(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27日(27.01.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/018795 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 3/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/028095

(22) 国際出願日： 2020年7月20日(20.07.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: ギガフォトン株式会社(**GIGAPHOTON INC.**) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田４００番地 Tochigi (JP).

(72) 発明者: 阿部 邦彦(**ABE, Kunihiko**); 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田４００番地 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).

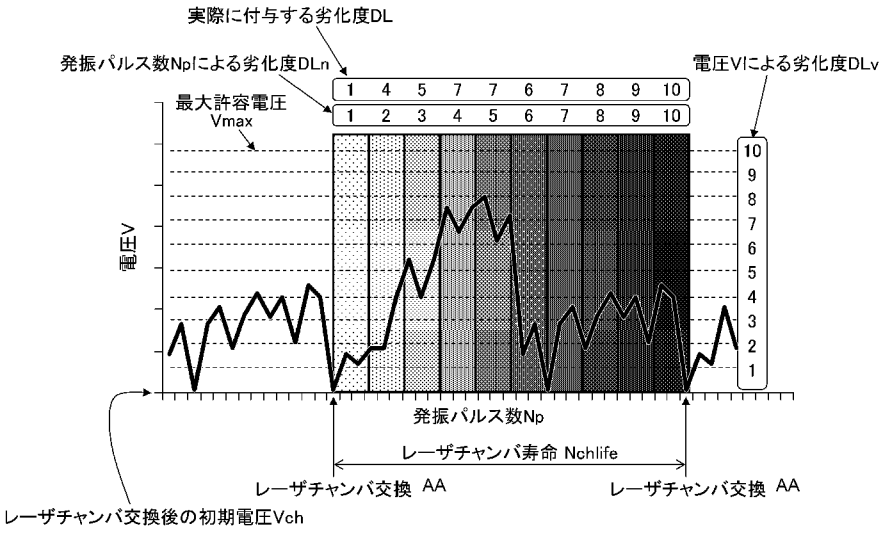
(74) 代理人: 松 浦 憲 三 (**MATSUURA, Kenzo**); 〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目６番１号 新宿住友ビル２３階 新都心国際特許事務所 Tokyo (JP).

(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, 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,

WO 2022/018795 A1

(54) **Title:** TRAINING DATA CREATING METHOD, MACHINE LEARNING METHOD, EXPENDABLE ITEM MANAGEMENT DEVICE, AND COMPUTER-READABLE MEDIUM

(54) 発明の名称： 訓練データ作成方法、機械学習方法、消耗品管理装置及びコンピュータ可読媒体



DL Actually allotted deterioration degree
DLn Deterioration degree due to number Np of oscillation pulses
DLv Deterioration degree due to voltage V
V Voltage
Vmax Maximum permitted voltage
Vch Initial voltage after laser chamber replacement
Np Number of oscillation pulses
Nchlife Laser chamber lifetime
AA Laser chamber replacement

(57) **Abstract:** An aspect of the present disclosure relates to a training data creating method for creating training data for use in machine learning of a learning model for predicting the lifetime of an expendable item of a laser device, the method comprising: acquiring first lifetime-related information including data of at least one lifetime-related parameter of an expendable item, the at least one lifetime-related parameter being recorded corresponding to different numbers of

［続葉有］

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))

oscillation pulses in a period between the start of use of the expendable item and replacement thereof; defining a first deterioration degree of the expendable item on the basis of a number of oscillation pulses; defining a second deterioration degree of the expendable item on the basis of the at least one lifetime-related parameter; defining a third deterioration degree of the expendable item on the basis of the first deterioration degree and the second deterioration degree; and creating training data in which the first lifetime-related information and the third deterioration degree are associated with each other.

(57) 要約:本開示の一観点に係る訓練データ作成方法は、レーザ装置の消耗品の寿命を予測するための学習モデルの機械学習に使用する訓練データの作成方法であって、消耗品の使用が開始されてから交換されるまでの期間中の異なる発振パルス数に対応して記録された消耗品の少なくとも1つの寿命関連パラメータのデータを含む第1の寿命関連情報を取得することと、発振パルス数に基づき消耗品の第1の劣化度を定めることと、少なくとも1つの寿命関連パラメータに基づき消耗品の第2の劣化度を定めることと、第1の劣化度と第2の劣化度とに基づき消耗品の第3の劣化度を定めることと、第1の寿命関連情報と第3の劣化度とを対応付けた訓練データを作成することとを含む。

明　細　書

発明の名称 ：

訓練データ作成方法、機械学習方法、消耗品管理装置及びコンピュータ可読媒体

技術分野

[0001] 本開示は、訓練データ作成方法、機械学習方法、消耗品管理装置及びコンピュータ可読媒体に関する。

背景技術

[0002] 半導体集積回路の微細化、高集積化につれて、半導体露光装置においては解像力の向上が要請されている。半導体露光装置を以下、単に「露光装置」という。このため露光用光源から出力される光の短波長化が進められている。露光用光源には、従来の水銀ランプに代わってガスレーザ装置が用いられている。現在、露光用のガスレーザ装置としては、波長２４８ｎｍの紫外線を出力するＫｒＦエキシマレーザ装置ならびに、波長１９３ｎｍの紫外線を出力するＡｒＦエキシマレーザ装置が用いられている。

[0003] 現在の露光技術としては、露光装置側の投影レンズとウエハ間の間隙を液体で満たして、当該間隙の屈折率を変えることによって、露光用光源の見かけの波長を短波長化する液浸露光が実用化されている。ＡｒＦエキシマレーザ装置を露光用光源として用いて液浸露光が行われた場合は、ウエハには等価における波長１３４ｎｍの紫外光が照射される。この技術をＡｒＦ液浸露光という。ＡｒＦ液浸露光はＡｒＦ液浸リソグラフィとも呼ばれる。

[0004] ＫｒＦ、ＡｒＦエキシマレーザ装置の自然発振におけるスペクトル線幅は約３５０～４００ｐｍと広いため、露光装置側の投影レンズによってウエハ上に縮小投影されるレーザ光（紫外線光）の色収差が発生して解像力が低下する。そこで色収差が無視できる程度となるまでガスレーザ装置から出力されるレーザ光のスペクトル線幅を狭帯域化する必要がある。スペクトル線幅はスペクトル幅とも呼ばれる。このためガスレーザ装置のレーザ共振器内に

は狭帯域化素子を有する狭帯域化部（Line Narrow Module）が設けられ、この狭帯域化部によりスペクトル幅の狭帯域化が実現されている。なお、狭帯域化素子はエタロンやグレーティング等であってもよい。このようにスペクトル幅が狭帯域化されたレーザ装置を狭帯域化レーザ装置という。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：米国特許出願公開第２０１８／０２４６４９４号

特許文献2：米国特許第６２１９３６７号

特許文献3：米国特許第６６９７６９５号

概要

[0006] 本開示の１つの観点に係る訓練データ作成方法は、レーザ装置の消耗品の寿命を予測するための学習モデルの機械学習に使用する訓練データの作成方法であって、消耗品の使用が開始されてから交換されるまでの期間中の異なる発振パルス数に対応して記録された消耗品の少なくとも１つの寿命関連パラメータのデータを含む第１の寿命関連情報を取得することと、発振パルス数に基づき消耗品の第１の劣化度を定めることと、少なくとも１つの寿命関連パラメータに基づき消耗品の第２の劣化度を定めることと、第１の劣化度と第２の劣化度とに基づき消耗品の第３の劣化度を定めることと、第１の寿命関連情報と第３の劣化度とを対応付けた訓練データを作成することとを含む。

[0007] 本開示の他の１つの観点に係る機械学習方法は、レーザ装置の消耗品の寿命を予測するための学習モデルを作成する機械学習方法であって、消耗品の使用が開始されてから交換されるまでの期間中の異なる発振パルス数に対応して記録された消耗品の少なくとも１つの寿命関連パラメータのデータを含む第１の寿命関連情報を取得することと、発振パルス数に基づき消耗品の第１の劣化度を定めることと、少なくとも１つの寿命関連パラメータに基づき消耗品の第２の劣化度を定めることと、第１の劣化度と第２の劣化度とに基づき消耗品の第３の劣化度を定めることと、第１の寿命関連情報と第３の劣

化度とを対応付けた訓練データを作成することと、訓練データを用いて機械学習を行うことにより、第１の寿命関連情報に含まれる寿命関連パラメータのデータから消耗品の劣化度を予測する学習モデルを作成することと、作成された学習モデルを保存することとを含む。

[0008] 本開示の他の１つの観点に係るコンピュータ可読媒体は、プログラムが記録された非一過性のコンピュータ可読媒体であって、プログラムは、コンピュータにより実行された場合に、レーザ装置の消耗品の寿命を予測するための学習モデルの機械学習に使用する訓練データの作成機能を実現させるプログラムであり、消耗品の使用が開始されてから交換されるまでの期間中の異なる発振パルス数に対応して記録された消耗品の少なくとも１つの寿命関連パラメータのデータを含む第１の寿命関連情報を取得する機能と、発振パルス数に基づき消耗品の第１の劣化度を定める機能と、少なくとも１つの寿命関連パラメータに基づき消耗品の第２の劣化度を定める機能と、第１の劣化度と第２の劣化度とに基づき消耗品の第３の劣化度を定める機能と、第１の寿命関連情報と第３の劣化度とを対応付けた訓練データを作成する機能と、をコンピュータに実現させるための命令を含む。

図面の簡単な説明

[0009] 本開示のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の図面を参照して以下に説明する。

[図1]図１は、例示的なレーザ装置の構成を概略的に示す図である。

[図2]図２は、半導体工場のレーザ管理システムの構成例を概略的に示す図である。

[図3]図３は、典型的なレーザチャンバのガス圧と発振パルス数との関係の例を示すグラフである。

[図4]図４は、実施形態１に係る半導体工場のレーザ管理システムの構成を示す図である。

[図5]図５は、消耗品管理サーバの機能を示すブロック図である。

[図6]図６は、データ取得部における処理内容の例を示すフローチャートであ

る。

[図7]図７は、学習モデル作成部における処理内容の例を示すフローチャートである。

[図8]図８は、レーザチャンバの電圧と発振パルス数との関係の例を示すグラフであり、発振パルス数と電圧とに基づきレーザチャンバの寿命までの劣化度を付与する例を示す。

[図9]図９は、レーザチャンバの電圧と発振パルス数との関係の例を示すグラフであり、発振パルス数と電圧とに基づきレーザチャンバの寿命までの劣化度を付与する他の例を示す。

[図10]図１０は、レーザチャンバのガス圧と発振パルス数との関係の例を示すグラフであり、発振パルス数とガス圧と電圧とに基づきレーザチャンバの寿命までの劣化度を付与する例を示す。

[図11]図１１は、図７のステップＳ４８に適用される処理内容の例１を示すフローチャートである。

[図12]図１２は、図１１のステップＳ１０４に適用される処理内容の例１を示すフローチャートである。

[図13]図１３は、図１１のステップＳ１０４に適用される処理内容の例２を示すフローチャートである。

[図14]図１４は、図１１のステップＳ１０４に適用される処理内容の例３を示すフローチャートである。

[図15]図１５は、電圧とガス圧の２つの値から導き出される特徴量に基づいて劣化度を付与する例を示す図である。

[図16]図１６は、電圧とガス圧の２つの値から導き出される特徴量に基づいて劣化度を付与する他の例を示す図である。

[図17]図１７は、発振パルス数でレベル分けされた１つの劣化度の区間に複数のデータが含まれるイメージを示すグラフである。

[図18]図１８は、図７のステップＳ４８に適用される処理内容の例２を示すフローチャートである。

[図19]図１９は、図１８のステップＳ１０４に適用される処理内容の例を示すフローチャートである。

[図20]図２０は、ニューラルネットワークモデルの例を示す模式図である。

[図21]図２１は、学習モデルを作成する際のニューラルネットワークのモデルの例である。

[図22]図２２は、消耗品の寿命予測部における処理内容の例を示すフローチャートである。

[図23]図２３は、図２２のステップＳ７０に適用される処理内容の例を示すフローチャートである。

[図24]図２４は、作成した学習モデルを使用してレーザチャンバの寿命及び余寿命を計算する例を示すグラフである。

[図25]図２５は、１０段階にレベル分けされた劣化度毎の確率の例を示す図表である。

[図26]図２６は、学習済みのニューラルネットワークモデルによって消耗品の寿命を予測する処理の例を示す図である。

[図27]図２７は、データ出力部における処理内容の例を示すフローチャートである。

[図28]図２８は、レーザチャンバの寿命関連情報の例を示す図表である。

[図29]図２９は、レーザチャンバの寿命関連情報の例を示す図表である。

[図30]図３０は、レーザチャンバの寿命関連情報の例を示す図表である。

[図31]図３１は、モニタモジュールの寿命関連情報の例を示す図表である。

[図32]図３２は、狭帯域化モジュールの寿命関連情報の例を示す図表である。

実施形態

[0010] －目次－

１．用語の説明

２．レーザ装置の説明

２．１　構成

２．２　動作
２．３　レーザ装置の主要な消耗品のメインテナンス
２．４　その他
３．半導体工場のレーザ管理システムの例
３．１　構成
３．２　動作
４．課題
５．実施形態１
５．１　構成
５．２　動作
５．２．１　消耗品管理サーバにおける機械学習の動作の概要
５．２．２　消耗品管理サーバにおける消耗品の寿命予測の動作の概要
５．２．３　データ取得部の処理例
５．２．４　学習モデル作成部の処理例
５．２．５　レーザチャンバの寿命予測に用いる学習モデルの作成例１
５．２．６　レーザチャンバの寿命予測に用いる学習モデルの作成例２
５．２．７　複数のパラメータを組み合わせて１つのパラメータに変換する例
５．２．８　データＤ（ｓ）が複数のデータ件数を含む場合の説明
５．２．９　ニューラルネットワークモデルの例
５．２．１０　ニューラルネットワークモデルの学習モード
５．２．１１　消耗品の寿命予測部の処理例
５．２．１２　学習モデルを使って消耗品の寿命を計算する処理の例
５．２．１３　ニューラルネットワークモデルの寿命予測モード
５．２．１４　その他
５．２．１５　データ出力部の処理例
５．３　レーザチャンバの寿命関連情報
５．４　モニタモジュールの寿命関連情報の例

５．５　狭帯域化モジュールの寿命関連情報の例

５．６　作用・効果

５．７　その他

６．変形例

７．プログラムを記録したコンピュータ可読媒体について

以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。以下に説明される実施形態は、本開示のいくつかの例を示すものであって、本開示の内容を限定するものではない。また、各実施形態で説明される構成及び動作の全てが本開示の構成及び動作として必須であるとは限らない。なお、同一の構成要素には同一の参照符号を付して、重複する説明を省略する。

[0011]　１．用語の説明

「消耗品」は、定期的なメインテナンスが必要になる部品やモジュールなどの物品を包括的に表す用語として用いる。交換部品及び交換モジュールは「消耗品」の概念に含まれる。モジュールは、部品の一形態と理解してもよい。本明細書では「消耗品」という用語を「交換モジュール又は交換部品」と同義に用いる場合がある。メインテナンスには、消耗品の交換が含まれる。「交換」の概念には、消耗品を新しいものに置き換えることの他、消耗品を洗浄するなどして部品の機能の維持及び／又は回復を図り、同じ消耗品を再配置することも含まれる。

[0012]　「バースト運転」とは、露光に合わせて狭帯域化したパルスレーザ光を連続して発振するバースト期間と、ステージの移動に合わせて発振休止する発振休止期間とを交互に繰り返す運転のことを意味する。

[0013]　２．レーザ装置の説明

２．１　構成

図１に、例示的なレーザ装置１０の構成を概略的に示す。レーザ装置１０は、例えば、ＫｒＦエキシマレーザ装置であって、レーザ制御部９０と、レーザチャンバ１００と、インバータ１０２と、出力結合ミラー１０４と、狭

帯域化モジュール（Line Narrow Module:ＬＮＭ）１０６と、モニタモジュール１０８と、充電器１１０と、パルスパワーモジュール（ＰＰＭ）１１２と、ガス供給装置１１４と、ガス排気装置１１６と、出射口シャッタ１１８とを含む。

[0014] レーザチャンバ１００は、第１ウインドウ１２１と、第２ウインドウ１２２と、クロスフローファン（ＣＦＦ）１２３と、ＣＦＦ１２３を回転させるモータ１２４と、１対の電極１２５、１２６と、電気絶縁物１２７と、圧力センサ１２８と、図示しない熱交換器とを含む。

[0015] インバータ１０２は、モータ１２４の電源供給装置である。インバータ１０２は、モータ１２４に供給する電力の周波数を特定する指令信号をレーザ制御部９０から受信する。

[0016] ＰＰＭ１１２は、レーザチャンバ１００の電気絶縁物１２７中のフィードスルーを介して電極１２５と接続される。ＰＰＭ１１２は、半導体スイッチ１２９と、いずれも図示しない、充電コンデンサと、パルストランスと、パルス圧縮回路とを含む。

[0017] 出力結合ミラー１０４は部分反射ミラーであって、狭帯域化モジュール１０６とともに光共振器を構成するように配置される。レーザチャンバ１００は、この光共振器の光路上に配置される。

[0018] 狭帯域化モジュール１０６は、第１プリズム１３１及び第２プリズム１３２を用いたビームエキスパンダと、回転ステージ１３４と、グレーティング１３６とを含む。第１プリズム１３１及び第２プリズム１３２は、レーザチャンバ１００の第２ウインドウ１２２から出射された光のビームを拡大し、グレーティング１３６に入射するように配置される。

[0019] ここで、グレーティング１３６はレーザ光の入射角と回折角とが一致するようにリトロー配置される。第２プリズム１３２は、回転ステージ１３４が回転したときに、レーザ光のグレーティング１３６への入射角と回折角とが変化するように回転ステージ１３４上に配置される。

[0020] モニタモジュール１０８は、第１ビームスプリッタ１４１及び第２ビーム

スプリッタ１４２と、パルスエネルギ検出器１４４と、スペクトル検出器１４６とを含む。第１ビームスプリッタ１４１は、出力結合ミラー１０４から出力されたレーザ光の光路上に配置され、レーザ光の一部が反射されて第２ビームスプリッタ１４２に入射するように配置される。

[0021] パルスエネルギ検出器１４４は、第２ビームスプリッタ１４２を透過したレーザ光が入射するように配置される。パルスエネルギ検出器１４４は、例えば、紫外線の光強度を計測するフォトダイオードであってもよい。第２ビームスプリッタ１４２は、レーザ光の一部が反射されてスペクトル検出器１４６に入射するように配置される。

[0022] スペクトル検出器１４６は、例えば、エタロンによって生成された干渉縞をイメージセンサで計測するモニタエタロン計測装置である。生成された干渉縞に基づいて、レーザ光の中心波長とスペクトル線幅とが計測される。

[0023] ＫｒＦエキシマレーザ装置の場合におけるガス供給装置１１４は、不活性なレーザガスの供給源である不活性ガス供給源１５２と、ハロゲンを含むレーザガスの供給源であるハロゲンガス供給源１５３の各々と配管を介して接続される。不活性なレーザガスとは、ＫｒガスとＮｅガスの混合ガスである。ハロゲンを含むレーザガスとは、F_2ガスとＫｒガスとＮｅガスの混合ガスである。ガス供給装置１１４は、レーザチャンバ１００と配管を介して接続される。

[0024] ガス供給装置１１４は、不活性なレーザガス又はハロゲンを含むレーザガスをそれぞれレーザチャンバ１００に所定量供給するための、図示しない自動バルブ及びマスフローコントローラをそれぞれ含む。

[0025] ガス排気装置１１６は、レーザチャンバ１００と配管を介して接続される。ガス排気装置１１６は、ハロゲンを除去する図示しないハロゲンフィルタ及び排気ポンプを含み、ハロゲンを除去したレーザガスが外部に排気されるように構成される。

[0026] 出射口シャッタ１１８は、レーザ装置１０から外部に出力されるレーザ光の光路上に配置される。

[0027] 出射口シャッタ１１８を介してレーザ装置１０から出力されたレーザ光が露光装置１４に入射するようにレーザ装置１０が配置される。

[0028] ２．２ 動作

レーザ装置１０の動作について説明する。レーザ制御部９０は、ガス排気装置１１６を介してレーザチャンバ１００内にあるガスを排気した後、ガス供給装置１１４を介してレーザチャンバ１００内に不活性なレーザガスとハロゲンを含むレーザガスとを所望のガス組成及び全ガス圧となるように充填する。

[0029] レーザ制御部９０は、インバータ１０２を介してモータ１２４を所定の回転数で回転させてＣＦＦ１２３を回転させる。これにより、電極１２５、１２６間にレーザガスが流れる。

[0030] レーザ制御部９０は、露光装置１４の露光制御部５０から目標パルスエネルギＥｔを受信し、パルスエネルギがＥｔとなるように充電電圧Ｖｈｖのデータを充電器１１０に送信する。

[0031] 充電器１１０は、ＰＰＭ１１２の充電コンデンサが充電電圧Ｖｈｖとなるように充電する。露光装置１４から発光トリガ信号Ｔｒ１が出力されると、発光トリガ信号Ｔｒ１に同期してレーザ制御部９０からトリガ信号Ｔｒ２がＰＰＭ１１２の半導体スイッチ１２９に入力される。この半導体スイッチ１２９が動作するとＰＰＭ１１２の磁気圧縮回路によって電流パルスが圧縮され、高電圧が電極１２５、１２６間に印加される。その結果、電極１２５、１２６間で放電が発生し、放電空間においてレーザガスが励起される。電極１２５、１２６は本開示における「放電電極」の一例である。

[0032] 放電空間の励起されたレーザガスが基底状態となるときに、エキシマ光が発生する。このエキシマ光は出力結合ミラー１０４と狭帯域化モジュール１０６との間を往復して増幅されることによって、レーザ発振する。その結果、出力結合ミラー１０４から狭帯域化されたパルスレーザ光が出力される。

[0033] 出力結合ミラー１０４から出力されたパルスレーザ光はモニタモジュール１０８に入射する。モニタモジュール１０８では、第１ビームスプリッタ１

４１によってレーザ光の一部がサンプルされ、第２ビームスプリッタ１４２に入射する。第２ビームスプリッタ１４２は、入射したレーザ光の一部を透過してパルスエネルギ検出器１４４に入射させ、他の一部を反射してスペクトル検出器１４６に入射させる。

[0034] レーザ装置１０から出力されるパルスレーザ光のパルスエネルギＥがパルスエネルギ検出器１４４によって計測され、計測されたパルスエネルギＥのデータがパルスエネルギ検出器１４４からレーザ制御部９０に送信される。

[0035] また、スペクトル検出器１４６によって中心波長λとスペクトル線幅Δλとが計測され、計測された中心波長λとスペクトル線幅Δλとのデータがスペクトル検出器１４６からレーザ制御部９０に送信される。

[0036] レーザ制御部９０は、露光装置１４から目標パルスエネルギＥｔと目標波長λｔとのデータを受信する。レーザ制御部９０は、パルスエネルギ検出器１４４によって計測されたパルスエネルギＥと目標パルスエネルギＥｔとを基に、パルスエネルギの制御を行う。パルスエネルギの制御は、パルスエネルギ検出器１４４によって計測されたパルスエネルギＥと目標パルスエネルギＥｔとの差ΔＥ＝Ｅ－Ｅｔが０に近づくように充電電圧Ｖｈｖを制御することを含む。

[0037] レーザ制御部９０は、スペクトル検出器１４６によって計測された中心波長λと目標波長λｔとを基に、波長の制御を行う。波長の制御は、スペクトル検出器１４６によって計測された中心波長λと目標波長λｔとの差δλ＝λ－λｔが０に近づくように回転ステージ１３４の回転角を制御することを含む。

[0038] 以上のようにレーザ制御部９０は、露光装置１４から目標パルスエネルギＥｔと目標波長λｔとを受信して、発光トリガ信号Ｔｒ１が入力される毎に、発光トリガ信号Ｔｒ１に同期してレーザ装置１０にパルスレーザ光を出力させる。

[0039] レーザ装置１０は放電を繰り返すと、電極１２５、１２６が消耗し、レーザガス中のハロゲンガスが消費されるとともに、不純物ガスが生成される。

レーザチャンバ１００内のハロゲンガス濃度の低下や不純物ガスの増加は、パルスレーザ光のパルスエネルギの低下やパルスエネルギの安定性に悪影響を及ぼす。レーザ制御部９０は、これらの悪影響を抑制するために例えば、以下のガス制御を実行する。

[0040] ［１］ハロゲン注入制御

ハロゲン注入制御とは、レーザ発振中に、レーザチャンバ１００内で主に放電によって消費された分のハロゲンガスを、レーザチャンバ１００内のハロゲンガスよりも高い濃度にハロゲンを含むガスを注入することによってレーザチャンバ１００に補充するガス制御である。

[0041] ［２］部分ガス交換制御

部分ガス交換制御とは、レーザ発振中に、レーザチャンバ１００内の不純物ガスの濃度の増加を抑制するように、レーザチャンバ１００内のレーザガスの一部を新しいレーザガスに交換するガス制御である。

[0042] ［３］ガス圧制御

ガス圧制御とは、レーザチャンバ１００内にレーザガスを注入してレーザガスのガス圧Ｐを変化させることによって、パルスエネルギを制御するガス制御である。パルスエネルギの制御は、通常、充電電圧Ｖｈｖを制御することで行われるが、レーザ装置１０から出力されるパルスレーザ光のパルスエネルギの低下を、充電電圧Ｖｈｖの制御範囲では補うことが不可能な場合に、ガス圧制御が実行される。

[0043] レーザチャンバ１００からレーザガスを排気する場合に、レーザ制御部９０はガス排気装置１１６を制御する。レーザチャンバ１００から排気されたレーザガスは図示しないハロゲンフィルタによってハロゲンガスが除去され、レーザ装置１０の外部に排気される。

[0044] レーザ制御部９０は、発振パルス数、充電電圧Ｖｈｖ、レーザチャンバ１００内のガス圧Ｐ、レーザ光のパルスエネルギＥ、スペクトル線幅Δλ等の各パラメータのデータを、図示しないローカルエリアネットワークを介してレーザ装置用管理システム２０６（図２参照）に送信する。

[0045] ２．３　レーザ装置の主要な消耗品のメインテナンス

フィールドサービスエンジニア（ＦＳＥ）が行う主要な消耗品の交換作業は、レーザチャンバ１００と、狭帯域化モジュール１０６と、モニタモジュール１０８との交換作業である。

[0046] これらの主要な消耗品の交換時期は、一般的には、時間で管理するのではなく、レーザ装置１０の発振パルス数で管理している。これらの主要な消耗品の交換作業には、３時間から１０時間の交換時間を要することがある。これらの主要な消耗品の中で、交換時間が最も長い消耗品はレーザチャンバ１００である。

[0047] ２．４　その他

図１に示す例では、レーザ装置１０として、ＫｒＦエキシマレーザ装置の例を示したが、この例に限定されることなく、他のレーザ装置に適用してもよい。例えば、レーザ装置１０は、ＡｒＦエキシマレーザ装置やＸｅＣｌエキシマレーザ装置であってもよい。

[0048] 図１に示す例では、レーザ装置１０のガス制御は、ハロゲン注入制御と、部分ガス交換制御と、ガス圧制御とを実施する場合を示したが、この例に限定されることなく、例えば、必ずしもガス圧制御を実施しなくてもよい。

[0049] ３．半導体工場のレーザ管理システムの例

３．１　構成

図２に、半導体工場のレーザ管理システム２００の構成例を概略的に示す。レーザ管理システム２００は、複数のレーザ装置１０と、レーザ装置用管理システム２０６と、半導体工場管理システム２０８とを含む。

[0050] レーザ装置用管理システム２０６及び半導体工場管理システム２０８の各々は、コンピュータを用いて構成される。レーザ装置用管理システム２０６及び半導体工場管理システム２０８の各々は、複数のコンピュータを用いて構成されるコンピュータシステムであってもよい。半導体工場管理システム２０８は、ネットワーク２１０を介して、レーザ装置用管理システム２０６と接続される。

[0051] ネットワーク２１０は、有線若しくは無線又はこれらの組み合わせによる情報伝達が可能な通信回線である。ネットワーク２１０は、ワイドエリアネットワークであってもよいし、ローカルエリアネットワークであってもよい。

[0052] 複数のレーザ装置１０の各々を識別するために、ここではレーザ装置識別符号＃１，＃２，・・・＃ｋ，・・・＃ｗを用いる。ｗは半導体工場内のレーザ管理システム２００に含まれるレーザ装置１０の数である。ｗは１以上の整数である。ｋは１以上ｗ以下の範囲の整数である。以下、説明の便宜上、レーザ装置＃ｋと表記する場合がある。なお、レーザ装置＃１～＃ｗは同一の装置構成であってもよいし、レーザ装置＃１～＃ｗの一部又は全部は、互いに異なる装置構成であってもよい。

[0053] レーザ装置＃１～＃ｗとレーザ装置用管理システム２０６との各々は、ローカルエリアネットワーク２１３に接続される。図２において、ローカルエリアネットワーク２１３を「ＬＡＮ」と表示する。

[0054] ３．２　動作

レーザ装置用管理システム２０６は、それぞれのレーザ装置＃１～＃ｗの主要な消耗品の交換時期を、主にレーザ発振したパルス数（発振パルス数）Ｎｐで管理する。

[0055] レーザ装置用管理システム２０６は、メインテナンスの管理情報を表示端末に表示してもよいし、ネットワーク２１０を介して半導体工場管理システム２０８に送信してもよい。

[0056] レーザ装置用管理システム２０６によってレーザ装置＃１～＃ｗを管理する管理ラインは、それぞれの管理ラインが独立しており、各レーザ装置＃１～＃ｗから出力されたメインテナンス管理の情報に基づいて、半導体工場の管理者が各レーザ装置＃１～＃ｗの主要な消耗品の交換時期を決定する。

[0057] 図３は、典型的なレーザチャンバ１００のガス圧Ｐと発振パルス数Ｎｐとの関係の例を示すグラフである。エキシマレーザ装置は放電を繰り返すと、電極１２５、１２６が消耗し、レーザガス中のハロゲンガスが消費されると

ともに、不純物ガスが生成される。レーザチャンバ１００内のハロゲンガス濃度の低下や不純物ガスの増加は、パルスレーザ光のパルスエネルギの低下やパルスエネルギ安定性に悪影響を及ぼす。

[0058] そこで、エキシマレーザ装置の性能を維持するために、状況に応じて、ハロゲン注入制御、部分ガス交換制御、ガス圧制御、又は全ガス交換を行う。図３においてレーザチャンバ１００の交換タイミングを上向き矢印で示す。レーザチャンバ１００を交換した後の動作は次の通りである。

[0059] ［ステップ１］レーザチャンバ１００を交換した直後のガス圧Ｐは、初期ガス圧Ｐｃｈでレーザ性能が維持される。

[0060] ［ステップ２］レーザ発振を継続すると、放電電極の消耗や不純物ガスの発生により、レーザ性能を維持するために、ガス圧制御によってガス圧Ｐが上昇する。図３において太線で示すグラフは、このステップ２におけるガス圧Ｐの推移を表す。

[0061] ［ステップ３］しかし、やがてガス圧制御によってもレーザ性能が維持できなくなると、レーザ発振を停止し、全ガス交換を行う。図３において全ガス交換のタイミングを下向き矢印で示す。

[0062] ［ステップ４］全ガス交換後に調整発振を行う。レーザ性能を回復させるために、ガス圧制御を行う。レーザ性能が回復したときのガス圧Ｐを「全ガス交換後の初期ガス圧」といい、Ｐｉｎｉとする。

[0063] ［ステップ５］その後、ステップ２からステップ４を複数回繰り返す。全ガス交換後の初期ガス圧Ｐｉｎｉは、発振パルス数Ｎｐの増加に伴い次第に大きくなっていく。図３において細線で示すグラフは初期ガス圧Ｐｉｎｉの推移を表す。

[0064] ［ステップ６］やがて、ガス圧Ｐが最大許容ガス圧Ｐｍａｘに到達したときにレーザチャンバ寿命Ｎｃｈｌｉｆｅとなる。

[0065] 図３に示す例では、簡単のためにレーザチャンバ１００の寿命について、レーザ装置１０の発振パルス数Ｎｐに対するガス圧Ｐの変化から寿命に到達するまでの経緯を説明した。しかし、他のレーザ性能、例えば、パルスエネ

ルギ安定性、及びスペクトル線幅等の性能も満足する必要がある。したがって、単純には、レーザチャンバ１００の寿命を予測できないことがある。

[0066] ４．課題

［課題１］レーザ装置の主要な消耗品毎に標準寿命としての発振パルス数の値が定められている場合がある。しかし、消耗品の個体差があるために、寿命に到達する発振パルス数は一定ではなく、ばらつきがある。消耗品の寿命が標準寿命より長い場合であっても、標準寿命の時期に、定期メインテナンスとして消耗品の交換を行う場合がある。また、消耗品の寿命が標準寿命より短い場合には、計画的な消耗品交換ができず、生産ラインを停止させることがある。

[0067] ［課題２］現状ではＦＳＥが、例えば図３のような発振パルス数に対するガス圧の推移とその他の寿命に関連するパラメータのログデータを見て、経験的に各消耗品の寿命を予測して対応している。そのため、消耗品の寿命の予測及び消耗品の交換までの対応は、ＦＳＥ個人の能力に依存する場合がある。

[0068] ５．実施形態１

５．１ 構成

図４は、実施形態１に係る半導体工場のレーザ管理システム３００の構成を示す図である。図４に示す構成について図２との相違点を説明する。図４に示す半導体工場のレーザ管理システム３００は、図２のレーザ管理システム２００の構成に、消耗品管理サーバ３１０を追加した構成となっている。消耗品管理サーバ３１０はネットワーク２１０を介して、レーザ装置用管理システム２０６及び半導体工場管理システム２０８と接続される。

[0069] 消耗品管理サーバ３１０は、レーザ装置用管理システム２０６及び半導体工場管理システム２０８の各々に対してデータや信号の送受信が可能な構成である。

[0070] 図５は、消耗品管理サーバ３１０の機能を示すブロック図である。消耗品管理サーバ３１０は、データ取得部３２０と、消耗品の寿命関連情報保存部

３３０と、機械学習による学習モデル作成部３４０と、学習モデル保存部３５０と、消耗品の寿命予測部３６０と、データ出力部３７０とを含む。

[0071] 消耗品の寿命関連情報は、ファイルＡ、ファイルＢ及びファイルＣを含む。ファイルＡは、レーザチャンバ１００の寿命関連ログデータが保存されるファイルである。ファイルＢは、モニタモジュール１０８の寿命関連ログデータが保存されるファイルである。ファイルＣは、狭帯域化モジュール１０６の寿命関連ログデータが保存されるファイルである。

[0072] 消耗品の寿命関連情報保存部３３０は、ファイルＡを記憶しておく記憶部３３２と、ファイルＢを記憶しておく記憶部３３４と、ファイルＣを記憶しておく記憶部３３６とを含む。

[0073] 学習モデル作成部３４０は、機械学習によって学習モデルを作成する処理部である。消耗品の学習モデル保存部３５０は、学習モデル作成部３４０によって作成された学習モデルを保存する。消耗品の学習モデル保存部３５０は、ファイルＡｍを記憶しておく記憶部３５２と、ファイルＢｍを記憶しておく記憶部３５４と、ファイルＣｍを記憶しておく記憶部３５６とを含む。

[0074] ファイルＡｍは、レーザチャンバ１００の寿命を予測する処理を行う第１学習モデルが保存されるファイルである。ファイルＢｍは、モニタモジュール１０８の寿命を予測する処理を行う第２学習モデルが保存されるファイルである。ファイルＣｍは、狭帯域化モジュール１０６の寿命を予測する処理を行う第３学習モデルが保存されるファイルである。

[0075] 記憶部３３２、３３４、３３６、３５２、３５４、３５６は、ハードディスク装置及び／又は半導体メモリ等の記憶デバイスを用いて構成される。記憶部３３２、３３４、３３６、３５２、３５４、３５６は、それぞれ別々の記憶装置を用いて構成されてもよいし、１つ又は複数の記憶装置における記憶領域の一部として構成されてもよい。

[0076] 本開示において、レーザ制御部９０、露光制御部５０、レーザ装置用管理システム２０６、半導体工場管理システム２０８、及び消耗品管理サーバ３１０の各々は、１台又は複数台のコンピュータのハードウェア及びソフトウ

ェアの組み合わせによって実現することが可能である。ソフトウェアはプログラムと同義である。プログラマブルコントローラはコンピュータの概念に含まれる。

[0077] コンピュータは、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）及び記憶装置を含んで構成され得る。プログラマブルコントローラはコンピュータの概念に含まれる。コンピュータはＧＰＵ（Graphics Processing Unit）を含んでもよい。コンピュータに含まれるＣＰＵやＧＰＵはプロセッサの一例である。記憶装置は、有体物たる非一時的なコンピュータ可読媒体であり、例えば、主記憶装置であるメモリ及び補助記憶装置であるストレージを含む。コンピュータ可読媒体は、例えば、半導体メモリ、ハードディスクドライブ（Hard Disk Drive：ＨＤＤ）装置、若しくはソリッドステートドライブ（Solid State Drive：ＳＳＤ）装置又はこれらの複数の組み合わせであってよい。プロセッサが実行するプログラムはコンピュータ可読媒体に記憶されている。プロセッサはコンピュータ可読媒体を含む構成であってもよい。

[0078] また、レーザ制御部９０、露光制御部５０、レーザ装置用管理システム２０６、半導体工場管理システム２０８及び消耗品管理サーバ３１０などの各種の制御装置や処理装置の機能の一部又は全部は、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）やＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）に代表される集積回路を用いて実現してもよい。

[0079] また、複数の制御装置や処理装置の機能を１台の装置で実現することも可能である。さらに本開示において、複数の制御装置や処理装置は、ローカルエリアネットワークやインターネット回線といった通信ネットワークを介して互いに接続されてもよい。分散コンピューティング環境において、プログラムユニットは、ローカル及びリモート両方のメモリストレージデバイスに保存されてもよい。レーザ制御部９０、露光制御部５０、レーザ装置用管理システム２０６、半導体工場管理システム２０８、及び消耗品管理サーバ３１０などに適用されるプロセッサは、本開示に含まれる各種処理を実行するために特別に構成又はプログラムされている。

[0080] ５．２　動作

５．２．１　消耗品管理サーバにおける機械学習の動作の概要

図５に示す消耗品管理サーバ３１０は、レーザ装置１０の消耗品の寿命を予測する処理に用いる学習モデルを作成するための機械学習を行う機能と、作成した学習モデルを用いて消耗品の寿命を予測する処理を行う機能とを備える。消耗品管理サーバ３１０は本開示における「消耗品管理装置」の一例である。まず、消耗品管理サーバ３１０において消耗品の寿命の予測に用いる学習モデルを作成するための機械学習方法及びその機械学習に使用する訓練データの作成方法を説明する。

[0081] データ取得部３２０は、各レーザ装置１０で消耗品が交換された場合に、レーザ装置用管理システム２０６から、交換された消耗品の使用期間中の全期間にわたって発振パルス数Ｎｐと対応付けて継続的に記録された寿命関連パラメータの全データを含む寿命関連情報を取得する。データ取得部３２０は、レーザ装置用管理システム２０６から取得したデータを、消耗品の寿命関連情報保存部３３０に書き込む。

[0082] データ取得部３２０は、交換された消耗品の種類に応じて書き込むファイルを特定してデータを書き込む。交換された消耗品がレーザチャンバ１００である場合、データ取得部３２０はファイルＡにレーザチャンバ１００の寿命関連情報である寿命関連ログデータを書き込む。交換された消耗品がモニタモジュール１０８である場合、データ取得部３２０はファイルＢにモニタモジュール１０８の寿命関連情報である寿命関連ログデータを書き込む。交換された消耗品が狭帯域化モジュール１０６である場合、データ取得部３２０はファイルＣに狭帯域化モジュール１０６の寿命関連情報である寿命関連ログデータを書き込む。ファイルＡ、ファイルＢ、及びファイルＣの各々に書き込まれるログデータは本開示における「第１の寿命関連情報」の一例である。データ取得部３２０は本開示における「情報取得部」の一例である。

[0083] 学習モデル作成部３４０は、消耗品の寿命関連情報保存部３３０に、交換された消耗品に関する新しい寿命関連情報のデータが保存されると、この新

しく保存された寿命関連情報のデータを取得する。また、学習モデル作成部３４０は、交換された消耗品に対応した学習モデルを消耗品の学習モデル保存部３５０から呼び出す。

[0084] 例えば、交換された消耗品がレーザチャンバ１００である場合、学習モデル作成部３４０はファイルＡｍを呼び出す。交換された消耗品がモニタモジュール１０８である場合、学習モデル作成部３４０はファイルＢｍを呼び出す。交換された消耗品が狭帯域化モジュール１０６である場合、学習モデル作成部３４０はファイルＣｍを呼び出す。

[0085] 学習モデル作成部３４０は、交換された消耗品の使用開始から交換までの期間中に記録された寿命関連パラメータのデータに基づいて機械学習を行い、新しい学習モデルを作成する。具体的な機械学習方法の内容については後述する。学習モデル作成部３４０によって作成された新しい学習モデルは、消耗品の学習モデル保存部３５０に保存される。機械学習の実施によって新しい学習モデルが作成されると、学習モデル保存部３５０のファイルが更新され、学習モデル保存部３５０に最新の学習モデルのファイルが書き込まれる。

[0086] ５．２．２ 消耗品管理サーバにおける消耗品の寿命予測の動作の概要

次に、消耗品管理サーバ３１０における消耗品の寿命予測の動作を説明する。データ取得部３２０は、外部装置から交換予定の消耗品の寿命予測処理の要求信号を受信することができる。ここでの外部装置は、半導体工場管理システム２０８であってもよいし、図示しない端末装置などであってもよい。「交換予定の消耗品」とは、レーザ装置１０に現在搭載されている使用中の消耗品であって、今後交換する予定が検討される候補対象の消耗品である。

[0087] データ取得部３２０は、交換予定の消耗品の寿命予測処理の要求を受けると、レーザ装置用管理システム２０６から、交換予定の消耗品の現在の寿命関連情報のデータと、１日当りの発振予定パルス数Ｎｄａｙのデータとを取得する。

[0088] データ取得部３２０は、交換予定の消耗品の現在の寿命関連情報のデータと、１日当りの発振予定パルス数Ｎｄａｙのデータとを、消耗品の寿命予測部３６０に送信する。

[0089] 消耗品の寿命予測部３６０は、交換予定の消耗品の現在の寿命関連情報のデータと、１日当りの発振予定パルス数Ｎｄａｙのデータとを取得し、交換予定の消耗品に対応した学習モデルを消耗品の学習モデル保存部３５０から呼び出す。

[0090] 例えば、交換予定の消耗品がレーザチャンバ１００である場合、消耗品の寿命予測部３６０は消耗品の学習モデル保存部３５０からファイルＡｍを読み込む。

[0091] 消耗品の寿命予測部３６０は、現在の寿命関連情報のデータに基づいて学習モデルを使用することによって消耗品の寿命を予測する。

[0092] 消耗品の寿命予測部３６０は、予測された交換予定の消耗品の寿命Ｎｌｉｆｅと余命Ｎｒｅの発振パルス数のデータと、推奨メインテナンス日Ｄｒｅｃとを計算し、これらのデータをデータ出力部３７０に送信する。

[0093] 推奨メインテナンス日Ｄｒｅｃは、例えば、次式を用いて計算することができる。

[0094] Ｄｒｅｃ＝Ｄｐｒｅ＋Ｎｒｅ／Ｎｄａｙ

Ｄｐｒｅ：消耗品の現在の寿命関連データの取得日

データ出力部３７０は、予測された交換予定の消耗品の寿命Ｎｌｉｆｅと余命Ｎｒｅの発振パルス数のデータと、推奨メインテナンス日Ｄｒｅｃを表すデータとを、ネットワーク２１０を介してレーザ装置用管理システム２０６に送信する。データ出力部３７０は本開示における「情報出力部」の一例である。

[0095] レーザ装置用管理システム２０６は、予測された交換予定の消耗品の寿命Ｎｌｉｆｅと余命Ｎｒｅの発振パルス数と推奨メインテナンス日Ｄｒｅｃの情報を半導体工場管理システム２０８やオペレータやＦＳＥにディスプレーやメール等で通知してもよい。

[0096] この通知は、消耗品管理サーバ３１０からネットワーク２１０を介して、通知されてもよい。

[0097] ５．２．３ データ取得部の処理例

図６は、データ取得部３２０における処理内容の例を示すフローチャートである。図６のフローチャートに示す処理及び動作は、例えば、データ取得部３２０として機能するプロセッサがプログラムを実行することによって実現される。

[0098] ステップＳ１２において、データ取得部３２０は消耗品が交換されたか否かを判定する。ステップＳ１２の判定結果がＹｅｓ判定である場合、データ取得部３２０はステップＳ１４に進む。ステップＳ１４及びステップＳ１６は学習モデルを作成する場合の処理フローである。

[0099] ステップＳ１４において、データ取得部３２０は交換された消耗品の使用期間中の全寿命関連情報を受信する。すなわち、レーザ装置１０の消耗品の交換が行われると、データ取得部３２０はレーザ装置用管理システム２０６から、その交換された消耗品の使用期間中の全寿命関連情報を受信する。

[0100] 次に、ステップＳ１６において、データ取得部３２０は交換された消耗品の使用期間中の全寿命関連情報を寿命関連情報保存部３３０に書き込む。すなわち、データ取得部３２０は、交換された消耗品に対応したファイルにデータを書き込む。ここでは、交換された消耗品はレーザチャンバ１００、モニタモジュール１０８、又は狭帯域化モジュール１０６であり、データ取得部３２０は消耗品の種類に応じてファイルＡ、ファイルＢ、又はファイルＣにデータを書き込む。

[0101] ステップＳ１６の後、データ取得部３２０はステップＳ３０に進む。ステップＳ３０において、データ取得部３２０は情報の受信を停止するか否かを判定する。ステップＳ３０の判定結果がＮｏ判定である場合、データ取得部３２０はステップＳ１２に戻る。

[0102] ステップＳ１２の判定結果がＮｏ判定である場合、データ取得部３２０はステップＳ２０に進む。ステップＳ２０において、データ取得部３２０は交

換予定の消耗品の寿命を計算するか否かを判定する。例えば、図示しない入力装置からユーザによって、交換予定の消耗品についての寿命予測の要求が入力された場合に、ステップＳ２０の判定結果がＹｅｓ判定となる。

[0103] ステップＳ２０の判定結果がＹｅｓ判定である場合、データ取得部３２０はステップＳ２２に進む。ステップＳ２２、ステップＳ２４及びステップＳ２６は交換予定の消耗品の予測寿命を計算する場合の処理フローである。消耗品の予測寿命を計算することは、消耗品の寿命を予測することを意味する。

[0104] ステップＳ２２において、データ取得部３２０はレーザ装置用管理システム２０６から交換予定の消耗品の現在の寿命関連情報を受信する。

[0105] ステップＳ２４において、データ取得部３２０はレーザ装置用管理システム２０６からレーザ装置１０の稼動関連情報を受信する。レーザ装置１０の稼動関連情報とは、１日当りの発振予定パルス数Ｎｄａｙである。具体的には、過去の稼動データから把握される１日当りの発振予定パルス数Ｎｄａｙであってよい。若しくは、半導体工場管理システム２０８から今後の稼動予定情報を取得して、１日当りの発振予定パルス数Ｎｄａｙを計算してもよい。

[0106] その後、ステップＳ２６において、データ取得部３２０は消耗品の寿命予測部３６０に現在の寿命関連情報とレーザ装置１０の稼動関連情報とを送信する。

[0107] ステップＳ２６の後、データ取得部３２０はステップＳ３０に進む。また、ステップＳ２０の判定結果がＮｏ判定である場合、データ取得部３２０はステップＳ２２～ステップＳ２６をスキップしてステップＳ３０に進む。

[0108] ステップＳ３０の判定結果がＹｅｓ判定である場合、データ取得部３２０は図６のフローチャートを終了する。

[0109] ５．２．４　学習モデル作成部の処理例

図７は、学習モデル作成部３４０における処理内容の例を示すフローチャートである。図７のフローチャートに示す処理及び動作は、例えば、学習モ

デル作成部３４０として機能するプロセッサがプログラムを実行することによって実現される。

[0110] ステップＳ４２において、学習モデル作成部３４０は消耗品の寿命関連情報保存部３３０に新しいデータが書き込まれたか否かを判定する。ステップＳ４２の判定結果がＮｏ判定である場合、学習モデル作成部３４０はステップＳ４２を繰り返す。ステップＳ４２の判定結果がＹｅｓ判定である場合、学習モデル作成部３４０はステップＳ４４に進む。

[0111] ステップＳ４４において、学習モデル作成部３４０は交換された消耗品の使用期間中の全寿命関連情報を取得する。学習モデル作成部３４０は、交換された消耗品（レーザチャンバ１００、モニタモジュール１０８、又は狭帯域化モジュール１０６）に対応したファイル（ファイルＡ、ファイルＢ、又はファイルＣ）に書き込まれたデータを取得する。

[0112] ステップＳ４６において、学習モデル作成部３４０は交換された消耗品の学習モデルを呼び出す。すなわち、学習モデル作成部３４０は、交換された消耗品に対応したファイル（ファイルＡｍ、ファイルＢｍ、又はファイルＣｍ）に保存された学習モデルを呼び出す。

[0113] ステップＳ４８において、学習モデル作成部３４０は学習モデルの作成サブルーチンの処理を実行する。学習モデル作成部３４０は、交換された消耗品に対応した学習モデルと寿命関連情報とに基づいて機械学習を行い、新しい学習モデルを作成する。

[0114] ステップＳ５０において、学習モデル作成部３４０は新しく作成された学習モデルを消耗品の学習モデル保存部３５０に保存する。学習モデル作成部３４０は、新しく作成された学習モデルを交換された消耗品に対応したファイル（ファイルＡｍ、ファイルＢｍ、又はファイルＣｍ）に保存する。次回からは、この新しい学習モデルを使用するように、学習モデル保存部３５０には最新の学習モデルが保存される。

[0115] ステップＳ５２において、学習モデル作成部３４０は学習モデルの作成を中止するか否かを判定する。ステップＳ５２の判定結果がＮｏ判定である場

合、学習モデル作成部３４０はステップＳ４２に戻り、ステップＳ４２からステップＳ５２を繰り返す。ステップＳ５２の判定結果がＹｅｓ判定である場合、学習モデル作成部３４０は図７のフローチャートを終了する。

[0116] なお、図７のフローチャートにおいて、各消耗品の学習モデルを最初に作成するときは、学習モデル保存部３５０に保存されているそれぞれの初期の学習モデルのパラメータは、学習前の任意の値に設定されたものであってよい。後述する機械学習を実施することによって、学習モデルのパラメータが適切な値に変更され、消耗品の寿命予測の処理機能を獲得した学習モデルが作成されることになる。

[0117] もちろん、初期の学習モデルは、予め本実施形態の機械学習方法と同様の方法を実施してパラメータがある程度調整された暫定的な学習モデルであってもよい。

[0118] ５．２．５ レーザチャンバの寿命予測に用いる学習モデルの作成例１

学習モデル作成部３４０が作成する学習モデルは、寿命関連情報の入力を受けて、消耗品の劣化度を予測（推論）結果として出力するように学習される。学習モデル作成部３４０によって行われる処理には、機械学習に用いる訓練データを作成する処理と、作成した訓練データを用いて機械学習を実施する処理とが含まれる。まず、学習モデル作成部３４０が実施する訓練データ作成方法の例を説明する。なお、訓練データは「学習用データ」あるいは「学習データ」と同義である。

[0119] 図８は、レーザチャンバ１００の電圧Ｖと発振パルス数Ｎｐとの関係の例を示すグラフであり、発振パルス数Ｎｐと電圧Ｖとによってレーザチャンバ１００の寿命までの劣化度を付与する例を示す。図８の横軸は発振パルス数Ｎｐを表し、縦軸は電極１２５、１２６間に印加される電圧Ｖを表す。ファイルＡに保存されているレーザチャンバ１００の寿命関連ログデータから、図８のような発振パルス数Ｎｐと関連付けされた電圧Ｖのデータを読み出すことができる。

[0120] 消耗品交換１サイクルを消耗品毎の寿命とし、発振パルス数Ｎｐによる劣

化度ＤＬｎを段階的（例えば１０段階）に定義する。劣化度ＤＬｎは、レーザチャンバ１００の劣化のレベルを発振パルス数Ｎｐによって評価したものであり、発振パルス数Ｎｐが大きくなるにつれて劣化度ＤＬｎのレベルを示す値が大きい値となる。劣化度ＤＬｎのレベルが高いほど、つまり劣化度ＤＬｎのレベルを示す値が大きいほど、劣化が進んだ状態であることを示す。発振パルス数Ｎｐに応じて１０段階の劣化度ＤＬｎを定義する場合、最小レベル値は１、最大レベル値は１０としてよい。

[0121] ここで電極１２５、１２６に印加する電圧Ｖは、ガスの不純物濃度が増加するのに伴うエネルギ低下を補うために、徐々に増加する傾向にある。そこで、最大許容電圧Ｖｍａｘを寿命とし、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖを段階的（例えば１０段階）に定義する。最大許容電圧Ｖｍａｘは、例えば１７．５ｋＶ～２０．０ｋＶの範囲の値である。劣化度ＤＬｖは、レーザチャンバ１００の劣化レベルを電圧Ｖによって評価したものであり、電圧Ｖが大きくなるにつれて劣化度ＤＬｖのレベルを示す値が大きい値となる。電圧Ｖに応じて１０段階の劣化度ＤＬｖを定義する場合、最小レベル値は１、最大レベル値は１０としてよい。電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖの上限（最大レベル値）と発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎの上限とは一致させておくことが好ましく、それぞれのパラメータによる劣化度の上限に対する相対的な劣化具合は、概ね揃えておくことが好ましい。電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖのレベル分けについては、予め試験結果又はフィールドデータなどから電圧値とレベル値との対応関係を定めておいてよい。

[0122] 発振パルス数Ｎｐと電圧Ｖとのパラメータの組み合わせ（Ｎｐ，Ｖ）によって表されるレーザチャンバ１００の状態に対して、実際に寿命までの劣化の度合いを示すラベルとして付与する劣化度ＤＬは、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎ（Ｎｐ）と、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖ（Ｖ）とのうち、より劣化のレベルが高い方（レベル値が大きい方）の劣化度とする。図８の例によれば、例えば、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎのレベルが「２」である領域において、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖのレベルは「４」であるた

め、当該領域に対して実際に付与する劣化度ＤＬは「４」となる。なお、電圧Ｖは、取得時のばらつきが大きい場合があるため、ある期間（例えば１週間）の移動平均値を使用してもよい。

[0123] 図８では、電圧Ｖのデータによる劣化度ＤＬｖの定義について、レーザチャンバ１００交換後の初期電圧Ｖｃｈから最大許容電圧Ｖｍａｘまでの範囲をレベル１～１０の１０段階に等分しているが、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖのレベル分けはこの例に限らない。例えば、図９に示すように、電圧Ｖに関して閾値電圧Ｖｔｈを定め、この閾値電圧Ｖｔｈにおける劣化度ＤＬｖをレベル６などのように定め、閾値電圧Ｖｔｈから最大許容電圧Ｖｍａｘまでを等分してレベル６～１０を設定してよい。最大許容電圧Ｖｍａｘが例えば１９ｋＶである場合、閾値電圧Ｖｔｈは例えば１７．５ｋＶであってもよい。この場合、閾値電圧Ｖｔｈに満たない低い電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖについてはレベル０としてよい。レベル０とは、劣化度を評価しないこと（無評価）を意味する。閾値電圧Ｖｔｈは本開示における「所定の閾値」の一例である。

[0124] 図９の例によれば、例えば、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎのレベルが「３」である領域における電圧Ｖの値は閾値電圧Ｖｔｈよりも低いため、この領域内での電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖのレベルは「０」である。したがって、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎの評価が優先され、当該領域に対して実際に付与する劣化度ＤＬは「３」となる。一方、発振パルス数Ｎｐによる劣化度のレベルＤＬｎが「４」である領域において、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖのレベルは「７」であるため、当該領域に対して実際に付与する劣化度ＤＬは、より大きな値の「７」となる。

[0125] このような劣化度の設定によれば、電圧Ｖが閾値電圧Ｖｔｈよりも低い場合には、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎが、実際に付与する劣化度ＤＬとして維持される。一方で、電圧Ｖが閾値電圧Ｖｔｈ以上に高い場合に、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖが劣化レベルの後半（レベル６～１０）のレベル値として評価される。

[0126] 電圧Ｖに関しては、ある一定の電圧値よりも高い電圧となった場合に劣化状態が問題となるという知見から、注意すべき電圧Ｖの値（閾値電圧Ｖｔｈ）よりも高い領域について電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖのラベルを与えるという構成を採用してよい。

[0127] 図９のような劣化度の付与方法を採用することにより、電圧Ｖが閾値電圧Ｖｔｈよりも低い領域において、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖの評価の影響を相対的に低減して、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎの評価の影響を相対的に高めることができる。そして、電圧Ｖが閾値電圧Ｖｔｈよりも高い領域において、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖの評価と発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎの評価とを概ね同程度に重視して両者を比較し、実際に付与する劣化度ＤＬを決定することができる。この場合に、実際に付与する劣化度ＤＬは、両パラメータによるそれぞれの劣化度のうち、劣化度のレベルがより高い方の劣化度となる。

[0128] 図９では、閾値電圧Ｖｔｈに満たない低い電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖについては「レベル０」と定めたが、「レベル０」の代わりに「レベル１」と定めても同様の結果が得られる。つまり、閾値電圧Ｖｔｈよりも低い電圧Ｖである場合の電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖは、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎの最小レベル値（レベル１）以下の値としてよい。

[0129] 図８又は図９で例示したように、発振パルス数Ｎｐ及び電圧Ｖの組み合わせ（Ｎｐ，Ｖ）に対して劣化度ＤＬが付与される。こうして作成された発振パルス数Ｎｐ及び電圧Ｖの組み合わせ（Ｎｐ，Ｖ）のパラメータセットと劣化度ＤＬとを対応付けたデータは、機械学習のための訓練データとして用いられる。すなわち、発振パルス数Ｎｐと寿命関連パラメータとの組み合わせデータが学習モデルへの入力データとなり、劣化度ＤＬを表すレベルの値がその入力データに対する劣化度の正解のラベル（教師データ）に相当する。

[0130] 図８に示す例の場合、発振パルス数Ｎｐ及び電圧Ｖの組み合わせ（Ｎｐ，Ｖ）のパラメータセットのデータが学習モデルへの入力データであり、これに対応する劣化度ＤＬのデータが正解のラベルである。学習モデル作成部３

４０は、作成された教師ありデータを用いて機械学習を行い、発振パルス数Ｎｐ及び電圧Ｖの組み合わせの入力に対して、劣化度の予測値を出力する学習モデルを作成する。すなわち、学習モデル作成部３４０は、複数のパラメータの組み合わせによる入力データに対して、１０段階の劣化度（レベル１～１０）のうちどのレベルに相当するかを予測（推論）する１０クラス分類のタスクを行う学習モデルを作成する。なお、ここでは、１０段階の劣化度を定義する例を示しているが、劣化度の段階数は１０段階に限らず、２以上の適宜の段階とすることができる。

[0131] 発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎは本開示における「第１の劣化度」の一例である。電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖは本開示における「第２の劣化度」の一例である。実際に付与される劣化度ＤＬは本開示における「第３の劣化度」の一例である。

[0132] ５．２．６　レーザチャンバの寿命予測に用いる学習モデルの作成例２

図８及び図９では、発振パルス数Ｎｐと電圧Ｖとに基づいて劣化度ＤＬを付与する例を説明したが、レーザチャンバ１００の寿命を評価するために用いるパラメータは、発振パルス数Ｎｐと電圧Ｖとに限らない。図３で説明したように、全ガス交換後の初期ガス圧Ｐｉｎｉも電圧Ｖと同様に、発振パルス数Ｎｐが増加すると増加する（図３参照）。以下、全ガス交換後の初期ガス圧Ｐｉｎｉを「ガス圧Ｐｉｎｉ」と表記する。そこで、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖの代わりに、ガス圧Ｐｉｎｉによって劣化度ＤＬｐを判断してもよい。

[0133] また、電圧Ｖとガス圧Ｐｉｎｉとの両方を使用して劣化度を判断することがより望ましい。その場合、実際に付与する劣化度ＤＬは、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎ、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖ、及びガス圧Ｐｉｎｉによる劣化度ＤＬｐのうち、最も大きい値の劣化度を付与してよい。なお、電圧Ｖと同様に、ガス圧Ｐｉｎｉは、取得時のばらつきが大きい場合があるため、ある期間（例えば１週間）の移動平均値を使用してもよい。

[0134] 図１０は、レーザチャンバ１００のガス圧Ｐｉｎｉと発振パルス数Ｎｐと

の関係の例を示すグラフであり、発振パルス数Ｎｐとガス圧Ｐｉｎｉと電圧Ｖとに基づきレーザチャンバ１００の寿命までの劣化度を定義する例を示す。図１０の縦軸はガス圧Ｐｉｎｉを表し、単位は［Ｐａ］である。最大許容ガス圧Ｐｍａｘを寿命とし、ガス圧Ｐｉｎｉによる劣化度ＤＬｐを段階的（例えば１０段階）に定義する。

[0135] 図１０では、ガス圧Ｐｉｎｉによる劣化度ＤＬｐの定義について、レーザチャンバ１００交換後の初期ガス圧Ｐｃｈから最大許容ガス圧Ｐｍａｘまでの範囲をレベル１～１０の１０段階に等分しているが、ガス圧Ｐｉｎｉによる劣化度ＤＬｐのレベル分けの設定はこの例に限らない。

[0136] 例えば、ガス圧Ｐｉｎｉに関して閾値となる閾値ガス圧を定め、この閾値ガス圧での劣化度を例えばレベル３とし、最大許容ガス圧Ｐｍａｘのレベル１０までを等分してレベル３～１０などと設定してよい。例えば、Ｐｍａｘが３３００［Ｐａ］である場合、閾値ガス圧は２４００［Ｐａ］であってもよい。この場合、レベル３よりも低いガス圧に対応する劣化度についてはレベル０又はレベル１などとしてよい。

[0137] 発振パルス数Ｎｐとガス圧Ｐｉｎｉとのパラメータの組み合わせ（Ｎｐ，Ｐｉｎｉ）による劣化度ＤＬｎｐは、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎ（Ｎｐ）と、ガス圧Ｐｉｎｉによる劣化度ＤＬｐ（Ｐｉｎｉ）とのうち、より劣化のレベルが高い方の劣化度とする。

[0138] さらに、電圧Ｖとガス圧Ｐｉｎｉとの両方を使用して劣化度を判断する形態の場合、発振パルス数Ｎｐ、電圧Ｖ及びガス圧Ｐの組み合わせ（Ｎｐ，Ｖ，Ｐｉｎｉ）に対して、実際に付与する劣化度ＤＬｎｖｐは、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎ（Ｎｐ）、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖ（Ｖ）及びガス圧Ｐｉｎｉによる劣化度ＤＬｐ（Ｐｉｎｉ）のうちの最も劣化のレベルが高い劣化度とする。

[0139] 図１０の例によれば、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎのレベルが「５」である領域において、ガス圧Ｐｉｎｉによる劣化度ＤＬｐのレベルは「６」であるため、当該領域に対して、発振パルス数Ｎｐとガス圧Ｐｉｎｉと

の総合判断による劣化度ＤＬｎｐは「６」となる。また、図１０の発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎのレベルが「５」である領域において、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖのレベルは「７」であるため（図８参照）、当該領域に対して、発振パルス数Ｎｐと電圧Ｖとガス圧Ｐｉｎｉとの総合判断による劣化度ＤＬｎｖｐは「７」となる。

[0140] 図１０で例示したように、発振パルス数Ｎｐ、電圧Ｖ及びガス圧Ｐｉｎｉの組み合わせ（Ｎｐ，Ｖ，Ｐｉｎｉ）によって表される消耗品の状態に対して、各パラメータによる劣化度ＤＬｎ、ＤＬｖ、ＤＬｐに基づき、劣化度ＤＬｎｖｐが付与される。こうして作成された発振パルス数Ｎｐ，電圧Ｖ及びガス圧Ｐの組み合わせ（Ｎｐ，Ｖ，Ｐｉｎｉ）と劣化度ＤＬｎｖｐとを対応付けたデータは、機械学習のための訓練データとして用いられる。

[0141] このような訓練データを用いて機械学習を行い、発振パルス数Ｎｐ，電圧Ｖ及びガス圧Ｐの組み合わせ（Ｎｐ，Ｖ，Ｐｉｎｉ）の入力に対して、消耗品の劣化度を示すレベル（すなわち、劣化度のクラス分類ラベル）を予測結果として出力する学習モデルを作成する。電圧Ｖ及びガス圧Ｐｉｎｉは本開示における「複数の寿命関連パラメータ」の一例である。電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖとガス圧Ｐｉｎｉによる劣化度ＤＬｐとのそれぞれは本開示における「第２の劣化度」の一例である。発振パルス数Ｎｐと電圧Ｖとガス圧Ｐｉｎｉとによる総合的な劣化度ＤＬｎｖｐは本開示における「第３の劣化度」の一例である。

[0142] レーザチャンバ１００に限らず、モニタモジュール１０８や狭帯域化モジュール１０６など他の消耗品についても同様に、消耗品毎にその消耗品の使用開始から交換までの１サイクルの全期間における寿命関連情報のデータを複数段階の劣化度のレベルに分割し、寿命関連パラメータのデータと劣化度を示すレベルとを対応付けた訓練データを作成する。

[0143] そして、消耗品の種類毎に、それぞれの訓練データを用いて機械学習を行い、それぞれの学習モデルを作成する。

[0144] 図１１は、図７のステップＳ４８に適用される処理内容の例１を示すフロ

ーチャートである。すなわち、図１１は、学習モデルの作成サブルーチンの例１を示す。

[0145] 図１１のステップＳ１０２において、学習モデル作成部３４０は交換された消耗品の使用期間中の全寿命関連情報を劣化度のレベルによってＳｍａｘ段階に分割する。Ｓｍａｘは、例えば、図８で例示したように、１０であってよい。

[0146] ステップＳ１０４において、学習モデル作成部３４０はＳｍａｘ段階に分割された各段階の寿命関連情報のデータＤ（ｓ）を作成する。ここでｓは、劣化度のレベルを表す整数である。ｓは１からＳｍａｘまでの値をとり得る。図８の例では、レーザチャンバ１００に関して１０段階にレベル分けされた劣化度ＤＬの各段階の寿命関連情報のデータＤ（ｓ）が作成される。データＤ（ｓ）は、寿命関連情報と劣化度ＤＬのレベルｓとが関連付けされたデータであり、訓練データとして用いられる。ステップＳ１０２及びステップＳ１０４を実施して訓練データを作成する方法は本開示における「訓練データ作成方法」の一例である。

[0147] 次に、ステップＳ１０６において、学習モデル作成部３４０は、劣化度のレベルを表す変数ｓの値を初期値の「１」に設定する。その後、ステップＳ１０８において、学習モデル作成部３４０はＤ（ｓ）のデータを、図７のステップＳ４６で呼び出した学習モデルに入力する。

[0148] 次に、図１１のステップＳ１１０において、学習モデル作成部３４０は、データＤ（ｓ）の入力に対する学習モデルの出力がレベルｓとなるように学習モデルのパラメータを変更する。

[0149] 学習モデルは、例えば、ニューラルネットワークモデルであってよい。学習モデル作成部３４０は、教師ありデータを用いた機械学習によってこの学習モデルのパラメータを変更し、新しい学習モデルを作成する。

[0150] ステップＳ１１２において、学習モデル作成部３４０は変数ｓがＳｍａｘ以上であるか否かを判定する。ステップＳ１１２の判定結果がＮｏ判定である場合、学習モデル作成部３４０はステップＳ１１４に進み、変数ｓの値を

インクリメントしてステップＳ１０８に戻る。ステップＳ１１２の判定結果がＹｅｓ判定である場合、学習モデル作成部３４０は図１１のフローチャートを終了して、図７のフローチャートに復帰する。つまり、ステップＳ１１２の判定結果がＹｅｓ判定になると、学習モデルは、今回の交換された消耗品の結果を反映した新しい学習モデルに更新される。

[0151] なお、図１１のステップＳ１０６～Ｓ１１２の処理では、劣化度のレベルごとに学習を行う例を説明したが、学習モデルへの訓練データの入力に関して、学習単位はレベルごとではなく、ランダムなサンプルを任意の件数ごと（例えば１０００件ずつ）に学習する方が好ましい。レベルごとに学習させてしまうと、学習モデルの内部のパラメータが、最後に学習したレベルのデータに寄ってしまう可能性があるため、学習単位となる学習データ群はなるべくランダムサンプリングした方がよい。

[0152] 学習モデル作成部３４０は本開示における「訓練データ作成方法」及び「機械学習方法」を実施する処理部の一例である。

[0153] 図１２は、図１１のステップＳ１０４に適用される処理内容の例１を示すフローチャートである。図１２のフローチャートは、図８及び図９に例示したように、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖを考慮して、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎを書き換える（上書きする）場合の「各段階の寿命関連情報のデータＤ（ｓ）を作成する処理」の例である。

[0154] ステップＳ２０１において、学習モデル作成部３４０は変数ｓの値を初期値の「１」に設定する。ここでの変数ｓは、発振パルス数ＮｐをＳｍａｘ段階に分割して定義した区間を表し、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎのレベルに相当する。

[0155] ステップＳ２０２において、学習モデル作成部３４０は区間ｓのデータを読み出す。ここでは区間ｓにおける電圧Ｖのデータが読み出される。

[0156] ステップＳ２０４において、学習モデル作成部３４０は電圧Ｖの値から劣化度ＤＬｖを算出して変数Ｌに保存する。例えば、電圧Ｖの値が１９ｋＶである場合、劣化度ＤＬｖは「６」と算出される（図８参照）。

[0157] 次いで、ステップＳ２１０において、学習モデル作成部３４０は発振パルス数Ｎｐによる劣化度「ｓ」と電圧Ｖによる劣化度「Ｌ」とを比較し、「ｓ」よりも「Ｌ」が大きいか否かを判定する。

[0158] ステップＳ２１０の判定結果がＹｅｓ判定である場合（Ｌ＞ｓ）、学習モデル作成部３４０はステップＳ２１１に進む。ステップＳ２１１において、学習モデル作成部３４０は区間ｓの寿命関連情報のデータを劣化度「Ｌ」のＤ（Ｌ）として保存する。

[0159] 一方、ステップＳ２１０の判定結果がＮｏ判定である場合（Ｌ≦ｓ）、学習モデル作成部３４０はステップＳ２１２に進む。ステップＳ２１２において、学習モデル作成部３４０は区間ｓの寿命関連情報のデータを劣化度「ｓ」のＤ（ｓ）として保存する。

[0160] ステップＳ２１１又はＳ２１２の後、学習モデル作成部３４０はステップＳ２１３に進む。

[0161] ステップＳ２１３において、学習モデル作成部３４０は変数ｓがＳｍａｘ以上であるか否かを判定する。ステップＳ１１２の判定結果がＮｏ判定である場合、学習モデル作成部３４０はステップＳ２１４に進み、変数ｓの値をインクリメントしてステップＳ２０２に戻る。ステップＳ２１３の判定結果がＹｅｓ判定である場合、学習モデル作成部３４０は図１２のフローチャートを終了して、図１１のフローチャートに復帰する。

[0162] 図１３は、図１１のステップＳ１０４に適用される処理内容の例２を示すフローチャートである。図１３のフローチャートは、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖとガス圧Ｐｉｎｉによる劣化度ＤＬｐとを考慮して、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎを書き換える場合の「各段階の寿命関連情報のデータＤ（ｓ）を作成する処理」の例である。図１３において、図１２と共通する処理のステップには同一のステップ番号を付し、重複する説明は省略する。

[0163] ステップＳ２０２の後、ステップＳ２０４Ａにおいて、学習モデル作成部３４０は電圧Ｖの値から劣化度ＤＬｖを算出して変数Ｌ１に保存する。

[0164] ステップＳ２０４Ｂにおいて、学習モデル作成部３４０はガス圧Ｐｉｎｉ

から劣化度ＤＬｐを算出して変数Ｌ２に保存する。

[0165] ステップＳ２０６において、学習モデル作成部３４０はＬ１とＬ２の最大値をＬとする。

[0166] ステップＳ２０９において、学習モデル作成部３４０は「ｓ」と「Ｌ」を比較し、「Ｌ」が大きいか否かを判定する。

[0167] ステップＳ２０９の判定結果がＹｅｓ判定である場合（Ｌ＞ｓ）、学習モデル作成部３４０はステップＳ２１１に進む。例えば、ｓ＝１の場合にＬ＝６であればステップＳ２１０にてＹｅｓ判定となり、ステップＳ２１１に進む。一方、ステップＳ２０９の判定結果がＮｏ判定である場合（Ｌ≦ｓ）、学習モデル作成部３４０はステップＳ２１２に進む。以後のステップＳ２１１～ステップＳ２１４は図１２と同様である。

[0168] 図１４は、図１１のステップＳ１０４に適用される処理内容の例３を示すフローチャートである。図１４のフローチャートは、電圧Ｖとガス圧Ｐｉｎｉとを含む合計ｎ個の劣化パラメータを考慮して、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎを書き換える場合の「各段階の寿命関連情報のデータＤ（ｓ）を作成する処理」の例である。図１４において、図１３と共通する処理のステップには同一のステップ番号を付し、重複する説明は省略する。

[0169] 図１４におけるステップＳ２０４Ｂの後のステップＳ２０５において、任意の単一パラメータの値又はパラメータの組み合わせにより、ｎ個のラベルを作成し、ラベルＬｎを付与する。ステップＳ２０５の処理は、劣化度を評価する単一パラメータ又はパラメータの組み合わせの種類数に応じて任意の回数繰り返し実施される。なお、ステップＳ２０４ＡとステップＳ２０４Ｂは、ステップＳ２０５の中で実施されてもよい。電圧Ｖやガス圧Ｐｉｎｉは劣化度を評価する単一パラメータの例である。

[0170] ステップＳ２０５の後、ステップＳ２０７において、学習モデル作成部３４０はＬ１～Ｌｎのうちの最大値をＬとする。その後のステップＳ２０９、ステップＳ２１１～２１４は図１３と同様である。

[0171] ５．２．７　複数のパラメータを組み合わせて１つのパラメータに変換す

る例

電圧Ｖやガス圧Ｐｉｎｉなどの寿命関連パラメータは、それぞれ単独で（単一パラメータとして）劣化度の評価に用いてもよいが、複数のパラメータを組み合わせて新たな（別の）パラメータを定義して、この新たなパラメータの値に基づいて劣化度を評価してもよい。

[0172] 複数のｒ個の値（ｒ次元）を組み合わせて１つのパラメータを導き出すことができる。複数のパラメータから１つのパラメータに変換する方法としては、例えば、ｒ個の値から四則演算によって１つの値を求める変換式を用いる方法、演算に係数を使う方法、次元削減など、様々な方法を適用し得る。

[0173] 例えば、電圧Ｖとガス圧Ｐｉｎｉという２つの値から新しい特徴量を表す値１～１００へ変換する。この時、変換後の値１～１００を１０段階に区切り、各々に劣化度１～１０を付与することが考えられる。２つの値と１０段階のラベルとの関係の例を図１５及び図１６に示す。

[0174] 図１５は、電圧Ｖとガス圧Ｐｉｎｉの２つの値とラベルとの相関性が直線的な場合の例である。図１５における横軸は発振パルス数Ｎｐ又はガス圧Ｐｉｎｉによる劣化度を表し、縦軸は電圧Ｖによる劣化度を表す。図１５に示す１０行×１０列のマトリクスの各セルに表示された数値は、２つのパラメータの値の組み合わせから導き出される新しい特徴量に対して付与される１０段階のラベルを表している。

[0175] 図１６は、電圧Ｖがラベルに与える影響は少なく、ガス圧Ｐｉｎｉの影響が多い場合の例である。図１６のように、電圧Ｖによる劣化度よりもガス圧Ｐｉｎｉによる劣化度の評価を重視して、これら２つのパラメータの組み合わせによる劣化度のラベルを付与するように新しい特徴量を定義してもよい。

[0176] ５．２．８　データＤ（ｓ）が複数のデータ件数を含む場合の説明

学習に使用するデータの取得条件として、例えば、下記のような場合を想定する。

[0177] ［条件１］学習に使用するデーター式を１日に１回取得する。ここでいう

「データ一式」とは、レーザ装置１０の発振パルス数Ｎｐ、電圧Ｖ、ガス圧Ｐｉｎｉなどの各種のパラメータのデータを含む。

[0178] ［条件２］毎日同じ発振パルス数でレーザ装置１０を使用した。

[0179] ［条件３］レーザチャンバ１００が使用開始から５００日で交換された。

[0180] ［条件４］交換までの５００日間稼働したレーザチャンバ１００について、発振パルス数Ｎｐで稼働期間を１０等分して、区間ごとに発振パルス数Ｎｐによる劣化度のラベルを付与するものとする。

[0181] 条件１～４を満たす場合のデータ件数の数え方は、次のようになる。すなわち、データＤ全体のデータ件数は５００件である。

[0182] 条件２及び条件４から劣化度１～１０のそれぞれのラベルｓ（ｓ＝１～１０）に含まれるデータ件数は５０件である。Ｄ（１）、Ｄ（２）・・・Ｄ（１０）のそれぞれにはデータ件数５０件が含まれ、Ｄ（ｓ）の全体、つまりデータＤ全体で５００件となる。

[0183] 図１７は、１つの劣化度の区間に複数のデータが含まれるイメージを示すグラフである。図１７の横軸は発振パルス数を表し、縦軸は寿命に関連する何かしらのパラメータのデータである。横軸は、発振パルス数に応じて１０段階に等分割され、劣化度１～１０の区間が定められている。図１７には、図示を簡略化するために、１つの劣化度の区間に１０件のデータが含まれる例を示すが、１つの区間に含まれるデータ件数はこの例に限らない。

[0184] 上述の条件１～４を満たす想定例の場合には、既述のように１つの区間に５０件のデータが含まれる。なお、１つの区間に１００件、あるいは１０００件など、さらに多数のデータ件数が含まれてもよい。

[0185] 学習時において、全データＤから任意の件数をランダムサンプリングして学習してもよい。例えば、総データ件数が５００件である場合に、１つの劣化度ごとに順番に学習するのではなく、全データＤの中から様々な劣化度のデータをランダムに所定件数（例えば、５０件）を重複なく抜き出して、１０回学習する。

[0186] また、劣化度のラベルの書き換えに際しては、同じ区間内の複数のデータ

を一斉に同じラベルに書き換えるのではなく、区間内の個々のデータについて、つまり、全データＤに対してそれぞれ、電圧Ｖやガス圧Ｐｉｎｉを基に劣化度を書き換えることが好ましい。

[0187] 図１８は、図７のステップＳ４８に適用される処理内容の例２を示すフローチャートである。図１８は、学習モデルの作成サブルーチンの例２を示す。図１１で説明したフローチャートの代わりに、図１８に示すフローチャートを適用することができる。

[0188] 図１８に示すステップＳ１０２及びステップＳ１０４は、図１１と同様である。なお、図１８のステップＳ１０４におけるデータＤ（ｓ）は、ｓが１からＳｍａｘまでの全てのデータを含む。

[0189] ステップＳ１０４の後のステップＳ１１６において、学習モデル作成部３４０は変数ｎを初期値としての「１」に設定し、変数ｍを「１０００」に設定する。ここでの変数ｎは後述する処理のループ回数を示す。変数ｍは全データＤの中から学習単位として抜き出すデータ件数を表す。ｍ＝１０００の場合は、１０００件毎にまとめて学習することを意味する。つまり、ｍはミニバッチのバッチサイズと理解してよい。ｍは総データ件数よりも少ない任意の数であってよい。ここでは、全データＤの中からランダムに学習用のサンプル（データ）を１０００件ずつ抜き出して、１０００件のミニバッチの単位で学習を進める例を説明する。

[0190] ステップＳ１１７において、学習モデル作成部３４０はデータＤからｍ件をランダムに抜き出す。このとき、一度抜き出したものは重複して抜き出さないものとする。ｍ件の中には、様々な劣化度のデータが混在し得る。なお、ここでのデータＤとは、Ｄ（１）、Ｄ（２）・・・Ｄ（Ｓｍａｘ）を含む全てのデータの集合である。

[0191] ステップＳ１１８において、学習モデル作成部３４０は各Ｄ（ｓ）のデータを呼び出して学習モデルに入力する。

[0192] ステップＳ１２０において、学習モデル作成部３４０は学習モデルの出力がレベルｓとなる確率が上がるように学習モデルのパラメータを変更する。

学習モデルは、後述するニューラルネットワークモデルであって、教師ありデータによって、このモデルのパラメータを変更し、新しい学習モデルを作成する。

[0193] ステップＳ１２２において、学習モデル作成部３４０はｎとｍの積がＮ以上であるか否かを判定する。Ｎはデータ Ｄの総データ件数である。ステップＳ１２２の判定結果がＮｏ判定である場合、学習モデル作成部３４０はステップＳ１２４に進み、ｎの値をインクリメントしてステップＳ１１７に戻る。ステップＳ１２２の判定結果がＹｅｓ判定である場合、学習モデル作成部３４０は図１８のフローチャートを終了して、図７のフローチャートに復帰する。つまり、ステップＳ１１２の判定結果がＹｅｓ判定になると、学習モデルは、今回の交換された消耗品の結果を反映した新しい学習モデルに更新される。

[0194] なお、図１８のフローチャートでは、１エポックで学習を終了するフローチャートとなっているが、エポック数を２以上の値に設定するなどして、ステップＳ１１６～ステップＳ１２２をさらに複数回繰り返してもよい。

[0195] 図１９は、図１８のステップＳ１０４に適用される処理内容の例を示すフローチャートである。図１９のフローチャートは、図８及び図９に例示したように、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖを考慮して、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎを書き換える場合の「各段階の寿命関連情報のデータＤ（ｓ）を作成する処理」の例である。

[0196] 図１９のステップＳ２５１において、学習モデル作成部３４０はデータ番号を表すインデックスｋを初期値の「１」に設定する。ステップＳ２５２以降の処理はデータＤのデータセットの全データに対してループする。

[0197] ステップＳ２５２において、学習モデル作成部３４０はデータ番号「ｋ」のデータを読み出す。

[0198] ステップＳ２５３において、学習モデル作成部３４０は発振パルス数Ｎｐによる劣化度ｓを算出する。

[0199] ステップＳ２５４において、学習モデル作成部３４０は電圧Ｖの値から劣

化度ＤＬｖを算出して変数Ｌに保存する。

[0200] ステップＳ２６０において、学習モデル作成部３４０は「ｓ」と「Ｌ」を比較し、「ｓ」よりも「Ｌ」が大きいか否かを判定する。ステップＳ２６０の判定結果がＹｅｓ判定である場合、学習モデル作成部３４０はステップＳ２６１に進む。ステップＳ２６１において、学習モデル作成部３４０はデータ番号「ｋ」の寿命関連情報のデータを劣化度「Ｌ」のデータＤ（Ｌ）として保存する。

[0201] 一方、ステップＳ２６０の判定結果がＮｏ判定である場合、学習モデル作成部３４０はステップＳ２６２に進む。ステップＳ２６２において、学習モデル作成部３４０はデータ番号「ｋ」の寿命関連情報のデータを劣化度「ｓ」のデータＤ（ｓ）として保存する。

[0202] ステップＳ２６１又はＳ２６２の後、学習モデル作成部３４０はステップＳ２６３に進む。

[0203] ステップＳ２６３において、学習モデル作成部３４０はｋの値がデータＤの総データ件数Ｎ以上であるか否かを判定する。ステップＳ２６３の判定結果がＮｏ判定である場合、学習モデル作成部３４０はステップＳ２６４に進み、インデックスｋの値をインクリメントしてステップＳ２５２に戻る。ステップＳ２６３の判定結果がＹｅｓ判定である場合、学習モデル作成部３４０は図１９のフローチャートを終了して、図１８のフローチャートに復帰する。

[0204] 図１９の代わりに、図１３又は図１４で説明したようなフローチャートに対応するフローチャートを適用してもよい。

[0205] ５．２．９ ニューラルネットワークモデルの例

図２０は、ニューラルネットワークモデルの例を示す模式図である。図２０において円はニューロンを表し、矢印の付いた直線は信号の流れを表す。図２０の左から入力層４０２のニューロンN_{11}、N_{12}、N_{13}、隠れ層４０４のニューロンN_{21}、及び出力層４０６のニューロンN_{31}である。層構造を有するニューラルネットワークの層番号をｉ、ニューロン番号をｊとして、ニ

ューロンN_{ij}から出力される信号の強さをX_{ij}とし、信号X_{ij}と表記する。ｉ層と（ｉ＋１）層との間のニューロン同士の結合の重みをW_{ij}とする。

[0206] 入力層４０２のニューロンN_{11}、N_{12}、N_{13}は、それぞれ信号の強さがX_{11}、X_{12}、X_{13}の信号を出力する。隠れ層４０４のニューロンN_{21}は、入力される信号X_{11}、X_{12}、X_{13}の重み付き信号和（$W_{11}\times X_{11}+W_{12}\times X_{12}+W_{13}\times X_{13}$）が閾値よりも大きい場合に、信号$X_{21}$を出力する。ここでの閾値を$b_{21}$とすると、ニューロン$N_{21}$は$W_{11}\times X_{11}+W_{12}\times X_{12}+W_{13}\times X_{13}-b_{21}>0$の場合に、信号$X_{21}$を出力する。「$-b_{21}$」をニューロン$N_{21}$のバイアスという。

[0207] ニューラルネットワークモデルのパラメータは、ニューロン間の結合の重みとバイアスを含む。

[0208] ５．２．１０　ニューラルネットワークモデルの学習モード

図２１は、学習モデルを作成する際のニューラルネットワークのモデルの例である。ニューラルネットワークモデル４００は、入力層４０２と、隠れ層４０４と、出力層４０６とを含む。

[0209] 入力層４０２はｎ個のニューロンN_{11}～N_{1n}を含み、それぞれのニューロンN_{11}～N_{1n}に、交換した消耗品の寿命関連情報の中で劣化度ｓの時のログデータが入力される。

[0210] 隠れ層４０４は、ｍ個のニューロンN_{21}～N_{2m}を含み、隠れ層４０４におけるそれぞれのニューロンに対して入力層４０２のニューロンN_{11}～N_{1n}から出力された信号が入力される。これらの入力信号それぞれに異なる重みのパラメータＷ１が設定可能である。ここで、重みのパラメータＷ１とは、隠れ層４０４の各ニューロンN_{21}～N_{2m}に入力される信号に対するそれぞれの重みをまとめて「重みのパラメータＷ１」と表記する。

[0211] 出力層４０６は、ｐ個のニューロンN_{31}～N_{3P}を含み、出力層４０６のそれぞれのニューロンに対して隠れ層４０４のニューロンN_{21}～N_{2m}から出力された信号が入力される。出力層４０６のニューロンの個数ｐは、劣化度のレベルの段階数（Ｓｍａｘ）と同数であってよい。これらの入力信号それぞ

れに異なる重みのパラメータＷ２が設定可能である。ここで、重みのパラメータＷ２は、出力層４０６の各ニューロン$Ｎ_{31}$～$Ｎ_{3p}$に入力される信号に対するそれぞれの重みをまとめて「重みのパラメータＷ２」と表記する。

[0212] 出力層４０６のニューロン$Ｎ_{31}$～$Ｎ_{3P}$からは、劣化度Ｌｖ（１）～Ｌｖ（ｓ）～Ｌｖ（Ｓｍａｘ）の確率が出力される。ここでの劣化度の確率とは、各劣化度のレベルに該当する確からしさを示すスコアを意味する。

[0213] 劣化度ｓが１からＳｍａｘのＳｍａｘ段階に定義されている場合、交換した消耗品の寿命関連情報（ログデータ）Ｄ１（ｓ）、Ｄ２（ｓ）・・・Ｄｎ（ｓ）を入力層４０２にそれぞれ入力する。

[0214] それぞれの劣化度ｓの入力に対して、出力層４０６からの出力が、Ｌｖ（ｓ）の確率は１に近づき、その他の劣化度の確率は０に近づく結果となるように、ニューロン間のそれぞれの重みとバイアスを調整する。

[0215] 以上のようにして、教師あり機械学習によって消耗品の寿命予測を行う学習モデルが作成される。実施形態１による機械学習方法は、消耗品の寿命関連情報の入力に対して、消耗品の劣化度の予測値を出力するように学習された予測モデル（学習済みモデル）を生産する方法と理解される。

[0216] ５．２．１１　消耗品の寿命予測部の処理例

図２２は、消耗品の寿命予測部３６０における処理内容の例を示すフローチャートである。図２２のフローチャートに示す処理及び動作は、例えば、消耗品の寿命予測部３６０として機能するプロセッサがプログラムを実行することによって実現される。

[0217] 図２２のステップＳ６２において、消耗品の寿命予測部３６０は交換予定の消耗品の現在の寿命関連情報を受信したか否かを判定する。ステップＳ６２の判定結果がＮｏ判定である場合、消耗品の寿命予測部３６０はステップＳ６２を繰り返す。ステップＳ６２の判定結果がＹｅｓ判定である場合、消耗品の寿命予測部３６０はステップＳ６４に進む。

[0218] ステップＳ６４において、消耗品の寿命予測部３６０は交換予定の消耗品の現在の寿命関連情報を取得する。ステップＳ６４にて取得する現在の寿命

関連情報は本開示における「第２の寿命関連情報」の一例である。

[0219] ステップＳ６６において、消耗品の寿命予測部３６０はレーザ装置１０の稼動関連情報を取得する。次に、ステップＳ６８において、消耗品の寿命予測部３６０は交換予定の消耗品の学習モデルを呼び出す。ここでは交換予定の消耗品（レーザチャンバ１００、モニタモジュール１０８、又は狭帯域化モジュール１０６）に対応したファイル（ファイルＡｍ、ファイルＢｍ、又はファイルＣｍ）に保存された学習モデルを呼び出す。

[0220] そして、ステップＳ７０において、消耗品の寿命予測部３６０は学習モデルを使って寿命計算を行う。すなわち、消耗品の寿命予測部３６０は、交換予定の消耗品の現在の寿命関連情報に基づき、学習モデルを使って寿命と、余寿命と、推奨メインテナンス日とを計算する。

[0221] ステップＳ７２において、消耗品の寿命予測部３６０は交換予定の消耗品の寿命と、余寿命と、推奨メインテナンス日の各データをデータ出力部３７０に送信する。

[0222] ステップＳ７４において、消耗品の寿命予測部３６０は消耗品の予測寿命の計算を中止するか否かを判定する。ステップＳ７４の判定結果がＮｏ判定である場合、消耗品の寿命予測部３６０はステップＳ６２に戻り、ステップＳ６２からステップＳ７４を繰り返す。ステップＳ７４の判定結果がＹｅｓ判定である場合、消耗品の寿命予測部３６０は図２２のフローチャートを終了する。

[0223] 図２３は、学習モデルを使って寿命計算を行う処理のサブルーチンの例を示すフローチャートである。すなわち、図２３は、図２２のステップＳ７０の処理内容の例を示すフローチャートである。

[0224] 図２３のステップＳ１３２において、消耗品の寿命予測部３６０は交換予定の消耗品の現在の寿命関連情報を学習モデルに入力する。

[0225] ステップＳ１３４において、消耗品の寿命予測部３６０は学習モデルから各劣化度Ｌｖ（１）～Ｌｖ（Ｓｍａｘ）の確率を出力する。

[0226] ステップＳ１３６において、消耗品の寿命予測部３６０は劣化度の確率分

布から現在の消耗品の劣化度ｓを判定する。劣化度ｓの判定方法の第１例として、例えば、確率が一番高い劣化度を抽出してもよい。また劣化度ｓの判定方法の第２例として、劣化度の確率分布から近似曲線を求めて、一番高い確率分布の劣化度ｓを求めてもよい。第２例の場合は劣化度ｓは整数ではなく、少数点以下の数値まで求める。第２例の場合は第１例の場合に比べて一層高精度に、消耗品の寿命と余寿命とを予測することができる。

[0227] ステップＳ１３８において、消耗品の寿命予測部３６０はステップＳ１３６で求めた劣化度からさらに消耗品の寿命Ｎｃｈｅｓを計算する。消耗品の寿命Ｎｃｈｅｓは現在の発振パルス数Ｎｃｈを用いて、Ｎｃｈｅｓ＝Ｎｃｈ・Ｓｍａｘ／ｓから計算される。なお、式中の「・」は乗算を表す。

[0228] ステップＳ１４０において、消耗品の寿命予測部３６０はステップＳ１３６で求めた劣化度からさらに消耗品の余寿命Ｎｃｈｒｅを計算する。消耗品の余寿命Ｎｃｈｒｅは現在の発振パルス数Ｎｃｈを用いて、Ｎｃｈｒｅ＝Ｎｃｈｅｓ－Ｎｃｈから計算される。

[0229] ステップＳ１４２において、消耗品の寿命予測部３６０は消耗品の推奨メインテナンス日Ｄｒｅｃを計算する。推奨メインテナンス日Ｄｒｅｃは、Ｄｒｅｃ＝Ｄｐｒｅ＋Ｎｃｈｒｅ／Ｎｄａｙから計算される。

[0230] ステップＳ１４２の後、消耗品の寿命予測部３６０は図２３のフローチャートを終了し、図２２のフローチャートに復帰する。

[0231] ５．２．１２　学習モデルを使って消耗品の寿命を計算する処理の例

図２４は、作成した学習モデルを使用してレーザチャンバ１００の寿命及び余寿命を計算する例を示す。現在運転中のレーザチャンバ１００の予測寿命を計算する場合に、消耗品の寿命予測部３６０は現在のレーザチャンバ１００の寿命関連情報を取得する。ここでは、現在のレーザチャンバ１００の発振パルス数Ｎｃｈのデータを取得する。

[0232] 次に、作成された学習モデルに、現在のレーザチャンバ１００の寿命関連情報を入力すると、複数段階の各劣化度Ｌｖ（１）～Ｌｖ（１０）である確率が計算される。図２５に、１０段階の劣化度毎の確率の例を示す。図２５

の例では劣化度７である確率が一番高いと判定される。

[0233] この場合、現在運転中のレーザチャンバ１００の予測寿命Ｎｃｈｅｓは以下の式１で求められる。

[0234] Ｎｃｈｅｓ＝Ｎｃｈ・１０／７ （式１）

余寿命Ｎｃｈｒｅは、以下の式２で求められる。

[0235] Ｎｃｈｒｅ＝Ｎｃｈｅｓ－Ｎｃｈ＝Ｎｃｈ・３／７（式２）

５．２．１３ ニューラルネットワークモデルの寿命予測モード

図２６は、学習済みのニューラルネットワークモデル４００によって消耗品の寿命を予測する処理の例である。ニューラルネットワークモデル４００のネットワーク構造は、図２１と同じ構成である。図２６において、ニューロン間の重みのパラメータＷ１及びＷ２は、図２１で説明した学習モードによって適正化された値が設定されている。

[0236] 現在の消耗品について寿命予測を行う場合、現在の消耗品の寿命関連情報(ログデータ)Ｄ１，Ｄ２・・・Ｄｎを入力層４０２にそれぞれ入力する。その結果、出力層４０６からの劣化度Ｌｖ（１）～Ｌｖ（Ｓｍａｘ）のそれぞれの確率が出力される（図２５参照）。

[0237] ５．２．１４ その他

図２１及び図２６ではニューラルネットワークモデル４００の隠れ層４０４が１層であるの場合の例を示したが、これに限定されることなく、隠れ層４０４が複数層あってもよい。

[0238] 本実施形態では、教師あり学習による機械学習の例を示したがこの例に限定されることなく、教師なし学習による機械学習を行ってもよい。例えば、入力データを次元削減して、それらのデータセットにある特徴を似たもの同士にクラスタリングすることができる。この結果を使って、何らかの基準を設けてそれを最適にするような出力の割り当てを行うことで、出力の予測を実現することできる。

[0239] ５．２．１５ データ出力部の処理例

図２７は、データ出力部３７０における処理内容の例を示すフローチャー

トである。図２７のフローチャートに示す処理及び動作は、例えば、データ出力部３７０として機能するプロセッサがプログラムを実行することによって実現される。

[0240] ステップＳ８２において、データ出力部３７０は交換予定の消耗品の寿命データを受信したか否かを判定する。ステップＳ８２の判定結果がＮｏ判定である場合、データ出力部３７０はステップＳ８２を繰り返す。ステップＳ８２の判定結果がＹｅｓ判定である場合、データ出力部３７０はステップＳ８４に進む。

[0241] ステップＳ８４において、データ出力部３７０は交換予定の消耗品の寿命と、余寿命と、推奨メインテナンス日の各データを読み込む。

[0242] ステップＳ８６において、データ出力部３７０は交換予定の消耗品の寿命と、余寿命と、推奨メインテナンス日の各データを送信する。データの送信先は、レーザ装置用管理システム２０６及び／又は半導体工場管理システム２０８であってよい。また、データの送信先は、ネットワーク２１０に接続されている図示しない端末装置などであってもよい。

[0243] ステップＳ８８において、データ出力部３７０はデータの送信を中止するか否かを判定する。ステップＳ８８の判定結果がＮｏ判定である場合、データ出力部３７０はステップＳ８２に戻り、ステップＳ８２からステップＳ８８を繰り返す。ステップＳ８８の判定結果がＹｅｓ判定である場合、データ出力部３７０は図２７のフローチャートを終了する。

[0244] ５．３　レーザチャンバの寿命関連情報

図２８～図３０に、レーザチャンバ１００の寿命関連情報の例を示す。レーザチャンバ１００の寿命関連情報は、例えば、電極劣化パラメータと、パルスエネルギ安定性パラメータと、ガス制御パラメータと、運転負荷パラメータと、レーザ共振器の光学素子の劣化パラメータとを含む。なお、図３０に示す図表の「ＯＣ」の表記は出力結合ミラーを表す。

[0245] これらの寿命関連パラメータのうちで、レーザチャンバ１００の寿命予測を精度よく行うために少なくとも必要な寿命関連パラメータは、電極劣化パ

ラメータと、パルスエネルギ安定性パラメータと、ガス制御パラメータとである。好ましくは、さらに、運転負荷パラメータを使用することによって、寿命予測の精度が改善する可能性がある。運転負荷が高い場合、レーザチャンバ１００の寿命が短くなる場合があるためである。

[0246] さらに、好ましくは、レーザ共振器の損失の指標となる狭帯域化モジュール１０６の劣化パラメータやレーザチャンバ１００のウインドウの劣化パラメータを使用することによって、寿命予測の精度が一層改善する可能性がある。

[0247] 電極劣化パラメータは、少なくとも放電回数を含む。放電回数は、概ねレーザチャンバ１００の交換後からの発振パルス数Ｎｐと等しい値である。電極劣化パラメータとして、好ましくは、投入エネルギの積算値をさらに追加してもよい。

[0248] 図１に示すようなシングルチャンバ方式のレーザ装置１０の場合、スペクトル線幅と放電幅との間に相関があるので、電極劣化パラメータの１つとしてスペクトル線幅を使用してもよい。

[0249] パルスエネルギ安定性パラメータは、少なくともパルスエネルギのばらつきを含む。さらに、パルスエネルギ安定性パラメータとして、パルスエネルギの積算値（露光量）のばらつきを追加してもよい。

[0250] ガス制御パラメータについては、充電電圧が所定の範囲となるようにレーザチャンバ１００のガス圧を制御する場合は、レーザチャンバ１００のガス圧と、全ガス交換して調整発振後のレーザチャンバ１００のガス圧とを少なくとも含む。

[0251] レーザチャンバ１００のガスが一定制御で、充電電圧を制御する場合は、ガス制御パラメータとして、充電電圧と、全ガス交換して調整発振後の充電電圧とを少なくとも含む。好ましくは、レーザチャンバ１００を交換してからのハロゲンを含むガスの注入量の積算値、又は、レーザガスの注入の積算値を追加してもよい。これにより、寿命予測精度が一層改善する可能性がある。

[0252] また、好ましくは、単位発振パルス当りのハロゲンガスを含むガスの注入量、又は、レーザガスの注入量を追加してもよい。

[0253] 運転負荷パラメータは、レーザ装置１０から出力されるレーザ光の平均出力、又は、目標パルスエネルギがほとんど変化しない場合は、バースト運転のデューティで代用してもよい。

[0254] 特に、露光運転中の運転負荷パラメータを使用するのがよい。半導体を作る工場では、メモリ素子を作成する場合には運転負荷が高く、ロジック関連の素子を作成する場合には運転負荷が低くなることがある。

[0255] レーザ共振器の光学素子の劣化パラメータは、ウインドウの劣化パラメータと狭帯域化モジュール１０６の劣化パラメータと出力結合ミラー１０４の劣化パラメータと、を含み、それぞれの光学素子の交換後の発振パルス数Ｎｐを少なくとも含む。レーザ装置１０から出力されるパルスレーザ光のパルスエネルギが大きく変わる場合は、２光吸収による光学素子の劣化のパラメータである、パルスエネルギの積算値やパルスエネルギの二乗の積算値を使用してもよい。

[0256] ５．４ モニタモジュールの寿命関連情報の例

図３１は、モニタモジュール１０８の寿命関連情報の例を示す。モニタモジュール１０８の寿命は、光学素子の劣化と光センサの劣化とで決まることが多い。モニタモジュール１０８の寿命関連情報は、モニタモジュール１０８の中に配置された光学素子の劣化パラメータと、光センサの劣化パラメータと、の少なくとも１つを含む。

[0257] モニタモジュール１０８の光学素子の劣化パラメータは、モニタモジュール１０８の交換後の発振パルス数Ｎｐを少なくとも含む。レーザ装置１０から出力されるパルスレーザ光のパルスエネルギが大きく変わる場合は、２光吸収による光学素子の劣化のパラメータである、パルスエネルギの積算値やパルスエネルギの二乗の積算値を使用してもよい。

[0258] 光センサの劣化パラメータは、光センサとしてのイメージセンサの検出光強度と、スペクトル線幅と、パルスエネルギとその積算値と、を含む。

[0259] モニタモジュール１０８の寿命予測を行うために少なくとも必要な劣化パラメータは、イメージセンサの検出光強度である。イメージセンサに入射する光強度は、スペクトル線幅と、パルスエネルギとによって変化するので、補助的にスペクトル線幅とパルスエネルギの値を使用してもよい。パルスエネルギの積算値は、イメージセンサに露光される光量に近い値となるのでこの値を使用してもよい。

[0260] ［その他］

図３１に示す例では、モニタモジュール１０８のパルスエネルギ検出器１４４に含まれる光センサは、例えば、フォトダイオードや焦電素子である。これらセンサの劣化も、モニタモジュール１０８を交換してからのパルスエネルギの積算値で評価可能となる。目標パルスエネルギが大きく変化しない場合は、モニタモジュール交換後の発振パルス数Ｎｐで代用できる。

[0261] ５．５ 狭帯域化モジュールの寿命関連情報の例

図３２は、狭帯域化モジュール１０６の寿命関連情報の例を示す。狭帯域化モジュール１０６の寿命は、光学素子の劣化と波長アクチュエータの劣化とで決まることが多い。狭帯域化モジュール１０６の寿命関連情報は、狭帯域化モジュール１０６の中に配置された光学素子（複数のプリズムとグレーティング）の劣化パラメータと、波長アクチュエータの劣化パラメータと、波面の劣化のパラメータと、の少なくとも１つを含む。

[0262] 狭帯域化モジュール１０６の寿命予測にとって少なくとも必要な劣化パラメータは、狭帯域化モジュール１０６の光学素子の劣化パラメータである。好ましくは、波長アクチュエータの劣化パラメータと、波面の劣化のパラメータを追加してもよい。

[0263] 狭帯域化モジュール１０６の光学素子の劣化パラメータは、狭帯域化モジュール１０６の交換後の発振パルス数を少なくとも含む。レーザ装置１０から出力されるパルスレーザ光のパルスエネルギが大きく変わる場合は、２光吸収による光学素子の劣化のパラメータである、パルスエネルギの積算値やパルスエネルギの二乗の積算値を使用してもよい。

[0264] 波長アクチュエータの劣化パラメータは、波長安定性を含む。

[0265] 波長アクチュエータが劣化して動作が悪化すると、波長制御が不安定となるため、波長安定性を使用することによって、寿命を評価できる可能性がある。

[0266] 波面の劣化のパラメータは、スペクトル線幅を含む。レーザ装置１０から出力されるパルスレーザ光のスペクトル線幅は、狭帯域化モジュール１０６の波面が歪むことによって太くなるので、スペクトル線幅を使用することによって、寿命を評価できる可能性がある。例えば、プリズムに合成石英を使用している場合、コンパクションによって、プリズムの透過波面が歪みスペクトル線幅が太くなる場合がある。

[0267] ５．６ 作用・効果

電圧Ｖやガス圧Ｐｉｎｉなどのパラメータの値はレーザチャンバ１００の劣化に対して明確な相関性がある。仮に、発振パルス数Ｎｐのみでレーザチャンバ１００の劣化度を評価して、発振パルス数Ｎｐに対して段階的に増加する劣化度のラベルを付与しただけでは、上記の電圧Ｖやガス圧Ｐｉｎｉとの関連性を学習させることができない。このため、発振パルス数Ｎｐのみによって劣化度のラベルを付与した場合、例えば、初期からの劣化、急激な劣化、又は一時的な劣化などに対して、適切な劣化度を予測する学習モデルを作ることが困難である。

[0268] この点、実施形態１によれば、電圧Ｖ及び／又はガス圧Ｐｉｎｉなどの寿命関連パラメータを使用して、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎをより適切な劣化度のラベルに書き換えることにより、パラメータの値と劣化度のラベルとが正しい相関性を持つ学習モデルを作ることができる。実施形態１に係る訓練データ作成方法によれば、予測精度の高い学習モデルの作成を可能にする訓練データのデータセットを得ることできる。

[0269] 実施形態１に係る消耗品管理サーバ３１０によれば、レーザ装置１０における交換予定の消耗品の各々に対して、その消耗品の寿命関連情報に基づいて、対応する学習モデルを使用することによって、交換予定の消耗品の各々

の寿命を精度よく予測できる。

[0270] ５．７　その他

実施形態１では、電圧Ｖ及び／又はガス圧Ｐｉｎｉなどの寿命関連パラメータを使用して、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎをより適切な劣化度のラベルに書き換える方法として、劣化のレベルが最も高い劣化度を付与する例を説明したが、異なる評価指標による複数の劣化度から１つの劣化度を決める方法はこの例に限らない。例えば、複数の劣化度の平均値を算出し、その平均値を実際に付与する劣化度のラベルとしてもよい。具体例として、発振パルス数Ｎｐによる劣化度ＤＬｎが２、電圧Ｖによる劣化度ＤＬｖが６である場合に、これらの平均値である「４」を実際に付与する劣化度のラベルとしてもよい。

[0271] また、消耗品の寿命と関連する複数のパラメータに関して重み付けを行い、それぞれのパラメータによる劣化度の加重平均を算出して、その値を実際に付与する劣化度のラベルとしてもよい。

[0272] 実施形態１では、半導体工場の露光装置用ＫｒＦエキシマレーザの場合の例を示したが、これに限定されることなく、例えば、フラットパネルのアニール用エキシマレーザや加工用のエキシマレーザに適用してもよい。これらの場合は、狭帯域化モジュール１０６の代わりに、リアミラーが配置され、モニタモジュール１０８のスペクトル検出器１４６はなくてもよい。

[0273] ６．変形例

実施形態１で説明した消耗品管理サーバ３１０における訓練データの作成機能と、作成した訓練データを用いた機械学習による学習モデルの作成機能と、作成した学習モデルを用いて消耗品の寿命予測の処理を行う機能とは、それぞれ別々の装置（サーバなど）で実現してもよい。

[0274] また、訓練データの作成処理と訓練データを用いた学習処理とは、一連の処理フローの中で実施してもよいし、それぞれの処理を独立に実施してもよい。

[0275] ７．プログラムを記録したコンピュータ可読媒体について

上述の各実施形態で説明した消耗品管理サーバ３１０として、コンピュータを機能させるための命令を含むプログラムを光ディスクや磁気ディスクその他のコンピュータ可読媒体（有体物たる非一過性の情報記憶媒体）に記録し、この情報記憶媒体を通じてプログラムを提供することが可能である。このプログラムをコンピュータに組み込み、プロセッサがプログラムの命令を実行することにより、コンピュータに消耗品管理サーバ３１０の機能を実現させることができる。

[0276] 上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図している。したがって、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本開示の実施形態に変更を加えることができることは、当業者には明らかであろう。

[0277] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書、及び添付の特許請求の範囲に記載される不定冠詞「１つの」は、「少なくとも１つ」又は「１又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。また、「Ａ、Ｂ及びＣの少なくとも１つ」という用語は、「Ａ」「Ｂ」「Ｃ」「Ａ＋Ｂ」「Ａ＋Ｃ」「Ｂ＋Ｃ」又は「Ａ＋Ｂ＋Ｃ」と解釈されるべきである。さらに、それらと「Ａ」「Ｂ」「Ｃ」以外のものとの組み合わせも含むと解釈されるべきである。

請求の範囲

[請求項1] レーザ装置の消耗品の寿命を予測するための学習モデルの機械学習に使用する訓練データの作成方法であって、

前記消耗品の使用が開始されてから交換されるまでの期間中の異なる発振パルス数に対応して記録された前記消耗品の少なくとも１つの寿命関連パラメータのデータを含む第１の寿命関連情報を取得することと、

前記発振パルス数に基づき前記消耗品の第１の劣化度を定めることと、

前記少なくとも１つの前記寿命関連パラメータに基づき前記消耗品の第２の劣化度を定めることと、

前記第１の劣化度と前記第２の劣化度とに基づき前記消耗品の第３の劣化度を定めることと、

前記第１の寿命関連情報と前記第３の劣化度とを対応付けた訓練データを作成することと、

を含む訓練データ作成方法。

[請求項2] 請求項１に記載の訓練データ作成方法であって、

前記第１の劣化度と前記第２の劣化度のうち、劣化のレベルが高い方の劣化度を前記第３の劣化度として決定する、

訓練データの作成方法。

[請求項3] 請求項１に記載の訓練データ作成方法であって、

前記寿命関連パラメータは、レーザチャンバに配置された放電電極に印加する電圧を含む、

訓練データ作成方法。

[請求項4] 請求項１に記載の訓練データ作成方法であって、

前記寿命関連パラメータは、レーザチャンバのレーザガスを交換した後の初期ガス圧を含む、

訓練データ作成方法。

[請求項5] 請求項１に記載の訓練データ作成方法であって、

前記第１の寿命関連情報は、複数の前記寿命関連パラメータのデータを含み、

前記複数の前記寿命関連パラメータのそれぞれに基づき前記寿命関連パラメータごとに前記第２の劣化度が定められ、

前記寿命関連パラメータごとに定められた複数の前記第２の劣化度と前記第１の劣化度のうち、劣化のレベルが最も高い劣化度を前記第３の劣化度として決定する、

訓練データ作成方法。

[請求項6] 請求項５に記載の訓練データ作成方法であって、

前記複数の寿命関連パラメータは、

レーザチャンバに配置された放電電極に印加する電圧と、

前記レーザチャンバのレーザガスを交換した後の初期ガス圧とを含む、

訓練データ作成方法。

[請求項7] 請求項１に記載の訓練データ作成方法であって、

前記第１の寿命関連情報は、複数の前記寿命関連パラメータのデータを含み、

前記複数の前記寿命関連パラメータの組み合わせに基づき前記第２の劣化度が定められる、訓練データ作成方法。

[請求項8] 請求項１に記載の訓練データ作成方法であって、

前記第１の寿命関連情報は、複数の前記寿命関連パラメータのデータを含み、

前記複数の前記寿命関連パラメータに基づき異なる種類のパラメータごとに前記第２の劣化度が定められ、

前記異なる種類のパラメータごとに定められた複数の前記第２の劣化度と前記第１の劣化度のうち、劣化のレベルが最も高い劣化度を前記第３の劣化度として決定する、

訓練データ作成方法。

[請求項9] 請求項１に記載の訓練データ作成方法であって、

前記第１の劣化度は、前記発振パルス数に応じて複数段階にレベル分けされており、前記発振パルス数が大きくなるにつれて前記消耗品の劣化のレベルが高くなるように定められる、

訓練データ作成方法。

[請求項10] 請求項９に記載の訓練データ作成方法であって、

前記複数段階が１０段階である、訓練データ作成方法。

[請求項11] 請求項９に記載の訓練データ作成方法であって、

前記第２の劣化度の最大レベル値は、前記第１の劣化度の最大レベル値に等しい、

訓練データ作成方法。

[請求項12] 請求項９に記載の訓練データ作成方法であって、

前記少なくとも１つの寿命関連パラメータの値が所定の閾値よりも小さい値である場合の前記第２の劣化度が、前記第１の劣化度の最小レベル値以下の値となるように前記第２の劣化度が定義される、

訓練データ作成方法。

[請求項13] レーザ装置の消耗品の寿命を予測するための学習モデルを作成する機械学習方法であって、

前記消耗品の使用が開始されてから交換されるまでの期間中の異なる発振パルス数に対応して記録された前記消耗品の少なくとも１つの寿命関連パラメータのデータを含む第１の寿命関連情報を取得することと、

前記発振パルス数に基づき前記消耗品の第１の劣化度を定めることと、

前記少なくとも１つの前記寿命関連パラメータに基づき前記消耗品の第２の劣化度を定めることと、

前記第１の劣化度と前記第２の劣化度とに基づき前記消耗品の第３

の劣化度を定めることと、

前記第１の寿命関連情報と前記第３の劣化度とを対応付けた訓練データを作成することと、

前記訓練データを用いて機械学習を行うことにより、前記第１の寿命関連情報に含まれる前記寿命関連パラメータのデータから前記消耗品の劣化度を予測する前記学習モデルを作成することと、

前記作成された前記学習モデルを保存することと、

を含む機械学習方法。

[請求項14] 請求項１３に記載の機械学習方法であって、

前記学習モデルは、ニューラルネットワークモデルである機械学習方法。

[請求項15] 請求項１３に記載の機械学習方法を実施することによって作成された前記学習モデルを保存しておく記憶装置と、プロセッサと、を備え、

前記プロセッサは、

前記レーザ装置における交換予定の消耗品についての寿命予測処理の要求信号を受信して、前記交換予定の消耗品に関する現在の第２の寿命関連情報を取得し、

前記交換予定の消耗品の前記学習モデルと前記第２の寿命関連情報とに基づいて、前記交換予定の消耗品の寿命と余寿命とを計算し、

前記計算によって得られた前記交換予定の消耗品の寿命と余寿命とのうち少なくとも一方の情報を外部装置に通知する、

消耗品管理装置。

[請求項16] 請求項１５に記載の消耗品管理装置であって、

前記プロセッサは、前記学習モデルに前記第２の寿命関連情報を入力し、

前記学習モデルから前記第２の寿命関連情報に対応する前記消耗品の劣化度のレベルの確からしさを示すスコアを取得し、

前記第２の寿命関連情報に含まれる現在の発振パルス数と前記スコアとを基に、前記交換予定の消耗品の寿命と余寿命とを算出する、

消耗品管理装置。

[請求項17] プログラムが記録された非一過性のコンピュータ可読媒体であって、

前記プログラムは、コンピュータにより実行された場合に、前記コンピュータに、レーザ装置の消耗品の寿命を予測するための学習モデルの機械学習に使用する訓練データの作成機能を実現させるプログラムであり、

前記消耗品の使用が開始されてから交換されるまでの期間中の異なる発振パルス数に対応して記録された前記消耗品の少なくとも１つの寿命関連パラメータのデータを含む第１の寿命関連情報を取得する機能と、

前記発振パルス数に基づき前記消耗品の第１の劣化度を定める機能と、

前記少なくとも１つの前記寿命関連パラメータに基づき前記消耗品の第２の劣化度を定める機能と、

前記第１の劣化度と前記第２の劣化度とに基づき前記消耗品の第３の劣化度を定める機能と、

前記第１の寿命関連情報と前記第３の劣化度とを対応付けた訓練データを作成する機能と、を前記コンピュータに実現させるための命令を含む、

コンピュータ可読媒体。

[請求項18] 請求項１７に記載のコンピュータ可読媒体であって、

前記プログラムは、さらに、前記訓練データを用いて機械学習を行うことにより、前記第１の寿命関連情報に含まれるデータから前記消耗品の劣化度を予測する前記学習モデルを作成する機能と、

前記作成された前記学習モデルを保存する機能と、を前記コンピュ

ータに実現させるための命令を含む、

コンピュータ可読媒体。

[請求項19] 請求項１８に記載のコンピュータ可読媒体に記録されたプログラムを実行することによって作成された前記学習モデルを保存する機能と、

前記レーザ装置における交換予定の消耗品についての寿命予測処理の要求信号を受信する機能と、

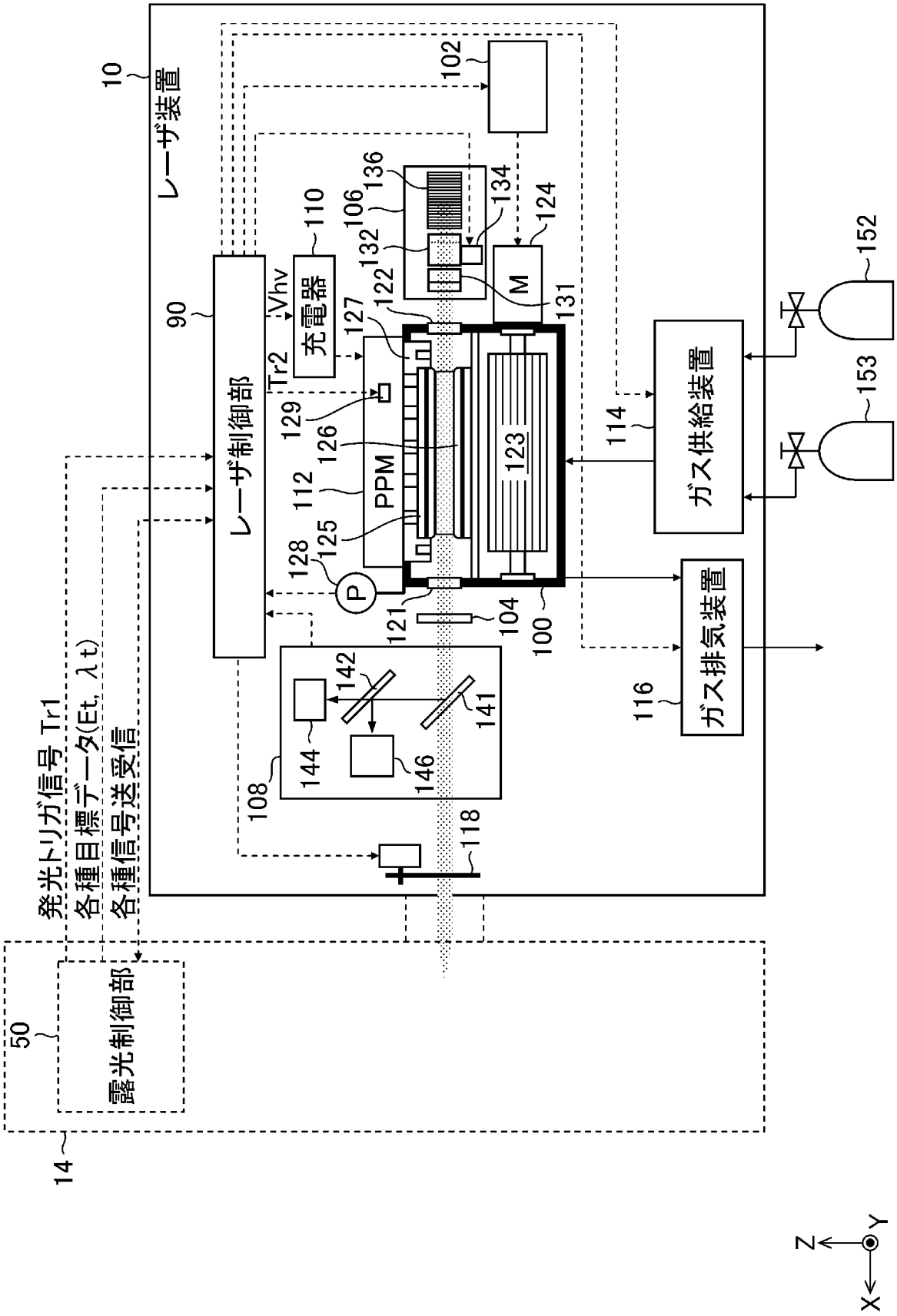
前記要求信号の受信に応じて、前記交換予定の消耗品に関する現在の第２の寿命関連情報を取得する機能と、

前記交換予定の消耗品の前記学習モデルと前記第２の寿命関連情報とに基づいて、前記交換予定の消耗品の寿命と余寿命とを計算する機能と、

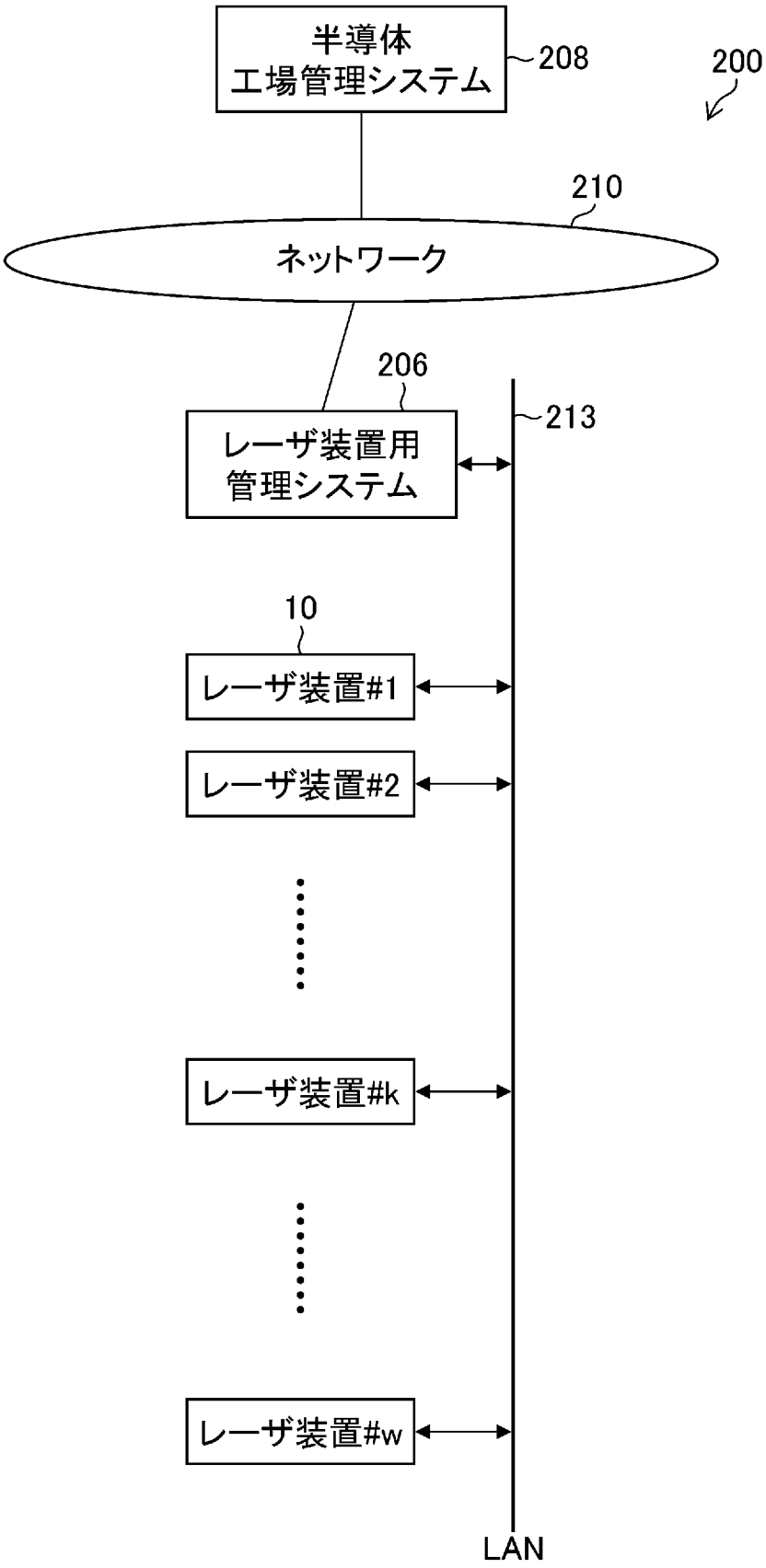
前記計算によって得られた前記交換予定の消耗品の寿命と余寿命との情報を外部装置に通知する機能と、

をコンピュータに実現させるためのプログラムが記録された非一過性のコンピュータ可読媒体。

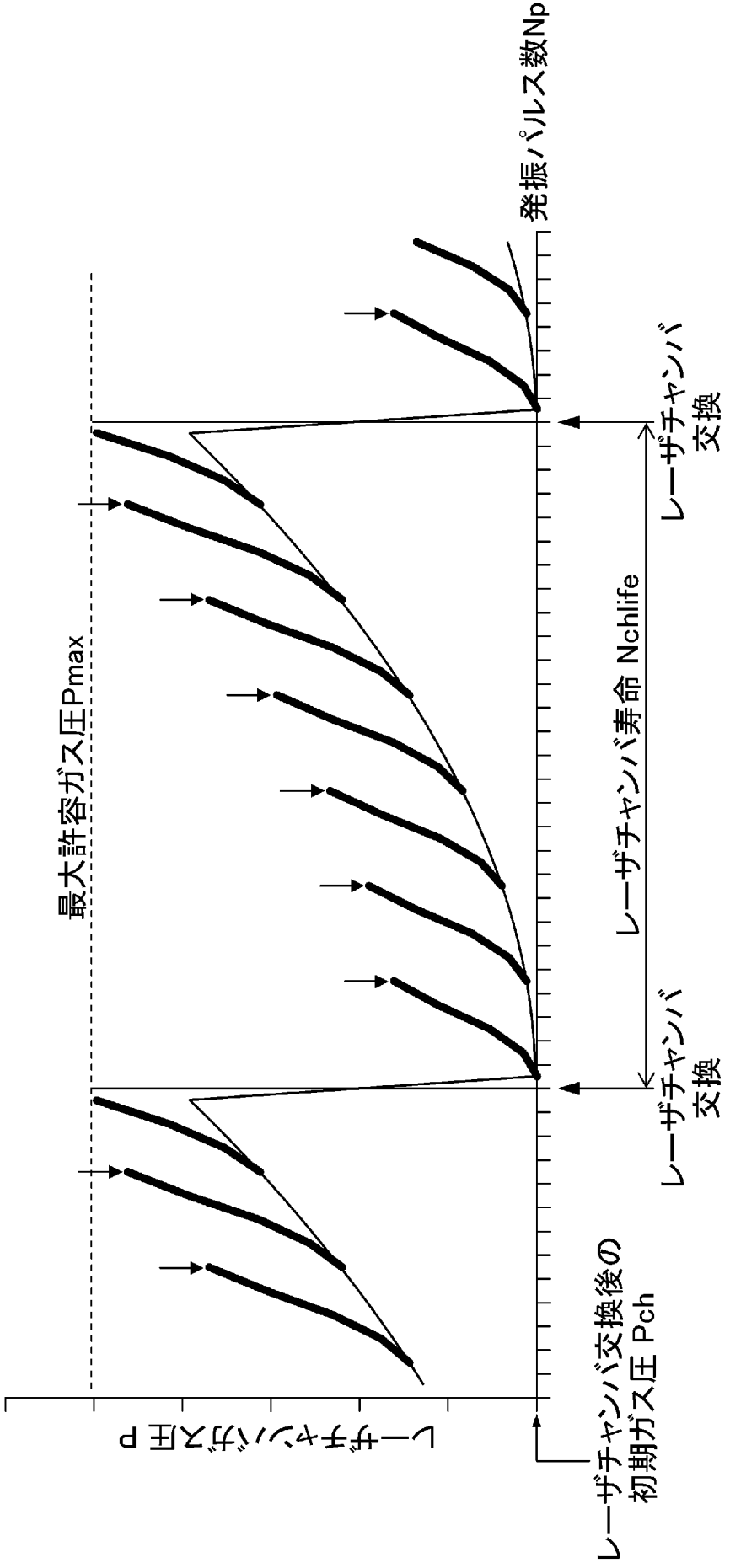
[図1]


10
レーザ装置
102
136
134
124
106
132
110
充電器
Vhv
Tr2
122
127
131
M
152
153
90
レーザ制御部
129
126
112
PPM
123
114
ガス供給装置
125
128
P
121
104
100
116
ガス排気装置
142
141
144
146
108
118
50
露光制御部
14
発光トリガ信号 Tr1
各種目標データ(Et, λt)
各種信号送受信
Z
Y
X

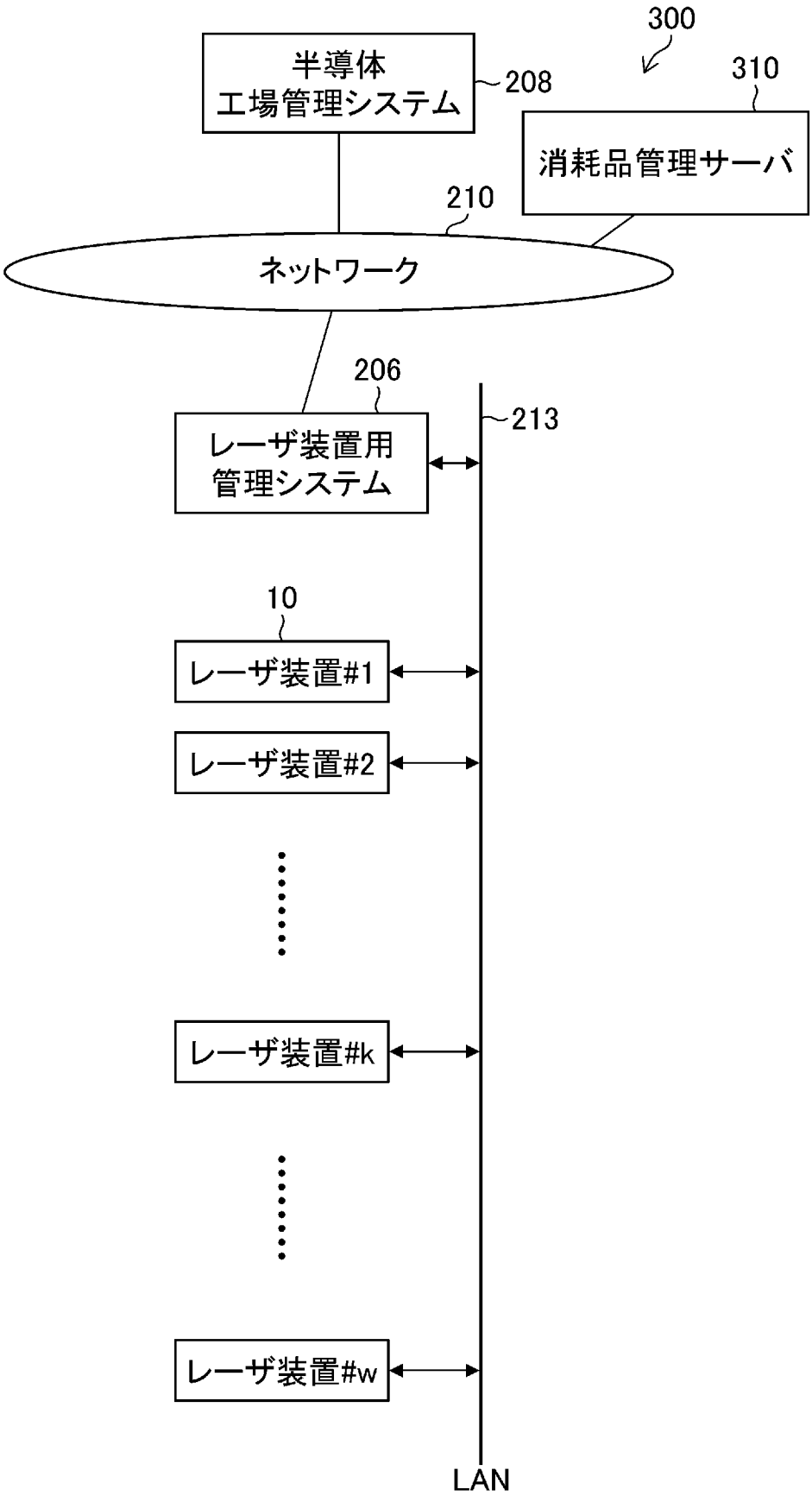
[図2]


半導体
工場管理システム
208
200
210
ネットワーク
206
213
レーザ装置用
管理システム
10
レーザ装置#1
レーザ装置#2
レーザ装置#k
レーザ装置#w
LAN

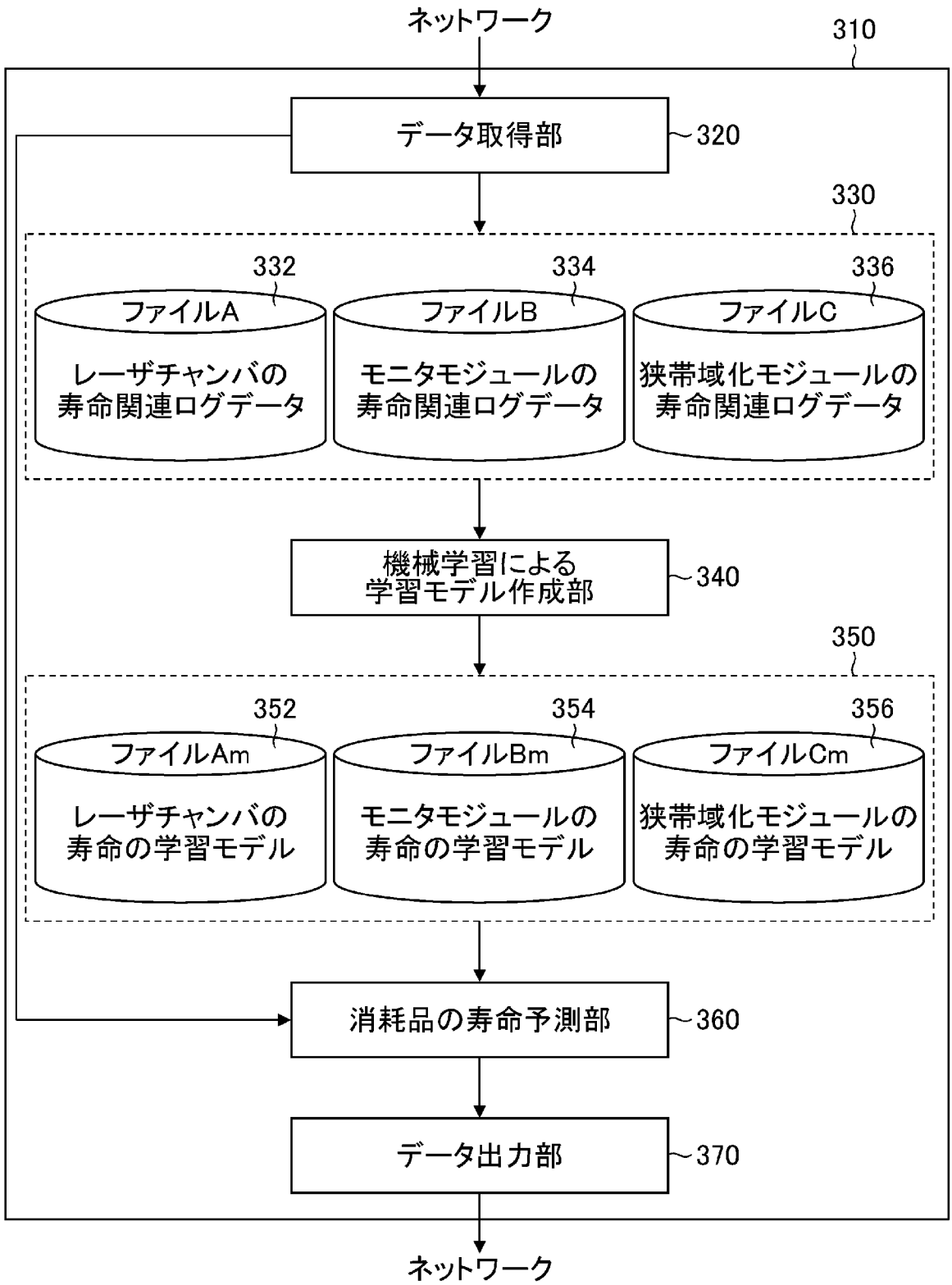
[図3]


発振パルス数Np
最大許容ガス圧Pmax
レーザチャンバ寿命 Nchlife
レーザチャンバ交換
レーザチャンバ交換
レーザチャンバ交換後の初期ガス圧 Pch
レーザガス圧 P

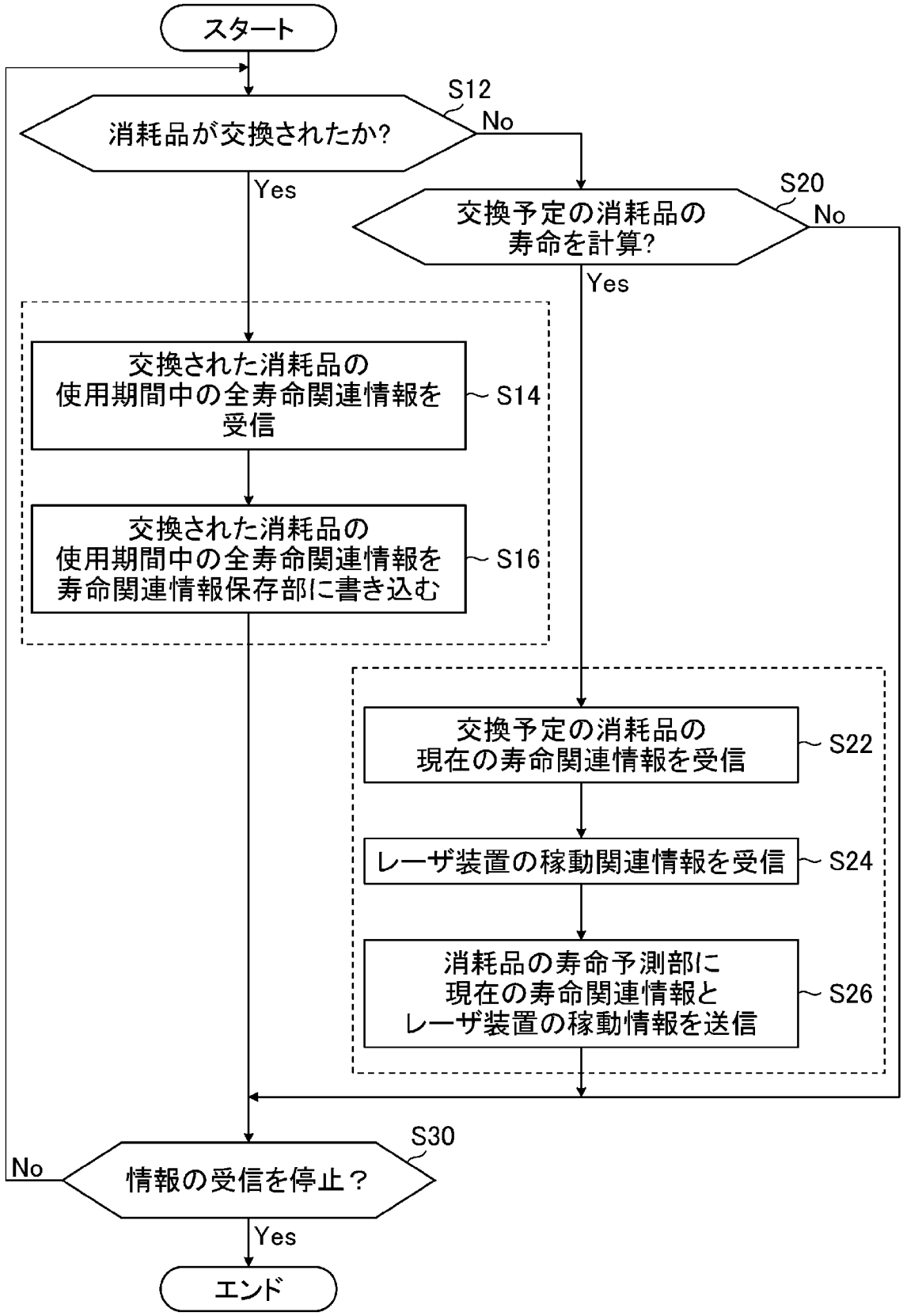
[図4]


300
半導体
工場管理システム
208
310
消耗品管理サーバ
210
ネットワーク
206
213
レーザ装置用
管理システム
10
レーザ装置#1
レーザ装置#2
レーザ装置#k
レーザ装置#w
LAN

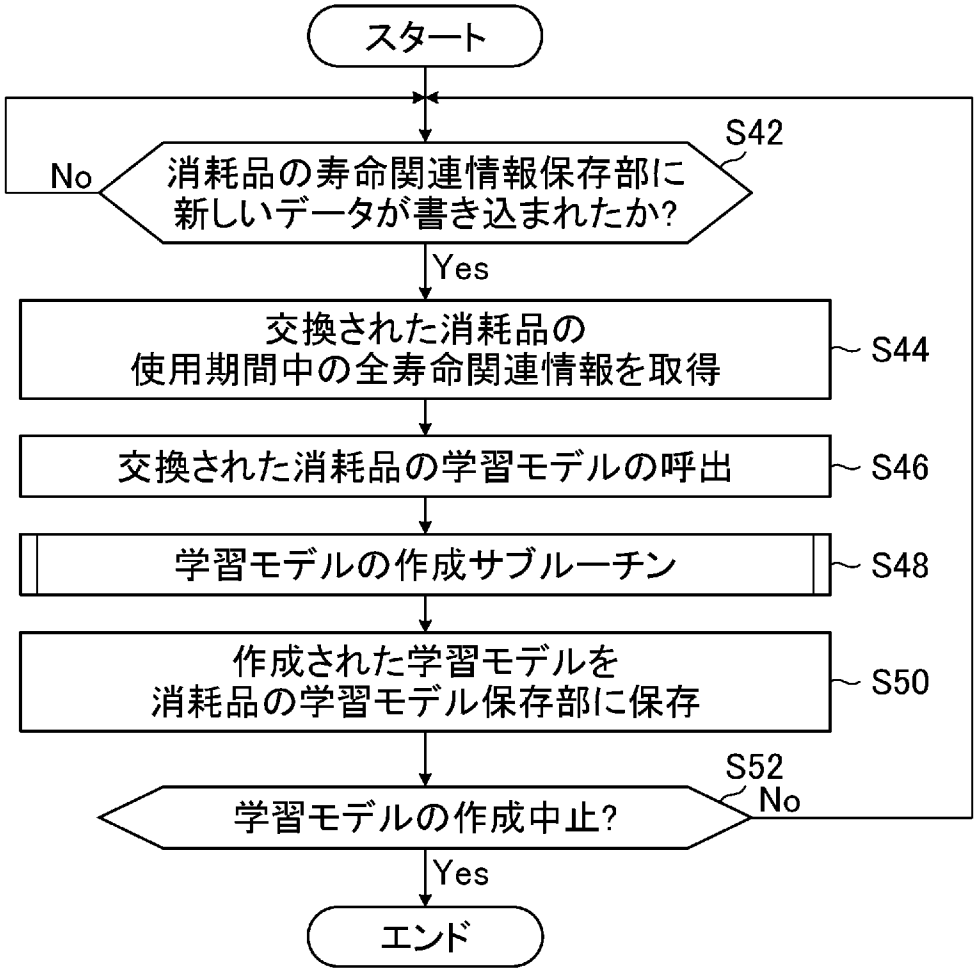
[図5]


ネットワーク
310
データ取得部
320
330
332
334
336
ファイルA
レーザチャンバの
寿命関連ログデータ
ファイルB
モニタモジュールの
寿命関連ログデータ
ファイルC
狭帯域化モジュールの
寿命関連ログデータ
機械学習による
学習モデル作成部
340
350
352
354
356
ファイルAm
レーザチャンバの
寿命の学習モデル
ファイルBm
モニタモジュールの
寿命の学習モデル
ファイルCm
狭帯域化モジュールの
寿命の学習モデル
消耗品の寿命予測部
360
データ出力部
370
ネットワーク

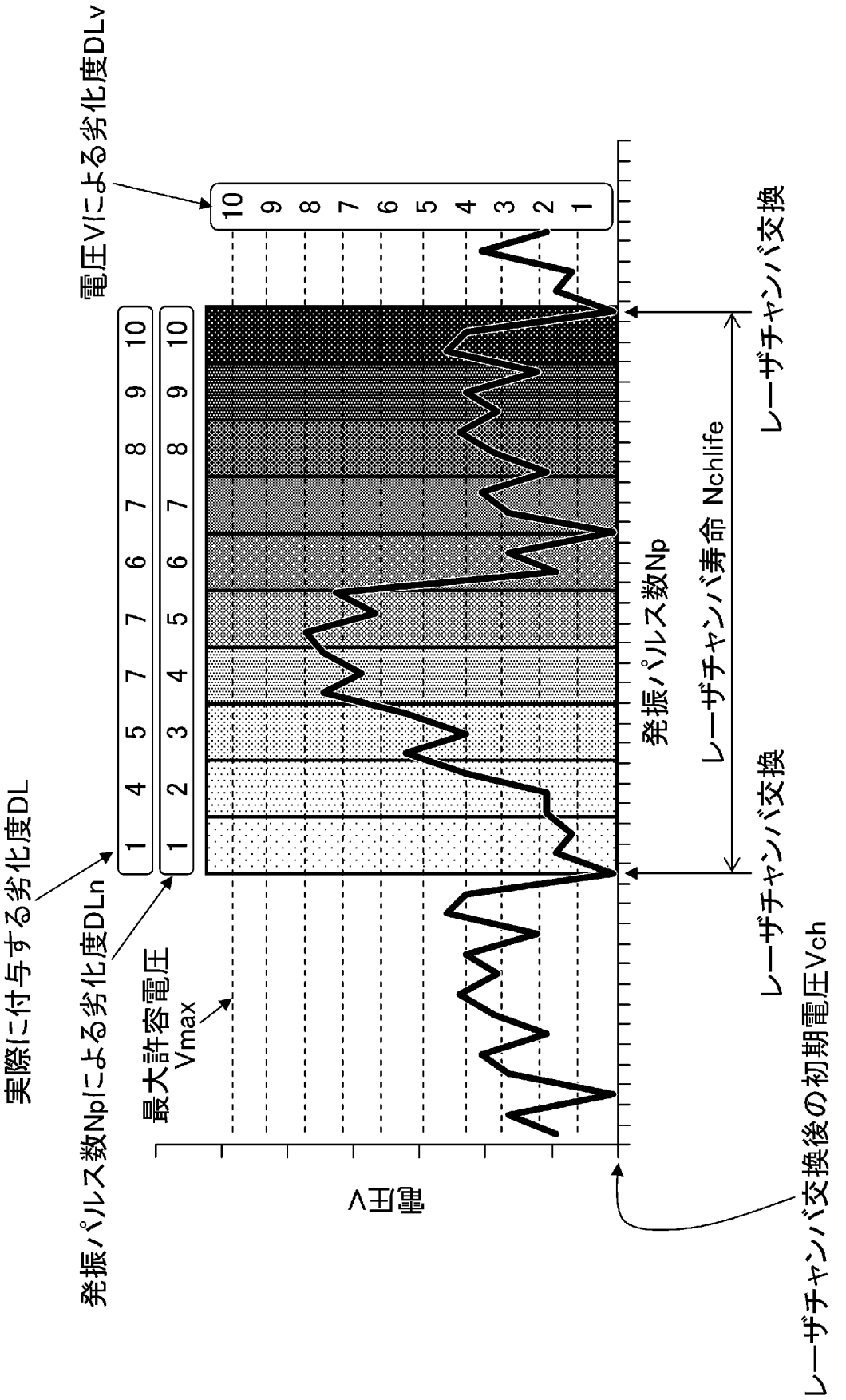
[図6]


スタート
S12
消耗品が交換されたか?
No
Yes
S20
交換予定の消耗品の
寿命を計算?
No
Yes
交換された消耗品の
使用期間中の全寿命関連情報を
受信
S14
交換された消耗品の
使用期間中の全寿命関連情報を
寿命関連情報保存部に書き込む
S16
交換予定の消耗品の
現在の寿命関連情報を受信
S22
レーザ装置の稼動関連情報を受信
S24
消耗品の寿命予測部に
現在の寿命関連情報と
レーザ装置の稼動情報を送信
S26
S30
No
情報の受信を停止?
Yes
エンド

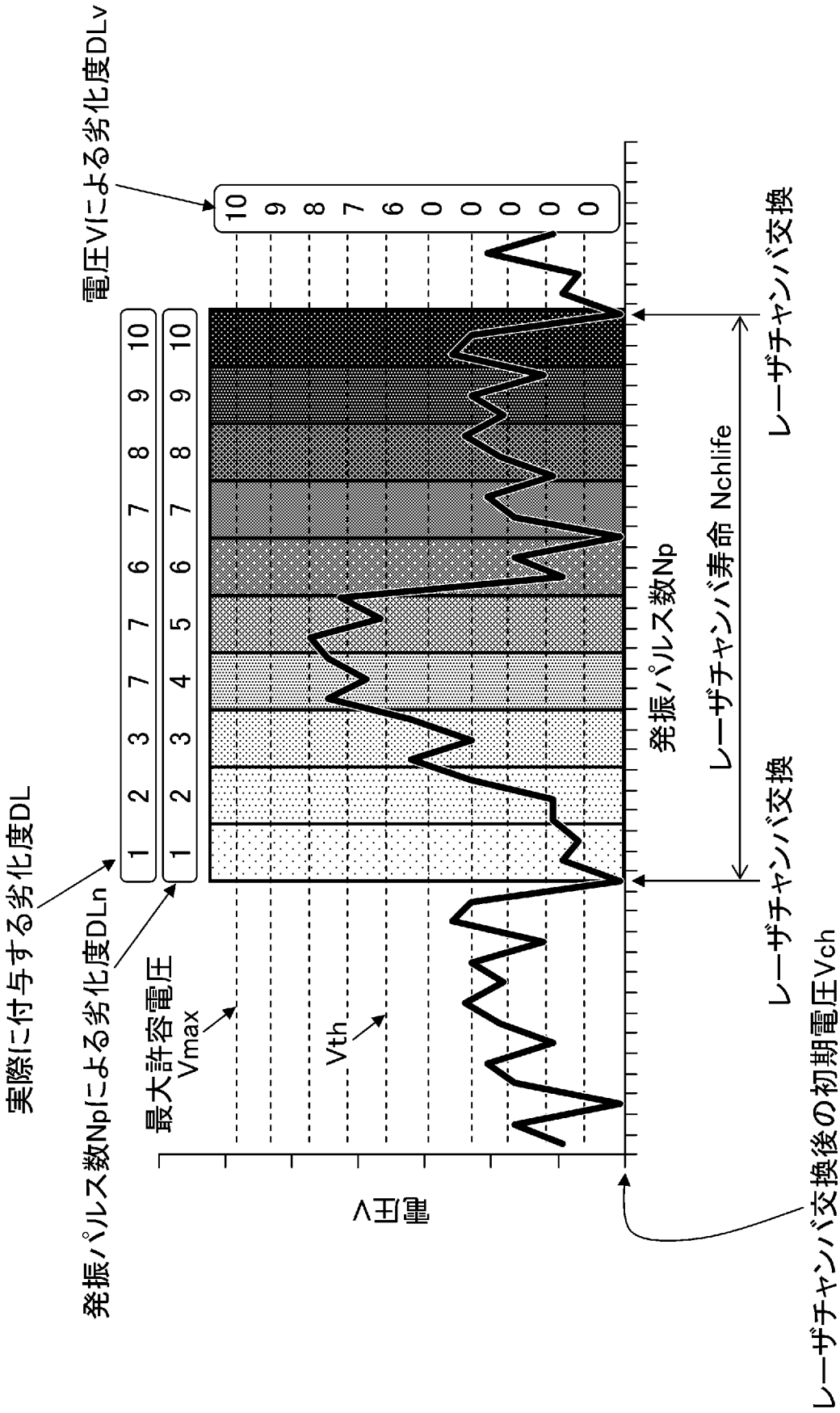
[図7]


スタート
S42
No
消耗品の寿命関連情報保存部に
新しいデータが書き込まれたか?
Yes
交換された消耗品の
使用期間中の全寿命関連情報を取得
S44
交換された消耗品の学習モデルの呼出
S46
学習モデルの作成サブルーチン
S48
作成された学習モデルを
消耗品の学習モデル保存部に保存
S50
S52
No
学習モデルの作成中止?
Yes
エンド

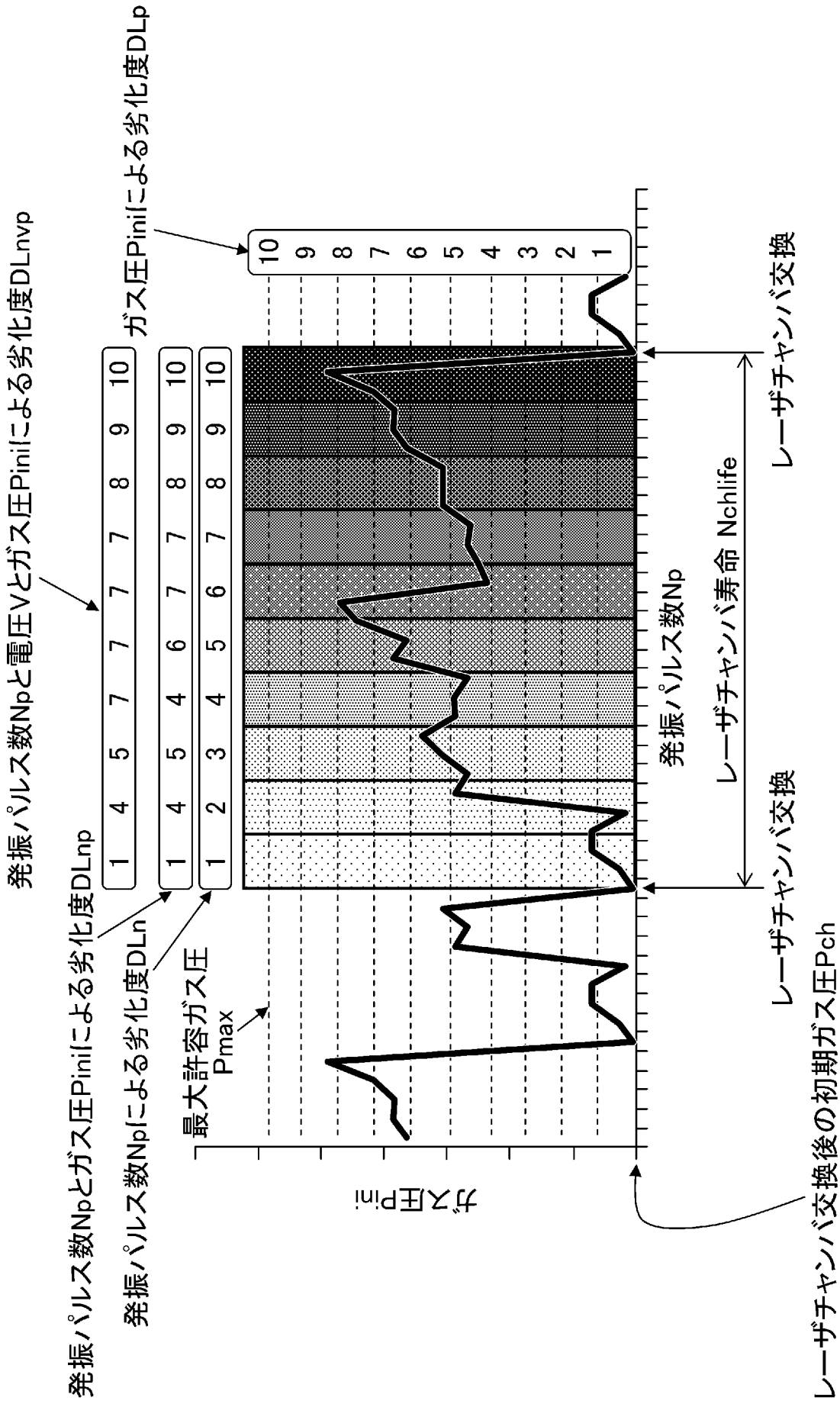
[図8]


電圧Vによる劣化度DLv
実際に付与する劣化度DL
発振パルス数Npによる劣化度DLn
最大許容電圧
Vmax
電圧V
発振パルス数Np
レーザチャンバ寿命 Nchlife
レーザチャンバ交換
レーザチャンバ交換
レーザチャンバ交換後の初期電圧Vch

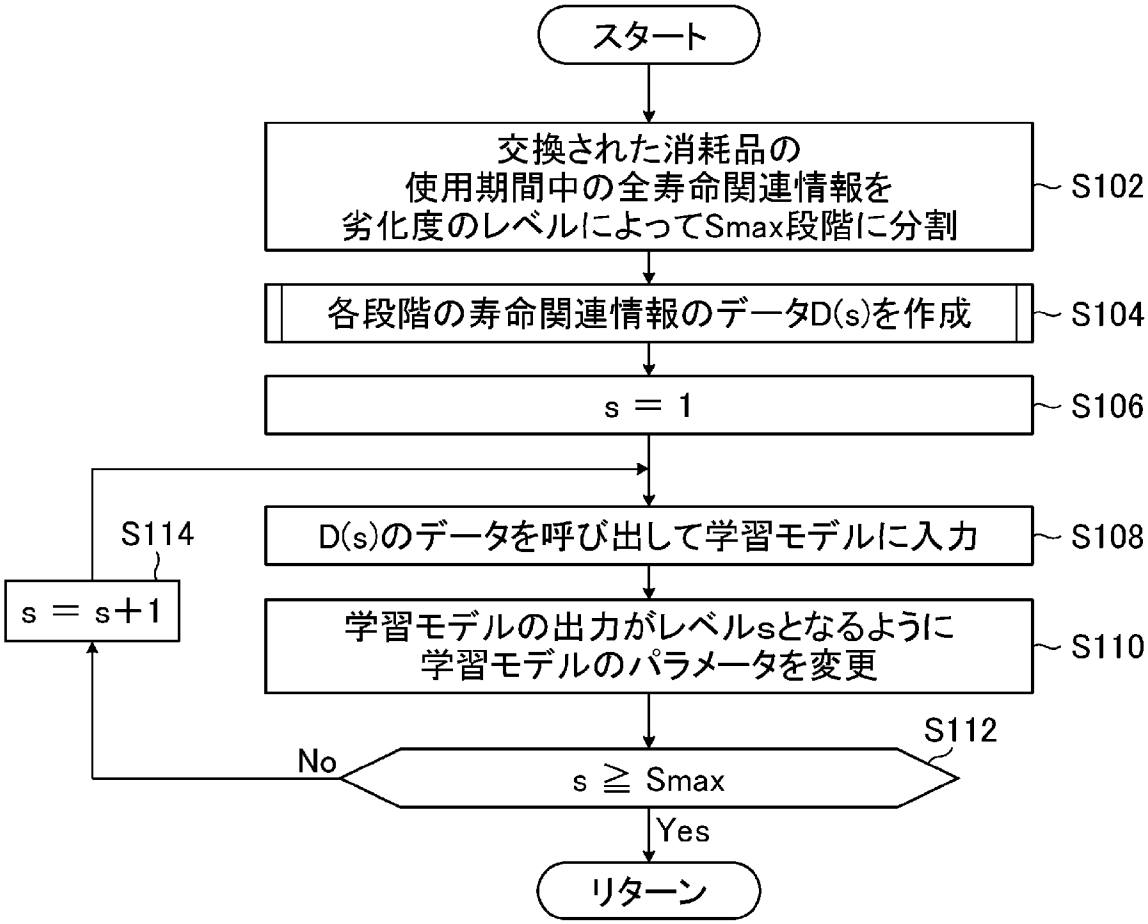
[図9]


電圧Vによる劣化度DLv
実際に付与する劣化度DL
発振パルス数Npによる劣化度DLn
最大許容電圧
Vmax
Vth
電圧V
発振パルス数Np
レーザチャンバ寿命 Nchlife
レーザチャンバ交換
レーザチャンバ交換
レーザチャンバ交換後の初期電圧Vch
1 2 3 7 7 7 6 7 8 9 10
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
10 9 8 7 6 0 0 0 0 0

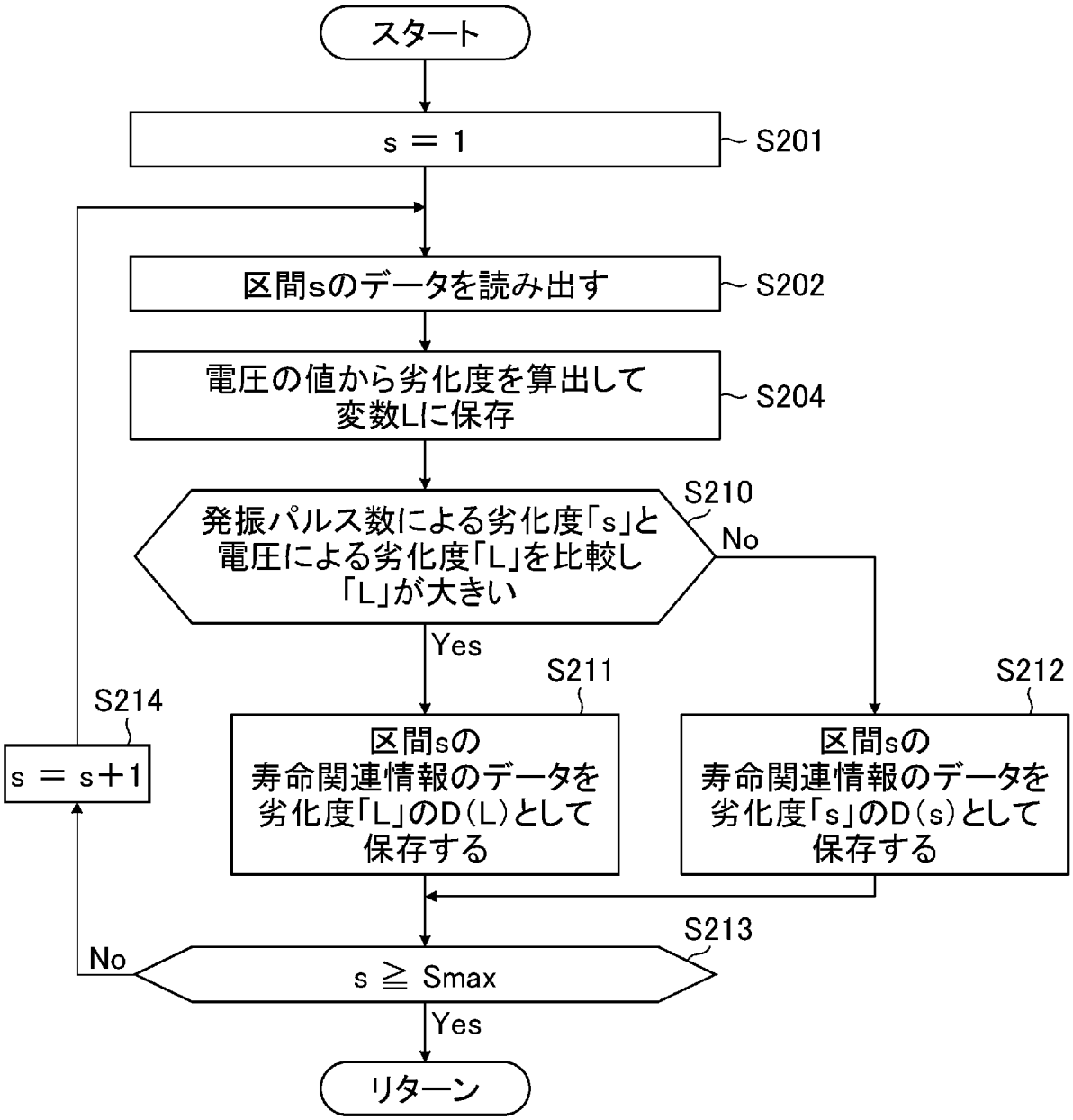
[図10]


発振パルス数Npと電圧Vとガス圧Piniによる劣化度DLnvp
発振パルス数Npとガス圧Piniによる劣化度DLnp
発振パルス数Npによる劣化度DLn
ガス圧Piniによる劣化度DLp
最大許容ガス圧
Pmax
ガス圧Pini
発振パルス数Np
レーザチャンバ寿命 Nchlife
レーザチャンバ交換
レーザチャンバ交換
レーザチャンバ交換
レーザチャンバ交換後の初期ガス圧Pch

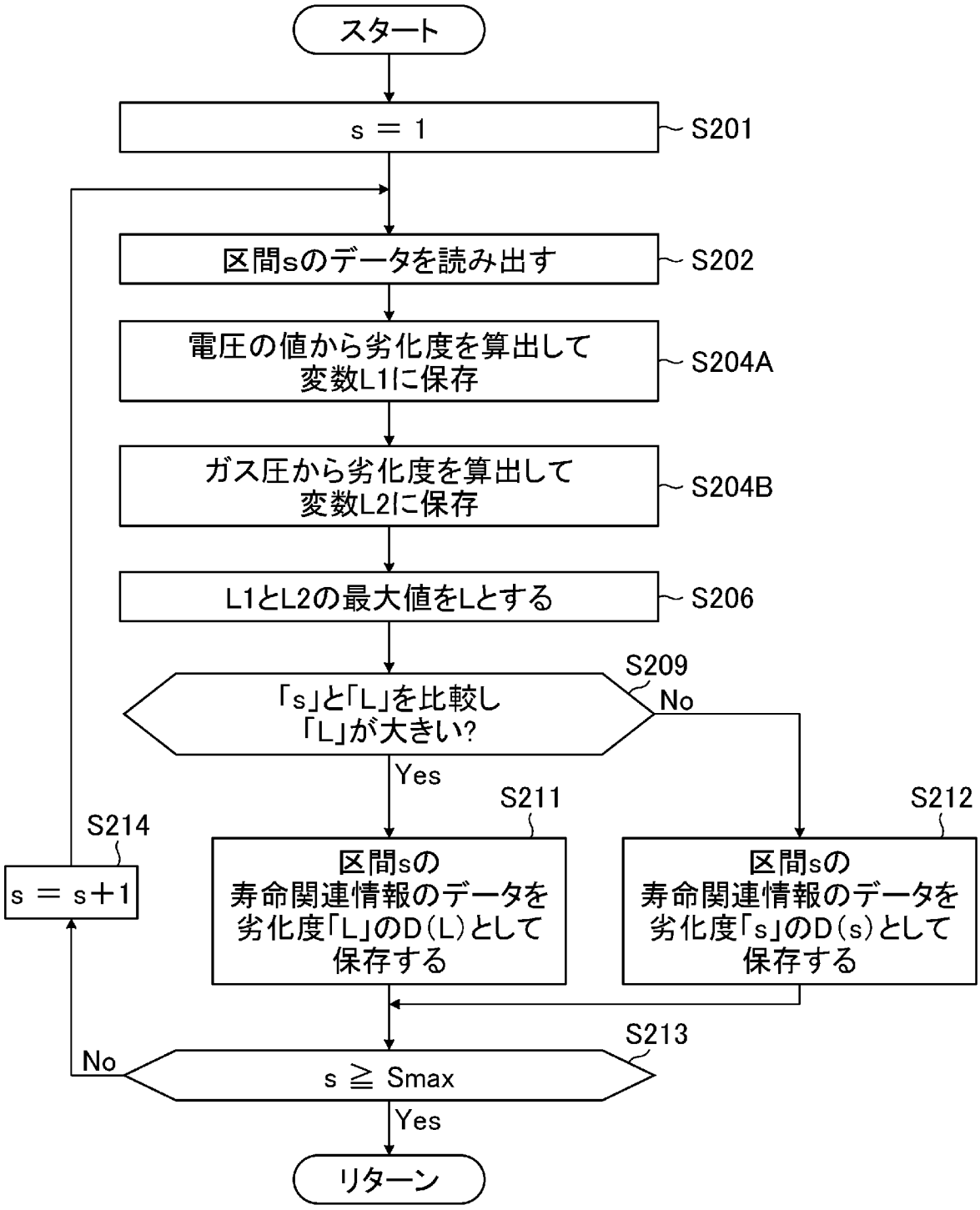
[図11]


スタート
交換された消耗品の
使用期間中の全寿命関連情報を
劣化度のレベルによってSmax段階に分割
S102
各段階の寿命関連情報のデータD(s)を作成
S104
s ＝ 1
S106
D(s)のデータを呼び出して学習モデルに入力
S108
学習モデルの出力がレベルsとなるように
学習モデルのパラメータを変更
S110
S112
s ≧ Smax
No
Yes
S114
s ＝ s＋1
リターン

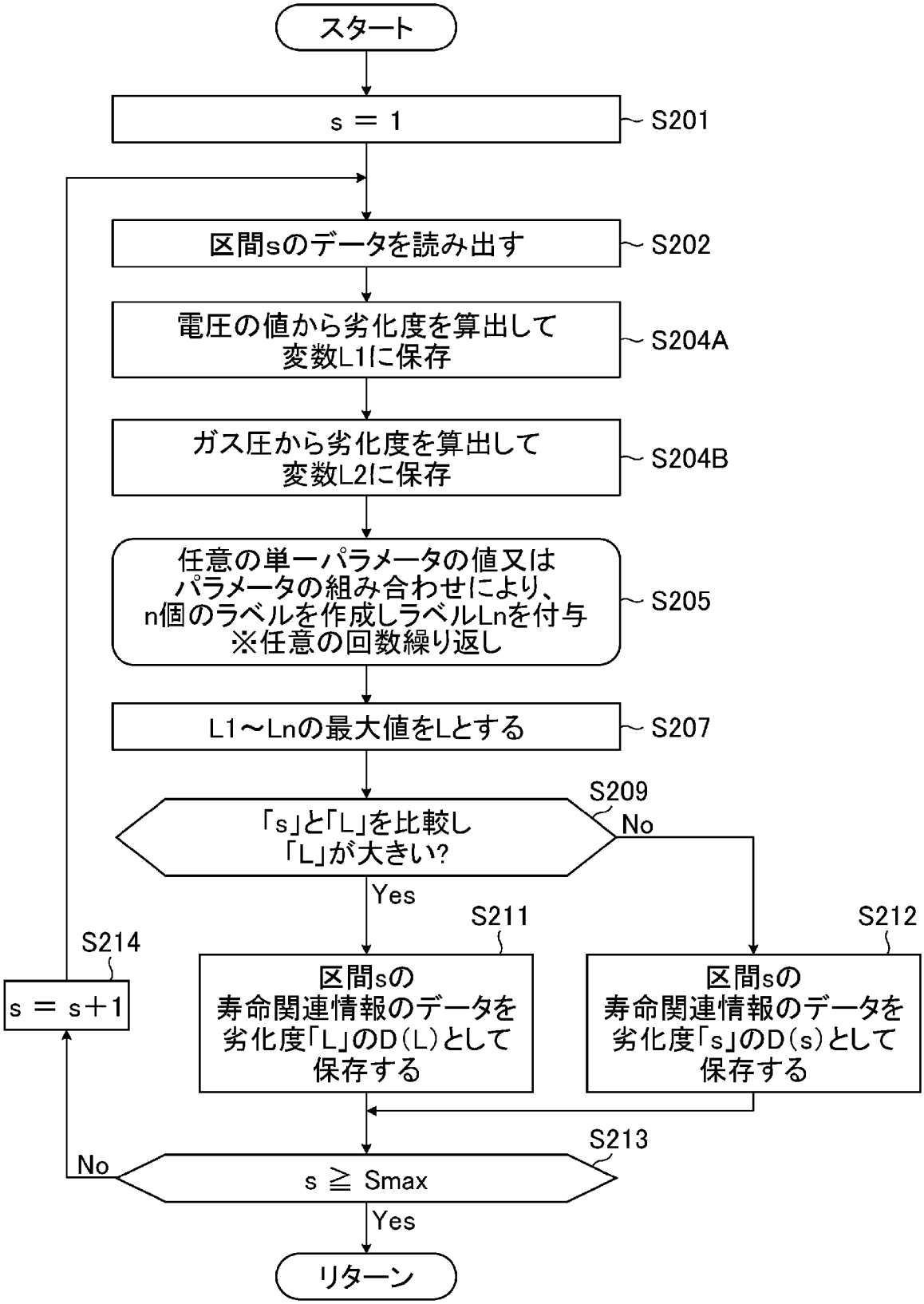
[図12]


スタート
s ＝ 1
S201
区間sのデータを読み出す
S202
電圧の値から劣化度を算出して
変数Lに保存
S204
S210
発振パルス数による劣化度「s」と
電圧による劣化度「L」を比較し
「L」が大きい
No
Yes
S211
区間sの
寿命関連情報のデータを
劣化度「L」のD(L)として
保存する
S212
区間sの
寿命関連情報のデータを
劣化度「s」のD(s)として
保存する
S214
s ＝ s＋1
S213
No
s ≧ Smax
Yes
リターン

[図13]


スタート
s ＝ 1
S201
区間sのデータを読み出す
S202
電圧の値から劣化度を算出して
変数L1に保存
S204A
ガス圧から劣化度を算出して
変数L2に保存
S204B
L1とL2の最大値をLとする
S206
S209
「s」と「L」を比較し
「L」が大きい?
No
Yes
S211
区間sの
寿命関連情報のデータを
劣化度「L」のD(L)として
保存する
S212
区間sの
寿命関連情報のデータを
劣化度「s」のD(s)として
保存する
S214
s ＝ s＋1
S213
No
s ≧ Smax
Yes
リターン

[図14]


スタート
s ＝ 1
S201
区間sのデータを読み出す
S202
電圧の値から劣化度を算出して
変数L1に保存
S204A
ガス圧から劣化度を算出して
変数L2に保存
S204B
任意の単一パラメータの値又は
パラメータの組み合わせにより、
n個のラベルを作成しラベルLnを付与
※任意の回数繰り返し
S205
L1～Lnの最大値をLとする
S207
S209
「s」と「L」を比較し
「L」が大きい?
No
Yes
S211
区間sの
寿命関連情報のデータを
劣化度「L」のD(L)として
保存する
S212
区間sの
寿命関連情報のデータを
劣化度「s」のD(s)として
保存する
S214
s ＝ s＋1
S213
No
s ≧ Smax
Yes
リターン

[図15]

電圧↑										
10	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
9	8	8	9	9	10	10	10	10	10	10
8	7	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	6	6	6	7	8	8	9	10	10	10
6	5	5	6	7	7	8	8	9	10	10
5	4	4	5	5	5	7	8	9	10	10
4	3	3	4	4	5	6	7	8	9	10
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1	1	2	3	4	5	6	7	9	10
1	1	1	1	2	3	4	5	7	8	9
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

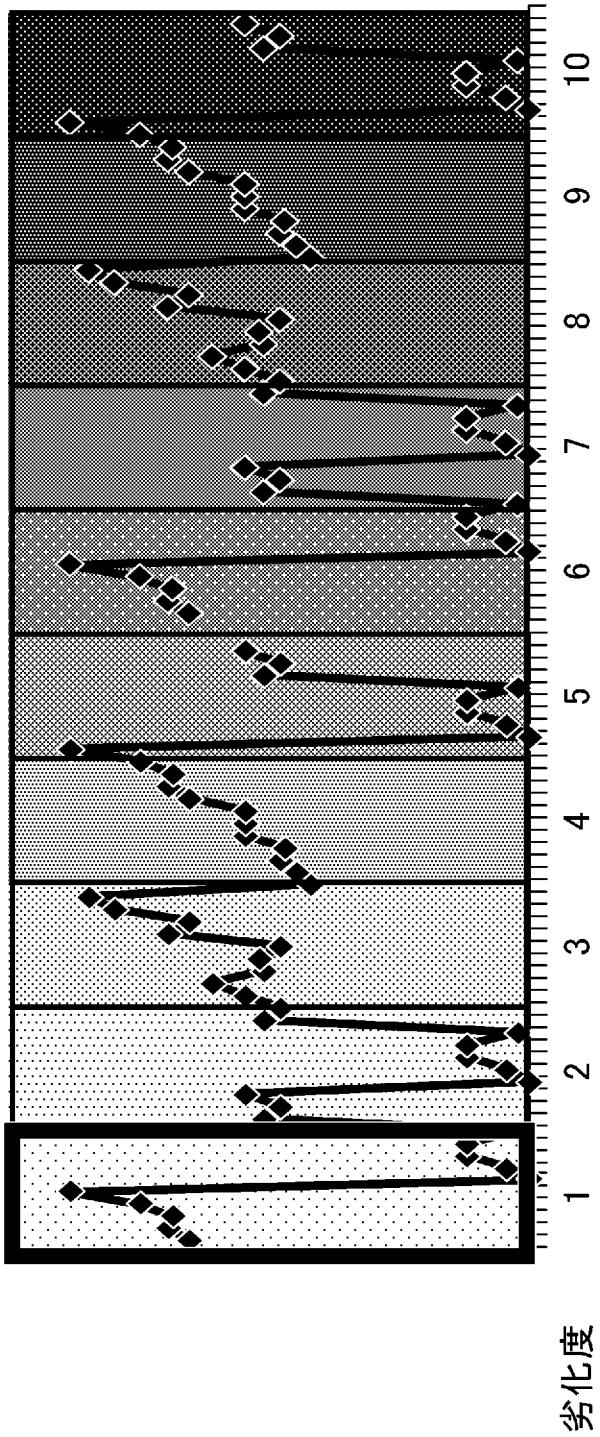
→発振パルス数
or ガス圧

[図16]

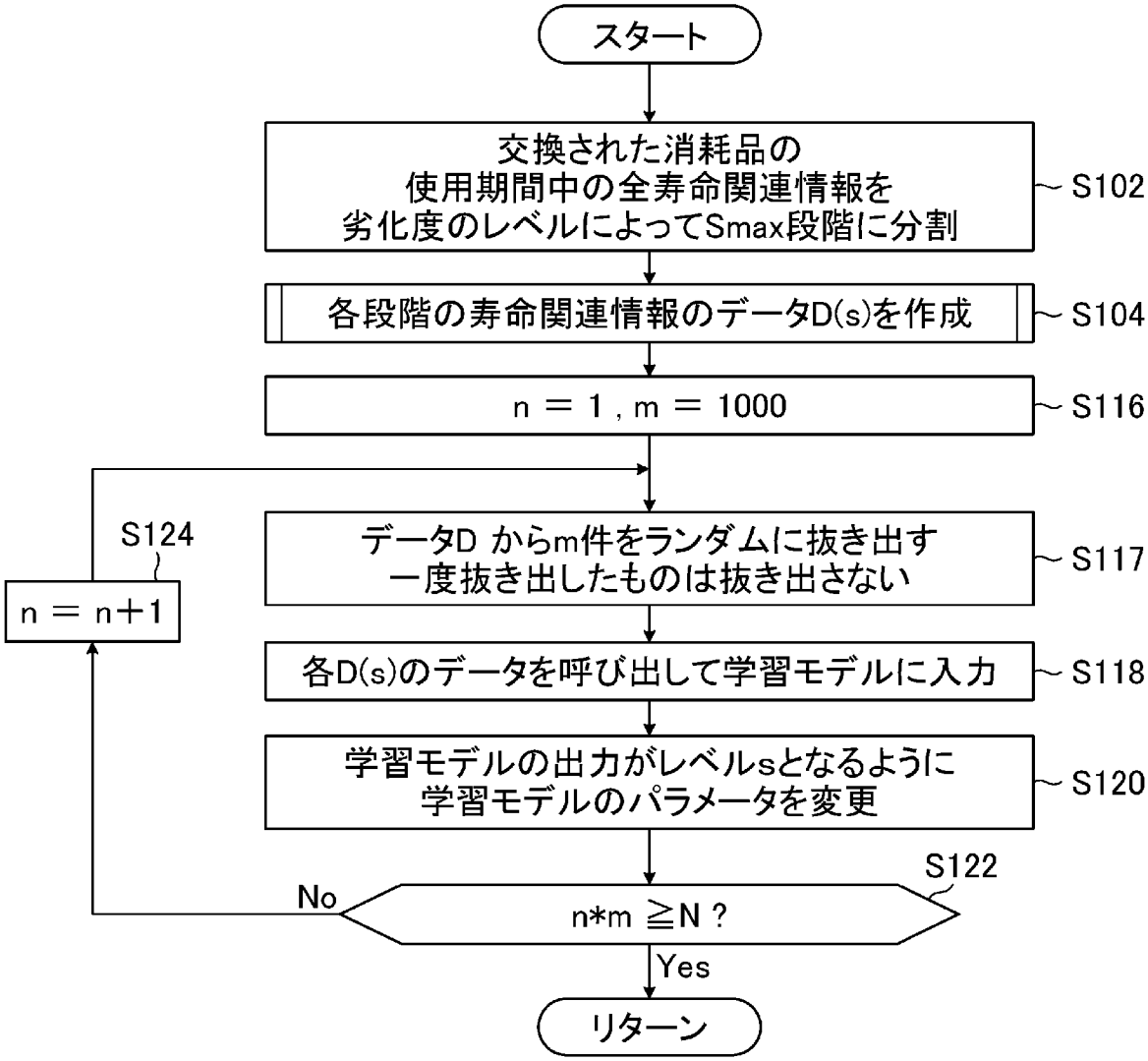
電圧↑										
10	6	6	9	10	10	10	10	10	10	10
9	5	5	8	8	9	9	10	10	10	10
8	4	4	7	7	8	8	9	10	10	10
7	3	3	6	7	8	8	9	10	10	10
6	2	2	5	7	7	8	9	10	10	10
5	1	2	5	6	7	8	9	10	10	10
4	1	2	5	6	7	8	9	10	10	10
3	1	1	5	6	7	8	9	10	10	10
2	1	1	5	6	7	8	9	10	10	10
1	1	1	5	6	7	8	9	10	10	10
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

→発振パルス数
or ガス圧

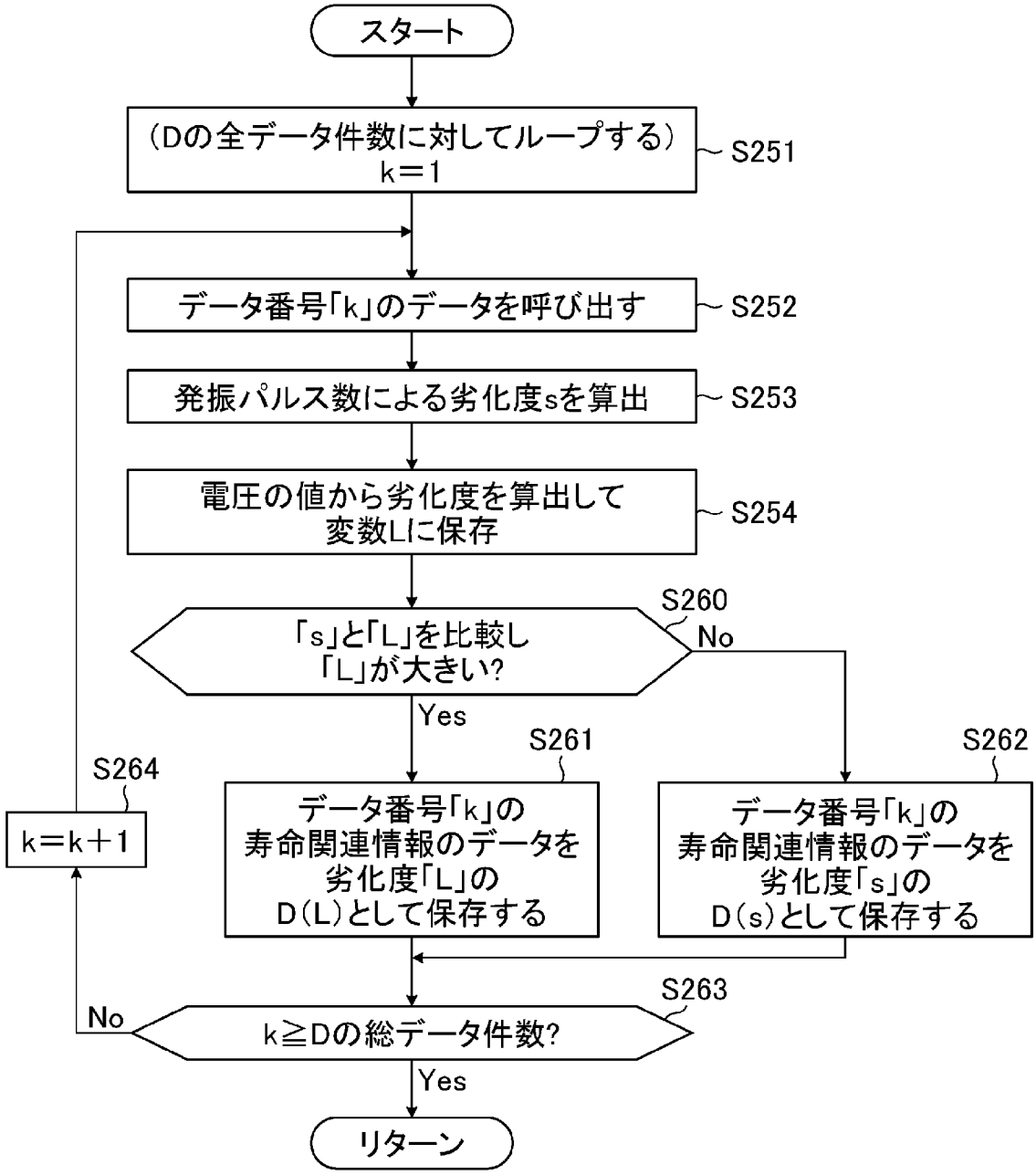
[図17]



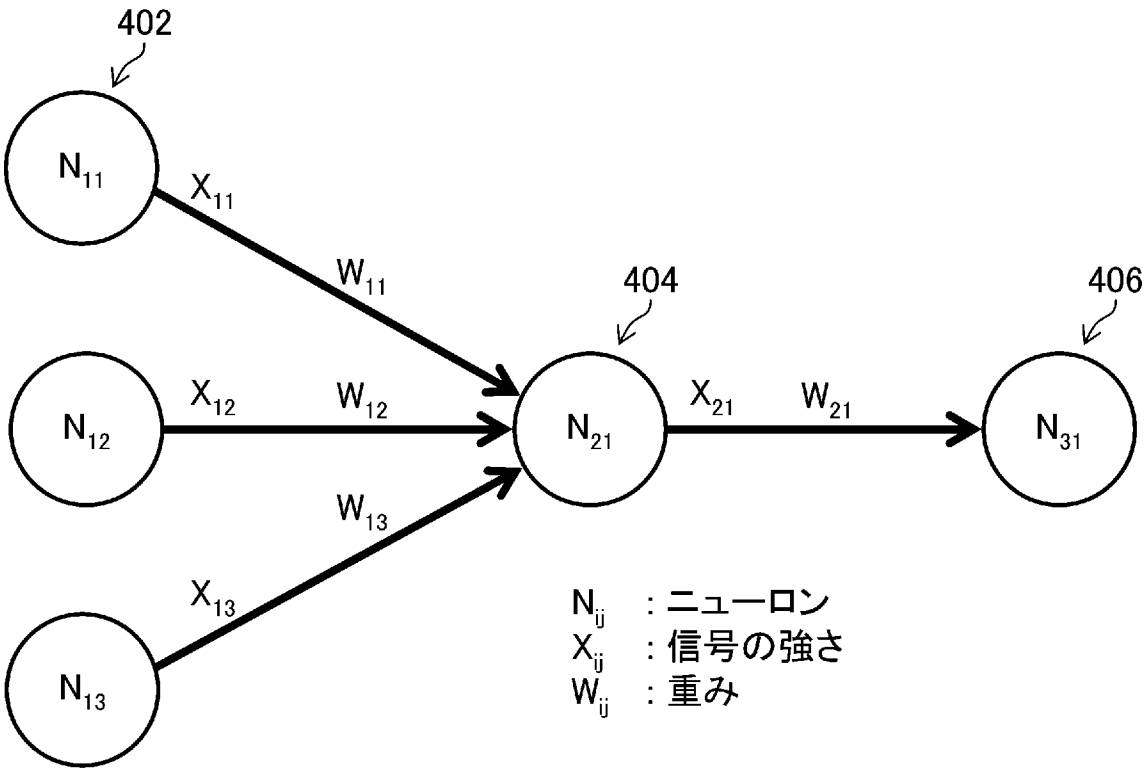
[図18]


スタート
交換された消耗品の
使用期間中の全寿命関連情報を
劣化度のレベルによってSmax段階に分割
S102
各段階の寿命関連情報のデータD(s)を作成
S104
n ＝ 1 , m ＝ 1000
S116
データD からm件をランダムに抜き出す
一度抜き出したものは抜き出さない
S117
各D(s)のデータを呼び出して学習モデルに入力
S118
学習モデルの出力がレベルsとなるように
学習モデルのパラメータを変更
S120
S122
n*m ≧N ?
No
Yes
S124
n ＝ n＋1
リターン

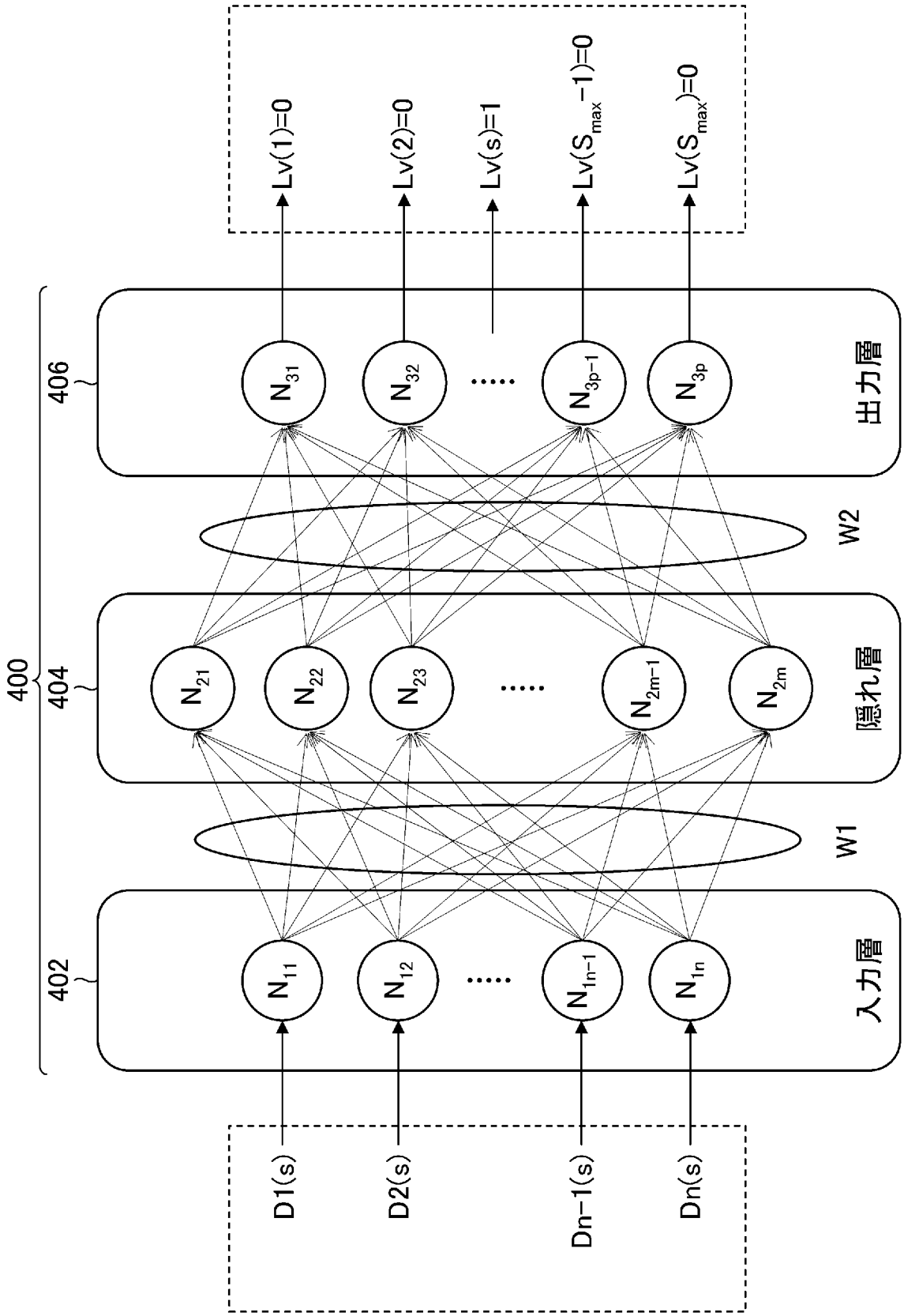
[図19]


スタート
（Dの全データ件数に対してループする）
k＝1
S251
データ番号「k」のデータを呼び出す
S252
発振パルス数による劣化度sを算出
S253
電圧の値から劣化度を算出して
変数Lに保存
S254
S260
「s」と「L」を比較し
「L」が大きい?
No
Yes
S261
データ番号「k」の
寿命関連情報のデータを
劣化度「L」の
D(L)として保存する
S262
データ番号「k」の
寿命関連情報のデータを
劣化度「s」の
D(s)として保存する
S263
k≧Dの総データ件数?
No
Yes
S264
k＝k＋1
リターン

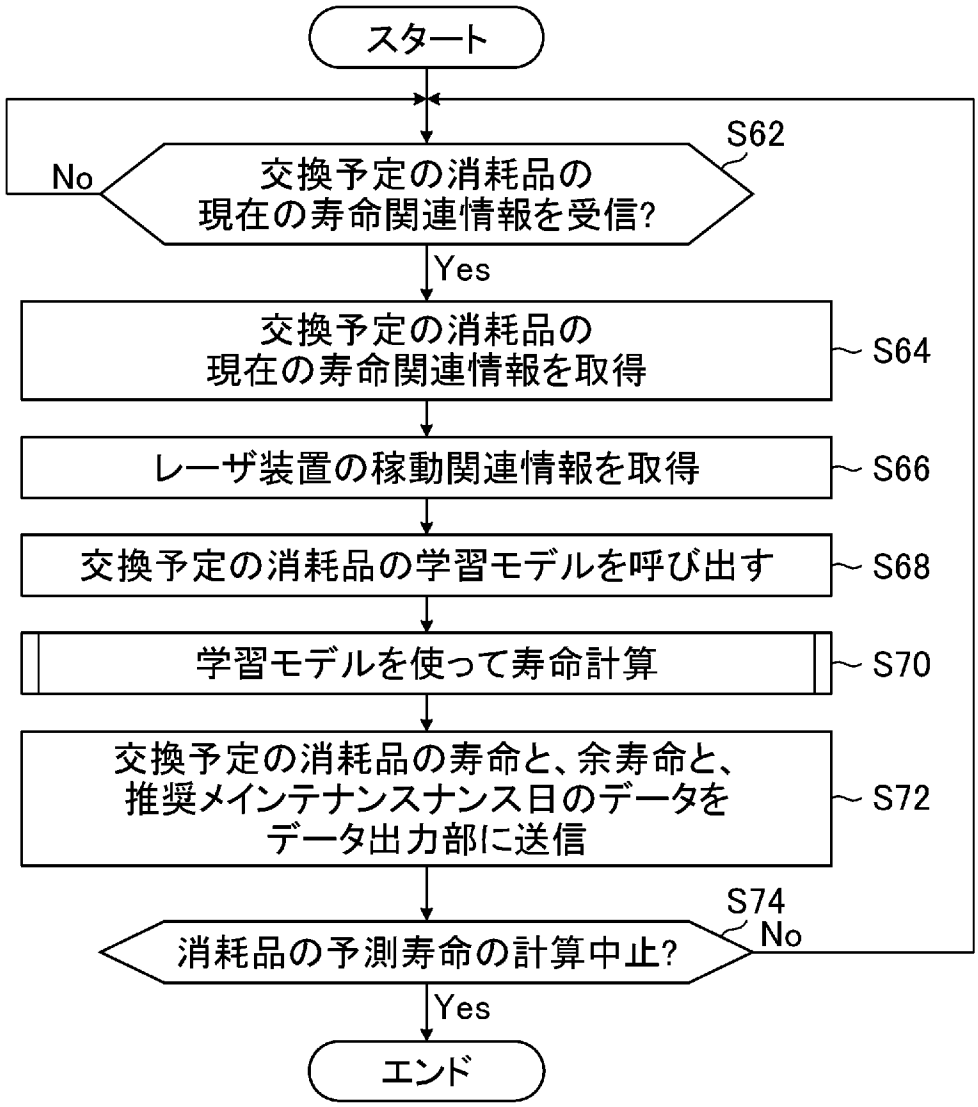
[図20]


402
404
406
N_{11}
N_{12}
N_{13}
N_{21}
N_{31}
X_{11}
X_{12}
X_{13}
W_{11}
W_{12}
W_{13}
X_{21}
W_{21}
N_{ij} ：ニューロン
X_{ij} ：信号の強さ
W_{ij} ：重み

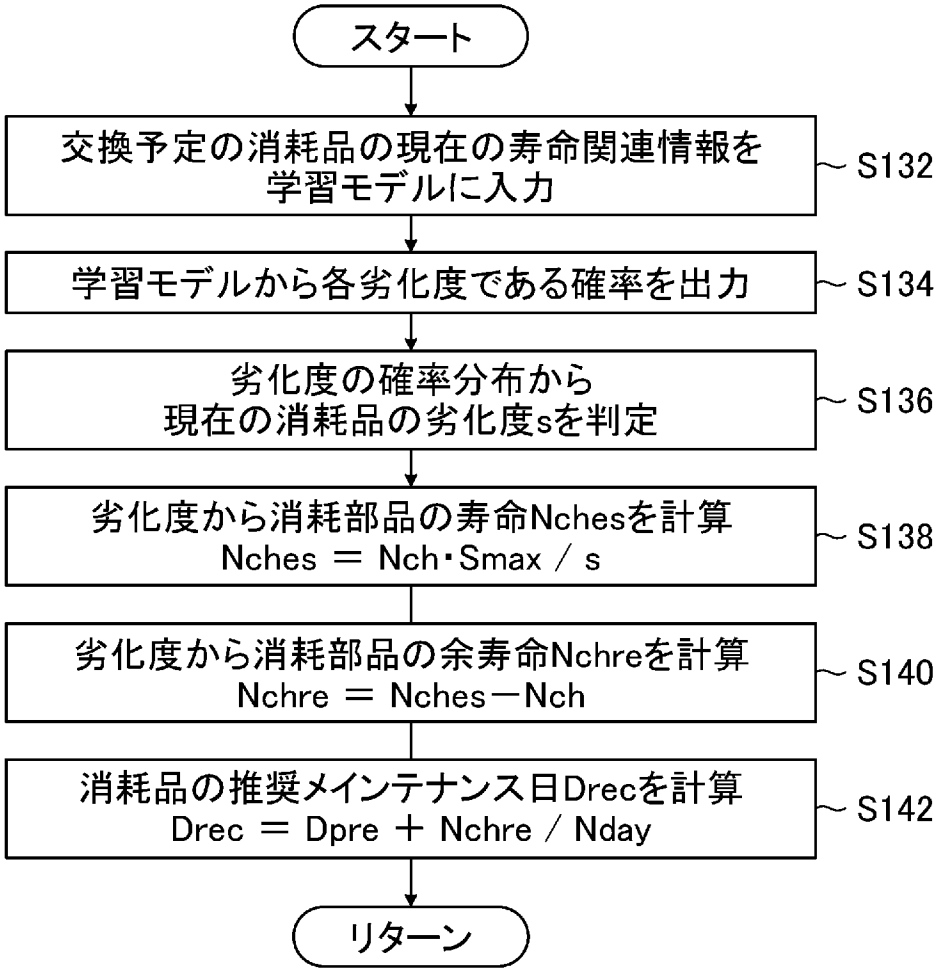
[図21]


400
402
404
406
入力層
隠れ層
出力層
W1
W2
D1(s)
D2(s)
Dn−1(s)
Dn(s)
Lv(1)=0
Lv(2)=0
Lv(s)=1
Lv(Smax−1)=0
Lv(Smax)=0

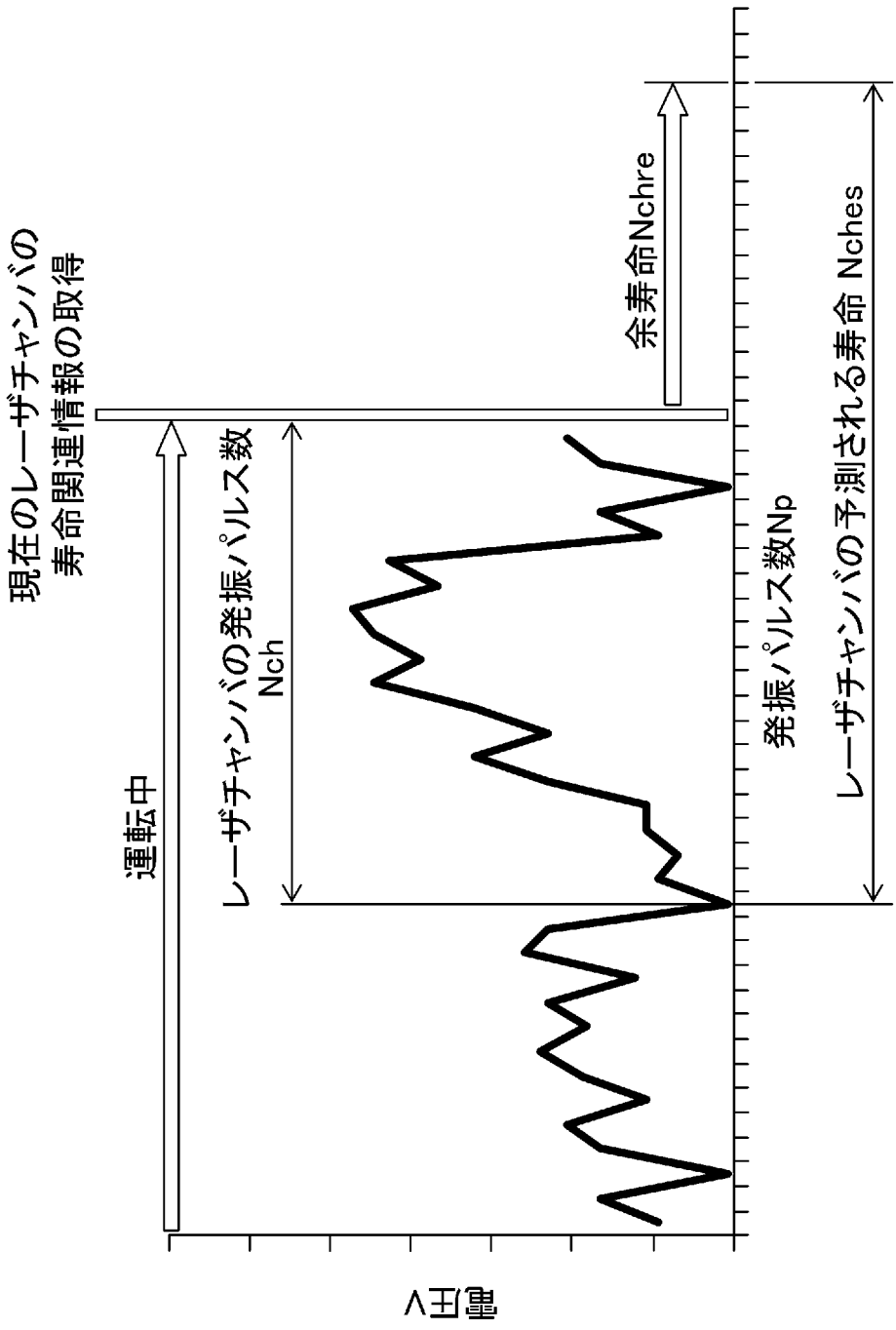
[図22]


スタート
S62
No
交換予定の消耗品の
現在の寿命関連情報を受信?
Yes
交換予定の消耗品の
現在の寿命関連情報を取得
S64
レーザ装置の稼動関連情報を取得
S66
交換予定の消耗品の学習モデルを呼び出す
S68
学習モデルを使って寿命計算
S70
交換予定の消耗品の寿命と、余寿命と、
推奨メインテナンスナンス日のデータを
データ出力部に送信
S72
S74
No
消耗品の予測寿命の計算中止?
Yes
エンド

[図23]


スタート
交換予定の消耗品の現在の寿命関連情報を
学習モデルに入力
S132
学習モデルから各劣化度である確率を出力
S134
劣化度の確率分布から
現在の消耗品の劣化度sを判定
S136
劣化度から消耗部品の寿命Ncheを計算
Nches ＝ Nch・Smax ／ s
S138
劣化度から消耗部品の余寿命Nchreを計算
Nchre ＝ Nches－Nch
S140
消耗品の推奨メインテナンス日Drecを計算
Drec ＝ Dpre ＋ Nchre ／ Nday
S142
リターン

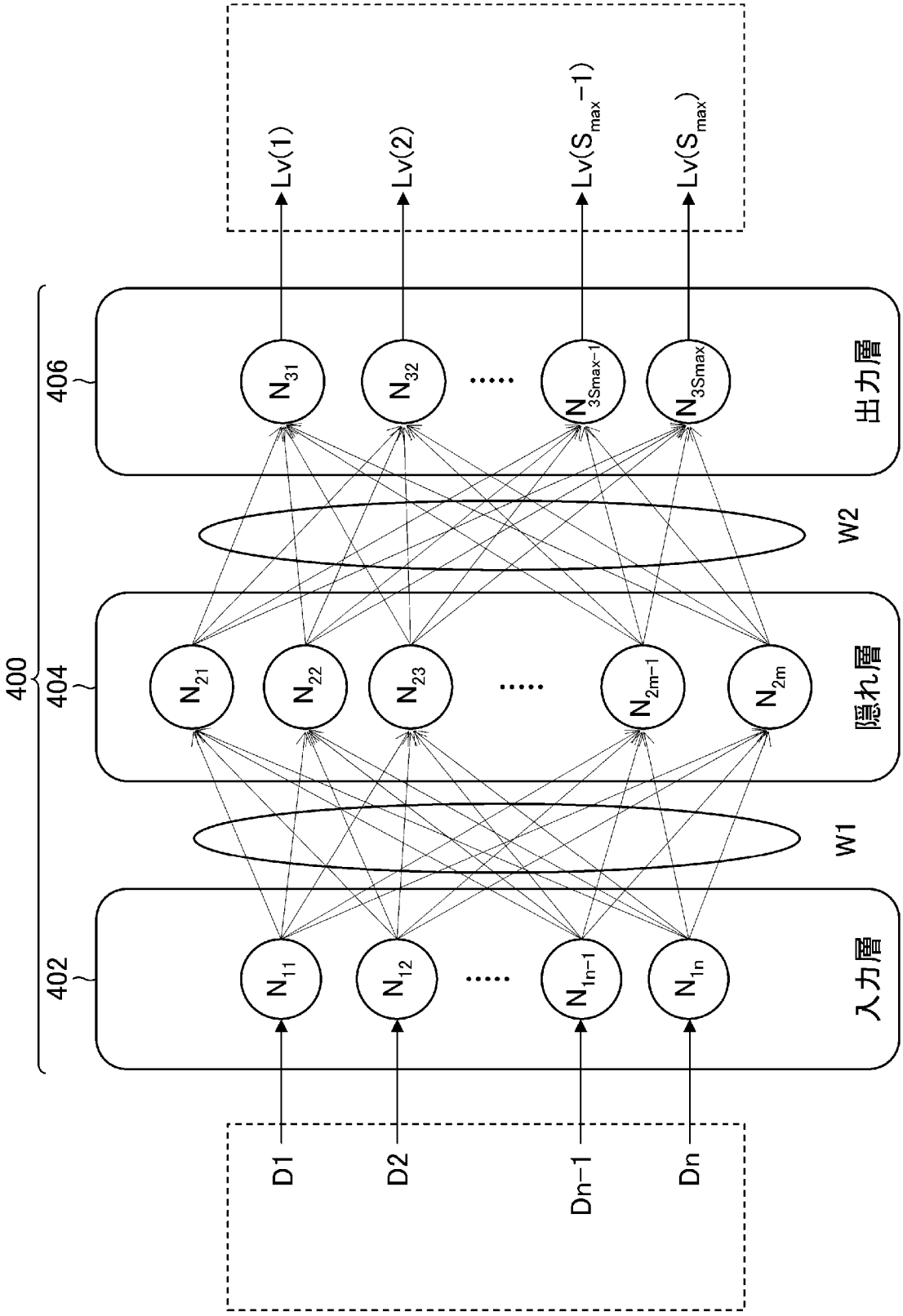
[図24]


電圧V
発振パルス数Np
運転中
現在のレーザチャンバの
寿命関連情報の取得
レーザチャンバの発振パルス数
Nch
余寿命Nchre
レーザチャンバの予測される寿命 Nches

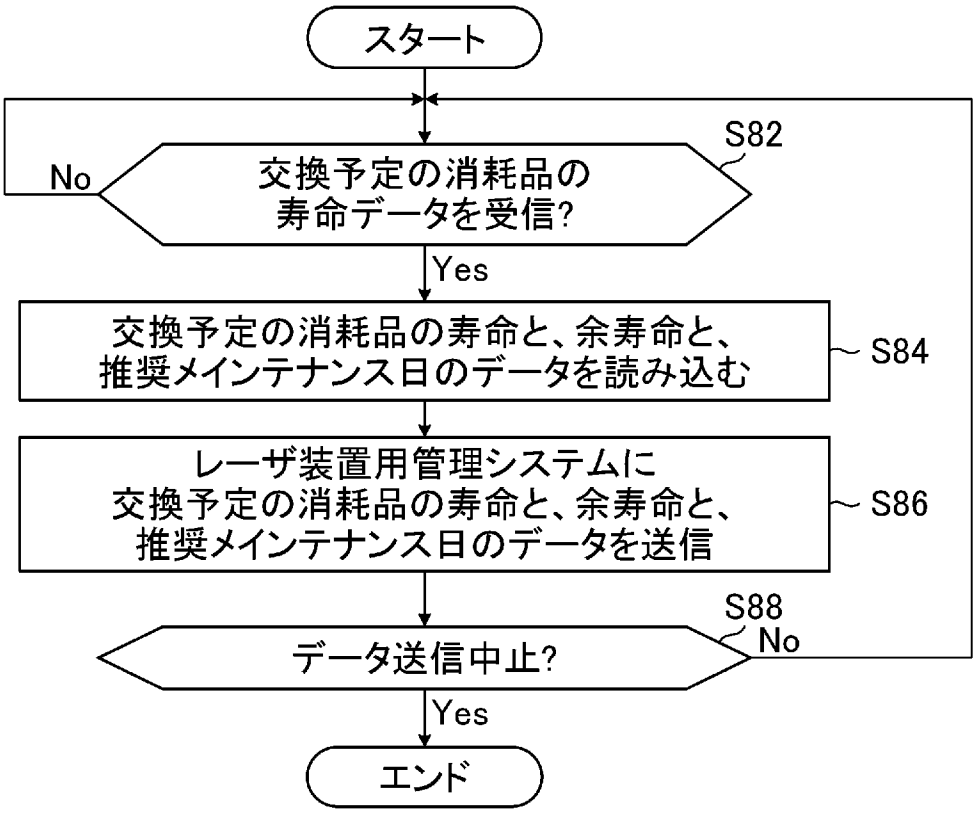
[図25]

劣化度	その劣化度である確率
Lv(1)	0.0%
Lv(2)	0.0%
Lv(3)	3.2%
Lv(4)	9.8%
Lv(5)	13.7%
Lv(6)	43.2%
Lv(7)	67.8%
Lv(8)	39.3%
Lv(9)	17.3%
Lv(10)	2.0%

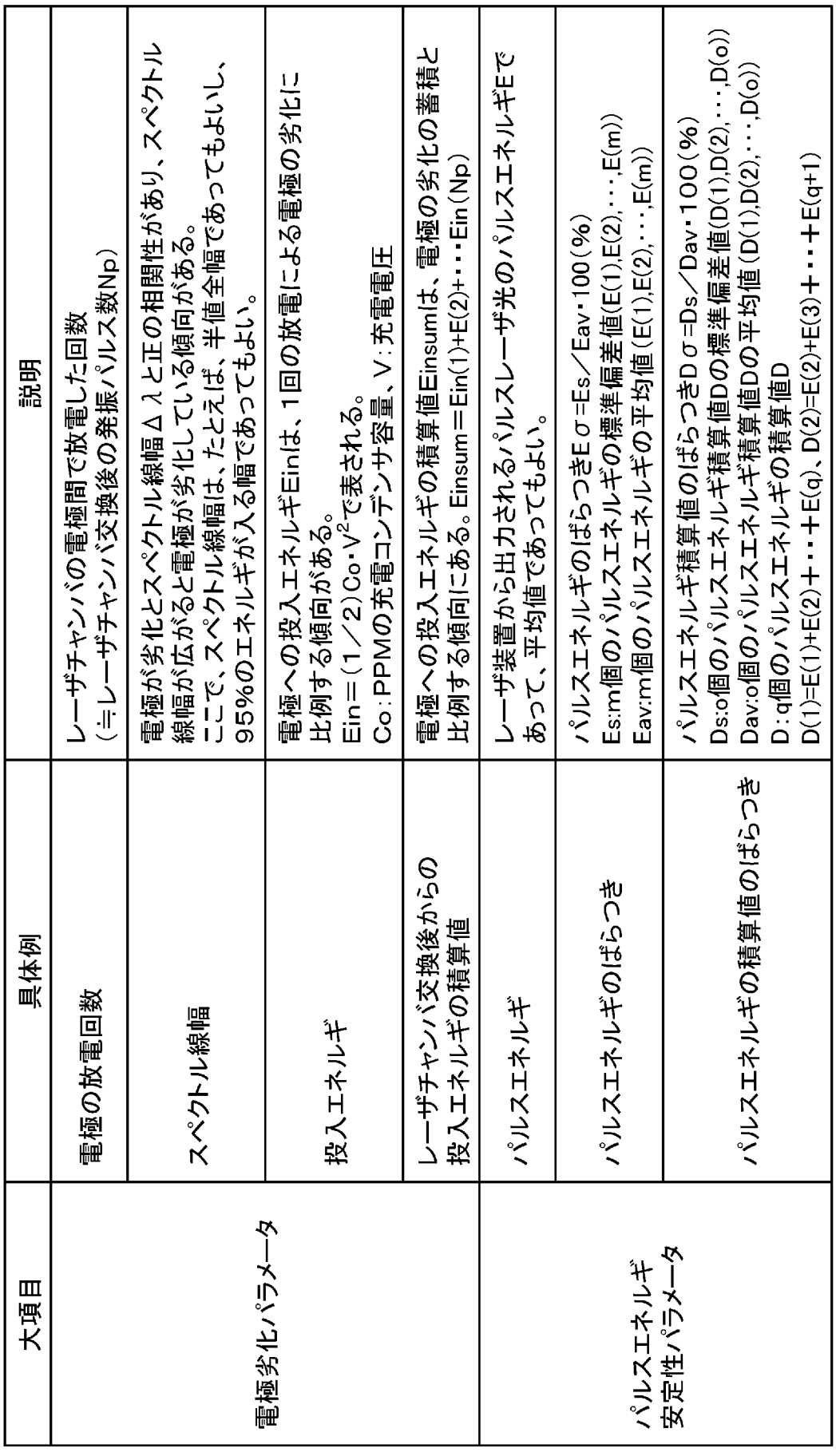
[図26]


400
402
入力層
404
隠れ層
406
出力層
W1
W2
D1
D2
Dn−1
Dn
N11
N12
N1n−1
N1n
N21
N22
N23
N2m−1
N2m
N31
N32
N3Smax−1
N3Smax
Lv(1)
Lv(2)
Lv(Smax−1)
Lv(Smax)

[図27]


スタート
S82
No
交換予定の消耗品の
寿命データを受信?
Yes
交換予定の消耗品の寿命と、余寿命と、
推奨メインテナンス日のデータを読み込む
S84
レーザ装置用管理システムに
交換予定の消耗品の寿命と、余寿命と、
推奨メインテナンス日のデータを送信
S86
S88
No
データ送信中止?
Yes
エンド

[図28]



大項目	具体例	説明
電極劣化パラメータ	電極の放電回数	レーザチャンバの電極間で放電した回数 （≒レーザチャンバ交換後の発振パルス数Np）
	スペクトル線幅	電極が劣化とスペクトル線幅Δλと正の相関性があり、スペクトル線幅が広がると電極が劣化している傾向がある。 ここで、スペクトル線幅は、たとえば、半値全幅であってもよいし、95%のエネルギが入る幅であってもよい。
	投入エネルギ	電極への投入エネルギEinは、1回の放電による電極の劣化に比例する傾向がある。 Ein＝（1／2）Co･V^{2}で表される。 Co：PPMの充電コンデンサ容量、V：充電電圧
	レーザチャンバ交換後からの投入エネルギの積算値	電極への投入エネルギの積算値Einsumは、電極の劣化の蓄積と比例する傾向にある。Einsum＝Ein(1)+E(2)+･･･Ein(Np)
パルスエネルギ安定性パラメータ	パルスエネルギ	レーザ装置から出力されるパルスレーザ光のパルスエネルギEで あって、平均値であってもよい。
	パルスエネルギのばらつき	パルスエネルギのばらつきEσ=Es／Eav･100(%) Es:m個のパルスエネルギの標準偏差値(E(1),E(2),･･･,E(m)) Eav:m個のパルスエネルギの平均値(E(1),E(2),･･･,E(m))
	パルスエネルギの積算値のばらつき	パルスエネルギ積算値のばらつきDσ=Ds／Dav･100(%) Ds:o個のパルスエネルギ積算値Dの標準偏差値(D(1),D(2),･･･,D(o)) Dav:o個のパルスエネルギ積算値Dの平均値(D(1),D(2),･･･,D(o)) D：q個のパルスエネルギの積算値D D(1)=E(1)+E(2)+･･･+E(q)、D(2)=E(2)+E(3)+･･･+E(q+1)

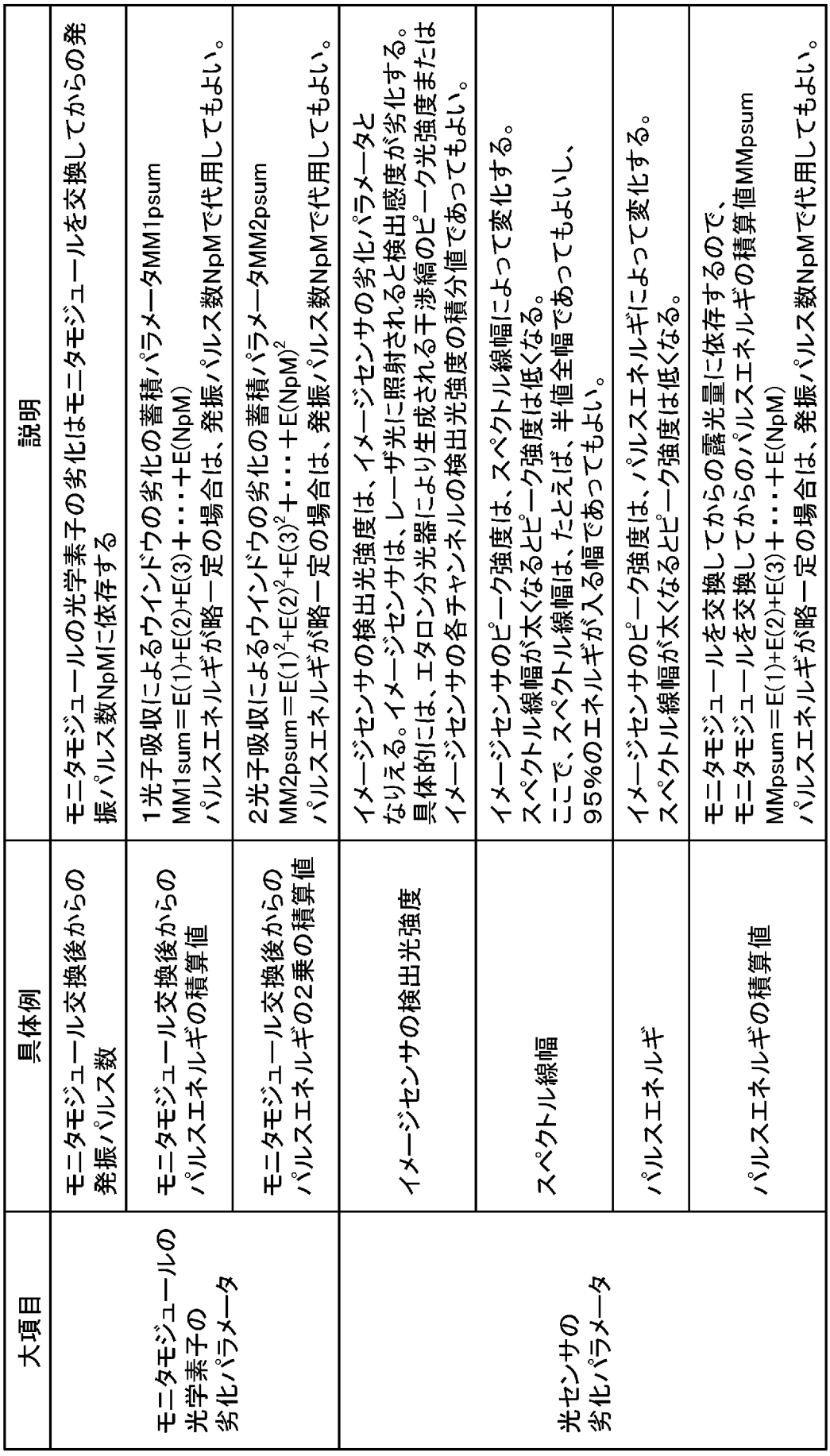
[図29]

大項目	具体例	説明
ガス制御パラメータ	レーザチャンバガス圧	レーザチャンバガス圧Pは、レーザ装置から出力されるパルスレーザ光のパルスエネルギに影響するパラメータであって、平均値であってもよい。
	充電電圧	充電電圧Vは、レーザ装置から出力されるパルスレーザ光のパルスエネルギに影響するパラメータであって、平均値であってもよい。
	レーザチャンバ交換後からのハロゲンガス注入量の積算値	ハロゲンガスの注入量の積算値は、放電電極の劣化と相関性のあるパラメータであり、レーザ交換後からのハロゲンガスを一定量注入した回数で代用してもよい。
	単位発振パルス数当りのハロゲンガス注入量	単位発振パルス数当りのハロゲンガス注入量は、レーザチャンバの寿命末期に近づくと増加する傾向にあるパラメータ。 単位発振パルス数当りのハロゲンガス注入回数で代用してもよい。
	レーザチャンバ交換後からのレーザガス注入量の積算値	レーザチャンバ交換後からのレーザガス注入量の積算値は、チャンバ内に存在してきた不純物ガス量と相関するパラメータであって、レーザガス交換後から、レーザガスを全ガス交換したレーザガス量と部分ガス交換したレーザガス量の和の積算値であってもよい。 レーザガスの全ガス交換回数や部分ガス交換の回数で代用してもよい。
	単位発振パルス数当りのレーザガス注入量	単位発振パルス数当りのレーザガス注入量は、 レーザチャンバの寿命末期に近づくと増加する傾向にあるパラメータ。 単位発振パルス数当りの全ガス交換回数や部分ガス交換の回数で代用してもよい。
	全ガス交換後の調整発振後の充電電圧	全ガス圧一定で充電電圧の制御にする場合に、全ガス交換後に調整発振を行なう。 レーザ性能を回復させるための初期充電電圧Vini
	全ガス交換後の調整発振後のレーザチャンバガス圧	充電電圧が所定の範囲内となるように全ガス圧を制御する場合に、 全ガス交換後に調整発振を行なう。レーザ性能を回復させるための レーザチャンバの初期ガス圧Pini

[図30]

大項目	具体例	説明
運転負荷 パラメータ	レーザ装置から出力される レーザ光の平均出力	平均出力PWは、レーザチャンバの熱負荷に比例するパラメータ PW＝Nt＊E／T　T:サンプル時間Nt:T時間中のパルス数、E:パルスエネルギ。 パルスエネルギEが一定でない場合は、サンプル時間中のパルスエネルギを積算（Esum）して求めてもよい。PW＝Esum／T T＝30秒から3000秒であってもよい。
	バースト運転時のduty	運転負荷パラメータは、以下のパラメータで代用してもよい。 バーストON時の繰返し周波数fが略一定、バーストON時のパルスエネルギEが略一定の場合は、バースト運転時のDutyで代用してもよい。 Duty＝Don/Tb＊100（%）
レーザ共振器の 光学素子の 劣化パラメータ	ウインドウ交換後の発振パルス数	ウインドウの劣化はウインドウを交換してからの発振パルス数Npwに依存する
	ウインドウ交換後の パルスエネルギの積算値	1光子吸収によるウインドウの劣化の蓄積パラメータW1psum W1sum＝E(1)+E(2)+E(3)＋・・・＋E(Npw) パルスエネルギが略一定の場合は、発振パルス数Npwで代用してもよい。
	ウインドウのパルスエネルギの 2乗の積算値	2光子吸収によるウインドウの劣化の蓄積パラメータW2psum W2psum＝$E(1)^2$+$E(2)^2$+$E(3)^2$＋・・・＋$E(Npw)^2$ パルスエネルギが略一定の場合は、発振パルス数Npwで代用してもよい。
	LNM交換後からの発振パルス数	LNMの光学素子の劣化はLNMを交換してからの発振パルス数NpLに依存する
	LNM交換後からの パルスエネルギの積算値	1光子吸収による光学素子の劣化の蓄積パラメータLNM1psum LNM1sum＝E(1)+E(2)+E(3)＋・・・＋E(NpL) パルスエネルギが略一定の場合は、発振パルス数NpLで代用してもよい。
	LNM交換後からの パルスエネルギの2乗の積算値	2光子吸収による光学素子の劣化の蓄積パラメータLNM2psum LNM2psum＝$E(1)^2$+$E(2)^2$+$E(3)^2$＋・・・＋$E(NpL)^2$ パルスエネルギが略一定の場合は、発振パルス数NpLで代用してもよい。
	OC交換後からの発振パルス数	OCの劣化はOCを交換してからの発振パルス数NpOに依存する
	OC交換後からの パルスエネルギの積算値	1光子吸収による光学素子の劣化の蓄積パラメータOC1psum OC1psum＝E(1)+E(2)+E(3)＋・・・＋E(NpO) パルスエネルギが略一定の場合は、発振パルス数NpOで代用してもよい。
	OC交換後からの パルスエネルギの2乗の積算値	2光子吸収による光学素子の劣化の蓄積パラメータOC2psum OC2psum＝$E(1)^2$+$E(2)^2$+$E(3)^2$＋・・・＋$E(NpO)^2$ パルスエネルギが略一定の場合は、発振パルス数NpOで代用してもよい。

[図31]



大項目	具体例	説明
モニタモジュールの光学素子の劣化パラメータ	モニタモジュール交換後からの発振パルス数	モニタモジュールの光学素子の劣化はモニタモジュールを交換してからの発振パルス数NpMに依存する
	モニタモジュール交換後からのパルスエネルギの積算値	1光子吸収によるウインドウの劣化の蓄積パラメータMM1psum MM1sum＝E(1)+E(2)+E(3)＋・・・＋E(NpM) パルスエネルギが略一定の場合は、発振パルス数NpMで代用してもよい。
	モニタモジュール交換後からのパルスエネルギの2乗の積算値	2光子吸収によるウインドウの劣化の蓄積パラメータMM2psum MM2psum＝$E(1)^2$+$E(2)^2$+$E(3)^2$＋・・・＋$E(NpM)^2$ パルスエネルギが略一定の場合は、発振パルス数NpMで代用してもよい。
光センサの劣化パラメータ	イメージセンサの検出光強度	イメージセンサの検出光強度は、イメージセンサの劣化パラメータとなりえる。イメージセンサは、レーザ光に照射されると検出感度が劣化する。具体的には、エタロン分光器により生成される干渉縞のピーク光強度またはイメージセンサの各チャンネルの検出光強度の積分値であってもよい。
	スペクトル線幅	イメージセンサのピーク強度は、スペクトル線幅によって変化する。 スペクトル線幅が太くなるとピーク強度は低くなる。 ここで、スペクトル線幅は、たとえば、半値全幅であってもよいし、95%のエネルギが入る幅であってもよい。
	パルスエネルギ	イメージセンサのピーク強度は、パルスエネルギによって変化する。 スペクトル線幅が太くなるとピーク強度は低くなる。
	パルスエネルギの積算値	モニタモジュールを交換してからの露光量に依存するので、 モニタモジュールを交換してからのパルスエネルギの積算値MMpsum MMpsum＝E(1)+E(2)+E(3)＋・・・＋E(NpM) パルスエネルギが略一定の場合は、発振パルス数NpMで代用してもよい。

[図32]

大項目	具体例	説明
LNMの光学素子の劣化パラメータ	LNM交換後からの発振パルス数	LNMの光学素子の劣化はLNMを交換してからの発振パルス数NpLに依存する
	LNM交換後からのパルスエネルギの積算値	1光子吸収による光学素子の劣化の蓄積パラメータLNM1psum LNM1sum＝E(1)+E(2)+E(3)＋・・・＋E(NpL) パルスエネルギが略一定の場合は、発振パルス数NpLで代用してもよい。
	LNM交換後からのパルスエネルギの2乗の積算値	2光子吸収による光学素子の劣化の蓄積パラメータLNM2psum LNM2psum＝$E(1)^2$+$E(2)^2$+$E(3)^2$＋・・・＋$E(NpL)^2$ パルスエネルギが略一定の場合は、発振パルス数NpLで代用してもよい。
波長アクチュエータの劣化パラメータ	波長安定性	波長安定性は、波長の標準偏差値λσであって、波長アクチュエータである。たとえば、プリズムの回転ステージの劣化度の指標となることがある。 波長安定性のばらつきλσ=標準偏差値(λ(1),λ(2),・・・,λ(m)) m:サンプル数
波面劣化のパラメータ	スペクトル線幅	スペクトル線幅Δλは、LNM内の光学素子の透過波面または回折波面が歪みの指標となることがある。 ここで、スペクトル線幅は、たとえば、半値全幅であってもよいし、95%のエネルギが入る幅であってもよい。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/028095

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. H01S3/00(2006.01)
FI: H01S3/00 G, H01S3/00 A

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)
Int. Cl. H01S3/00-3/30

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 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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 2012-253383 A (GIGAPHOTON INC.) 20 December 2012, entire text, all drawings	1-19
A	JP 2000-306813 A (NIKON CORP.) 02 November 2000, entire text, all drawings	1-19
A	WO 2014/017562 A1 (GIGAPHOTON INC.) 30 January 2014, entire text, all drawings	1-19

☐ 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
09.09.2020	24.09.2020
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 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/JP2020/028095

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2012-253383 A	20.12.2012	US 6697695 B1 entire text, all drawings EP 1150401 A2	
JP 2000-306813 A	02.11.2000	(Family: none)	
WO 2014/017562 A1	30.01.2014	US 2015/0139258 A1 entire text, all drawings	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/028095

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01S 3/00(2006.01)i
FI: H01S3/00 G; H01S3/00 A

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））

H01S3/00-3/30

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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 2012-253383 A (ギガフォトン株式会社) 20.12.2012 (2012-12-20) 全文全図	1-19
A	JP 2000-306813 A (株式会社ニコン) 02.11.2000 (2000-11-02) 全文全図	1-19
A	WO 2014/017562 A1 (ギガフォトン株式会社) 30.01.2014 (2014-01-30) 全文全図	1-19

☐ 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
09.09.2020	24.09.2020

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）

村井　友和 2K 3207

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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/JP2020/028095

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2012-253383 A	20.12.2012	US 6697695 B1 全文全図 EP 1150401 A2	
JP 2000-306813 A	02.11.2000	（ファミリーなし）	
WO 2014/017562 A1	30.01.2014	US 2015/0139258 A1 全文全図	