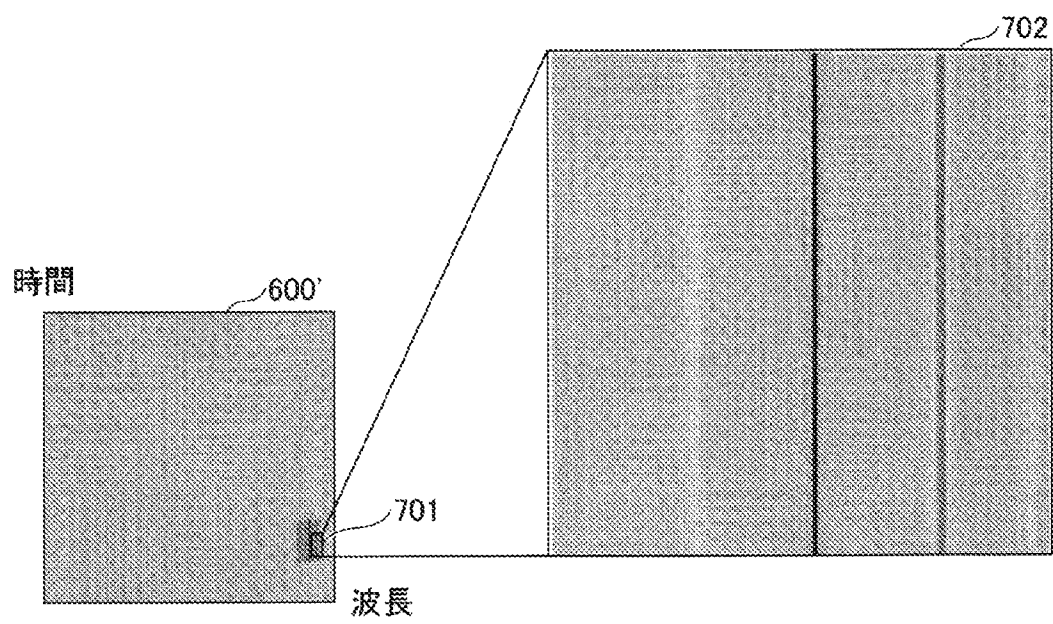
[図5]



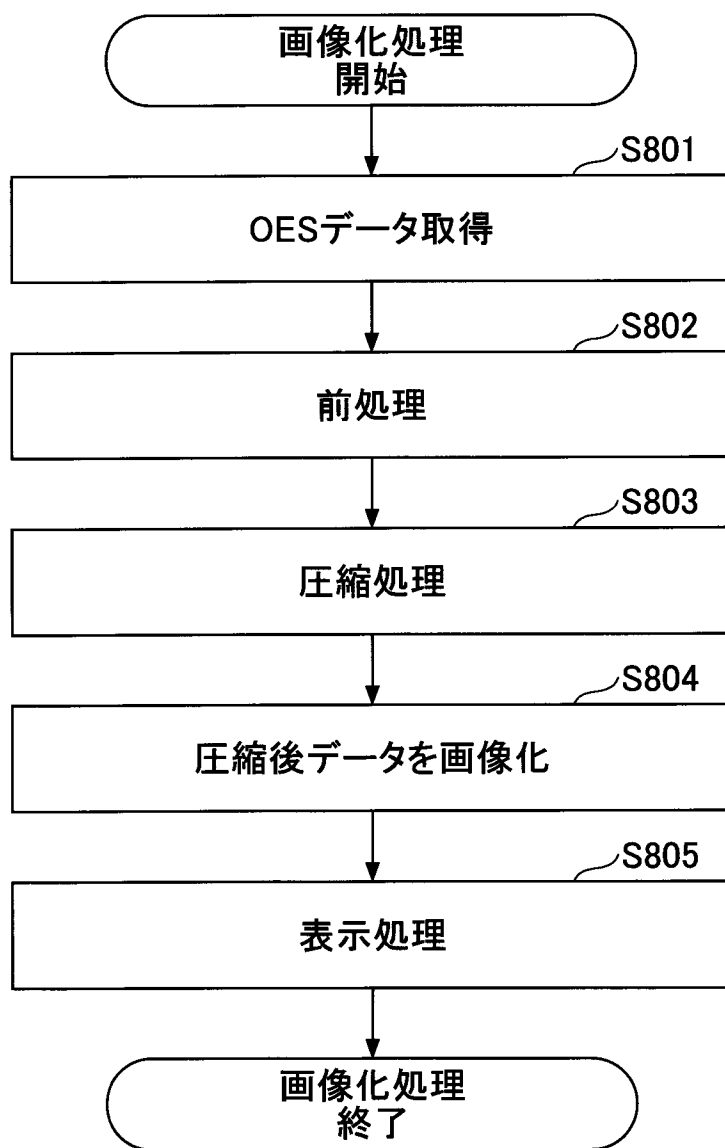
[図6]



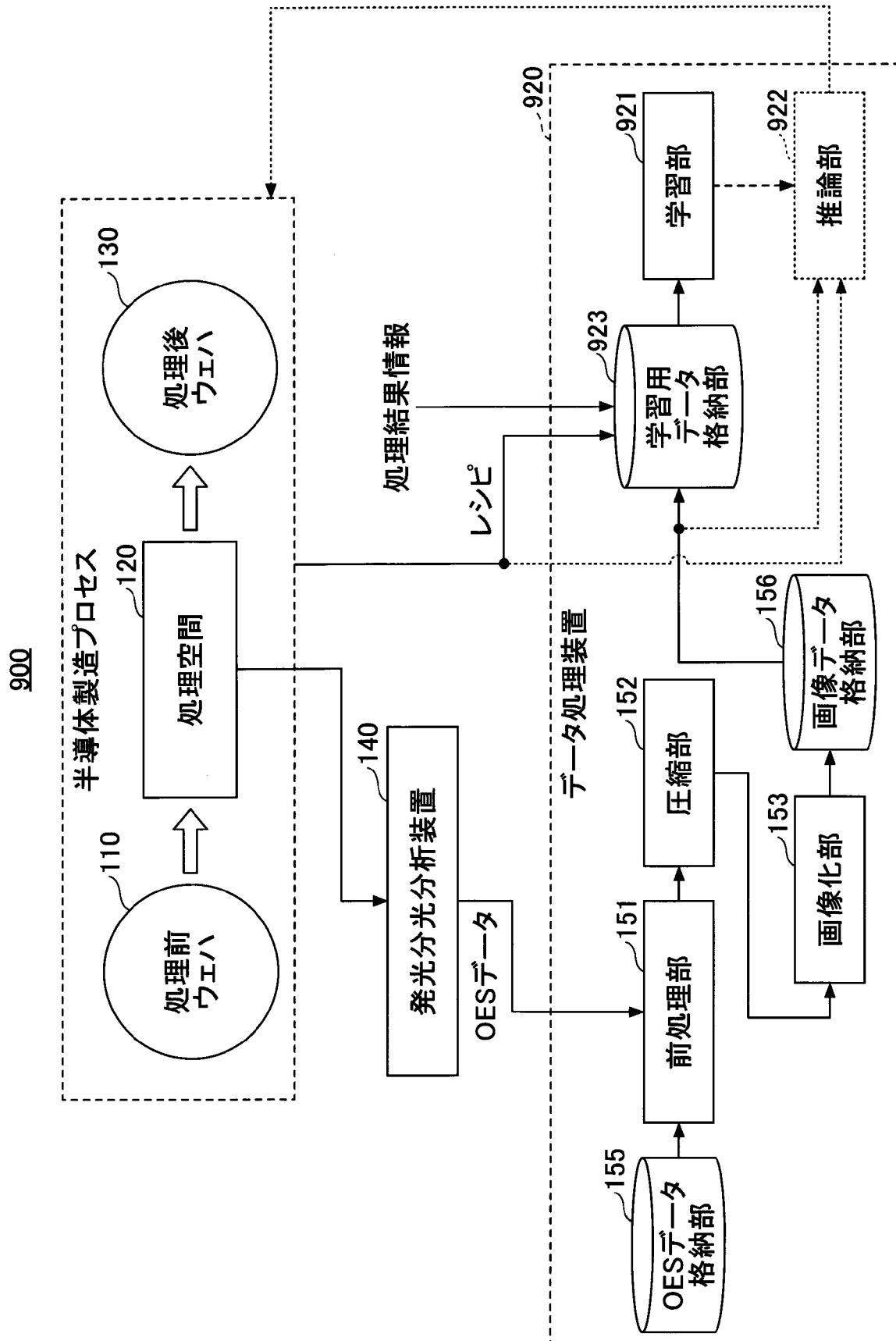
[図7]



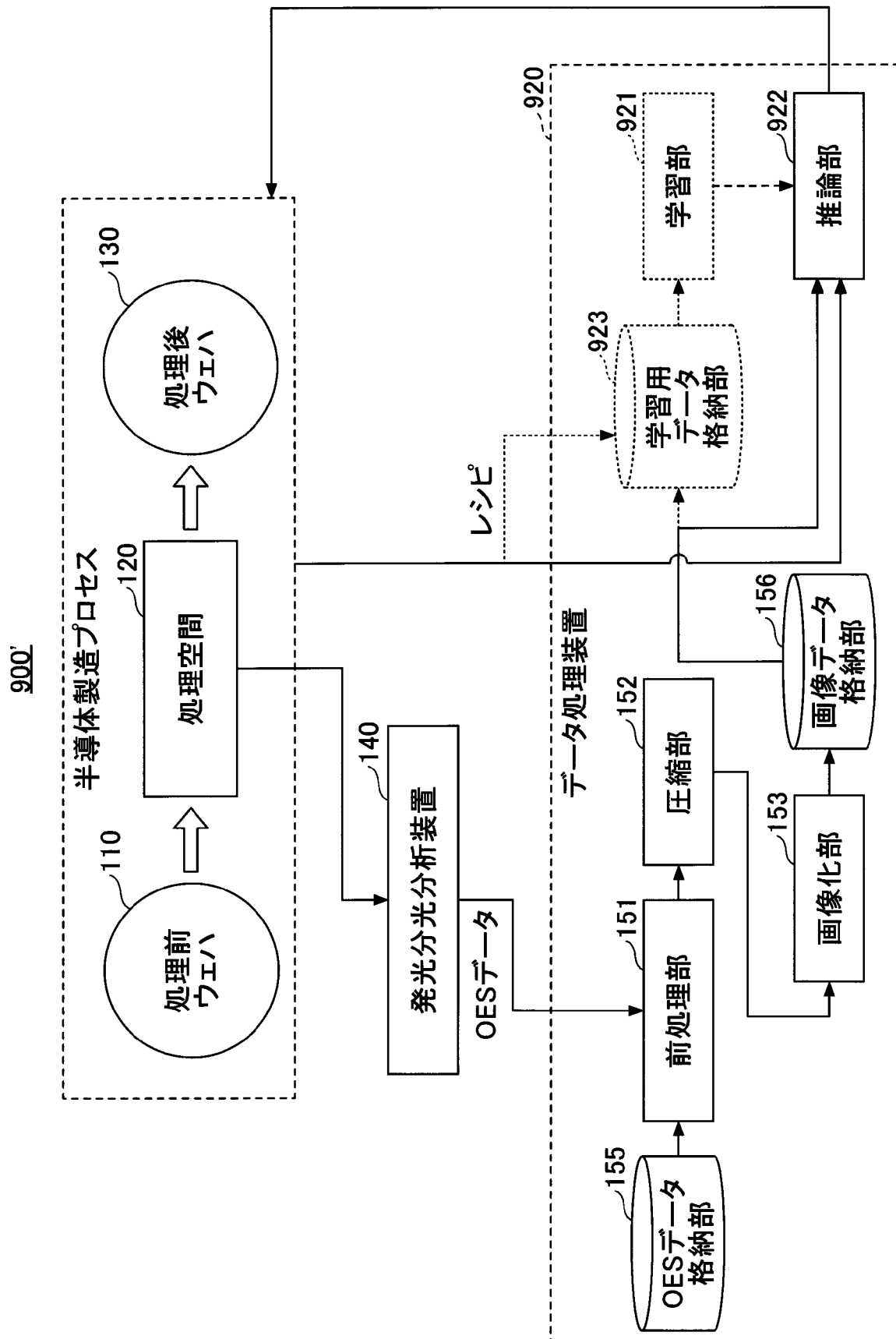
[図8]



[図9A]



[図9B]

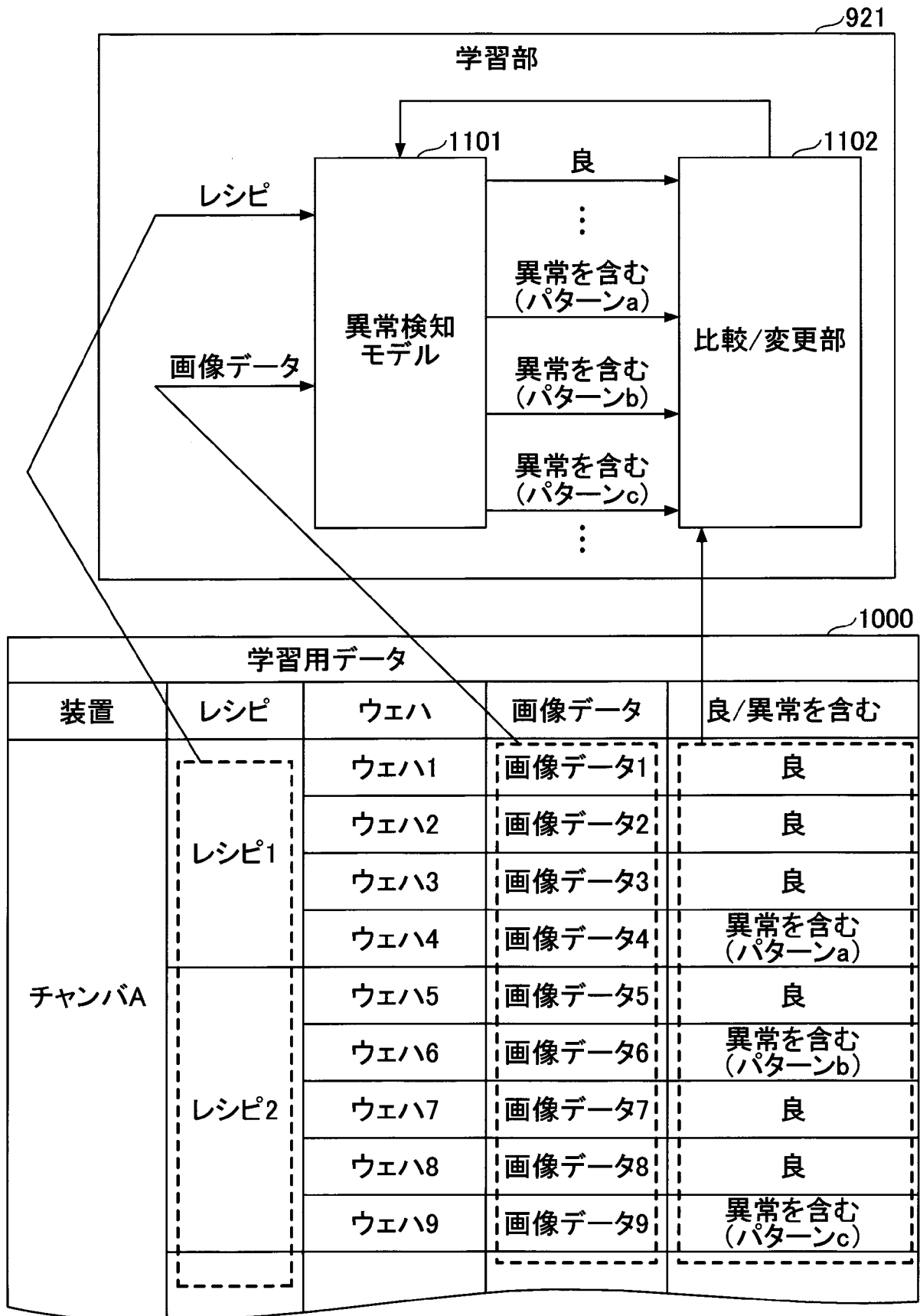


[図10]

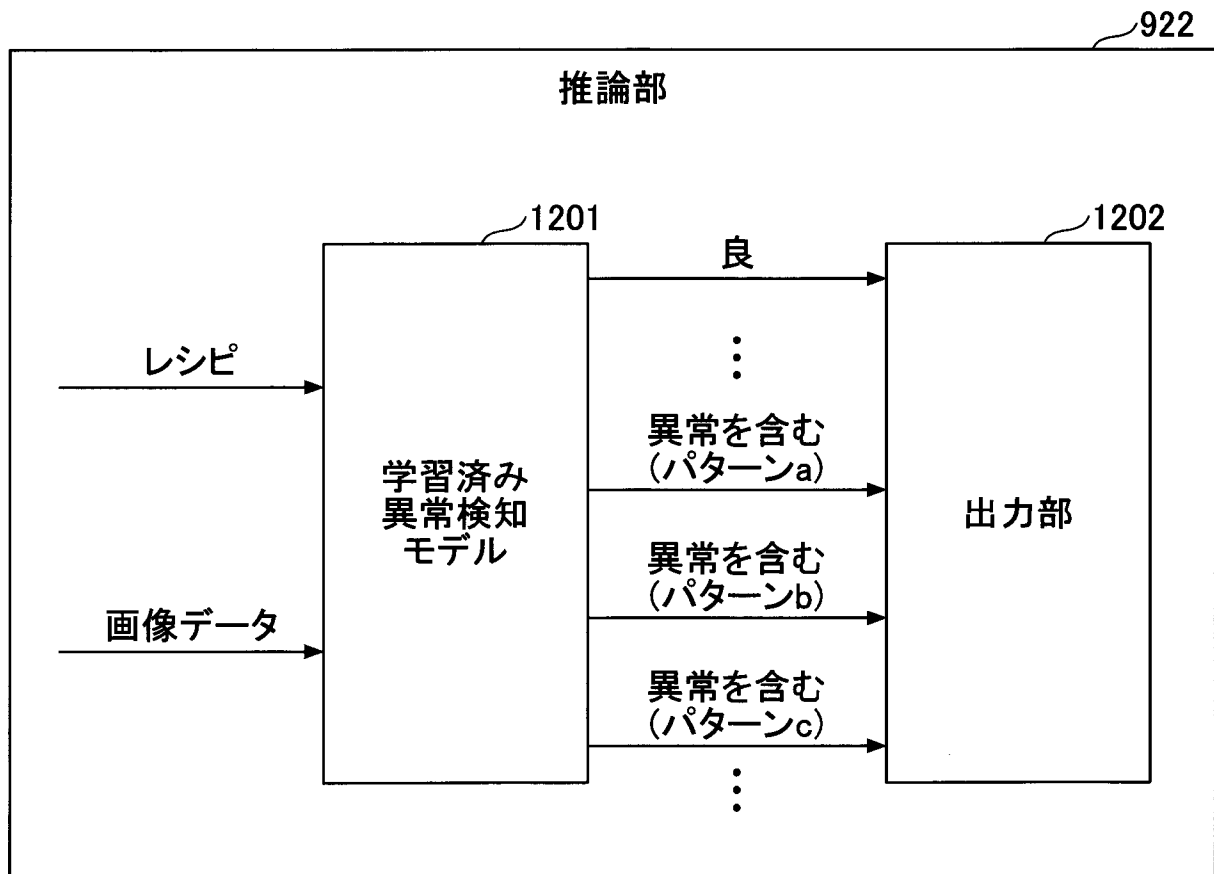
1000

学習用データ					
装置	レシピ	ウェハ	画像データ	良/異常を含む	
チャンバA	レシピ1	ウェハ1	画像データ1	良	
		ウェハ2	画像データ2	良	
		ウェハ3	画像データ3	良	
		ウェハ4	画像データ4	異常を含む(パターンa)	
	レシピ2	ウェハ5	画像データ5	良	
		ウェハ6	画像データ6	異常を含む(パターンb)	
		ウェハ7	画像データ7	良	
		ウェハ8	画像データ8	良	
		ウェハ9	画像データ9	異常を含む(パターンc)	

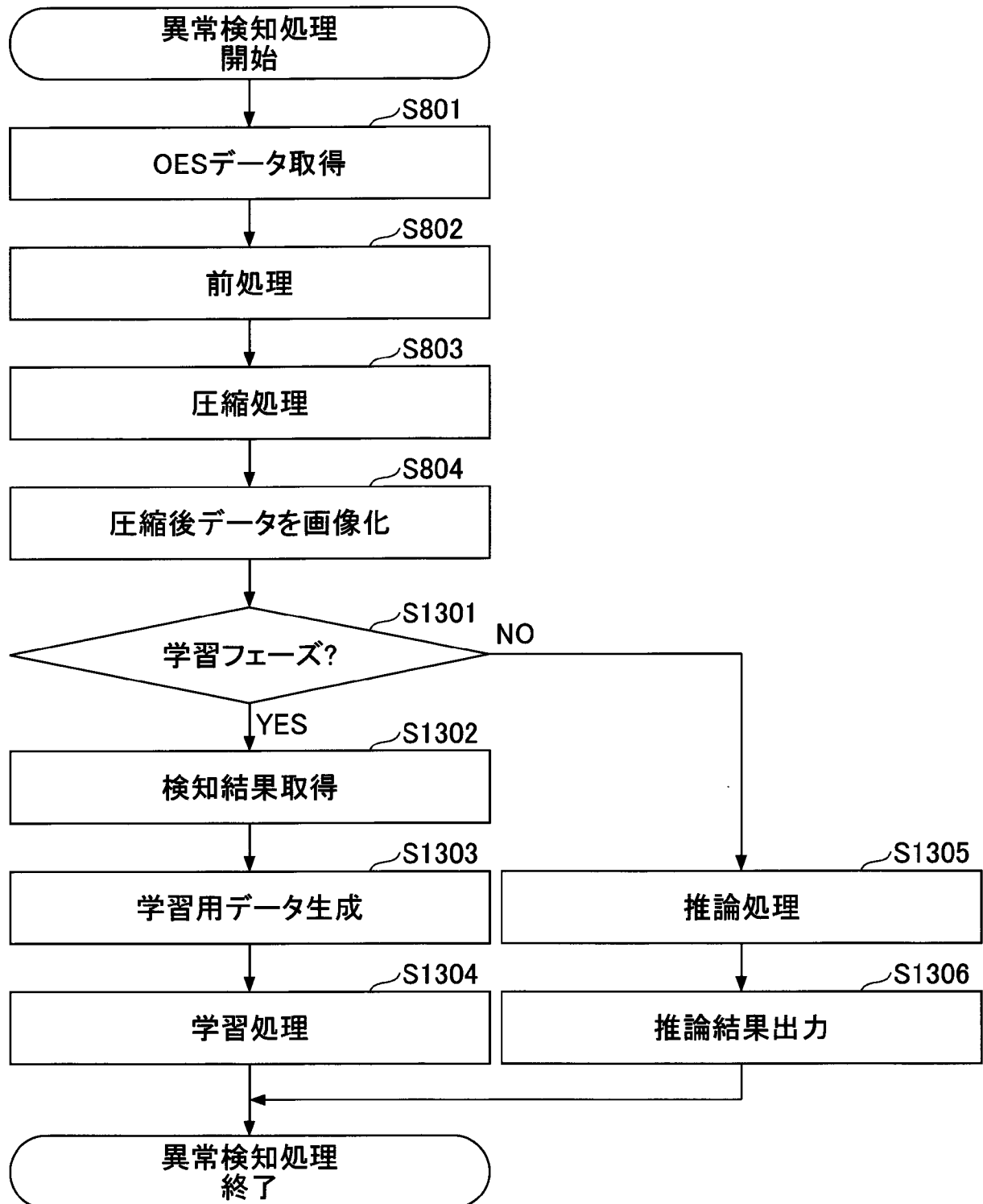
[図11]



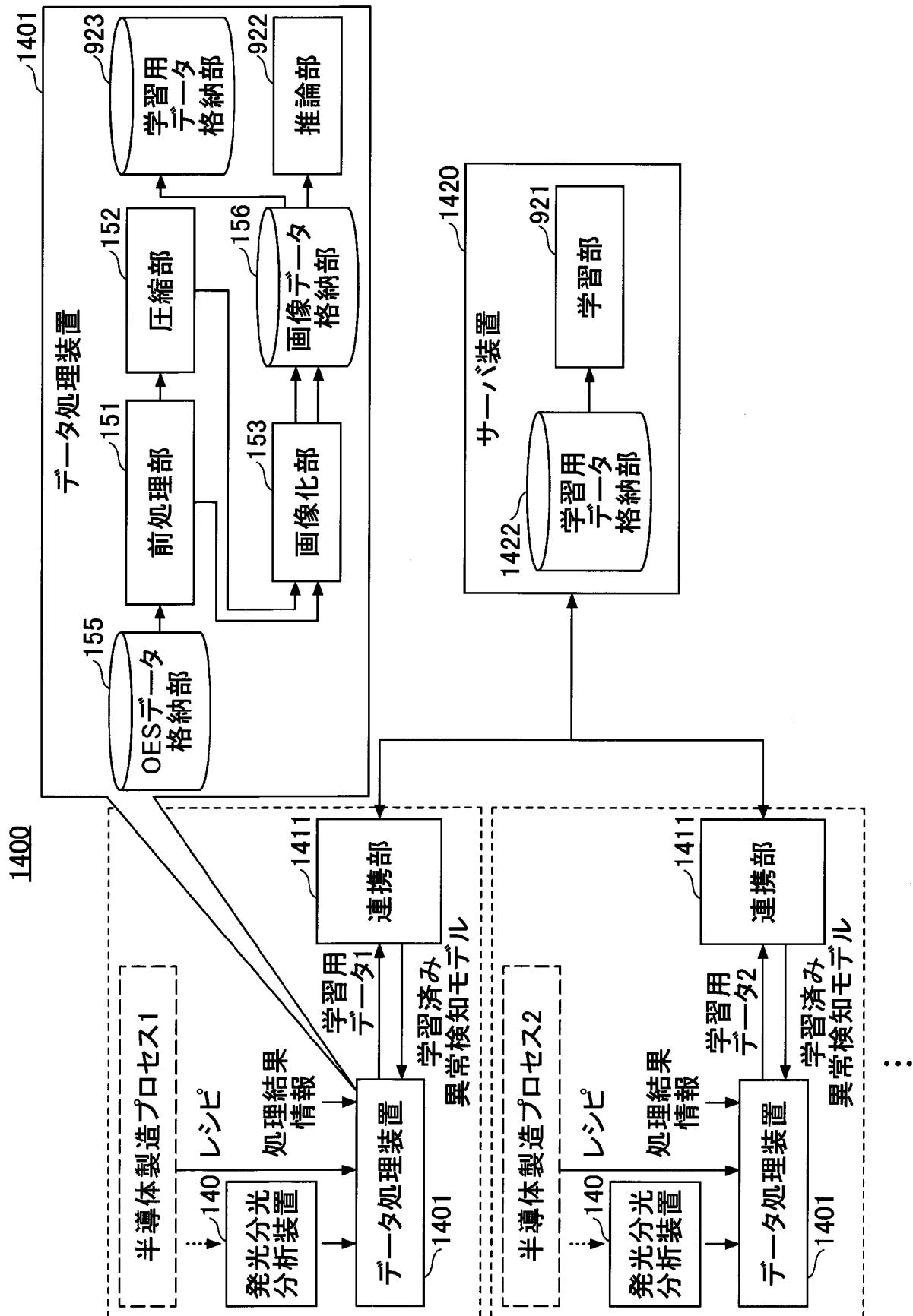
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/025335

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 21/02**(2006.01)i

FI: H01L21/02 Z

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/00,G01N21/27

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-161913 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 19 August 2013 (2013-08-19) entire text, all drawings	1-17
A	JP 2003-509839 A (ADVANCED MICRO DEVICES INC.) 11 March 2003 (2003-03-11) entire text, all drawings	1-17

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 September 2021

Date of mailing of the international search report

28 September 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/025335

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2013-161913	A	19 August 2013	US	2015/0004721	A1	
				entire text, all drawings			
				KR	10-2014-0119066	A	
JP	2003-509839	A	11 March 2003	WO	2013/114870	A1	
JP	2003-509839	A	11 March 2003	US	6238937	B1	
				entire text, all drawings			
				KR	10-0708423	B1	
JP	2003-509839	A	11 March 2003	WO	2001/018845	A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/02(2006.01)i FI: H01L21/02 Z														
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01L21/00, G01N21/27 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	JP 2013-161913 A（東京エレクトロン株式会社）19.08.2013（2013 - 08 - 19） 全文, 全図	1-17												
A	JP 2003-509839 A（アドバンスト・マイクロ・ディバイス・インコーポレイテッド）11.03.2003（2003 - 03 - 11） 全文, 全図	1-17												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 15.09.2021	国際調査報告の発送日 28.09.2021													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 西村 治郎 5F 1164 電話番号 03-3581-1101 内線 3514													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/025335

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2013-161913	A	19.08.2013	US	2015/0004721	A1	
				entire text, all drawings			
				KR	10-2014-0119066	A	
				WO	2013/114870	A1	
JP	2003-509839	A	11.03.2003	US	6238937	B1	
				entire text, all drawings			
				KR	10-0708423	B1	
				WO	2001/018845	A1	