(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
2024年4月4日(04.04.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/070233 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/306 (2006.01) *G06N 20/00* (2019.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/028655

(22) 国際出願日： 2023年8月4日(04.08.2023)

(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 2022-153151 2022年9月26日(26.09.2022) JP

(71) 出願人：株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス(**SCREEN HOLDINGS CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町１番地の１ Kyoto (JP).

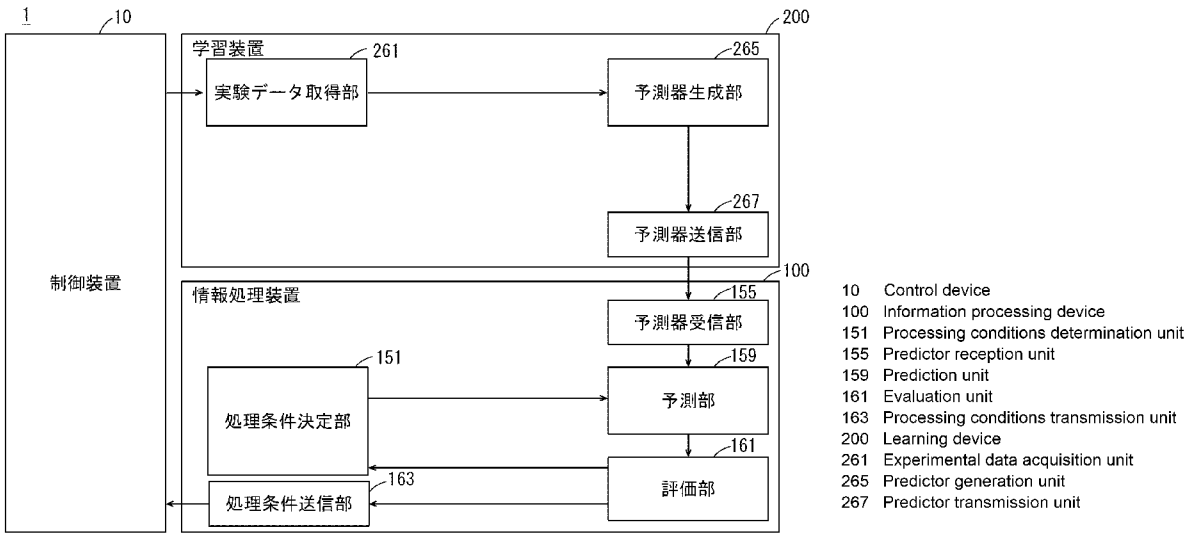
(72) 発明者：▲徳▼山 真裕 (**TOKUYAMA, Masahiro**); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町１番地の１ 株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス内 Kyoto (JP).

(74) 代理人：中川 雅博，外(**NAKAGAWA, Masahiro** et al.); 〒5640052 大阪府吹田市広芝町４番１号江坂・ミタカビル３階 Osaka (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH,

(54) **Title:** LEARNING DEVICE, INFORMATION PROCESSING DEVICE, SUBSTRATE PROCESSING DEVICE, SUBSTRATE PROCESSING SYSTEM, LEARNING METHOD, AND PROCESSING CONDITIONS DETERMINATION METHOD

(54) 発明の名称：学習装置、情報処理装置、基板処理装置、基板処理システム、学習方法および処理条件決定方法



(57) **Abstract:** This learning device includes: an experimental data acquisition unit that acquires a first processing amount indicating the difference in film thickness between before and after processing of a coating film, after the coating film has been processed by driving, under processing conditions including a fluctuating condition that fluctuates over time, a substrate processing device for processing the coating film by supplying a processing liquid to a substrate on which the coating film is formed; and a model generation unit that performs machine learning of training data including the fluctuating condition and the first processing amount corresponding to the processing conditions, and generates a learning model for inferring a second processing amount indicating the difference in film thickness between before and after

WO 2024/070233 A1

［続葉有］

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

processing of the coating film formed on the substrate prior to the coating film processing by the substrate processing device. The learning model includes a first convolutional neural network.

(57) 要約:学習装置は、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより被膜の処理をする基板処理装置を時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で駆動して被膜の処理を行った後に、被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量を取得する実験データ取得部と、変動条件と処理条件に対応する第一処理量とを含む学習用データを機械学習して基板処理装置により被膜の処理をされる前の基板に形成された被膜について被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを生成するモデル生成部と、を備え、学習モデルは、第1畳み込みニューラルネットワークを含む。

明　細　書

発明の名称 ：

学習装置、情報処理装置、基板処理装置、基板処理システム、学習方法および処理条件決定方法

技術分野

[0001] 本発明は、学習装置、情報処理装置、基板処理装置、基板処理システム、学習方法および処理条件決定方法に関し、基板処理装置による処理条件に従った処理をシミュレートする学習モデルを生成する学習装置、その学習モデルを用いて処理条件を決定する情報処理装置、その情報処理装置を備えた基板処理装置、その情報処理装置と学習装置とを備えた基板処理システム、学習装置で実行される学習方法および情報処理装置で実行される処理条件決定方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体製造プロセスにおいて、洗浄プロセスがある。洗浄プロセスでは、基板に薬液を供給するエッチング処理によって、基板に形成されている被膜の膜厚調整が行なわれる。この膜厚調整においては、基板の面が均一となるようにエッチング処理すること、あるいは、基板の面をエッチング処理によって平坦にすることが重要である。エッチング液をノズルから基板の一部に吐出する場合、ノズルを基板に対して径方向に移動させる必要がある。

[0003] 特許文献１には、ノズルから基板にエッチング液を吐出することにより、基板に対してエッチング処理が可能な液処理装置が記載される。特許文献１には、基板の中央領域のエッチング処理を行いつつ、ウエハの面内温度分布を均一にするために、吐出されたエッチング液がウエハの中心を通る中央側の第１位置と、この中央側の位置よりもウエハの周縁側の第２位置との間でエッチングノズルを繰り返し往復させながらエッチング液を吐出する例が記載される。

[0004] エッチング処理は、被膜が処理される処理量がノズルを移動させる動作の

違いによって変化する複雑なプロセスである。また、エッチング処理により被膜が処理される処理量は、基板を処理した後に判明する。このため、ノズルを移動させる動作を設定する作業は、技術者による試行錯誤が必要である。ノズルの最適な動作を決定するまでに、多大なコスト及び時間を要する。

[0005] 特許文献1：特開２０１５－１０３６５６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 一方で、ノズルを移動させる動作をより複雑にすることが望まれる。ノズルを移動させる動作は、時間の経過に伴って変化する位置を示す時系列データである。ノズルを移動させる動作を複雑にすると、サンプリング間隔が短くなるので、時系列データの次元数が多くなる。一般に、学習用データの次元数が多くなると、機械学習に必要なデータ数が指数関数的に増加してしまう。このため、学習用データの次元数が多くなることにより、機械学習によって得られる学習モデルを最適化するのが困難となる。また、エッチング処理は、複雑なプロセスなので、目標とする処理量に適したノズルの動作は１つとは限らず、複数存在する場合がある。

[0007] 本発明の目的の１つは、基板を処理するために時間の経過に伴って変化する条件を機械学習させるのに適した学習装置、学習方法および基板処理システムを提供することである。

[0008] また、本発明の他の目的は、基板を処理する複雑なプロセスの処理結果に対して複数の処理条件を提示することが可能な情報処理装置、基板処理装置、基板処理システムおよび処理条件決定方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の一局面に従う学習装置は、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより被膜の処理をする基板処理装置を時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で駆動して被膜の処理を行った後に、被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量を取得する実験データ取得部と、変動条件と処理条件に対応する第一処理量とを含む学習用データを機械学習して基

板処理装置により被膜の処理をされる前の基板に形成された被膜について被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを生成するモデル生成部と、を備え、学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含む。

[0010] 本発明の他の局面に従う情報処理装置は、基板処理装置を管理する情報処理装置であって、基板処理装置は、時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより、被膜の処理をし、基板処理装置により被膜の処理をされる前の基板に形成された被膜について被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを用いて、基板処理装置を駆動するための処理条件を決定する処理条件決定部と、を備え、学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含み、基板処理装置が被膜の処理をした処理条件に含まれる変動条件と基板処理装置により被膜の処理をされた基板に形成された被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量とを含む学習用データを機械学習した推論モデルであり、処理条件決定部は、仮の変動条件を学習モデルに与えて学習モデルにより推測される第二処理量が許容条件を満たす場合に仮の変動条件を含む処理条件を、基板処理装置を駆動するための処理条件に決定する。

[0011] 本発明のさらに他の局面に従う基板処理システムは、基板処理装置を管理する基板処理システムであって、学習装置と情報処理装置とを備え、基板処理装置は、時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより、被膜の処理をし、学習装置は、基板処理装置を処理条件で駆動して基板に形成された被膜の処理を行った後に、被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量を取得する実験データ取得部と、変動条件と処理条件に対応する第一処理量とを含む学習用データを機械学習して基板処理装置により被膜の処理をされる前の基板に形成された被膜について被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを生成するモデル生成部と、を備え、学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含み、情報処理装置は、学習装置により生成さ

れた学習モデルを用いて、基板処理装置を駆動するための処理条件を決定する処理条件決定部と、を備え、処理条件決定部は、学習装置により生成された学習モデルに仮の変動条件を与えて学習モデルにより推測される第二処理量が許容条件を満たす場合に仮の変動条件を含む処理条件を、基板処理装置を駆動するための処理条件に決定する。

[0012] 本発明のさらに他の局面に従う学習方法は、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより被膜の処理をする基板処理装置を時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で駆動して被膜の処理を行った後に、被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量を取得する処理と、変動条件と処理条件に対応する第一処理量とを含む学習用データを機械学習して基板処理装置により被膜の処理をされる前の基板に形成された被膜について被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを生成する処理と、をコンピューターに実行させ、学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含む。

[0013] 本発明のさらに他の局面に従う処理条件決定方法は、基板処理装置を管理するコンピューターで実行される処理条件決定方法であって、基板処理装置は、時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより、被膜の処理をし、基板処理装置により被膜の処理をされる前の基板に形成された被膜について被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを用いて、基板処理装置を駆動するための処理条件を決定する処理と、を含み、学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含み、基板処理装置が被膜の処理をした処理条件に含まれる変動条件と基板処理装置により被膜の処理をされた基板に形成された被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量とを含む学習用データを機械学習した推論モデルであり、処理条件を決定する処理は、仮の変動条件を学習モデルに与えて学習モデルにより推測される第二処理量が許容条件を満たす場合に仮の変動条件を含む処理条件を、基板処理装置を駆動するための処理条件に決定する処理を含む。

発明の効果

[0014] 基板を処理するために時間の経過に伴って変化する条件を機械学習させるのに適した学習装置、学習方法および基板処理システムを提供することができる。

[0015] 基板を処理する複雑なプロセスの処理結果に対して複数の処理条件を提示することが可能な情報処理装置、基板処理装置、基板処理システムおよび処理条件決定方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図１は本発明の一実施の形態に係る基板処理システムの構成を説明するための図である。

[図2]図２は情報処理装置の構成の一例を示す図である。

[図3]図３は学習装置の構成の一例を示す図である。

[図4]図４は基板処理システムの機能的な構成の一例を示す図である。

[図5]図５は膜厚特性の一例を示す図である。

[図6]図６は学習モデルを説明する図である。

[図7]図７は学習処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図8]図８は処理条件決定処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図9]図９は追加学習処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図10]図１０は他の実施の形態に係る学習モデルを説明するための第１の図である。

[図11]図１１は他の実施の形態に係る学習モデルを説明するための第２の図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の一実施の形態に係る基板処理システムについて図面を参照しながら詳細に説明する。以下の説明において、基板とは、半導体基板（半導体ウェハ）、液晶表示装置もしくは有機ＥＬ（Electro Luminescence）表示装置等のＦＰＤ（Flat Panel Display）用基板、光ディスク用基板、磁気ディスク用基板、光磁気ディスク用基板、フォトマスク用基板、セラミック

基板または太陽電池用基板等をいう。

[0018] １．基板処理システムの全体構成

図１は、本発明の一実施の形態に係る基板処理システムの構成を説明するための図である。図１の基板処理システム１は、情報処理装置１００、学習装置２００および基板処理装置３００を含む。学習装置２００は、例えばサーバであり、情報処理装置１００は、例えばパーソナルコンピューターである。

[0019] 学習装置２００および情報処理装置１００は、基板処理装置３００を管理するために用いられる。なお、学習装置２００および情報処理装置１００が管理する基板処理装置３００は、１台に限定されるものではなく、基板処理装置３００の複数を管理してもよい。

[0020] 本実施の形態に係る基板処理システム１において、情報処理装置１００、学習装置２００および基板処理装置３００は、互いに有線または無線の通信線または通信回線網により接続される。情報処理装置１００、学習装置２００および基板処理装置３００は、それぞれがネットワークに接続され、互いにデータの送受信が可能である。ネットワークは、例えば、ローカルエリアネットワーク（ＬＡＮ）またはワイドエリアネットワーク（ＷＡＮ）が用いられる。また、ネットワークは、インターネットであってもよい。また、情報処理装置１００と基板処理装置３００とは、専用の通信回線網で接続されてもよい。ネットワークの接続形態は、有線接続であってもよいし、無線接続であってもよい。

[0021] なお、学習装置２００は、基板処理装置３００および情報処理装置１００と、必ずしも通信線または通信回線網で接続される必要はない。この場合、基板処理装置３００で生成されたデータが記録媒体を介して学習装置２００に渡されてもよい。また、学習装置２００で生成されたデータが記録媒体を介して情報処理装置１００に渡されてもよい。

[0022] 基板処理装置３００には、図示しない表示装置、音声出力装置および操作部が設けられる。基板処理装置３００は、基板処理装置３００の予め定めら

れた処理条件（処理レシピ）に従って運転される。

[0023] ２．基板処理装置の概要

基板処理装置３００は、制御装置１０と、複数の基板処理ユニットＷＵを備える。制御装置１０は、複数の基板処理ユニットＷＵを制御する。複数の基板処理ユニットＷＵは、被膜が形成された基板Ｗに処理液を供給することにより基板を処理する。処理液はエッチング液を含み、基板処理ユニットＷＵはエッチング処理を実行する。エッチング液は、薬液である。エッチング液は、例えば、フッ硝酸（フッ酸（ＨＦ）と硝酸（ＨＮＯ３）との混合液）、フッ酸、バファードフッ酸（ＢＨＦ）、フッ化アンモニウム、ＨＦＥＧ（フッ酸とエチレングリコールとの混合液）、又は、燐酸（Ｈ３ＰＯ４）である。

[0024] 基板処理ユニットＷＵは、スピンチャックＳＣと、スピンモータＳＭと、ノズル３１１と、ノズル移動機構３０１と、を備える。スピンチャックＳＣは、基板Ｗを水平に保持する。スピンモータＳＭは、第１回転軸ＡＸ１を有する。第１回転軸ＡＸ１は、上下方向に延びる。スピンチャックＳＣは、スピンモータＳＭの第１回転軸ＡＸ１の上端部に取り付けられる。スピンモータＳＭが回転すると、スピンチャックＳＣが第１回転軸ＡＸ１を中心として回転する。スピンモータＳＭは、ステッピングモータである。スピンチャックＳＣに保持された基板Ｗは、第１回転軸ＡＸ１を中心として回転する。このため、基板Ｗの回転速度は、ステッピングモータの回転速度と同じである。なお、スピンモータの回転速度を示す回転速度信号を生成するエンコーダを設ける場合、エンコーダにより生成される回転速度信号から基板Ｗの回転速度が取得されてもよい。この場合、スピンモータは、ステッピングモータ以外のモータを用いることができる。

[0025] ノズル３１１は、基板Ｗにエッチング液を供給する。ノズル３１１は、図示しないエッチング液供給部からエッチング液が供給され、回転中の基板Ｗに向けてエッチング液を吐出する。

[0026] ノズル移動機構３０１は、略水平方向にノズル３１１を移動させる。具体

的には、ノズル移動機構３０１は、第２回転軸ＡＸ２を有するノズルモータ３０３と、ノズルアーム３０５と、を有する。ノズルモータ３０３は、第２回転軸ＡＸ２が略鉛直方向に沿うように配置される。ノズルアーム３０５は、直線状に延びる長手形状を有する。ノズルアーム３０５の一端は、ノズルアーム３０５の長手方向が第２回転軸ＡＸ２とは異なる方向となるように、第２回転軸ＡＸ２の上端に取り付けられる。ノズルアーム３０５の他端に、ノズル３１１がその吐出口が下方を向くように取り付けられる。

[0027] ノズルモータ３０３が動作すると、ノズルアーム３０５は第２回転軸ＡＸ２を中心として水平面内で回転する。これにより、ノズルアーム３０５の他端に取り付けられたノズル３１１は、第２回転軸ＡＸ２を中心として水平方向に移動する（旋回する）。ノズル３１１は、水平方向に移動しながら基板Ｗに向けてエッチング液を吐出する。ノズルモータ３０３は、例えば、ステッピングモータである。

[0028] 制御装置１０は、ＣＰＵ（中央演算処理装置）およびメモリを含み、ＣＰＵがメモリに記憶されたプログラムを実行することにより、基板処理装置３００の全体を制御する。制御装置１０は、スピンモータＳＭおよびノズルモータ３０３を制御する。

[0029] 学習装置２００は、基板処理装置３００から実験データが入力され、実験データを用いて学習モデルを機械学習し、学習済の学習モデルを、情報処理装置１００に出力する。

[0030] 情報処理装置１００は、学習済の学習モデルを用いて、基板処理装置３００がこれから処理する予定の基板に対して、基板を処理するための処理条件を決定する。情報処理装置１００は、決定された処理条件を基板処理装置３００に出力する。

[0031] 図２は、情報処理装置の構成の一例を示す図である。図２を参照して、情報処理装置１００は、ＣＰＵ１０１、ＲＡＭ（ランダムアクセスメモリ）１０２、ＲＯＭ（リードオンリメモリ）１０３、記憶装置１０４、操作部１０５、表示装置１０６および入出力Ｉ／Ｆ（インターフェイス）１０７により

構成される。ＣＰＵ１０１、ＲＡＭ１０２、ＲＯＭ１０３、記憶装置１０４、操作部１０５、表示装置１０６および入出力Ｉ／Ｆ１０７はバス１０８に接続される。

[0032] ＲＡＭ１０２は、ＣＰＵ１０１の作業領域として用いられる。ＲＯＭ１０３にはシステムプログラムが記憶される。記憶装置１０４は、ハードディスクまたは半導体メモリ等の記憶媒体を含み、プログラムを記憶する。プログラムは、ＲＯＭ１０３または他の外部記憶装置に記憶されてもよい。

[0033] 記憶装置１０４には、ＣＤ－ＲＯＭ１０９が着脱可能である。ＣＰＵ１０１が実行するプログラムを記憶する記録媒体としては、ＣＤ－ＲＯＭ１０９に限られず、光ディスク（ＭＯ（Ｍａｇｎｅｔｉｃ Ｏｐｔｉｃａｌ Ｄｉｓｃ）／ＭＤ（Ｍｉｎｉ Ｄｉｓｃ）／ＤＶＤ（Ｄｉｇｉｔａｌ Ｖｅｒｓａｔｉｌｅ Ｄｉｓｃ））、ＩＣカード、光カード、マスクＲＯＭ、ＥＰＲＯＭ（Ｅｒａｓａｂｌｅ Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ ＲＯＭ）などの半導体メモリ等の媒体でもよい。さらに、ＣＰＵ１０１がネットワークに接続されたコンピューターからプログラムをダウンロードして記憶装置１０４に記憶する、または、ネットワークに接続されたコンピューターがプログラムを記憶装置１０４に書込みするようにして、記憶装置１０４に記憶されたプログラムをＲＡＭ１０２にロードしてＣＰＵ１０１で実行するようにしてもよい。ここでいうプログラムは、ＣＰＵ１０１により直接実行可能なプログラムだけでなく、ソースプログラム、圧縮処理されたプログラム、暗号化されたプログラム等を含む。

[0034] 操作部１０５は、キーボード、マウスまたはタッチパネル等の入力デバイスである。使用者は、操作部１０５を操作することにより、情報処理装置１００に所定の指示を与えることができる。表示装置１０６は、液晶表示装置等の表示デバイスであり、使用者による指示を受け付けるためのＧＵＩ（Ｇｒａｐｈｉｃａｌ Ｕｓｅｒ Ｉｎｔｅｒｆａｃｅ）等を表示する。入出力Ｉ／Ｆ１０７は、ネットワークに接続される。

[0035] 図３は、学習装置の構成の一例を示す図である。図３を参照して、学習装

置２００は、ＣＰＵ２０１、ＲＡＭ２０２、ＲＯＭ２０３、記憶装置２０４、操作部２０５、表示装置２０６および入出力Ｉ／Ｆ２０７により構成される。ＣＰＵ２０１、ＲＡＭ２０２、ＲＯＭ２０３、記憶装置２０４、操作部２０５、表示装置２０６および入出力Ｉ／Ｆ２０７はバス２０８に接続される。

[0036] ＲＡＭ２０２は、ＣＰＵ２０１の作業領域として用いられる。ＲＯＭ２０３にはシステムプログラムが記憶される。記憶装置２０４は、ハードディスクまたは半導体メモリ等の記憶媒体を含み、プログラムを記憶する。プログラムは、ＲＯＭ２０３または他の外部記憶装置に記憶されてもよい。記憶装置２０４には、ＣＤ－ＲＯＭ２０９が着脱可能である。

[0037] 操作部２０５は、キーボード、マウスまたはタッチパネル等の入力デバイスである。入出力Ｉ／Ｆ２０７は、ネットワークに接続される。

[0038] ３．基板処理システムの機能構成

図４は、基板処理システムの機能的な構成の一例を示す図である。図４を参照して、基板処理装置３００が備える制御装置１０は、基板処理ユニットＷＵを制御して、処理条件に従って基板Ｗを処理する。処理条件は、予め定められた処理時間の間に基板Ｗを処理する条件である。処理時間は、基板に対する処理に対して定められる時間である。本実施の形態において、処理時間は、基板Ｗにノズル３１１がエッチング液を吐出している間の時間である。

[0039] 処理条件は、本実施の形態においては、エッチング液の温度、エッチング液の濃度、エッチング液の流量、基板Ｗの回転数、ノズル３１１と基板Ｗとの相対位置を含む。処理条件は、時間の経過に伴って変動する変動条件を含む。本実施の形態において、変動条件は、ノズル３１１と基板Ｗとの相対位置である。相対位置は、ノズルモータ３０３の回転角度で示される。処理条件は、時間の経過に伴って変動しない固定条件を含む。本実施の形態において、固定条件は、エッチング液の温度、エッチング液の濃度、エッチング液の流量、基板Ｗの回転数である。

[0040] 学習装置２００は、学習用データを学習モデルに学習させて、処理条件からエッチングプロファイルを推測する推論モデルを生成する。以下、学習装置２００が生成する推論モデルを予測器という。

[0041] 学習装置２００は、実験データ取得部２６１と、予測器生成部２６５と、予測器送信部２６７と、を含む。学習装置２００が備える機能は、学習装置２００が備えるＣＰＵ２０１がＲＡＭ２０２に格納された学習プログラムを実行することにより、ＣＰＵ２０１により実現される。

[0042] 実験データ取得部２６１は、基板処理装置３００から実験データを取得する。実験データは、基板処理装置３００が実際に基板Ｗを処理する場合に用いられる処理条件と、基板Ｗに形成された被膜の処理の前後の膜厚特性とを含む。膜厚特性は、基板Ｗに形成される被膜の基板Ｗの径方向に異なる複数の位置それぞれにおける膜厚で示される。

[0043] 図５は、膜厚特性の一例を示す図である。図５を参照して、横軸に基板の半径方向の位置を示し、縦軸に膜厚を示す。横軸の原点が基板の中心を示す。基板処理装置３００により処理される前の基板Ｗに形成された被膜の膜厚が実線で示される。基板処理装置３００により処理条件に従ってエッチング液を供給する処理が実行されることにより、基板Ｗに形成される被膜の膜厚が調整される。基板処理装置３００により処理された後の基板Ｗに形成された被膜の膜厚が点線で示される。

[0044] 基板処理装置３００により処理される前の基板Ｗに形成された被膜の膜厚と基板処理装置３００により処理された後の基板Ｗに形成された被膜の膜厚との差が処理量（エッチング量）である。処理量は、基板処理装置３００によりエッチング液を供給する処理により減少した膜の厚さを示す。処理量の径方向の分布を、エッチングプロファイルという。エッチングプロファイルは、基板Ｗの径方向に異なる複数の位置それぞれにおける処理量で示される。

[0045] また、基板処理装置３００により形成される膜厚は、基板Ｗの全面において均一であることが望まれる。このため、基板処理装置３００により実行さ

れる処理に対して、目標となる目標膜厚が定められる。目標膜厚は、一点鎖線で示される。乖離特性は、基板処理装置３００により処理された後の基板Ｗに形成された被膜の膜厚と目標膜厚との差分である。乖離特性は、基板Ｗの径方向における複数の位置それぞれにおける差分を含む。

[0046] 図４に戻って、予測器生成部２６５には、実験データ取得部２６１から実験データが入力される。予測器生成部２６５は、ニューラルネットワークに学習用データを用いて教師あり学習させることにより予測器を生成する。

[0047] 具体的には、学習用データは、入力データと正解データとを含む。入力データは、実験データの処理条件に含まれる変動条件と、実験データに含まれる処理条件の変動条件以外の固定条件と、を含む。正解データは、エッチングプロファイルを含む。エッチングプロファイルは、実験データに含まれる処理前の被膜の膜厚特性と、実験データに含まれる処理後の被膜の膜厚特性との差である。この正解データに含まれるエッチングプロファイルは、第一処理量の一例である。予測器生成部２６５は、入力データを予測器のもとになる学習モデルに入力し、学習モデルの出力と正解データとの差が小さくなるように学習モデルのパラメータを決定する。予測器生成部２６５は、学習済の学習モデルに設定されたパラメータを組み込んだ学習済モデルを予測器として生成する。予測器は、学習済モデルに設定されたパラメータを組み込んだ推論プログラムである。予測器生成部２６５は、予測器を情報処理装置１００に送信する。

[0048] 図６は、学習モデルを説明する図である。図６を参照して、学習モデルは、Ａ層～Ｃ層が入力側から出力側（上層から下層）に向かってこの順に設けられている。Ａ層には、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１が設けられ、Ｂ層には、全結合ニューラルネットワークＮＮが設けられ、Ｃ層には、第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２が設けられる。

[0049] 第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１には、変動条件が入力される。全結合ニューラルネットワークＮＮには、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１の出力と固定条件とが入力される。第２畳み込みニューラ

ルネットワークＣＮＮ２には、全結合ニューラルネットワークＮＮの出力が入力される。

[0050] 第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１は、複数の層を含む。本実施の形態では、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１は、３つの層を含む。第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１内においては、入力側（上層側）から出力側（下層側）に向かって第１層Ｌ１、第２層Ｌ２および第３層Ｌ３がこの順に設けられる。なお、本実施の形態では、複数の層として３つの層を含む場合について説明するが、３つ以上の層を含んでいてもよい。

[0051] 第１層Ｌ１、第２層Ｌ２および第３層Ｌ３それぞれは、畳み込み層およびプーリング層を含む。畳み込み層は、複数のフィルタを有する。畳み込み層においては、複数のフィルタが適用される。プーリング層は、畳み込み層の出力を圧縮する。第２層Ｌ２の畳み込み層のフィルタの数は、第１層Ｌ１の畳み込み層のフィルタの数の２倍に設定されている。第３層Ｌ３の畳み込み層のフィルタの数は、第２層Ｌ２の畳み込み層のフィルタの数の２倍に設定されている。このため、変動条件からできるだけ多くの特徴を抽出することができる。ここで、変動条件は、時間の経過に伴って変動するノズルの基板Ｗに対する相対位置を含む。第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１は、複数のフィルタを用いて特徴を抽出するので、ノズルの基板Ｗに対する相対位置の変化について時間の要素を含む特徴をより多く抽出する。なお、ここでは第２層Ｌ２の畳み込み層のフィルタの数が、第１層Ｌ１の畳み込み層のフィルタの数の２倍に設定される例を示しているが、２倍でなくてもよい。第２層Ｌ２の畳み込み層のフィルタの数は、第１層Ｌ１の畳み込み層のフィルタの数よりも多い数であればよい。また、第３層Ｌ３の畳み込み層のフィルタの数は、第２層Ｌ２の畳み込み層のフィルタの数の２倍でなくてもよい。第３層Ｌ３の畳み込み層のフィルタの数は、第２層Ｌ２の畳み込み層のフィルタの数よりも多い数であればよい。

[0052] 全結合ニューラルネットワークＮＮは、複数の層が設けられる。図６の例

では、全結合ニューラルネットワークＮＮは、入力側のｂａ層および出力側のｂｂ層の二つの層が設けられる。図６の例では、各層には、複数のノードが含まれる。図６の例では、ｂａ層に５つのノード、ｂｂ層に４つのノードが示されるが、ノードの数は、これに限定されるものではない。ｂａ層のノードの数は、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１の出力側のノードの数と固定条件の数との和に等しくなるように設定される。ｂｂ層のノードの数は、第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２の入力側のノードの数に等しくなるように設定される。ｂａ層のノードの出力はｂｂ層のノードの入力に接続される。パラメータは、ｂａ層のノードの出力に対して重み付けする係数を含む。ｂａ層とｂｂ層との間には、１または複数の中間層が設けられてもよい。

[0053] 第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２は、複数の層を含む。本実施の形態では、第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２は、３つの層を含む。第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２においては、入力側（上層側）から出力側（下層側）に向かって第４層Ｌ４、第５層Ｌ５および第６層Ｌ６がこの順に設けられる。なお、本実施の形態では、複数の層として３つの層を含む場合について説明するが、３つ以上の層を含んでいてもよい。

[0054] 第４層Ｌ４、第５層Ｌ５および第６層Ｌ６それぞれは、畳み込み層およびプーリング層を含む。畳み込み層は、複数のフィルタを有する。畳み込み層においては、複数のフィルタが適用される。プーリング層は、畳み込み層の出力を圧縮する。第５層Ｌ５の畳み込み層のフィルタの数は、第４層Ｌ４の畳み込み層のフィルタの数の１／２倍に設定されている。また、第６層Ｌ６の畳み込み層のフィルタの数は、第５層Ｌ５の畳み込み層のフィルタの数の１／２倍に設定されている。このため、エッチングプロファイルからできるだけ多くの特徴を抽出することができる。エッチングプロファイルは、基板Ｗの径方向の複数の位置Ｐ［ｎ］（ｎは１以上の整数）それぞれにおける処理前後の膜厚の差Ｅ［ｎ］で示される。このため、エッチングプロファイル

における複数の処理量は、基板Ｗの径方向における位置の変化に伴って変動する。第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２は、複数のフィルタを用いて特徴を抽出するので、処理量の変化について基板Ｗの径方向の位置の要素を含む特徴をより多く抽出する。なお、ここでは第５層Ｌ５の畳み込み層のフィルタの数が、第４層Ｌ４の畳み込み層のフィルタの数の１／２倍に設定される例を示しているが、１／２倍でなくてもよい。第５層Ｌ５の畳み込み層のフィルタの数は、第４層Ｌ４の畳み込み層のフィルタの数よりも少ない数であればよい。また、第６層Ｌ６の畳み込み層のフィルタの数は、第５層Ｌ５の畳み込み層のフィルタの数の１／２倍でなくてもよい。第６層Ｌ６の畳み込み層のフィルタの数は、第５層Ｌ５の畳み込み層のフィルタの数よりも少ない数であればよい。

[0055] 学習モデルに、入力データである変動条件と固定条件とを入力すると、学習モデルはエッチングプロファイルを推測する。この学習モデルにより推測されるエッチングプロファイルは、第二処理量の一例である。学習モデルにより推測されたエッチングプロファイルと、正解データであるエッチングプログファイルとの差分が誤差として算出される。そして、学習モデルは、この誤差が少なくなるように学習する。例えば、学習モデルは、誤差逆伝播法を用いて、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１が有する複数のフィルタ、全結合ニューラルネットワークＮＮが有する複数のノードで定められる重みパラメータおよび第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２が有する複数のフィルタそれぞれの値を更新する。

[0056] 図４に戻って、情報処理装置１００は、処理条件決定部１５１と、予測器受信部１５５と、予測部１５９と、評価部１６１と、処理条件送信部１６３と、を含む。情報処理装置１００が備える機能は、情報処理装置１００が備えるＣＰＵ１０１がＲＡＭ１０２に格納された処理条件決定プログラムを実行することにより、ＣＰＵ１０１により実現される。予測器受信部１５５は、学習装置２００から送信される予測器を受信し、受信された予測器を予測部１５９に出力する。

[0057] 処理条件決定部１５１は、基板処理装置３００により処理の対象となる基板Ｗに対する処理条件を決定し、処理条件に含まれる変動条件と処理条件に含まれる固定条件とを予測部１５９に出力する。

[0058] 予測部１５９は、変動条件と固定条件とからエッチングプロファイルを推測する。具体的には、予測部１５９は、処理条件決定部１５１から入力される変動条件と、固定条件とを予測器に入力し、予測器が出力するエッチングプロファイルを評価部１６１に出力する。

[0059] 評価部１６１は、予測部１５９から入力されるエッチングプロファイルを評価し、評価結果を処理条件決定部１５１に出力する。詳細には、評価部１６１は、基板処理装置３００が処理対象とする予定の基板Ｗの処理前の膜厚特性を取得する。評価部１６１は、予測部１５９から入力されるエッチングプロファイルと、基板Ｗの処理前の膜厚特性とからエッチング処理後に予測される膜厚特性を算出し、目標とする膜厚特性と比較する。比較の結果が評価基準を満たしていれば、処理条件決定部１５１により決定された処理条件を処理条件送信部１６３に出力する。例えば、評価部１６１は、乖離特性を算出し、乖離特性が評価基準を満たしているか否かが判断される。乖離特性は、エッチング処理後の基板Ｗの膜厚特性と目標の膜厚特性との差分である。評価基準は、任意に定めることができる。例えば、評価基準は、乖離特性において差分の最大値が閾値以下であるとしてもよいし、差分の平均が閾値以下であるとしてもよい。

[0060] 処理条件送信部１６３は、処理条件決定部１５１により決定された処理条件を、基板処理装置３００の制御装置１０に送信する。基板処理装置３００は、処理条件に従って基板Ｗを処理する。

[0061] 評価部１６１は、評価結果が評価基準を満たしていない場合は、評価結果を処理条件決定部１５１に出力する。評価結果は、エッチング処理後に予測される膜厚特性またはエッチング処理後に予測される膜厚特性と目標の膜厚特性との差分を含む。

[0062] 処理条件決定部１５１は、評価部１６１から評価結果が入力されることに

応じて、予測部１５９に推測させるための新たな処理条件を決定する。処理条件決定部１５１は、実験計画法、ペアワイズ法またはベイズ推定を用いて、予め準備された複数の変動条件のうちから１つを選択し、選択された変動条件と固定条件とを含む処理条件を予測部１５９に推測させるための新たな処理条件として決定する。

[0063] 処理条件決定部１５１は、ベイズ推定を用いて処理条件を探索してもよい。評価部１６１により複数の評価結果が出力される場合、処理条件と評価結果との組が複数となる。複数の組それぞれにおけるエッチングプロファイルの傾向から被膜の膜厚が均一となる処理条件またはエッチング処理後に予測される膜厚特性と目標の膜厚特性との差分が最小となる処理条件を探索する。

[0064] 具体的には、処理条件決定部１５１は、目的関数を最小化するように処理条件を探索する。目的関数は、被膜の膜厚の均一性を示す関数または被膜の膜厚特性と目標膜厚特性との一致性を示す関数である。例えば、目的関数は、エッチング処理後に予測される膜厚特性と目標の膜厚特性との差分をパラメータで示した関数である。ここでのパラメータは、対応する変動条件である。対応する変動条件は、予測器がエッチングプロファイルを推測するために用いた変動条件である。処理条件決定部１５１は、複数の変動条件のうちから探索により決定されたパラメータである変動条件を選択し、選択された変動条件と固定条件とを含む新たな処理条件を決定する。

[0065] 図７は、学習処理の流れの一例を示すフローチャートである。学習処理は、学習装置２００が備えるＣＰＵ２０１がＲＡＭ２０２に格納された学習プログラムを実行することにより、ＣＰＵ２０１により実行される処理である。

[0066] 図７を参照して、学習装置２００が備えるＣＰＵ２０１は、実験データを取得する。ＣＰＵ２０１は、入出力Ｉ／Ｆ１０７を制御して、基板処理装置３００から実験データを取得する（ステップＳ１１）。実験データは、ＣＤ－ＲＯＭ２０９等の記録媒体に記録された実験データを記憶装置１０４で読

み取ることにより取得されてもよい。ここで取得される実験データは、複数である。実験データは、処理条件と、基板Ｗに形成された被膜の処理の前後の膜厚特性とを含む。膜厚特性は、基板Ｗの径方向に異なる複数の位置それぞれにおける、基板Ｗに形成される被膜の膜厚で示される。

[0067] 次のステップＳ１２においては、処理対象とするべき実験データが選択され、処理はステップＳ１３に進む。ステップＳ１３においては、実験データに含まれる変動条件と、固定条件と、エッチングプロファイルと、が学習用データに設定される。エッチングプロファイルは、実験データに含まれる処理前の被膜の膜厚特性と、実験データに含まれる処理後の被膜の膜厚特性との差分である。学習用データは、入力データと正解データとを含む。本実施の形態においては、実験データに含まれる変動条件と、固定条件とが入力データに設定され、エッチングプロファイルが正解データに設定される。

[0068] 次のステップＳ１４においては、ＣＰＵ２０１は、学習モデルを機械学習させ、処理をステップＳ１５に進める。入力データを学習モデルに入力し、学習モデルの出力と正解データとの誤差が小さくなるようにフィルタおよびパラメータを決定する。これにより、学習モデルのフィルタおよびパラメータが調整される。

[0069] ステップＳ１５においては、調整が完了したか否かが判断される。学習モデルの評価に用いる学習用データが予め準備されており、評価用の学習用データで学習モデルの性能が評価される。評価結果が予め定められた評価基準を満たす場合に調整完了と判断される。評価結果が評価基準を満たさなければ（ステップＳ１５でＮＯ）、処理はステップＳ１２に戻るが、評価結果が評価基準を満たすならば（ステップＳ１５でＹＥＳ）、処理はステップＳ１６に進む。

[0070] 処理がステップＳ１２に戻る場合、ステップＳ１２において、ステップＳ１１において取得された実験データのうちから処理対象に選択されていない実験データが選択される。ステップＳ１２～ステップＳ１５のループにおいて、ＣＰＵ２０１は、複数の学習用データを用いて学習モデルを機械学習さ

せる。これにより、学習モデルのフィルタおよびパラメータが適正な値に調整される。ステップＳ１６においては、学習済みモデルの学習パラメータが記憶される。ステップＳ１７においては、学習済みモデルが予測器に設定され、情報処理装置１００に予測器が送信され、処理は終了する。ＣＰＵ２０１は、入出力Ｉ／Ｆ１０７を制御し、予測器を情報処理装置１００に送信する。

[0071] 図８は、処理条件決定処理の流れの一例を示すフローチャートである。処理条件決定処理は、情報処理装置１００が備えるＣＰＵ１０１がＲＡＭ１０２に格納された処理条件決定プログラムを実行することにより、ＣＰＵ１０１により実行される処理である。

[0072] 図８を参照して、情報処理装置１００が備えるＣＰＵ１０１は、予め準備された複数の変動条件のうちから１つを選択し（ステップＳ２１）、処理をステップＳ２２に進める。実験計画法、ペアワイズ法またはベイズ推定等を用いて、予め準備された複数の変動条件のうちから１つが選択される。

[0073] ステップＳ２２においては、予測器を用いて、変動条件と固定条件とからエッチングプロファイルが推測され、処理はステップＳ２３に進む。予測器に、変動条件と固定条件とを入力し、予測器が出力するエッチングプロファイルが取得される。ステップＳ２３においては、処理後の膜厚特性が目標膜厚特性と比較される。基板処理装置３００が処理の対象とする基板Ｗの処理前の膜厚特性と、ステップＳ２２において推測されたエッチングプロファイルとから基板Ｗを処理した後の膜厚特性が算出される。そして、処理後の膜厚特性が目標膜厚特性と比較される。ここでは、基板Ｗを処理した後の膜厚特性と目標膜厚特性との差分が算出される。

[0074] ステップＳ２４においては、比較結果が評価基準を満たすか否かが判断される。比較結果が評価基準を満たすならば（ステップＳ２４でＹＥＳ）、処理はステップＳ２５に進むが、そうでなければ処理はステップＳ２１に戻る。例えば、差分の最大値が閾値以下である場合に評価基準を満たすと判断する。また、差分の平均が閾値以下である場合に評価基準を満たすと判断する

。

[0075] ステップＳ２５においては、基板処理装置３００を駆動するための処理条件の候補に、ステップＳ２１において選択された変動条件を含む処理条件が設定され、処理はステップＳ２６に進む。ステップＳ２６においては、探索の終了指示が受け付けられたか否かが判断される。情報処理装置１００を操作するユーザーにより終了指示が受け付けられたならば処理はステップＳ２７に進むが、そうでなければ処理はステップＳ２１に戻る。なお、ユーザーにより入力される終了指示に変えて、予め定められた数の処理条件が候補に設定されたか否かが判断されてもよい。

[0076] ステップＳ２７においては、候補に設定された１以上の処理条件のうちから１つが決定され、処理はステップＳ２８に進む。候補に設定された１以上の処理条件のうちから情報処理装置１００を操作するユーザーにより１つが選択されてもよい。したがって、ユーザーの選択の範囲が広がる。また、複数の処理条件に含まれる変動条件のうちからノズル動作が最も簡略な変動条件が自動的に選択されてもよい。ノズル動作が最も簡略な変動条件は、例えば、変速点の数が最少の変動条件とすることができる。これにより、基板Ｗを処理する複雑なノズル動作に対する処理結果に対して複数の変動条件を提示することができる。複数の変動条件のうちからノズルの制御が容易な変動条件を選択すれば、基板処理装置３００の制御が容易になる。

[0077] ステップＳ２８においては、ステップＳ２８において決定された変動条件を含む処理条件が基板処理装置３００に送信され、処理は終了する。ＣＰＵ１０１は、入出力Ｉ／Ｆ１０７を制御して、処理条件を基板処理装置３００に送信する。基板処理装置３００は、情報処理装置１００から処理条件を受信する場合、その処理条件に従って基板Ｗを処理する。

[0078] ４．具体例

本実施の形態においては、変動条件は、ノズル動作の処理時間が６０秒、サンプリング間隔０．０１秒でサンプリングした時系列データである。変動条件は、６００１個の値で構成される。このため、変動条件は、複雑なノズ

ル動作を表現することが可能である。特に、ノズルの移動速度を変更する変速点の数を比較的多くしたノズル動作を変動条件で正確に表現することができる。その反面、変動条件の次元数が多いため、変動条件の時系列データを全結合ニューラルネットワークのモデルに機械学習させた場合、オーバーフィッティングが発生することがある。

[0079] 本実施の形態における予測器生成部２６５は、変動条件と固定条件とを、図６に示した畳み込みニューラルネットワークを含む学習モデルを機械学習させる。複雑なノズル動作を示す６００１個の値からなる変動条件と固定条件とを、図６に示した学習モデルに学習させた予測器により予測されるエッチングプロファイルとして所望の結果が得られることを発明者は実験によって発見した。

[0080] また、本実施の形態においては、処理条件決定部１５１が処理条件を探索する際に、エッチングプロファイルが異なるものに対応する処理条件が探索されるので、複数の異なるエッチングプロファイルに対応する処理条件が選択される。このため、処理条件決定部１５１は、複数の処理条件のうちから目標となるエッチングプロファイルが予測される処理条件を効率的に探索することができる。

[0081] なお、サンプリング間隔を０．０１秒とする例を説明したが、サンプリング間隔はこれに限定されない。これより長いサンプリング間隔としてもよいし、これより短いサンプリング間隔としてもよい。例えば、サンプリング間隔は０．１秒としてもよいし、０．００５秒としてもよい。

[0082] ５．他の実施の形態

（１）上述した実施の形態においては、学習装置２００は、学習用データに基づいて、予測器を生成する。学習装置２００は、予測器を追加学習するようにしてもよい。学習装置２００は、予測器が生成された後に、基板処理装置３００により処理された基板Ｗの処理の前後それぞれにおける被膜の膜厚特性および処理条件を取得する。そして、学習装置２００は、処理前後それぞれにおける被膜の膜厚特性および処理条件から学習用データを生成し、

予測器を機械学習させることにより、予測器を追加学習する。追加学習によって、予測器を構成するニューラルネットワークの構成は変更されないが、パラメータが調整される。

[0083] 基板処理装置３００が実際に基板Ｗを処理した結果、得られる情報を用いて、予測器を機械学習させるので、予測器の精度を向上させることができる。また、予測器を生成するために用いられる学習用データの数をできるだけ少なくできる。

[0084] 図９は、追加学習処理の流れの一例を示すフローチャートである。追加学習処理は、学習装置２００が備えるＣＰＵ２０１がＲＡＭ２０２に格納された追加学習プログラムを実行することにより、ＣＰＵ２０１により実行される処理である。追加学習プログラムは、学習プログラムの一部である。

[0085] 図９を参照して、学習装置２００が備えるＣＰＵ２０１は、生産時データを取得し（ステップＳ３１）、処理をステップＳ３２に進める。生産時データは、予測器が生成された後に、基板処理装置３００が基板Ｗを処理する際の処理条件、処理の前後それぞれの被膜の膜厚特性を含む。ＣＰＵ２０１は、入出力Ｉ／Ｆ１０７を制御して、基板処理装置３００から生産時データを取得する。生産時データは、ＣＤ－ＲＯＭ２０９等の記録媒体に記録された実験データを記憶装置１０４で読み取ることにより取得されてもよい。

[0086] ステップＳ３２においては、変動条件と、生産時データの処理条件に含まれる固定条件と、エッチングプロファイルと、が学習用データに設定される。エッチングプロファイルは、生産時データに含まれる処理前の被膜の膜厚特性と、生産時データに含まれる処理後の被膜の膜厚特性との差分である。変動条件と処理条件に含まれる固定条件とが入力データに設定される。エッチングプロファイルが正解データに設定される。

[0087] 次のステップＳ３３においては、ＣＰＵ２０１は、予測器を追加学習し、処理をステップＳ３４に進める。入力データを予測器に入力し、予測器の出力と正解データとの差が小さくなるようにフィルタおよびパラメータを決定する。これにより、予測器のフィルタおよびパラメータがさらに調整される

。

[0088] ステップＳ３４においては、調整が完了したか否かが判断される。評価用の学習用データで予測器の性能が評価される。評価結果が予め定められた追加学習用評価基準を満たす場合に調整完了と判断される。追加学習用評価基準は、予測器が生成される場合に用いられた評価基準よりも高い基準である。評価結果が追加学習用評価基準を満たさなければ（ステップＳ３４でＮＯ）、処理はステップＳ３１に戻るが、評価結果が追加学習用評価基準を満たすならば（ステップＳ３４でＹＥＳ）、処理は終了する。

[0089] （２）学習装置２００は、情報処理装置１００により決定された処理条件およびその処理条件から予測器により推測されるエッチングプロファイルを含む蒸留用データを用いて、新たな学習モデルを機械学習させた蒸留モデルを生成してもよい。これにより、新たな学習モデルを学習させるためのデータを準備するのが容易になる。

[0090] （３）本実施の形態において、予測器を生成するために用いる学習用データにおいて、入力データが変動条件と固定条件と、を含む。本発明は、これに限定されない。入力データは変動条件のみを含み、固定条件を含まなくてもよい。

[0091] （４）本実施の形態において、変動条件の一例としてノズル３１１と基板Ｗとの相対位置を示したが、本発明は、これに限定されない。エッチング液の温度、エッチング液の濃度、エッチング液の流量および基板Ｗの回転数の少なくとも１つが、時間の経過に伴って変動する場合は、それらを変動条件としてもよい。また、変動条件は、１種類に限らず、複数を含み合わせてもよい。

[0092] 図１０は、他の実施の形態に係る学習モデルを説明するための第1の図である。ここでは、ノズルから吐出されるエッチング液の流量が時間の経過に伴って変動する場合を例に説明する。この場合、変動条件は、時間の経過に伴って変動するエッチング液の流量を含む。この場合、図１０に示す学習モデルが用いられる。図１０に示す学習モデルが、図６に示した学習モデルと異

なる点は、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１に入力される変動条件が、時間の経過に伴って変動するノズルの基板に対する相対位置を示す位置条件と、時間の経過に伴って変動するエッチング液の流量を示す流量条件と、を含む点である。このため、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１は、２チャンネルの畳み込み処理を行う。

[0093] この場合、位置条件と流量条件それぞれは、同じ時刻におけるノズルの基板に対する相対位置と、エッチング液の流量とを示す。このため、位置条件と流量条件とを学習させる際に、位置条件と流量条件とを時間情報を保持しながら学習させることができる。また、単一の第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１を用いるので、学習パラメータの数を抑えることができ、オーバーフィッティングを抑制することができる。

[0094] また、学習モデルにおいては、位置条件と流量条件とを別の畳み込みニューラルネットワークで処理してもよい。図１１は、他の実施の形態に係る学習モデルを説明するための第２の図である。図１１を参照して、ノズル条件を処理する第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１と流量条件を処理する第３畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ３が、全結合ニューラルネットワークＮＮの入力側に設けられる。

[0095] （５）上記実施の形態において、学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１、全結合ニューラルネットワークＮＮおよび第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２を含むが本発明はこれに限定されない。例えば、予測器において、全結合ニューラルネットワークＮＮおよび第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２のいずれか一方または両方が設けられなくてもよい。

[0096] （６）情報処理装置１００および学習装置２００を、基板処理装置３００と別体とする場合を例に説明したが、本発明はこれに限定されない。基板処理装置３００に情報処理装置１００が組み込まれていてもよい。さらに、基板処理装置３００に、情報処理装置１００および学習装置２００が組み込まれていてもよい。また、情報処理装置１００と学習装置２００とは別体の装

置としたが、それらは一体の装置として構成されてもよい。

[0097] ６．実施の形態における効果

上記実施の形態の学習装置２００においては、変動条件が時間の経過に伴って変動する値なので、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１を用いることにより、時間の要素を考慮した特徴を抽出することができる。また、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１に学習させることにより、学習パラメータの数を抑えることができるので、学習モデルの汎化性能を向上させることができる。

[0098] また、処理量は、基板の径方向に異なる複数の位置それぞれに定められるので、処理量を第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２に学習させることにより、基板の径方向の位置の要素を考慮した特徴が抽出される。また、学習パラメータの数を抑えることができ、学習モデルの汎化性能を向上させることができる。

[0099] また、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１と第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２との間に全結合ニューラルネットワークＮＮが設けられる。この場合、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１の出力の数と第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２の入力の数とを全結合ニューラルネットワークＮＮにより調整することが可能になる。また、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１の出力の数と第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２の入力の数とを全結合ニューラルネットワークＮＮにより調整できるため、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１の出力の数と第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２の入力の数とを合わせなくても、良好に機械学習を進めることができる。さらに、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１の出力の数と第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２の入力の数とを合わせなくてもよいため、より次元数の多い学習用データを機械学習することができる。このため、より次元数の多い変動条件を機械学習することができる。また、より次元数の多い固定条件を機械学習することができ、基板処理装置を駆動するための処理条件に含

まれる条件の種類をより多くして機械学習することができる。

[0100] さらに、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１内において、上層から下層に向かってフィルタ数が多くなるので、変動条件の特徴を多く抽出することが可能になる。また、第２畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ２内において、上層から下層に向かってフィルタ数が少なくなるので、複数の処理量それぞれの位置を考慮した特徴を多く抽出することが可能になる。その結果、学習装置２００の汎化性能を向上させることが可能になる。

[0101] また、学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークＣＮＮ１を含むので、変動条件のデータ数が多い場合であっても、汎化性能を向上させた学習モデルを生成することができる。

[0102] ７．請求項の各構成要素と実施の形態の各部との対応関係

基板Ｗが基板の一例であり、エッチング液が処理液の一例であり、基板処理装置３００が基板処理装置の一例であり、実験データ取得部２６１が実験データ取得部の一例であり、予測器が学習モデルの一例であり、予測器生成部２６５がモデル生成部の一例である。また、情報処理装置１００が情報処理装置の一例であり、変動条件生成部２５１が変動条件生成部の一例であり、ノズル３１１が基板に処理液を供給するノズルの一例であり、ノズル移動機構３０１が移動部の一例であり、予測部１５９、評価部１６１および処理条件決定部１５１が処理条件決定部の一例である。

[0103] ８．実施の形態の総括

（第１項）本発明の一態様に係る学習装置は、

被膜が形成された基板に処理液を供給することにより前記被膜の処理をする基板処理装置を時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で駆動して前記被膜の処理を行った後に、前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量を取得する実験データ取得部と、

前記変動条件と前記処理条件に対応する前記第一処理量とを含む学習用データを機械学習して前記基板処理装置により前記被膜の処理をされる前の前記基板に形成された前記被膜について前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示

す第二処理量を推測する学習モデルを生成するモデル生成部と、を備え、

前記学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含む。

[0104] 第１項に記載の学習装置によれば、変動条件が時間の経過に伴って変動する値であるので、畳み込みニューラルネットワークを用いることにより、時間の要素を考慮した特徴を抽出することができる。また、畳み込みニューラルネットワークを用いることにより、学習パラメータの数を抑えることができるので、学習モデルの汎化性能を向上させることができる。その結果、基板を処理するために時間の経過に伴って変化する条件を機械学習させるのに適した学習装置を提供することが可能になる。

[0105] （第２項）第１項に記載の学習装置において、

前記第一処理量と前記第二処理量とは、基板の径方向に異なる複数の位置それぞれにおける、前記被膜の処理の前後の膜厚の差であり、

前記学習モデルは、前記第一処理量または前記第二処理量を出力する第２畳み込みニューラルネットワークをさらに含んでもよい。

[0106] 第２項に記載の学習装置によれば、第一および第二処理量は、基板の径方向に異なる複数の位置それぞれに定められるので、第一または第二処理量を畳み込みニューラルネットワークに学習させることにより、基板の径方向の位置の要素を考慮した特徴が抽出される。また、学習パラメータの数を抑えることができ、学習モデルの汎化性能を向上させることができる。

[0107] （第３項）第２項に記載の学習装置において、

前記学習モデルは、前記第１畳み込みニューラルネットワークの出力と前記処理条件のうち前記変動条件以外の固定条件が入力される全結合ニューラルネットワークを、さらに含み、

前記第２畳み込みニューラルネットワークは、前記全結合ニューラルネットワークの出力が入力されてもよい。

[0108] 第３項に記載の学習装置によれば、第１畳み込みニューラルネットワークと第２畳み込みニューラルネットワークとの間に全結合ニューラルネットワークが設けられる。この場合、第１畳み込みニューラルネットワークから出

力される特徴の数と第２畳み込みニューラルネットワークに入力される特徴の数とを全結合ニューラルネットワークにより調整することが可能になる。

[0109] （第４項）第２項または第３項に記載の学習装置において、

前記第１畳み込みニューラルネットワークが有する複数層でそれぞれ用いられるフィルター数は、下層で用いられるフィルタ数がその上層で用いられるフィルタ数の倍であり、

前記第２畳み込みニューラルネットワークが有する複数層でそれぞれ用いられるフィルター数は、下層で用いられるフィルタ数がその上層で用いられるフィルタ数の１／２倍であってもよい。

[0110] 第４項に記載の学習装置によれば、第１畳み込みニューラルネットワーク内において、上層から下層に向かってフィルタ数が多くなるので、変動条件の特徴を多く抽出することが可能になる。また、第２畳み込みニューラルネットワーク内において、上層から下層に向かってフィルタ数が少なくなるので、複数の処理量の特徴を多く抽出することが可能になる。その結果、学習装置の精度を向上させることが可能になる。

[0111] （第５項）第１項～第４項のいずれか一項に記載の学習装置において、

前記基板処理装置は、基板に処理液を供給するノズルを移動させることにより基板に前記処理液を供給し、

前記変動条件は、時間の経過に伴って変動する前記ノズルの基板に対する相対位置を示すノズル移動条件を含んでもよい。

[0112] 第５項に記載の学習装置によれば、ノズル移動条件が第１畳み込みニューラルネットワークに入力される。このため、ノズル移動条件のデータ数が多い場合においても、汎化性能を向上させた学習モデルを生成することができる。

[0113] （第６項）第５項に記載の学習装置において、

前記変動条件は、時間の経過に伴って変化する前記ノズルから吐出される処理液の流量を示す吐出流量条件をさらに含んでもよい。

[0114] 第６項に記載の学習装置によれば、吐出流量条件のデータ数が多い場合に

おいても、汎化性能を向上させた学習モデルを生成することができる。

[0115] （第７項）本発明の他の態様に係る情報処理装置は、

基板処理装置を管理する情報処理装置であって、

前記基板処理装置は、時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより、前記被膜の処理をし、

前記基板処理装置により前記被膜の処理をされる前の前記基板に形成された前記被膜について前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを用いて、前記基板処理装置を駆動するための処理条件を決定する処理条件決定部と、を備え、

前記学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含み、前記基板処理装置が前記被膜の処理をした前記処理条件に含まれる前記変動条件と前記基板処理装置により前記被膜の処理をされた前記基板に形成された前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量とを含む学習用データを機械学習した推論モデルであり、

前記処理条件決定部は、仮の変動条件を前記学習モデルに与えて前記学習モデルにより推測される前記第二処理量が許容条件を満たす場合に前記仮の変動条件を含む処理条件を、前記基板処理装置を駆動するための処理条件に決定する。

[0116] 第７項に記載の情報処理装置によれば、時間の経過に伴って変動する仮の変動条件を学習モデルに与えて学習モデルにより推測される処理量が許容条件を満たす場合に、仮の変動条件を含む処理条件が基板処理装置を駆動するための処理条件に決定される。このため、許容条件を満たす処理量に対して複数の仮の変動条件を決定することができる。その結果、基板を処理する複雑なプロセスの処理結果に対して複数の処理条件を提示することが可能になる。

[0117] （第８項）基板処理装置は、第７項に記載の情報処理装置を備えてもよい。

[0118] 第８項に記載の基板処理装置によれば、基板を処理する複雑なプロセスの処理結果に対して複数の処理条件を提示することが可能になる。

[0119] （第９項）本発明の他の態様に係る基板処理システムは、

基板処理装置を管理する基板処理システムであって、

学習装置と情報処理装置とを備え、

前記基板処理装置は、時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより、前記被膜の処理をし、

前記学習装置は、前記基板処理装置を前記処理条件で駆動して前記基板に形成された前記被膜の処理を行った後に、前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量を取得する実験データ取得部と、

前記変動条件と前記処理条件に対応する前記第一処理量とを含む学習用データを機械学習して前記基板処理装置により前記被膜の処理をされる前の前記基板に形成された前記被膜について前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを生成するモデル生成部と、を備え、

前記学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含み、

前記情報処理装置は、前記学習装置により生成された前記学習モデルを用いて、前記基板処理装置を駆動するための処理条件を決定する処理条件決定部と、を備え、

前記処理条件決定部は、前記学習装置により生成された前記学習モデルに仮の変動条件を与えて前記学習モデルにより推測される前記第二処理量が許容条件を満たす場合に前記仮の変動条件を含む処理条件を、前記基板処理装置を駆動するための処理条件に決定する。

[0120] 第９項に記載の基板処理システムによれば、基板を処理するために時間の経過に伴って変化する条件を機械学習させるのに適し、かつ、基板を処理する複雑なプロセスの処理結果に対して複数の処理条件を提示することが可能になる。

[0121] （第１０項）本発明の他の態様に係る学習方法は、

被膜が形成された基板に処理液を供給することにより前記被膜の処理をする基板処理装置を時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で駆動して前記被膜の処理を行った後に、前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量を取得する処理と、

前記変動条件と前記処理条件に対応する前記第一処理量とを含む学習用データを機械学習して前記基板処理装置により前記被膜の処理をされる前の前記基板に形成された前記被膜について前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを生成する処理と、をコンピューターに実行させ、

前記学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含む。

[0122] 第１０項に記載の学習方法によれば、学習モデルが畳み込みニューラルネットワークを含む。このため、基板を処理するために時間の経過に伴って変化する条件を機械学習させるのに適した学習方法を提供することができる。

[0123] （第１１項）本発明の他の態様に係る処理条件決定方法は、

基板処理装置を管理するコンピューターで実行される処理条件決定方法であって、

前記基板処理装置は、時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより、前記被膜の処理をし、

前記基板処理装置により前記被膜の処理をされる前の前記基板に形成された前記被膜について前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを用いて、前記基板処理装置を駆動するための処理条件を決定する処理と、を含み、

前記学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含み、前記基板処理装置が前記被膜の処理をした前記処理条件に含まれる前記変動条件と前記基板処理装置により前記被膜の処理をされた前記基板に形成された前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量とを含む学習用データを機械学習した推論モデルであり、

前記処理条件を決定する処理は、仮の変動条件を前記学習モデルに与えて前記学習モデルにより推測される前記第二処理量が許容条件を満たす場合に前記仮の変動条件を含む処理条件を、前記基板処理装置を駆動するための処理条件に決定する処理を含む。

[0124] 第１１項に記載の基板条件決定方法によれば、基板を処理する複雑なプロセスの処理結果に対して複数の処理条件を提示することが可能な処理条件決定方法を提供することができる。

請求の範囲

[請求項1] 被膜が形成された基板に処理液を供給することにより前記被膜の処理をする基板処理装置を時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で駆動して前記被膜の処理を行った後に、前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量を取得する実験データ取得部と、

前記変動条件と前記処理条件に対応する前記第一処理量とを含む学習用データを機械学習して前記基板処理装置により前記被膜の処理をされる前の前記基板に形成された前記被膜について前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを生成するモデル生成部と、を備え、

前記学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含む学習装置。

[請求項2] 前記第一処理量と前記第二処理量とは、基板の径方向に異なる複数の位置それぞれにおける、前記被膜の処理の前後の膜厚の差であり、

前記学習モデルは、前記第一処理量または前記第二処理量を出力する第２畳み込みニューラルネットワークをさらに含む、請求項１に記載の学習装置。

[請求項3] 前記学習モデルは、前記第１畳み込みニューラルネットワークの出力と前記処理条件のうち前記変動条件以外の固定条件が入力される全結合ニューラルネットワークを、さらに含み、

前記第２畳み込みニューラルネットワークは、前記全結合ニューラルネットワークの出力が入力される、請求項２に記載の学習装置。

[請求項4] 前記第１畳み込みニューラルネットワークが有する複数層でそれぞれ用いられるフィルタ数は、下層で用いられるフィルタ数がその上層で用いられるフィルタ数の倍であり、

前記第２畳み込みニューラルネットワークが有する複数層でそれぞれ用いられるフィルタ数は、下層で用いられるフィルタ数がその上層で用いられるフィルタ数の１／２倍である、請求項２または３に記載

の学習装置。

[請求項5] 前記基板処理装置は、基板に処理液を供給するノズルを移動させることにより基板に前記処理液を供給し、

前記変動条件は、時間の経過に伴って変動する前記ノズルの基板に対する相対位置を示すノズル移動条件を含む、請求項１～４のいずれか一項に記載の学習装置。

[請求項6] 前記変動条件は、時間の経過に伴って変化する前記ノズルから吐出される処理液の流量を示す吐出流量条件をさらに含む、請求項５に記載の学習装置。

[請求項7] 基板処理装置を管理する情報処理装置であって、

前記基板処理装置は、時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより、前記被膜の処理をし、

前記基板処理装置により前記被膜の処理をされる前の前記基板に形成された前記被膜について前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを用いて、前記基板処理装置を駆動するための処理条件を決定する処理条件決定部と、を備え、

前記学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含み、前記基板処理装置が前記被膜の処理をした前記処理条件に含まれる前記変動条件と前記基板処理装置により前記被膜の処理をされた前記基板に形成された前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量とを含む学習用データを機械学習した推論モデルであり、

前記処理条件決定部は、仮の変動条件を前記学習モデルに与えて前記学習モデルにより推測される前記第二処理量が許容条件を満たす場合に前記仮の変動条件を含む処理条件を、前記基板処理装置を駆動するための処理条件に決定する、情報処理装置。

[請求項8] 請求項７に記載の情報処理装置を備えた基板処理装置。

[請求項9] 基板処理装置を管理する基板処理システムであって、

学習装置と情報処理装置とを備え、

前記基板処理装置は、時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより、前記被膜の処理をし、

前記学習装置は、前記基板処理装置を前記処理条件で駆動して前記基板に形成された前記被膜の処理を行った後に、前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量を取得する実験データ取得部と、

前記変動条件と前記処理条件に対応する前記第一処理量とを含む学習用データを機械学習して前記基板処理装置により前記被膜の処理をされる前の前記基板に形成された前記被膜について前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを生成するモデル生成部と、を備え、

前記学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含み、

前記情報処理装置は、前記学習装置により生成された前記学習モデルを用いて、前記基板処理装置を駆動するための処理条件を決定する処理条件決定部と、を備え、

前記処理条件決定部は、前記学習装置により生成された前記学習モデルに仮の変動条件を与えて前記学習モデルにより推測される前記第二処理量が許容条件を満たす場合に前記仮の変動条件を含む処理条件を、前記基板処理装置を駆動するための処理条件に決定する、基板処理システム。

[請求項10] 被膜が形成された基板に処理液を供給することにより前記被膜の処理をする基板処理装置を時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で駆動して前記被膜の処理を行った後に、前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量を取得する処理と、

前記変動条件と前記処理条件に対応する前記第一処理量とを含む学習用データを機械学習して前記基板処理装置により前記被膜の処理をされる前の前記基板に形成された前記被膜について前記被膜の処理の

前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを生成する処理と、をコンピューターに実行させ、

前記学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含む、学習方法。

[請求項11] 基板処理装置を管理するコンピューターで実行される処理条件決定方法であって、

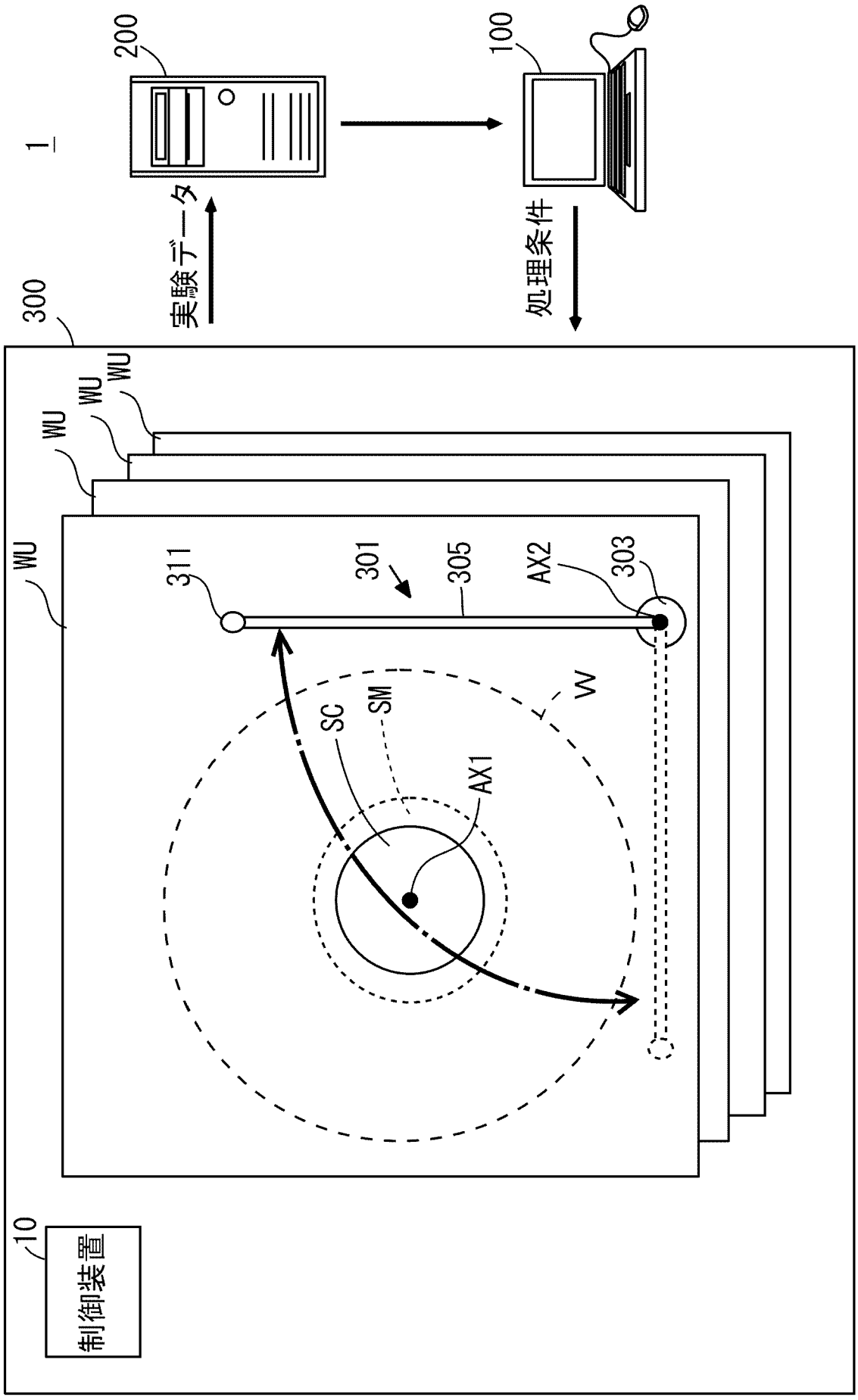
前記基板処理装置は、時間の経過に伴って変動する変動条件を含む処理条件で、被膜が形成された基板に処理液を供給することにより、前記被膜の処理をし、

前記基板処理装置により前記被膜の処理をされる前の前記基板に形成された前記被膜について前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第二処理量を推測する学習モデルを用いて、前記基板処理装置を駆動するための処理条件を決定する処理と、を含み、

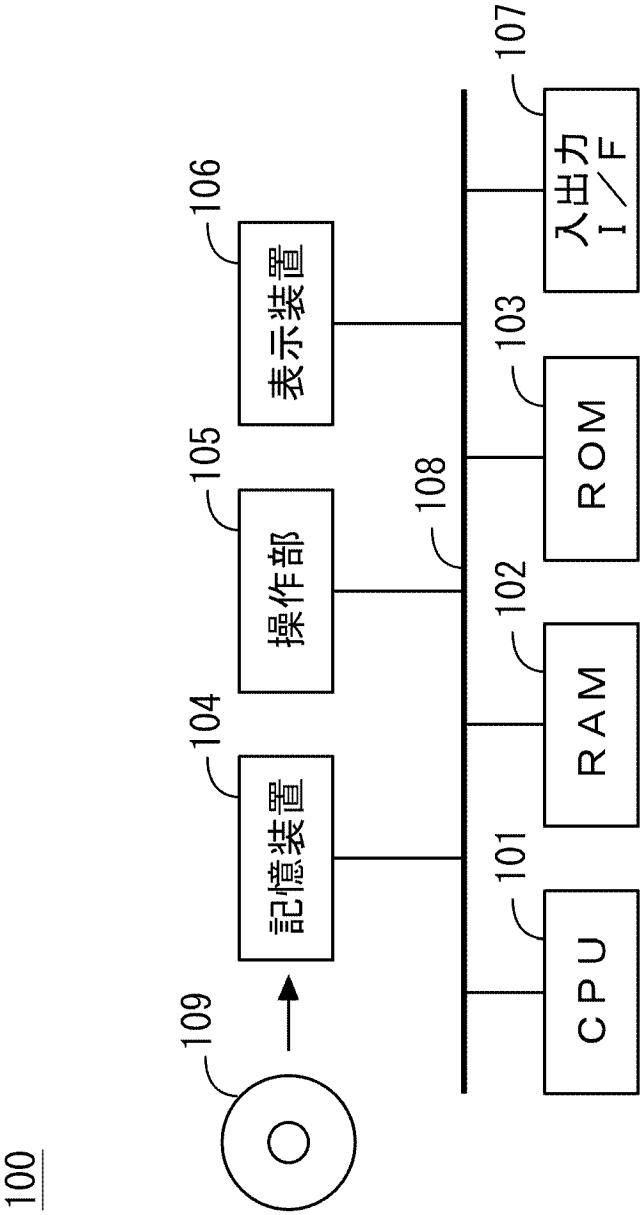
前記学習モデルは、第１畳み込みニューラルネットワークを含み、前記基板処理装置が前記被膜の処理をした前記処理条件に含まれる前記変動条件と前記基板処理装置により前記被膜の処理をされた前記基板に形成された前記被膜の処理の前後の膜厚の差を示す第一処理量とを含む学習用データを機械学習した推論モデルであり、

前記処理条件を決定する処理は、仮の変動条件を前記学習モデルに与えて前記学習モデルにより推測される前記第二処理量が許容条件を満たす場合に前記仮の変動条件を含む処理条件を、前記基板処理装置を駆動するための処理条件に決定する処理を含む、処理条件決定方法。

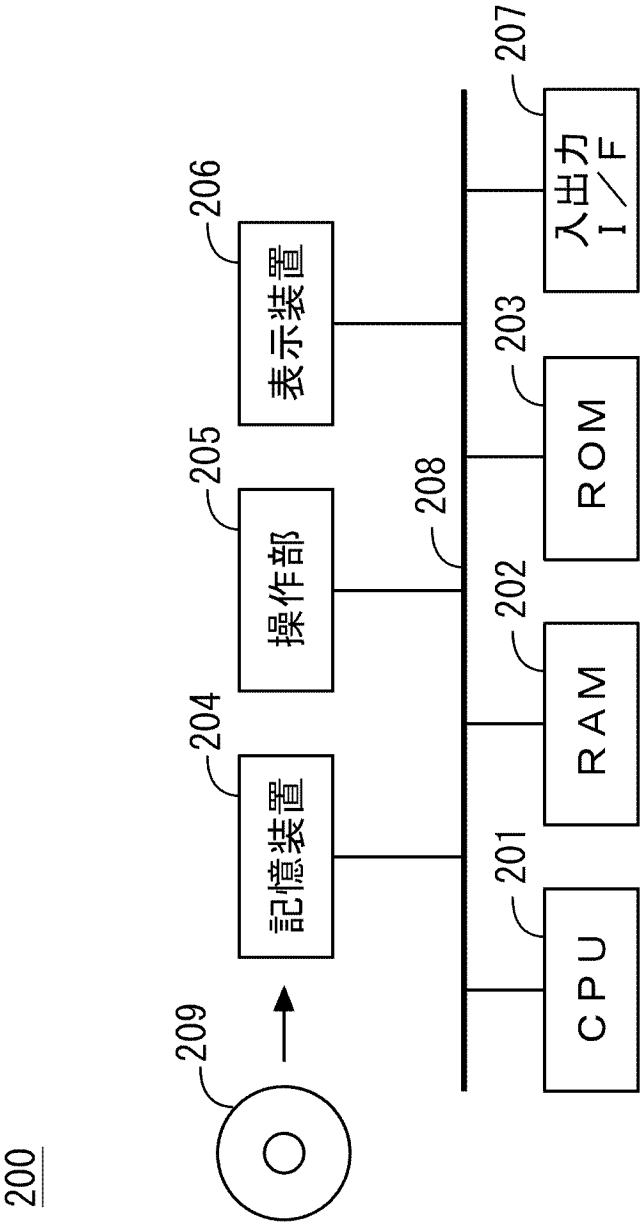
[図1]


1
200
100
実験データ
処理条件
300
WU
WU
WU
WU
311
301
305
AX2
303
SC
SM
AX1
W
10
制御装置

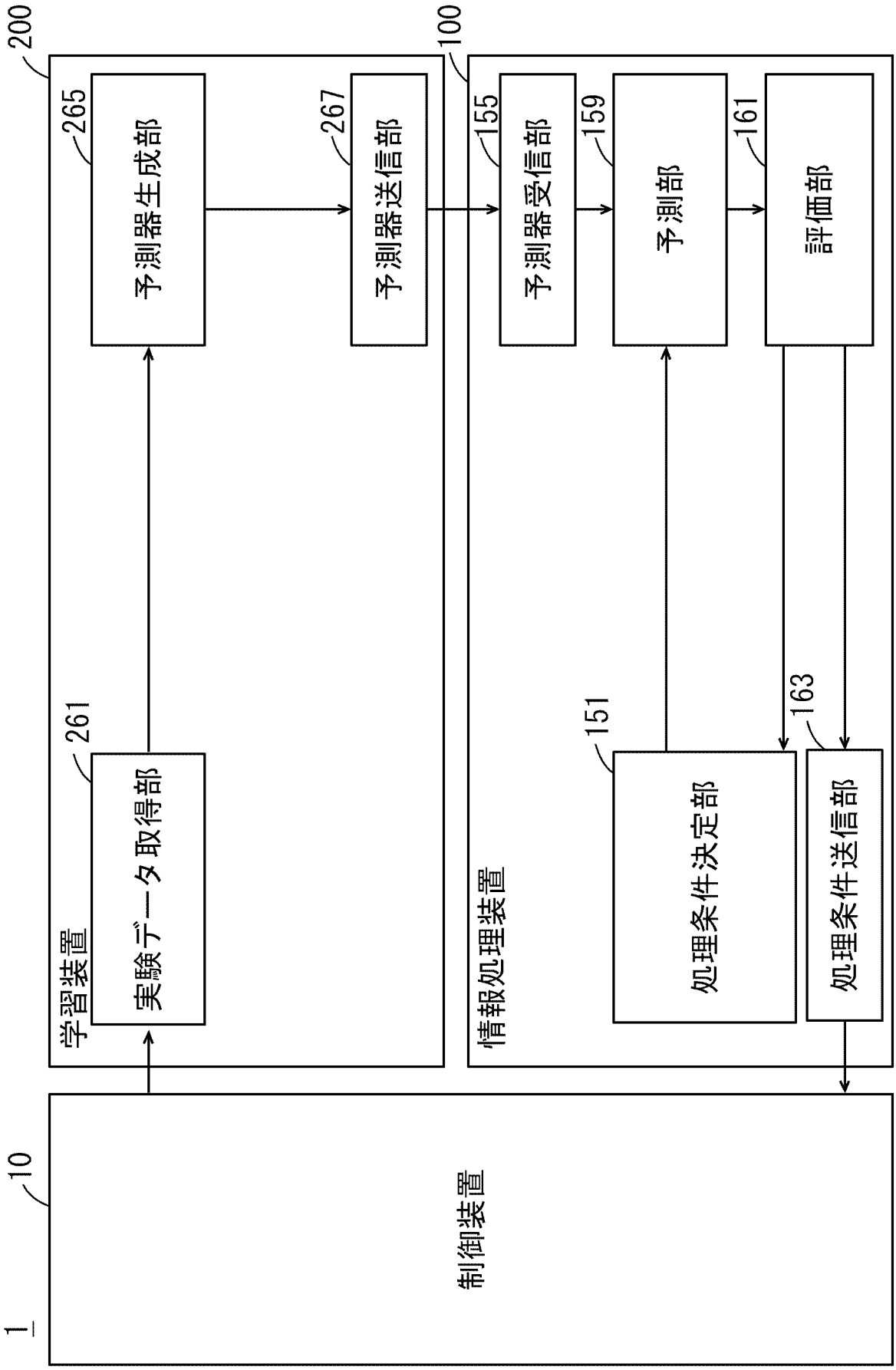
[図2]


100
109
記憶装置
104
操作部
105
表示装置
106
CPU
101
RAM
102
ROM
103
入出力
I／F
107
108

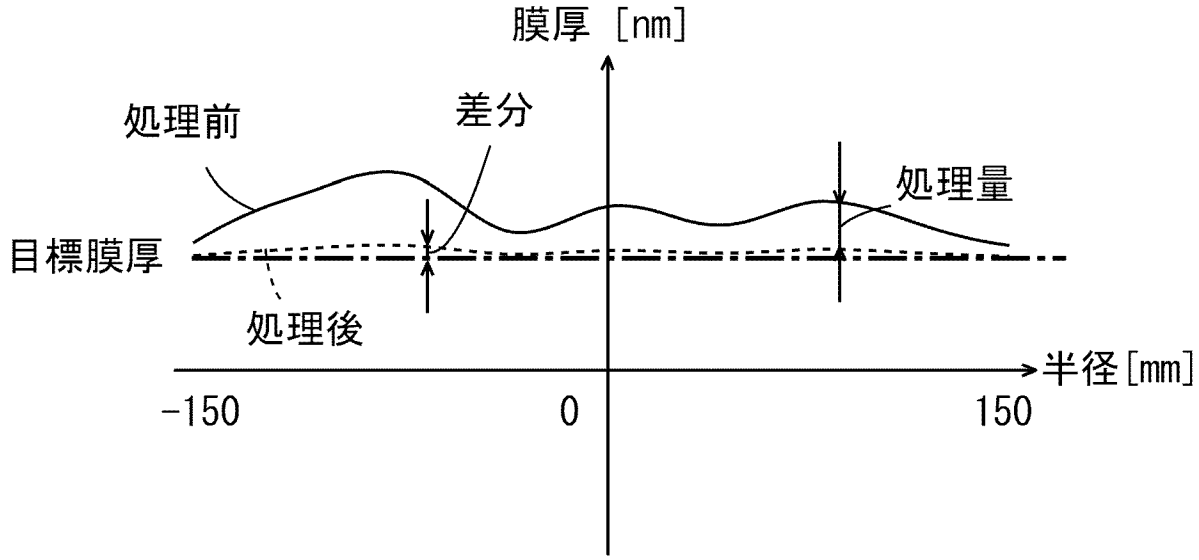
[図3]


200
209
204
記憶装置
205
操作部
206
表示装置
201
CPU
202
RAM
203
ROM
207
入出力
I／F
208

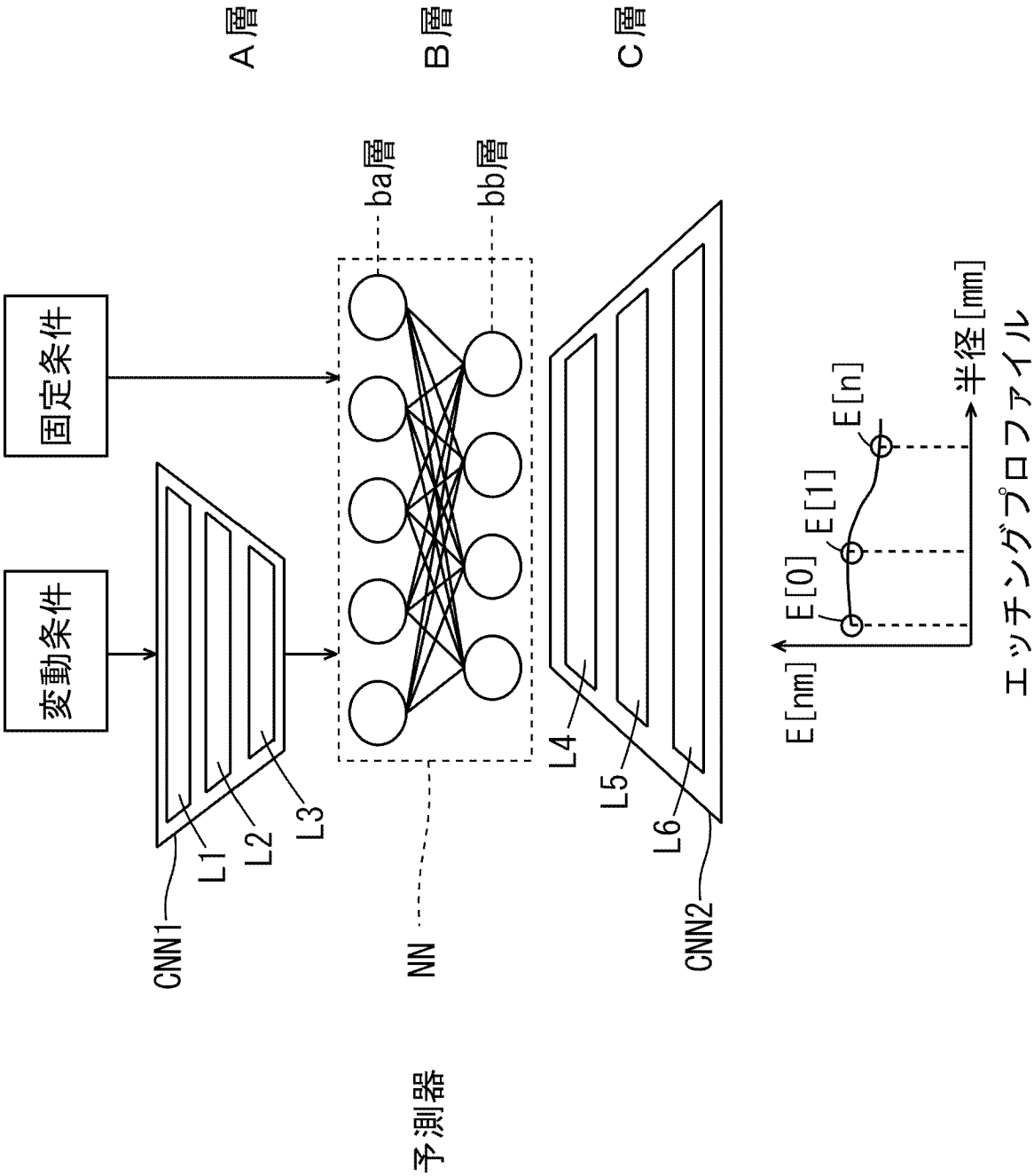
[図4]


1
10
制御装置
200
学習装置
261
実験データ取得部
265
予測器生成部
267
予測器送信部
100
情報処理装置
155
予測器受信部
159
予測部
161
評価部
151
処理条件決定部
163
処理条件送信部

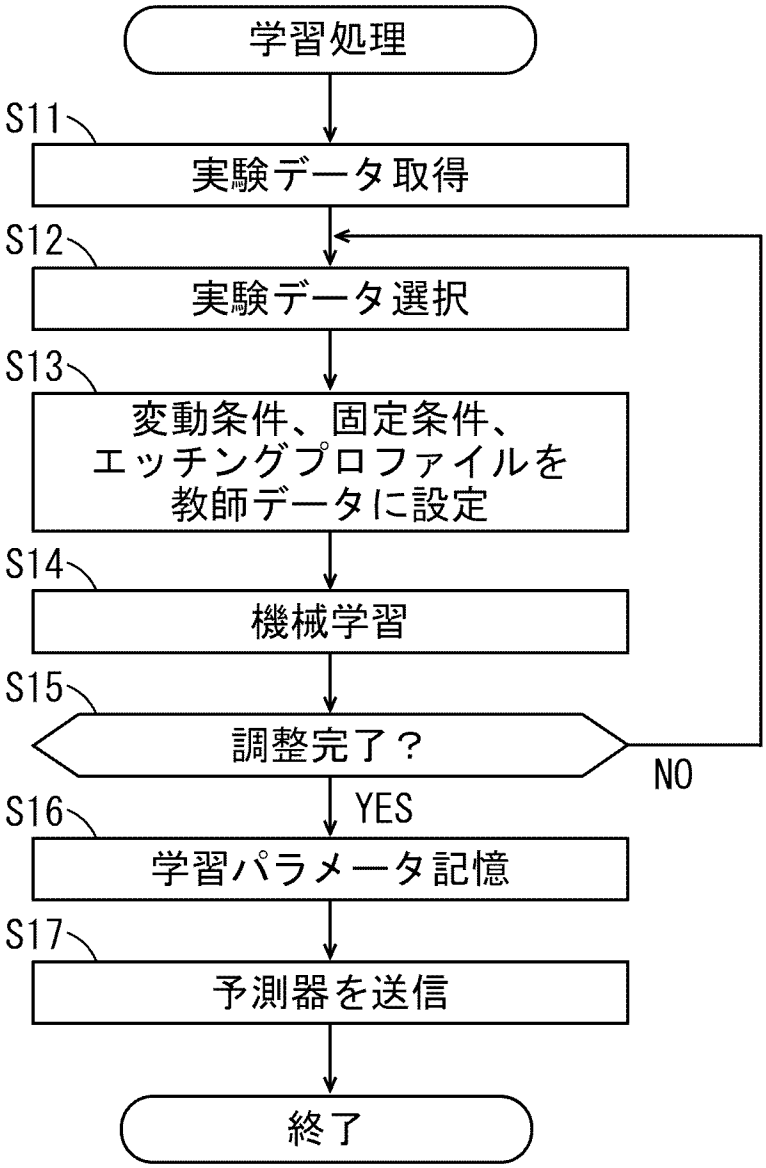
[図5]



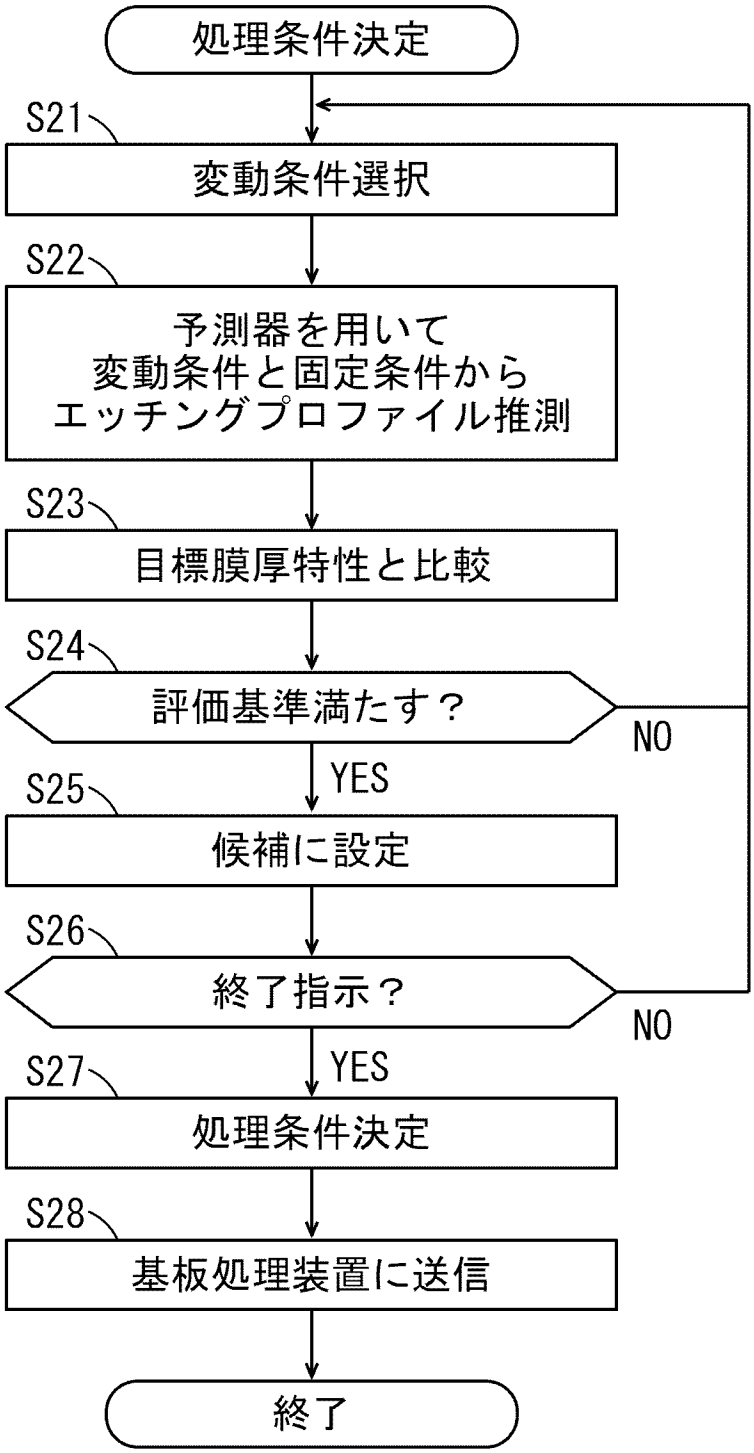
[図6]


A層
B層
C層
ba層
bb層
固定条件
変動条件
CNN1
L1
L2
L3
NN
L4
L5
L6
CNN2
予測器
E[nm]
E[0]
E[1]
E[n]
半径[mm]
エッチングプロファイル

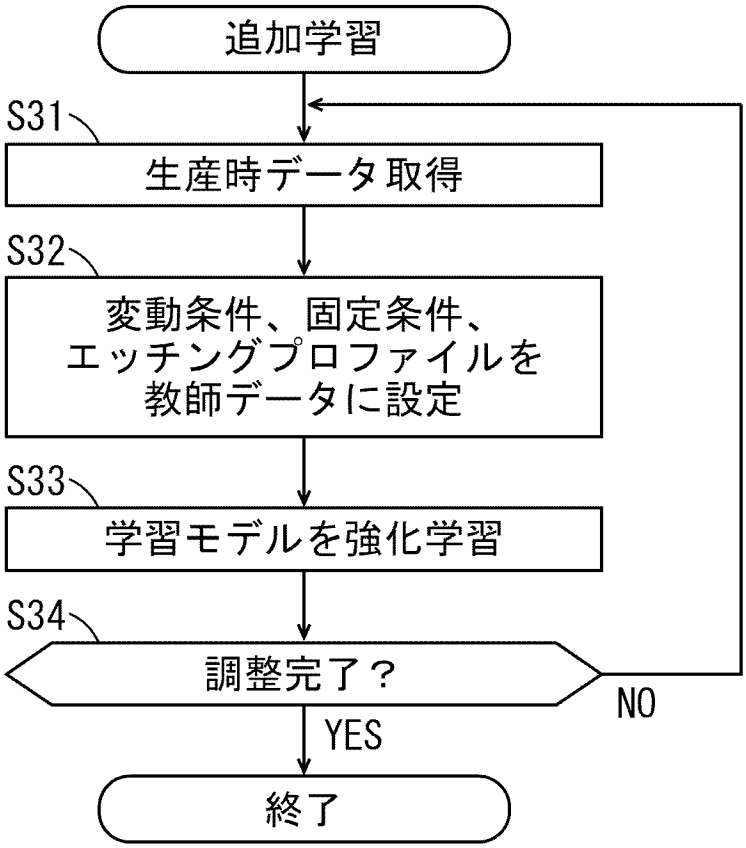
[図7]


学習処理
S11
実験データ取得
S12
実験データ選択
S13
変動条件、固定条件、
エッチングプロファイルを
教師データに設定
S14
機械学習
S15
調整完了？
NO
YES
S16
学習パラメータ記憶
S17
予測器を送信
終了

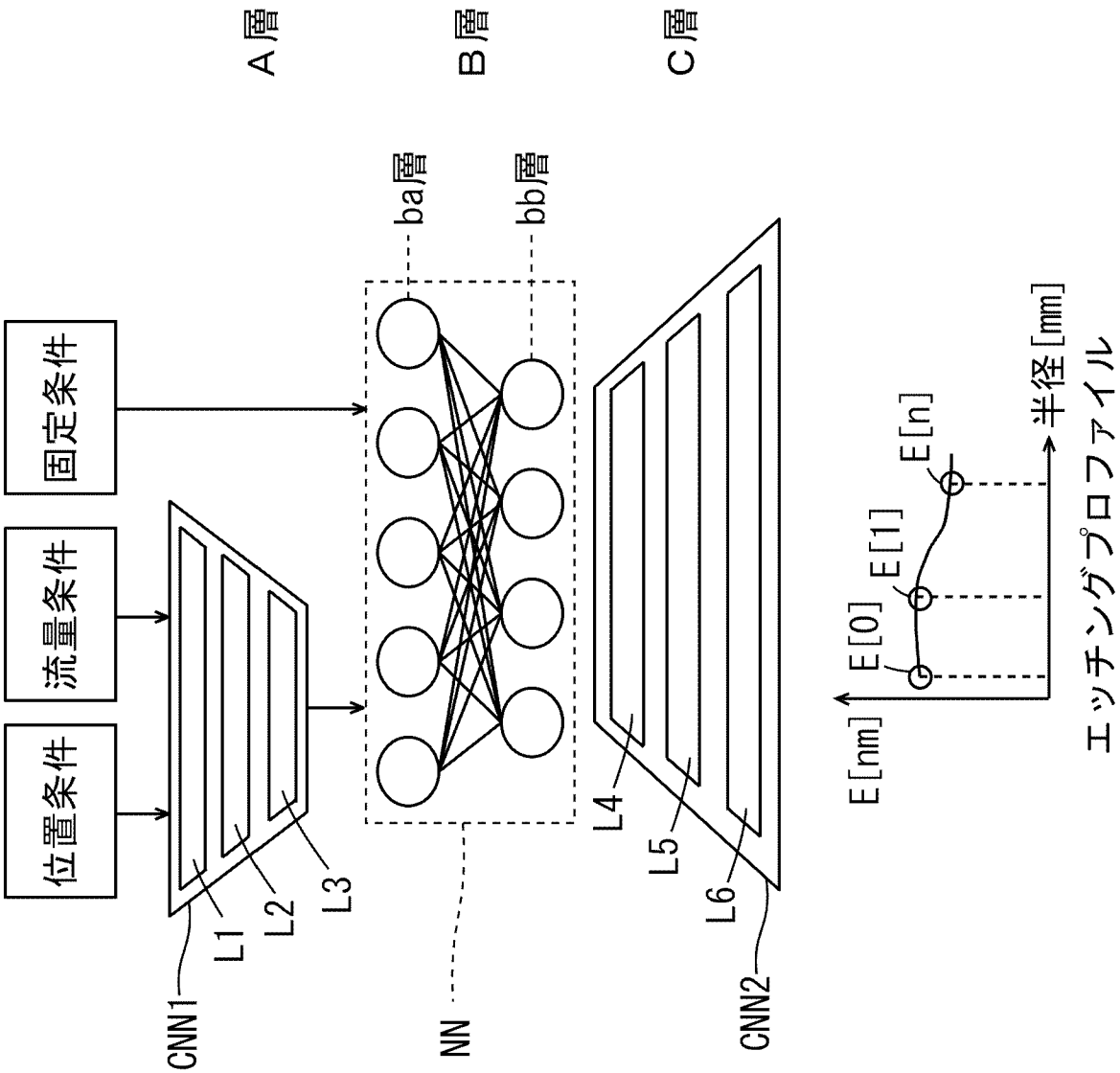
[図8]


処理条件決定
S21
変動条件選択
S22
予測器を用いて
変動条件と固定条件から
エッチングプロファイル推測
S23
目標膜厚特性と比較
S24
評価基準満たす？
NO
YES
S25
候補に設定
S26
終了指示？
NO
YES
S27
処理条件決定
S28
基板処理装置に送信
終了

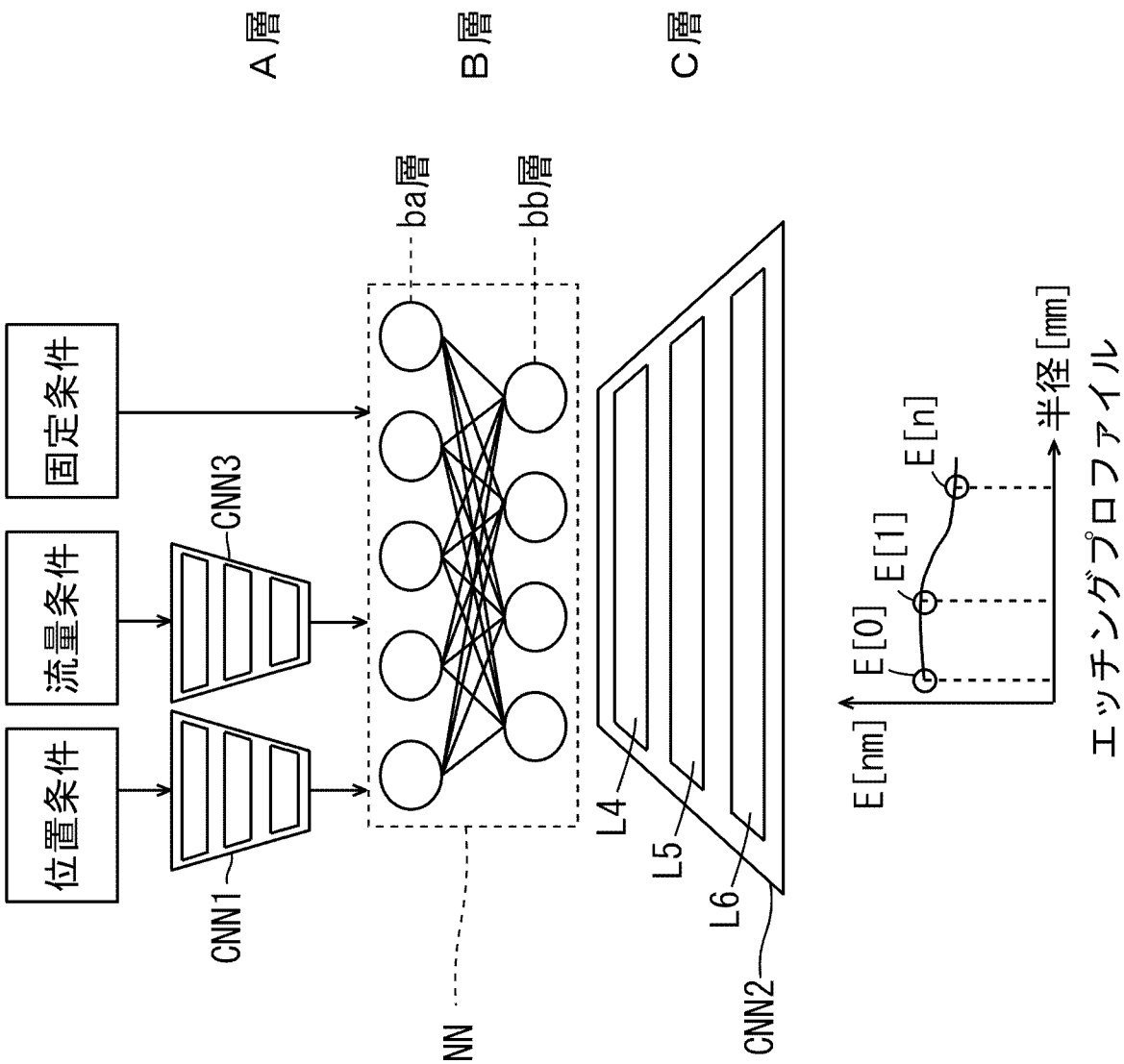
[図9]


追加学習
S31
生産時データ取得
S32
変動条件、固定条件、
エッチングプロファイルを
教師データに設定
S33
学習モデルを強化学習
S34
調整完了？
NO
YES
終了

[図10]


A層
B層
C層
固定条件
流量条件
位置条件
ba層
bb層
CNN1
L1
L2
L3
NN
L4
L5
L6
CNN2
E[nm]
E[0]
E[1]
E[n]
半径[mm]
エッチングプロファイル

[図11]


A層
B層
C層
固定条件
流量条件
位置条件
CNN3
CNN1
ba層
bb層
NN
L4
L5
L6
CNN2
E[nm]
E[0]
E[1]
E[n]
半径[mm]
エッチングプロファイル

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/028655

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/306(2006.01)i; ***G06N 20/00***(2019.01)i
FI: H01L21/306 R; G06N20/00 130

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)

H01L21/306; G06N20/00

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2021-152762 A (SCREEN HOLDINGS CO., LTD.) 30 September 2021 (2021-09-30)	1-11
A	JP 2021-108367 A (SCREEN HOLDINGS CO., LTD.) 29 July 2021 (2021-07-29)	1-11
A	JP 2022-525197 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 11 May 2022 (2022-05-11)	1-11
A	WO 2020/049974 A1 (PREFERRED NETWORKS INC.) 12 March 2020 (2020-03-12)	1-11
A	JP 2022-501207 A (APPLIED MATERIALS, INC.) 06 January 2022 (2022-01-06)	1-11
A	US 2022/0083721 A1 (CENTER FOR DEEP LEARNING IN ELECTRONICS MANUFACTURING, INC.) 17 March 2022 (2022-03-17)	1-11

☐ 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	Date of mailing of the international search report
25 September 2023	**03 October 2023**
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/JP2023/028655

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2021-152762 A	30 September 2021	US 2021/0304032 A1	
		CN 113448307 A	
		KR 10-2021-0119289 A	
		TW 202205040 A	
JP 2021-108367 A	29 July 2021	US 2021/0202258 A1	
		CN 113053780 A	
		KR 10-2021-0084305 A	
		TW 202125618 A	
JP 2022-525197 A	11 May 2022	US 2020/0292388 A1	
		WO 2020/190766 A1	
		KR 10-2021-0128490 A	
		CN 113574561 A	
		TW 202105494 A	
WO 2020/049974 A1	12 March 2020	US 2021/0183051 A1	
		CN 112640037 A	
		KR 10-2021-0036391 A	
		TW 202024377 A	
JP 2022-501207 A	06 January 2022	US 2020/0094370 A1	
		WO 2020/068345 A1	
		CN 112823080 A	
		KR 10-2021-0052559 A	
		TW 202027908 A	
US 2022/0083721 A1	17 March 2022	WO 2022/058846 A1	
		TW 202213166 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/028655

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 21/306(2006.01)i; G06N 20/00(2019.01)i
FI: H01L21/306 R; G06N20/00 130

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））

H01L21/306; G06N20/00

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

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

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）

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 2021-152762 A (株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス) 30.09.2021 (2021-09-30)	1-11
A	JP 2021-108367 A (株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス) 29.07.2021 (2021-07-29)	1-11
A	JP 2022-525197 A (東京エレクトロン株式会社) 11.05.2022 (2022-05-11)	1-11
A	WO 2020/049974 A1 (株式会社Ｐｒｅｆｅｒｒｅｄ　Ｎｅｔｗｏｒｋｓ) 12.03.2020 (2020-03-12)	1-11
A	JP 2022-501207 A (アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド) 06.01.2022 (2022-01-06)	1-11
A	US 2022/0083721 A1 (CENTER FOR DEEP LEARNING IN ELECTRONICS MANUFACTURING, INC.) 17.03.2022 (2022-03-17)	1-11

☐ 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。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"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
"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）
"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
"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
"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
"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
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
25.09.2023	03.10.2023

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）
宇多川　勉 50 3125

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

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/JP2023/028655

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2021-152762 A	30.09.2021	US 2021/0304032 A1	
		CN 113448307 A	
		KR 10-2021-0119289 A	
		TW 202205040 A	
JP 2021-108367 A	29.07.2021	US 2021/0202258 A1	
		CN 113053780 A	
		KR 10-2021-0084305 A	
		TW 202125618 A	
JP 2022-525197 A	11.05.2022	US 2020/0292388 A1	
		WO 2020/190766 A1	
		KR 10-2021-0128490 A	
		CN 113574561 A	
		TW 202105494 A	
WO 2020/049974 A1	12.03.2020	US 2021/0183051 A1	
		CN 112640037 A	
		KR 10-2021-0036391 A	
		TW 202024377 A	
JP 2022-501207 A	06.01.2022	US 2020/0094370 A1	
		WO 2020/068345 A1	
		CN 112823080 A	
		KR 10-2021-0052559 A	
		TW 202027908 A	
US 2022/0083721 A1	17.03.2022	WO 2022/058846 A1	
		TW 202213166 A	