

(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12月15日(15.12.2022)



(10) 国際公開番号

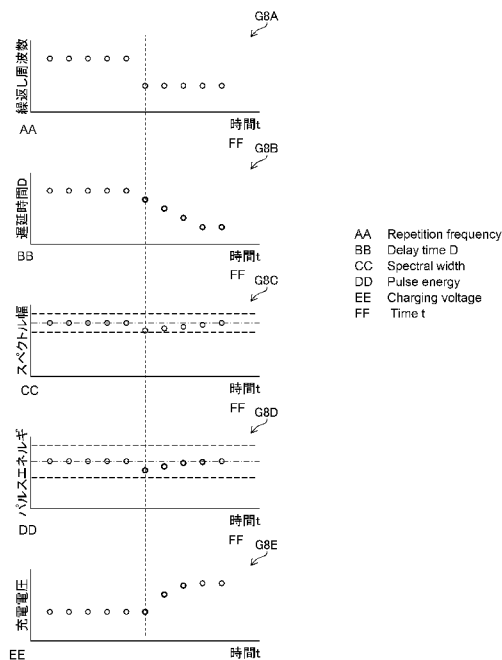
WO 2022/259352 A1

- (51) 国際特許分類:
G03F 7/20 (2006.01) **H01S 3/134** (2006.01)
H01L 21/027 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/021685
- (22) 国際出願日: 2021年6月8日(08.06.2021)
- (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: 志賀 昂(**SHIGA, Takashi**); 〒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, 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,

(54) **Title:** LASER DEVICE, LASER OSCILLATION METHOD, AND METHOD FOR MANUFACTURING ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: レーザ装置、レーザ発振方法及び電子デバイスの製造方法



(57) **Abstract:** A laser device according to an aspect disclosed herein comprises a master oscillator that outputs a pulse laser beam at a first discharge timing synchronized with a repetition frequency, an amplifier that amplifies the pulse laser beam by exciting, at a second discharge timing, a laser medium through which the pulse laser beam passes, and a processor that sets the second discharge timing by adding a delay time to the first discharge timing, wherein the processor holds a first value as a command value of the delay time corresponding to a first repetition frequency, holds a second value as a command value of the delay time corresponding to a second repetition frequency different from the first repetition frequency; and outputs the command value of the second value after outputting a command value of a third value between the first value and the second value when the repetition frequency changes from the first repetition frequency to the second repetition frequency.

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)）

(57) 要約：本開示の一観点に係るレーザ装置は、繰返し周波数に同期した第1の放電タイミングでパルスレーザ光を出力するマスターオシレータと、パルスレーザ光が通過するレーザ媒質を第2の放電タイミングで励起することによりパルスレーザ光を増幅する増幅器と、第1の放電タイミングに対して遅延時間を追加した第2の放電タイミングを設定するプロセッサであって、第1の繰返し周波数に対応する遅延時間の指令値として第1の値を保持し、第1の繰返し周波数と異なる第2の繰返し周波数に対応する遅延時間の指令値として第2の値を保持し、繰返し周波数が第1の繰返し周波数から第2の繰返し周波数に変更されると、第1の値と第2の値との間の第3の値の指令値を出力した後に第2の値の指令値を出力するプロセッサとを備える。

明 細 書

発明の名称：

レーザ装置、レーザ発振方法及び電子デバイスの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、レーザ装置、レーザ発振方法及び電子デバイスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体露光装置においては、半導体集積回路の微細化及び高集積化につれて、解像力の向上が要請されている。このため、露光用光源から放出される光の短波長化が進められている。例えば、露光用のガスレーザ装置としては、波長約248nmのレーザ光を出力するKrFエキシマレーザ装置、並びに波長約193nmのレーザ光を出力するArFエキシマレーザ装置が用いられる。

[0003] KrFエキシマレーザ装置及びArFエキシマレーザ装置の自然発振光のスペクトル線幅は、350～400pmと広い。そのため、KrF及びArFレーザ光のような紫外線を透過する材料で投影レンズを構成すると、色収差が発生してしまう場合がある。その結果、解像力が低下し得る。そこで、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、色収差が無視できる程度となるまで狭帯域化する必要がある。そのため、ガスレーザ装置のレーザ共振器内には、スペクトル線幅を狭帯域化するために、狭帯域化素子（エタロンやグレーティング等）を含む狭帯域化モジュール（Line Narrow Module：LNM）が備えられる場合がある。以下では、スペクトル線幅が狭帯域化されるガスレーザ装置を狭帯域化ガスレーザ装置という。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許第7903700号

特許文献2：特開2012-44098号公報

概要

- [0005] 本開示の1つの観点に係るレーザ装置は、繰返し周波数に同期した第1の放電タイミングでパルスレーザ光を出力するマスターオシレータと、パルスレーザ光が通過するレーザ媒質を第2の放電タイミングで励起することによりパルスレーザ光を増幅する増幅器と、第1の放電タイミングに対して遅延時間を追加した第2の放電タイミングを設定するプロセッサであって、第1の繰返し周波数に対応する遅延時間の指令値として第1の値を保持し、第1の繰返し周波数と異なる第2の繰返し周波数に対応する遅延時間の指令値として第2の値を保持し、第1の値の指令値を出力した後に繰返し周波数が第1の繰返し周波数から第2の繰返し周波数に変更されると、第1の値と第2の値との間の第3の値の指令値を出力した後に第2の値の指令値を出力するプロセッサとを備える。
- [0006] 本開示の他の1つの観点に係るレーザ発振方法は、繰返し周波数に同期した第1の放電タイミングでマスターオシレータからパルスレーザ光を出力することと、パルスレーザ光が通過する増幅器のレーザ媒質を第2の放電タイミングで励起することによりパルスレーザ光を増幅することと、第1の放電タイミングに対して遅延時間を追加した第2の放電タイミングをプロセッサが設定することと、を含み、プロセッサが第1の繰返し周波数に対応する遅延時間の指令値として第1の値を保持し、第1の繰返し周波数と異なる第2の繰返し周波数に対応する遅延時間の指令値として第2の値を保持し、プロセッサが第1の値の指令値を出力した後に繰返し周波数が第1の繰返し周波数から第2の繰返し周波数に変更されると、第1の値と第2の値との間の第3の値の指令値を出力した後に第2の値の指令値を出力することを含む。
- [0007] 本開示の他の1つの観点に係る電子デバイスの製造方法は、繰返し周波数に同期した第1の放電タイミングでパルスレーザ光を出力するマスターオシレータと、パルスレーザ光が通過するレーザ媒質を第2の放電タイミングで励起することによりパルスレーザ光を増幅する増幅器と、第1の放電タイミングに対して遅延時間を追加した第2の放電タイミングを設定するプロセッサとを備える。

サであって、第1の繰返し周波数に対応する遅延時間の指令値として第1の値を保持し、第1の繰返し周波数と異なる第2の繰返し周波数に対応する遅延時間の指令値として第2の値を保持し、第1の値の指令値を出力した後に繰返し周波数が第1の繰返し周波数から第2の繰返し周波数に変更されると、第1の値と第2の値との間の第3の値の指令値を出力した後に第2の値の指令値を出力するプロセッサと、を備えるレーザ装置によってレーザ光を生成し、レーザ光を露光装置に出力し、電子デバイスを製造するために、露光装置内で感光基板にレーザ光を露光することを含む。

図面の簡単な説明

[0008] 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、レーザ装置の構成例を概略的に示す。

[図2]図2は、繰返し周波数とスペクトル幅との関係を示すグラフの例である。

[図3]図3は、MO (Master Oscillator) 放電タイミングとPO (Power Oscillator) 放電タイミングとの間の遅延時間と、スペクトル幅及びパルスエネルギーとの関係を示すグラフの例である。

[図4]図4は、繰返し周波数と遅延時間変更量との対応関係を定めたテーブルの例である。

[図5]図5は、MO充電電圧及び／又はPO充電電圧とパルスエネルギーとの関係を示すグラフの例である。

[図6]図6は、比較例1の制御が適用された場合のレーザ装置の動作を示すグラフの例である。

[図7]図7は、図3に示す特性を用いたスペクトル幅の補償制御を含む比較例2の制御が適用された場合のレーザ装置の動作を示すグラフの例である。

[図8]図8は、実施形態1に係るレーザ装置の動作を示すグラフの例である。

[図9]図9は、実施形態1に係るレーザ装置における遅延時間の制御例を示すフローチャートである。

[図10]図 1 0 は、遅延時間変化率と、スペクトル幅偏差及びエネルギー安定性との関係を示すグラフの例であり、スペクトル幅偏差及びエネルギー安定性がそれぞれの許容値を満たすように遅延時間変化率を設定し得る場合の例を示す。

[図11]図 1 1 は、遅延時間変化率と、スペクトル幅偏差及びエネルギー安定性との関係を示すグラフの例であり、スペクトル幅偏差及びエネルギー安定性が共に許容値を満たすような遅延時間変化率を設定できない場合の例を示す。

[図12]図 1 2 は、露光装置の構成例を概略的に示す。

実施形態

[0009] ー 目次 ー

1. レーザ装置の概要

- 1. 1 構成
- 1. 2 動作
- 1. 3 狭帯域化レーザの特性
- 1. 4 繰返し周波数変更時の制御

2. 課題

3. 実施形態 1

- 3. 1 構成
- 3. 2 動作
- 3. 3 作用・効果

4. 実施形態 2

- 4. 1 構成
- 4. 2 動作
- 4. 3 作用・効果

5. 実施形態 3

- 5. 1 構成
- 5. 2 動作
- 5. 3 作用・効果

6. 他の応用例
7. 電子デバイスの製造方法について
8. その他

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。

[0010] 1. レーザ装置の概要

1. 1 構成

図1は、レーザ装置1の構成例を概略的に示す。レーザ装置1は、マスターオシレータ(MO)10と、パワーオシレータ(PO)20と、レーザ制御部30と、エネルギー制御部32とを含むエキシマレーザ装置である。レーザ装置1は、高反射ミラー41、42と、ビーム計測器50と、波長制御部60と、波長調節部62とを含んでもよい。

[0011] マスターオシレータ10は、狭帯域化モジュール(LNM)12と、MOチャンバ13と、MO出力結合ミラー14と、MOパルスパワーモジュール(PPM)15と、MO充電器16とを含む。LNM12は、スペクトル幅を狭帯域化するためのプリズム122と、グレーティング124とを含む。グレーティング124は入射角度と回折角度とが一致するようにリトロ配置される。

[0012] MO出力結合ミラー14は、例えば、反射率が20%~30%の部分反射ミラーであってよい。MO出力結合ミラー14は、LNM12と共に光共振器を構成するように配置される。

[0013] MOチャンバ13は、光共振器の光路上に配置される。MOチャンバ13は、1対の放電電極132、133と、レーザ光が透過する2枚のウィンドウ134、136とを含む。MOチャンバ13内には、不図示のガス供給装

置からレーザガスが供給される。レーザガスは、レアガスと、ハロゲンガスと、バッファガスとを含むエキシマレーザガスである。レアガスは、例えばアルゴン (Ar) 又はクリプトン (Kr) ガスであってよい。ハロゲンガスは、例えばフッ素 (F₂) ガスであってよい。バッファガスは、例えばネオン (Ne) ガスであってよい。

[0014] MOパルスパワーモジュール15は、スイッチ152と、不図示の充電コンデンサとを含み、不図示の電気絶縁部材のフィードスルーを介して放電電極132と接続される。放電電極133は、接地されたMOチャンバ13と接続される。MO充電器16は、エネルギー制御部32からの指令に従い、MOパルスパワーモジュール15の充電コンデンサを充電する。

[0015] マスターオシレータ10は、ビームスプリッタ17と、MOパルスエネルギー計測器18とを含む。ビームスプリッタ17は、MO出力結合ミラー14から出力されるレーザ光の光路上に配置される。ビームスプリッタ17は、ビームスプリッタ17の反射光がMOパルスエネルギー計測器18に入射するように配置される。MOパルスエネルギー計測器18は、不図示の集光レンズと光センサとを含む。光センサは、紫外光に耐性がある高速応答のフォトダイオードであってよい。MOパルスエネルギー計測器18とエネルギー制御部32との間には、MOパルスエネルギー計測器18で得られた情報をエネルギー制御部32に伝送する信号ラインが設けられている。

[0016] ビームスプリッタ17を透過したパルスレーザ光は、マスターオシレータ10から出力される。

[0017] 高反射ミラー41及び高反射ミラー42は、マスターオシレータ10から出力されたレーザ光がパワーオシレータ20に入射するように、マスターオシレータ10とパワーオシレータ20との間の光路上に配置される。

[0018] パワーオシレータ20は、リアミラー22と、POチャンバ23と、PO出力結合ミラー24と、POパルスパワーモジュール25と、PO充電器26と、モニタモジュール27とを含むエキシマ増幅器である。

[0019] リアミラー22とPO出力結合ミラー24とにより光共振器が構成され、

この光共振器の光路上にP Oチャンバ2 3が配置される。

[0020] P Oチャンバ2 3の構成は、M Oチャンバ1 3と同様であってよい。P Oチャンバ2 3は、1 対の放電電極2 3 2、2 3 3と、2 枚のウインドウ2 3 4、2 3 6とを含む。P Oチャンバ2 3内には、M Oチャンバ1 3と同様にレーザガスが供給される。リアミラー2 2は、例えば、反射率8 0 % ~ 9 0 %の部分反射ミラーであってよい。P O出力結合ミラー2 4は、例えば、反射率2 0 % ~ 3 0 %の部分反射ミラーであってよい。

[0021] P Oパルスパワーモジュール2 5は、スイッチ2 5 2と、不図示の充電コンデンサとを含み、不図示の電気絶縁部材のフィードスルーを介して放電電極2 3 2と接続される。放電電極2 3 3は、接地されたP Oチャンバ2 3と接続される。P O充電器2 6は、エネルギー制御部3 2からの指令に従い、P Oパルスパワーモジュール2 5の充電コンデンサを充電する。

[0022] 図1において、パワーオシレータ2 0から出力されるレーザ光の光路軸方向はz 方向である。z 方向に略直交する2 つの方向は、h 方向とv 方向とであってもよい。v 方向は図1の紙面に略直交する方向である。放電電極2 3 2、2 3 3はh 方向に対向して配置される。

[0023] モニタモジュール2 7は、ビームスプリッタ2 7 1、2 7 2と、P Oパルスエネルギー計測器2 7 4と、スペクトル計測器2 7 6とを含む。

[0024] ビームスプリッタ2 7 1は、P O出力結合ミラー2 4から出力されるパルスレーザ光の光路上に配置される。ビームスプリッタ2 7 2は、ビームスプリッタ2 7 1で反射されたパルスレーザ光の光路上に配置される。ビームスプリッタ2 7 2は、ビームスプリッタ2 7 2の反射光がP Oパルスエネルギー計測器2 7 4に入射し、ビームスプリッタ2 7 2の透過光がスペクトル計測器2 7 6に入射するように配置される。P Oパルスエネルギー計測器2 7 4の構成は、M Oパルスエネルギー計測器1 8と同様であってよい。

[0025] P Oパルスエネルギー計測器2 7 4とエネルギー制御部3 2との間には、P Oパルスエネルギー計測器2 7 4で得られた情報をエネルギー制御部3 2に伝送する信号ラインが設けられている。

- [0026] スペクトル計測器 276 は、例えば、不図示のエタロンと、集光レンズと、イメージセンサとを含むエタロン分光器であってよい。エタロンを透過して集光レンズにより焦点面上に生成された干渉縞はイメージセンサを用いて計測される。スペクトル計測器 276 と波長制御部 60 との間には、スペクトル計測器 276 で得られた情報を波長制御部 60 に伝送する信号ラインが設けられている。
- [0027] ビーム計測器 50 は、ビームスプリッタ 51 と、偏光計測器 52 と、ビームポインティング計測器 54 と、ビームプロファイラ 56 とを含む。ビームスプリッタ 51 は、モニタモジュール 27 のビームスプリッタ 271 を透過したパルスレーザ光の光路上に配置される。
- [0028] ビームスプリッタ 51 は、ビームスプリッタ 51 の反射光が不図示の光学素子を介して偏光計測器 52 と、ビームポインティング計測器 54 と、ビームプロファイラ 56 とのそれぞれに入射し、ビームスプリッタ 51 の透過光が露光装置 70 に入射するように配置される。ビーム計測器 50 とレーザ制御部 30 との間には、ビーム計測器 50 で得られたビーム関連データをレーザ制御部 30 に伝送する信号ラインが設けられている。
- [0029] レーザ制御部 30 は、エネルギー制御部 32 及び波長制御部 60 と接続される。エネルギー制御部 32 は、マスターオシレータ 10 及びパワーオシレータ 20 と接続される。エネルギー制御部 32 は、MOパルスエネルギー計測器 18 で検出されたパルスエネルギーに基づいてMO充電器 16 に充電電圧データを送信し、MOパルスパワーモジュール 15 の充電コンデンサに充電する電圧を制御する。また、エネルギー制御部 32 は、POパルスエネルギー計測器 274 で検出されたパルスエネルギーに基づいてPO充電器 26 に充電電圧データを送信し、POパルスパワーモジュール 25 の充電コンデンサに充電する電圧を制御する。
- [0030] 波長制御部 60 は、スペクトル計測器 276 で得られたデータに基づいて波長制御関連データを生成し、波長制御関連データをレーザ制御部 30 に送信する。波長制御部 60 は、波長調節部 62 と接続される。波長調節部 62

は、例えば、L N M 1 2 のプリズム 1 2 2 を回転させる回転ステージなどの回転駆動機構を含む。波長調節部 6 2 は、スペクトル計測器 2 7 6 で計測された波長に基づいて制御される。

[0031] また、レーザ制御部 3 0 は、ビーム計測器 5 0 及び露光装置 7 0 と接続される。露光装置 7 0 は、露光装置コントローラ 7 2 を含む。

[0032] レーザ制御部 3 0、エネルギー制御部 3 2、波長制御部 6 0、露光装置コントローラ 7 2 及びその他の各制御部は、少なくとも 1 つのプロセッサを用いて構成される。本開示のプロセッサとは、制御プログラムが記憶された記憶装置と、制御プログラムを実行する C P U (Central Processing Unit) とを含む処理装置である。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。プロセッサは、F P G A (Field Programmable Gate Array) や A S I C (Application Specific Integrated Circuit) に代表される集積回路を含んでもよい。

[0033] レーザ制御部 3 0、エネルギー制御部 3 2 及び波長制御部 6 0 のそれぞれを別々のプロセッサで実現してもよいし、複数の制御部の処理機能を 1 つのプロセッサによって実現してもよい。

[0034] 1. 2 動作

レーザ制御部 3 0 は、露光装置 7 0 から発光トリガ信号及び／又は目標データを受け取る。目標データは、目標パルスエネルギー及び／又は充電電圧指令値であってもよい。レーザ制御部 3 0 は、エネルギー制御部 3 2 に発光トリガ信号と、目標パルスエネルギー及び／又は充電電圧指令値を出力する。

[0035] エネルギー制御部 3 2 は、目標パルスエネルギー及び／又は充電電圧指令値に基づいて、M O 充電電圧及び／又は P O 充電電圧を決定し得る。エネルギー制御部 3 2 は、発光トリガ信号と同期した第 1 トリガ信号と、M O 充電電圧とを、マスターオシレータ 1 0 に出力する。第 1 トリガ信号は、M O 充電タイミングを規定する信号である。マスターオシレータ 1 0 は、第 1 トリガ信号に同期してシードレーザ光を出力し得る。マスターオシレータ 1 0 が出力するシードレーザ光は狭帯域化されている。

[0036] マスターオシレータ 10 が出力するシードレーザ光は、高反射ミラー 41、42 を介してパワーオシレータ 20 に入射し得る。

[0037] エネルギー制御部 32 は、発光トリガ信号と同期した第 2 トリガ信号と、PO 充電電圧とを、パワーオシレータ 20 に出力する。第 2 トリガ信号は、第 1 トリガ信号に対して遅延時間を持つように生成される。第 2 トリガ信号は PO 放電タイミングを規定する信号である。PO 放電タイミングは MO 放電タイミングに対して遅延時間を追加したタイミングとなる。パワーオシレータ 20 は、第 2 トリガ信号に同期して放電領域を形成し得る。パワーオシレータ 20 に入射したシードレーザ光は、PO チャンバ 23 の放電領域を通過することにより増幅される。パワーオシレータ 20 は、入射したシードレーザ光を放電領域により増幅し、出力レーザ光を出力し得る。

[0038] 1. 3 狭帯域化レーザの特性

パワーオシレータ 20 から出力される出力レーザ光の特性は、繰返し周波数に依存して変化する。図 2 は、繰返し周波数とスペクトル幅との関係を示すグラフの例である。例えば、図 2 に示すように、スペクトル幅は、繰返し周波数に対して複雑に変化する。そのため、繰返し周波数がノミナル値 RR_0 からある値 RR に変化すると、スペクトル幅が ΔBW だけ変化する。また、パワーオシレータ 20 から出力される出力レーザ光の特性は、MO 放電タイミングと PO 放電タイミングとの間の遅延時間 D に依存して変化する。

[0039] 図 3 は、MO 放電タイミングと PO 放電タイミングとの間の遅延時間 D と、スペクトル幅及びパルスエネルギーとの関係を示すグラフの例である。図 3 の横軸は遅延時間 D を表し、図 3 の左の縦軸はスペクトル幅、右の縦軸はパルスエネルギーを表す。図 3 中の実線で示すグラフ G1 は、遅延時間 D とスペクトル幅との関係を示す。図 3 中の破線で示すグラフ G2 は、遅延時間 D とパルスエネルギーとの関係を示す。図 3 に示すように、例えば、スペクトル幅は、遅延時間 D が増加すると小さくなる。また、パルスエネルギーは、遅延時間 D に対して極大値を持つ。レーザ装置 1 は、この極大値を取る遅延時間 D をノミナル値 D_t として動作する。

[0040] レーザ制御部 30 は、繰返し周波数を RR_0 から RR に変更する場合、この繰返し周波数の変更時に生じるスペクトル幅の変化量 ΔBW を、図 3 に示す特性を利用して補正する。すなわち、図 2 に示す特性から、ある繰返し周波数 RR における ΔBW がわかる。また、図 3 に示す特性から、 ΔBW を打ち消すあるいは低減するには、遅延時間 D をノミナル値 D_t から遅延時間変更量 ΔD だけ変化させればよいことがわかる。

[0041] 結果として、図 4 のように、繰返し周波数 RR と遅延時間変更量 ΔD とを対応させるテーブルが得られる。レーザ装置 1 はこのテーブルのデータを保持する。

[0042] 一方、出力レーザ光の特性は MO 充電電圧及び／又は PO 充電電圧によっても変化し、パルスエネルギーは、図 5 のような特性を示す。図 5 に示す特性は、パルスエネルギーの安定化に利用される。例えば、露光装置 70 にレーザ光を出力する場合、パルスエネルギーは MO 充電電圧及び／又は PO 充電電圧を調整することによって目標範囲内にフィードバック制御され安定化される。これを HV 制御と呼ぶ。

[0043] 繰返し周波数が RR_0 から RR に変化したことに対応して、スペクトル幅を維持するように遅延時間 D を ΔD 変化させる場合、パルスエネルギーが ΔE 変動してしまう（図 3）。このエネルギー変動を補償するように、 HV 制御が働く。

[0044] 1. 4 繰返し周波数変更時の制御

図 6 は、比較例 1 の制御が適用された場合のレーザ装置 1 の動作を示すグラフの例である。本開示の比較例とは、出願人のみによって知られていると出願人が認識している形態であって、出願人が自認している公知例ではない。

[0045] 図 6 には、上から、繰返し周波数、遅延時間 D 、スペクトル幅、パルスエネルギー及び充電電圧のそれぞれのパラメータの値の推移を示すグラフ $G6A \sim G6E$ が共通の時間軸によって示されている。ここでの充電電圧は、 MO 充電電圧であってもよいし、 PO 充電電圧であってもよく、又は、 MO 充電

電圧とP O充電電圧との組み合わせであってもよい。図6～図8では充電電圧がP O充電電圧であるとして説明する。

[0046] 露光装置70は露光量を調整するためレーザ装置1に繰返し周波数の変更を指令することがある（グラフG6A）。

[0047] 繰返し周波数を変更すると、図2に示す特性により、スペクトル幅が所定の許容範囲から逸脱することがある（グラフG6C）。なお、グラフG6Cにおいて破線で示すスペクトル幅の範囲が所定の許容範囲を表している。

[0048] 図7は、図3に示す特性を用いたスペクトル幅の補償制御を含む比較例2の制御が適用された場合のレーザ装置1の動作を示すグラフの例である。図7には、図6と同様に、上から、繰返し周波数、遅延時間D、スペクトル幅、パルスエネルギー及び充電電圧の各パラメータの値の推移を示すグラフG7A～G7Eが共通の時間軸によって示されている。

[0049] 比較例2の場合、レーザ制御部30は、図4に示すテーブルのデータから、変更された繰返し周波数のRRに対応する遅延時間変更量 ΔD を決定し、MO放電タイミングとP O放電タイミングとの間の遅延時間Dを ΔD だけ変更する（図6のグラフG6B→図7のグラフG7B）。

[0050] これにより、グラフG7Cに示すように、繰返し周波数の変更に伴うスペクトル幅の変動を抑制し得る。その一方で、遅延時間Dを変化させると、図3に示す特性により、パルスエネルギーも変化してしまう。このため場合によっては、パルスエネルギーが目標範囲から逸脱してしまうことがある（グラフG7D）。グラフG7Dにおいて破線で示すパルスエネルギーの範囲が目標範囲を表している。このようなパルスエネルギーの目標範囲からの逸脱を抑制すべく、レーザ制御部30は、図5の特性に基づくHV制御を行う。すなわち、レーザ制御部30は、図7のグラフG7Eに示すように、充電電圧を調整する。これにより、パルスエネルギーは目標範囲内に復帰する（グラフG7D）。

[0051] しかし、グラフG7Dの時間軸において破線で示した時間範囲（期間）のように、HV制御が整定するまでの間、目標範囲外のパルスエネルギーで発振

されるパルスが生じ得る（グラフ G 7 D）。

[0052] 2. 課題

遅延時間 D を急激に変化させると、HV 制御が整定するまでに時間を要する。その結果として、図 7 で説明したように、目標範囲を逸脱したパルスエネルギーのレーザ光が出力されてしまう時間帯が発生しうる。この時間帯は、エネルギー安定性やドーズ安定性が悪化する可能性がある。ここでは、繰返し周波数の変更を例に説明したが、これに限らず、他の運転条件を変更する場合でも遅延時間 D を変更するときに同様の課題がある。

[0053] 3. 実施形態 1

3. 1 構成

実施形態 1 に係るレーザ装置 1 の構成は図 1 と同様であってよい。

[0054] 3. 2 動作

図 8 は、実施形態 1 に係るレーザ装置 1 の動作を示すグラフの例である。図 8 には、図 6 と同様に、上から、繰返し周波数、遅延時間 D、スペクトル幅、パルスエネルギー及び充電電圧の各パラメータの値の推移を示すグラフ G 8 A ~ G 8 E が共通の時間軸によって示されている。

[0055] レーザ制御部 30 は、繰返し周波数が変更されると、MO 放電タイミングと PO 放電タイミングとの間の遅延時間 D を変更する。この際、遅延時間 D の変更量が繰返し周波数 RR に対応する目標値の遅延時間変更量 ΔD に達するまで、1 パルス当たり遅延時間変化率 Δd (ns / pulse) の割合で、複数パルスにわたって遅延時間 D を徐々に変更する。遅延時間変化率 Δd は、遅延時間 D を変更する際の 1 パルス当たりの変更量である。遅延時間変化率 Δd は、遅延時間 D を変化させる複数パルスにわたる期間を通じて一定であってよい。

[0056] MO 放電タイミングは本開示における「第 1 の放電タイミング」の一例であり、PO 放電タイミングは本開示における「第 2 の放電タイミング」の一例である。パワーオシレータ 20 は本開示における「増幅器」の一例であり、PO チャンバ 23 に收容されるレーザガスは本開示における「レーザ媒質

」の一例である。

[0057] 図8のグラフG8Aに示す10パルス分の繰返し周波数のうち、前半5パルスの繰返し周波数はRR0に相当し、後半5パルスの繰返し周波数はRRに相当する。具体的な数値として、例えば、RR0は6.0kHzであり、RRは5.3kHzであってよい。RR0は本開示における「第1の繰返し周波数」の一例であり、RRは本開示における「第2の繰返し周波数」の一例である。

[0058] また、図8のグラフG8Bに示す前半5パルスの遅延時間Dの指令値は本開示における「第1の値」の一例であり、9パルス目及び10パルス目のそれぞれの遅延時間Dの指令値は本開示における「第2の値」の一例である。図8のグラフG8Bにおける6パルス目、7パルス目及び8パルス目のそれぞれの遅延時間Dの指令値は本開示における「第3の値」の一例である。6パルス目、7パルス目及び8パルス目のそれぞれの遅延時間Dの指令値は、5パルス目の指令値と9パルス目の指令値との間の値となっている。図8のグラフG8Eに示す充電電圧は本開示における「励起電圧」の一例である。

[0059] 図9は、実施形態1に係るレーザ装置1における遅延時間Dの制御例を示すフローチャートである。図9のフローチャートは、レーザ制御部30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得る。

[0060] ステップS11において、レーザ制御部30は、繰返し周波数が変更されたか否かを判定する。繰返し周波数が変更され、ステップS11の判定結果がTrue判定である場合、ステップS12に進む。

[0061] ステップS12において、レーザ制御部30は、遅延時間Dの変更量の目標値としての遅延時間変更量 ΔD をテーブルから更新する。このテーブルは、図4で説明したようなテーブルであってもよい。あるいは、レーザ制御部30は、繰返し周波数と適切な遅延時間Dの指令値との対応関係を示すテーブルデータを記憶し、このテーブルデータに基づいて目標の遅延時間変更量 ΔD を決定してもよい。変更後の繰返し周波数に対応する遅延時間Dの指令値と、変更前の繰返し周波数に対応する遅延時間Dの指令値との差が目標の

遅延時間変更量 ΔD となり得る。

- [0062] 次いで、ステップS 1 3において、レーザ制御部3 0は、現在の遅延時間Dが $D_t + \Delta D$ と不一致であるかを判定する。現在の遅延時間Dが $D_t + \Delta D$ と一致しておらず、ステップS 1 3の判定結果がT r u e判定である場合、ステップS 1 4に進む。
- [0063] ステップS 1 4において、レーザ制御部3 0は、現在の遅延時間Dが $D_t + \Delta D$ よりも小さいか否かを判定する。現在の遅延時間Dが $D_t + \Delta D$ よりも小さく、ステップS 1 4の判定結果がT r u e判定である場合、ステップS 1 6に進む。
- [0064] ステップS 1 6において、レーザ制御部3 0は、遅延時間Dに Δd を加算して現在の遅延時間Dの値を更新する。遅延時間Dを変更する際の遅延時間変化率 Δd は、例えば実験データに基づいて予め定められていてもよいし、目標とする遅延時間変更量 ΔD に応じて決定されてもよい。遅延時間変化率 Δd は、スペクトル幅の変動が所定の許容範囲内であり、かつ、パルスエネルギーが目標範囲内となる値に設定されることが望ましい。
- [0065] 一方、ステップS 1 4の判定において、現在の遅延時間Dが $D_t + \Delta D$ よりも大きく、ステップS 1 4の判定結果がF a l s e判定である場合、ステップS 1 7に進む。
- [0066] ステップS 1 7において、レーザ制御部3 0は、遅延時間Dから Δd を減算して現在の遅延時間Dの値を更新する。
- [0067] ステップS 1 6又はステップS 1 7の後、レーザ制御部3 0は図9のフローチャートを終了する。また、ステップS 1 1の判定において、繰返し周波数が変更されておらず、ステップS 1 1の判定結果がF a l s e判定である場合、レーザ制御部3 0は図9のフローチャートを終了する。また、ステップS 1 3の判定において、現在の遅延時間Dが $D_t + \Delta D$ と一致しており、ステップS 1 3の判定結果がF a l s e判定である場合、レーザ制御部3 0は図9のフローチャートを終了する。
- [0068] レーザ制御部3 0は、パルスごとに図9のフローチャートの処理を繰返し

実行し得る。

[0069] 図9のフローチャートによって実現されるMOP方式のレーザ発振方法は本開示における「レーザ発振方法」の一例である。

[0070] 3. 3 作用・効果

実施形態1に係るレーザ装置1によれば、繰返し周波数を変更する場合に、遅延時間Dを目標の遅延時間変更量 ΔD まで複数パルスにわたって徐々に変化させるため、遅延時間Dの変化に伴うパルスエネルギーの変化が緩やかになり、目標範囲からの逸脱が抑制される（図8のグラフG8D）。結果として、エネルギー安定性やドーズ安定性の悪化が抑制される。

[0071] 4. 実施形態2

4. 1 構成

実施形態2に係るレーザ装置1の構成は図1と同様であってよい。

[0072] 4. 2 動作

実施形態2の動作について実施形態1と異なる点を説明する。実施形態2では、実施形態1で説明した動作において、複数パルスにわたる遅延時間Dの変更の期間を通じて一定な1パルス当たりの変更量（遅延時間変化率 Δd ）は、レーザ装置1の特性に基づいて決定される。以下に詳細な例を述べる。

[0073] 図10は、遅延時間変化率 Δd と、スペクトル幅偏差及びエネルギー安定性との関係を示すグラフの例である。横軸は遅延時間変化率 Δd を表し、左の縦軸はスペクトル幅偏差、右の縦軸はエネルギー安定性をそれぞれ表す。

[0074] 図10における $\Delta d = 0$ は遅延時間Dを変更しない場合（図6の場合）に相当し、 $\Delta d = \Delta D$ は遅延時間Dを一度に変更する場合（図7の場合）に相当する。

[0075] スペクトル幅偏差は、スペクトル幅の平均値と目標値との乖離の大きさを示す。エネルギー安定性は、パルスエネルギー値のバラツキの指標であり、値が小さいほど安定性が高いことを示す。

[0076] 遅延時間変化率 Δd を小さくすると、遅延時間変化によるパルスエネルギー

の変化が緩やかになり、エネルギー安定性が良くなる（エネルギー安定性の指標値が小さくなる）。その一方で、遅延時間変化によるスペクトル幅の駆動は遅くなり、繰返し周波数の切り替えに伴うスペクトル幅の変動抑制が不足する。よって、スペクトル幅は変動が大きくなりスペクトル幅偏差の値は大きくなる。

[0077] 遅延時間変化率 Δd は、予め図10に示すような特性を取得しておき、例えばスペクトル幅偏差とエネルギー安定性との両方がそれぞれの許容値を満たすような値に選ぶことが好ましい。あるいは、図11に示すように、スペクトル幅偏差とエネルギー安定性とを両立できない場合、遅延時間変化率 Δd は、例えばエネルギー安定性が許容値を満たす範囲でなるべくスペクトル幅が改善するような値（典型値としては1 ns / ps）に選んでもよい。

[0078] このとき、本手法のみではスペクトル幅偏差は許容値を満たさないが、その不足分は不図示のスペクトル幅制御手段で補ってもよい。例えば、MO共振器内の波面を変化させてスペクトル幅を変化させるスペクトル幅制御機構で補ってもよい。

[0079] 他の動作は、実施形態1と同様であってよい。

[0080] 4. 3 作用・効果

実施形態2に係るレーザ装置1によれば、実施形態1と同様に、遅延時間Dの変化に伴うパルスエネルギーの変化が緩やかになり、目標範囲からの逸脱が抑制される。

[0081] 繰返し周波数などの運転条件及び／又はレーザ光の特性に応じて遅延時間変化率 Δd を決定することで、パルスエネルギーの変化が十分に緩やかにならず目標範囲から逸脱すること、あるいは必要以上に緩やかな変化となり応答性が低下することを抑制できる。

[0082] 5. 実施形態3

5. 1 構成

実施形態3に係るレーザ装置1の構成は図1と同様であってよい。

[0083] 5. 2 動作

実施形態3の動作について実施形態1と異なる点を説明する。実施形態3では、実施形態1で説明した動作における遅延時間変化率 Δd が、遅延時間変更量の目標値 ΔD に応じて動的に（適応的に）設定される。すなわち、実施形態3における遅延時間変化率 Δd は、遅延時間変更量が所定のパルス数 N （例えば、 $N = 5 \text{ p l s}$ ）以内に目標値 ΔD まで達するように設定される。例えば、 N パルスで ΔD に達するために $\Delta d = \Delta D / N$ と設定される。所定のパルス数 N は、例えば、2パルス以上10パルス以下の値に設定されてよい。他の動作は、実施形態1と同様であってよい。

[0084] 5. 3 作用・効果

実施形態3に係るレーザ装置1によれば、実施形態1と同様に、遅延時間 D の変化に伴うパルスエネルギーの変化が緩やかになり、目標範囲からの逸脱が抑制される。また、実施形態3に係るレーザ装置1によれば、所定のパルス数 N の経過後に遅延時間 D の変化が終了していることが保証される。したがって、実施形態3は、例えば、発振開始から N パルスの間はスペクトル幅の評価対象外とするような場合に有用である。

[0085] 6. 他の応用例

上記の各実施形態1～3では、繰返し周波数の変更を例に説明したが、これに限らず他の運転条件が変更されてもよい。また、スペクトル幅はレーザ光の特性の一例であって、他の特性の変動を抑制するために遅延時間 D を変更してもよい。本開示によるレーザ制御の技術は、「運転条件に応じて遅延時間 D を変更することで、レーザ光の特性変化（変動）を低減する」制御に適用することができる。運転条件の変更に合わせて遅延時間 D を変更する際に、複数パルスにわたって遅延時間 D を徐々に変更することにより、レーザ光の特性の目標範囲からの逸脱を抑制できる。

[0086] 7. 電子デバイスの製造方法について

図12は、露光装置70の構成例を概略的に示す。露光装置70は、照明光学系74と投影光学系76とを含む。照明光学系74は、レーザ装置1から入射したレーザ光によって、レチクルステージRT上に配置された不図示

のレチクルのレチクルパターンを照明する。投影光学系76は、レチクルを透過したレーザ光を、縮小投影してワークピーステーブルWT上に配置された不図示のワークピースに結像させる。ワークピースはフォトリソが塗布された半導体ウエハ等の感光基板である。

[0087] 露光装置70は、レチクルステージRTとワークピーステーブルWTとを同期して平行移動させることにより、レチクルパターンを反映したレーザ光をワークピースに露光する。以上のような露光工程によって半導体ウエハにレチクルパターンを転写後、複数の工程を経ることで半導体デバイスを製造できる。半導体デバイスは本開示における「電子デバイス」の一例である。

[0088] 8. その他

上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図している。従って、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る。また、本開示の実施形態を組み合わせ使用することも当業者には明らかである。

[0089] 本明細書及び特許請求の範囲全体で使用される用語は、明記が無い限り「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」、「有する」、「備える」、「具備する」などの用語は、「記載されたもの以外の構成要素の存在を除外しない」と解釈されるべきである。また、修飾語「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] 繰返し周波数に同期した第1の放電タイミングでパルスレーザ光を出力するマスターオシレータと、
前記パルスレーザ光が通過するレーザ媒質を第2の放電タイミングで励起することにより前記パルスレーザ光を増幅する増幅器と、
前記第1の放電タイミングに対して遅延時間を追加した前記第2の放電タイミングを設定するプロセッサであって、
第1の繰返し周波数に対応する前記遅延時間の指令値として第1の値を保持し、前記第1の繰返し周波数と異なる第2の繰返し周波数に対応する前記遅延時間の指令値として第2の値を保持し、
前記第1の値の前記指令値を出力した後に前記繰返し周波数が前記第1の繰返し周波数から前記第2の繰返し周波数に変更されると、
前記第1の値と前記第2の値との間の第3の値の前記指令値を出力した後に前記第2の値の前記指令値を出力するプロセッサと、
を備えるレーザ装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のレーザ装置であって、
前記第3の値は、複数パルスにわたってパルスごとに変更される、
レーザ装置。
- [請求項3] 請求項1に記載のレーザ装置であって、
前記プロセッサは、前記第1の値の前記指令値を出力した後、複数パルスにわたって前記第3の値を徐々に変更して前記指令値を出力する、
レーザ装置。
- [請求項4] 請求項1に記載のレーザ装置であって、
前記繰返し周波数が前記第1の繰返し周波数から第2の繰返し周波数に変更されると、
前記指令値は、前記第1の値から前記第2の値まで複数パルスにわたって徐々に変更される、

レーザ装置。

[請求項5]

請求項4に記載のレーザ装置であって、

前記複数パルスにわたって徐々に変更される前記指令値の1パルス当たりの変更量は一定である、

レーザ装置。

[請求項6]

請求項4に記載のレーザ装置であって、

前記複数パルスにわたって徐々に変更される前記指令値の1パルス当たりの変更量は、前記第1の繰返し周波数と前記第2の繰返し周波数とに依存して決定される、

レーザ装置。

[請求項7]

請求項4に記載のレーザ装置であって、

前記複数パルスにわたって徐々に変更される前記指令値の1パルス当たりの変更量は、スペクトル幅偏差とパルスエネルギーのエネルギー安定性との両方がそれぞれの許容値を満たす値に決定される、

レーザ装置。

[請求項8]

請求項4に記載のレーザ装置であって、

前記複数パルスにわたって徐々に変更される前記指令値の1パルス当たりの変更量は、スペクトル幅偏差とパルスエネルギーのエネルギー安定性とのうちいずれか一方が許容値を満たす値に決定される、

レーザ装置。

[請求項9]

請求項4に記載のレーザ装置であって、

前記複数パルスにわたって徐々に変更される前記指令値の1パルス当たりの変更量は、前記第1の値の前記指令値を出力後、所定のパルス数以内に前記第2の値に達するように設定される、

レーザ装置。

[請求項10]

請求項9に記載のレーザ装置であって、

前記所定のパルス数は5パルスである、

レーザ装置。

- [請求項11] 請求項4に記載のレーザ装置であって、
前記第1の値から前記第2の値への前記指令値の変更量の目標値を ΔD 、所定のパルス数を N とすると、
前記プロセッサは、前記複数パルスにわたって徐々に変更される前記指令値の1パルス当たりの変更量 Δd を、
$$\Delta d = \Delta D / N$$

に設定する、
レーザ装置。
- [請求項12] 請求項1に記載のレーザ装置であって、
前記プロセッサは、前記繰返し周波数と前記指令値との関係をテーブルデータとして保持し、
前記テーブルデータに基づいて前記第1の値及び前記第2の値を特定する、
レーザ装置。
- [請求項13] 請求項1に記載のレーザ装置であって、
前記プロセッサは、前記繰返し周波数と前記指令値との関係をテーブルデータとして保持し、
前記繰返し周波数が前記第1の繰返し周波数から前記第2の繰返し周波数に変更されると、前記テーブルデータを参照して前記指令値の変更量を決定する、
レーザ装置。
- [請求項14] 請求項1に記載のレーザ装置であって、
前記プロセッサは、前記パルスレーザ光のパルスエネルギーを安定化させるために前記増幅器の励起電圧を制御する、
レーザ装置。
- [請求項15] 請求項14に記載のレーザ装置であって、
前記繰返し周波数が前記第1の繰返し周波数から第2の繰返し周波数に変更されると、

前記プロセッサは、前記第3の値の前記指令値が出力される複数パルスにわたって、前記励起電圧を徐々に変更する、

レーザ装置。

[請求項16]

請求項1に記載のレーザ装置であって、

前記増幅器は、前記レーザ媒質としてのレアガスとハロゲンガスとバッファガスとを含む混合ガスが収容されるチャンバを備える、

レーザ装置。

[請求項17]

レーザ発振方法であって、

繰返し周波数に同期した第1の放電タイミングでマスターオシレータからパルスレーザ光を出力することと、

前記パルスレーザ光が通過する増幅器のレーザ媒質を第2の放電タイミングで励起することにより前記パルスレーザ光を増幅することと、

前記第1の放電タイミングに対して遅延時間を追加した前記第2の放電タイミングをプロセッサが設定することと、を含み、

前記プロセッサが第1の繰返し周波数に対応する前記遅延時間の指令値として第1の値を保持し、前記第1の繰返し周波数と異なる第2の繰返し周波数に対応する前記遅延時間の指令値として第2の値を保持し、

前記プロセッサが前記第1の値の前記指令値を出力した後に前記繰返し周波数が前記第1の繰返し周波数から前記第2の繰返し周波数に変更されると、

前記第1の値と前記第2の値との間の第3の値の前記指令値を出力した後に前記第2の値の前記指令値を出力することを含む、

レーザ発振方法。

[請求項18]

電子デバイスの製造方法であって、

繰返し周波数に同期した第1の放電タイミングでパルスレーザ光を出力するマスターオシレータと、

前記パルスレーザ光が通過するレーザ媒質を第2の放電タイミングで励起することにより前記パルスレーザ光を増幅する増幅器と、

前記第1の放電タイミングに対して遅延時間を追加した前記第2の放電タイミングを設定するプロセッサであって、

第1の繰返し周波数に対応する前記遅延時間の指令値として第1の値を保持し、前記第1の繰返し周波数と異なる第2の繰返し周波数に対応する前記遅延時間の指令値として第2の値を保持し、

前記第1の値の前記指令値を出力した後に前記繰返し周波数が前記第1の繰返し周波数から前記第2の繰返し周波数に変更されると、

前記第1の値と前記第2の値との間の第3の値の前記指令値を出力した後に前記第2の値の前記指令値を出力するプロセッサと、

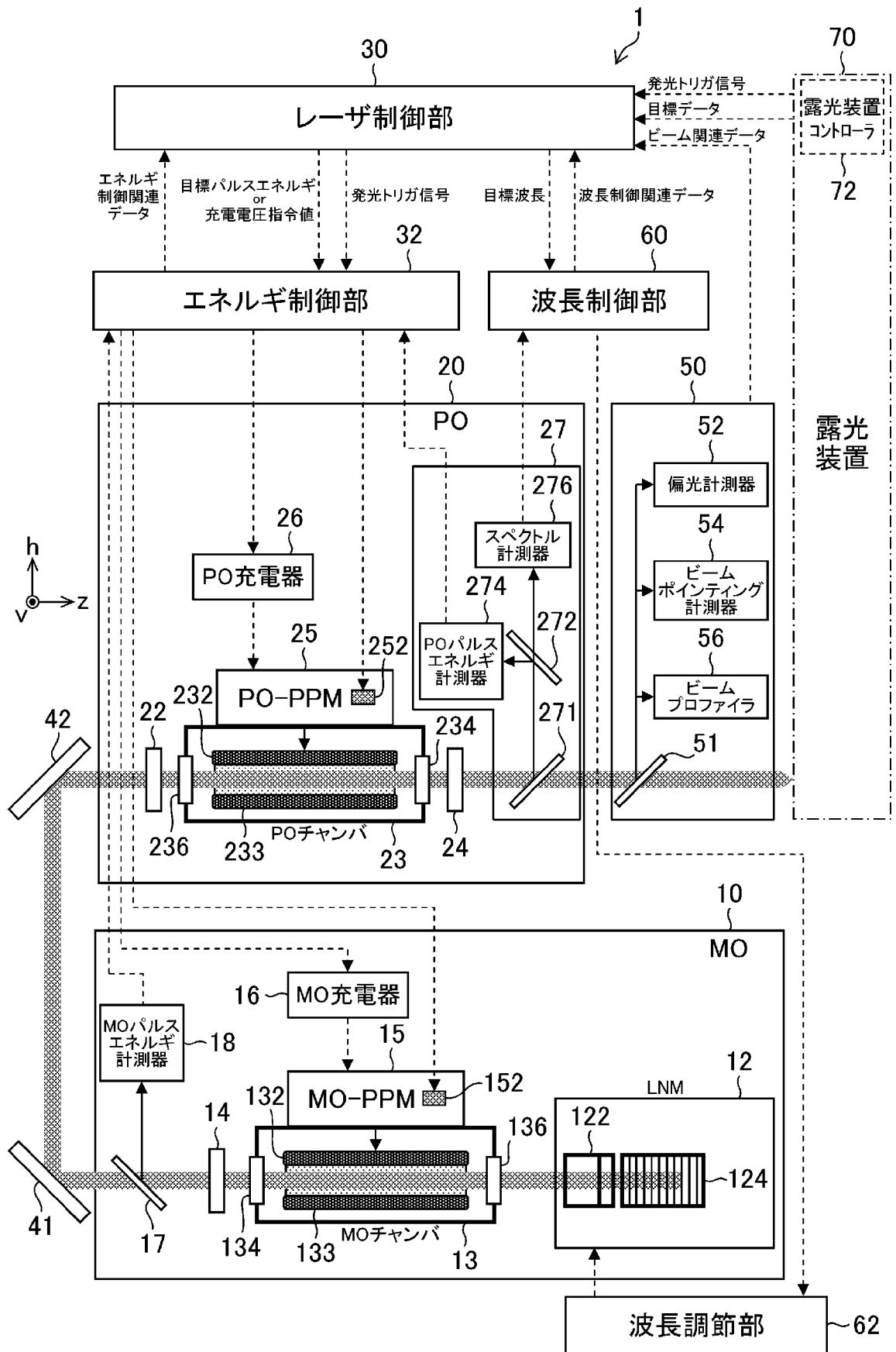
を備えるレーザ装置によってレーザ光を生成し、

前記レーザ光を露光装置に出力し、

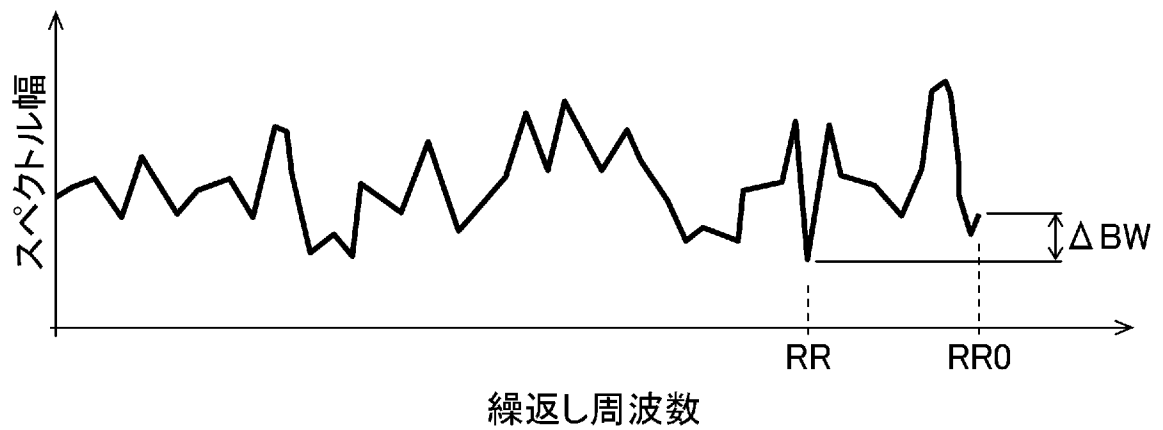
電子デバイスを製造するために、前記露光装置内で感光基板に前記レーザ光を露光することを含む、

電子デバイスの製造方法。

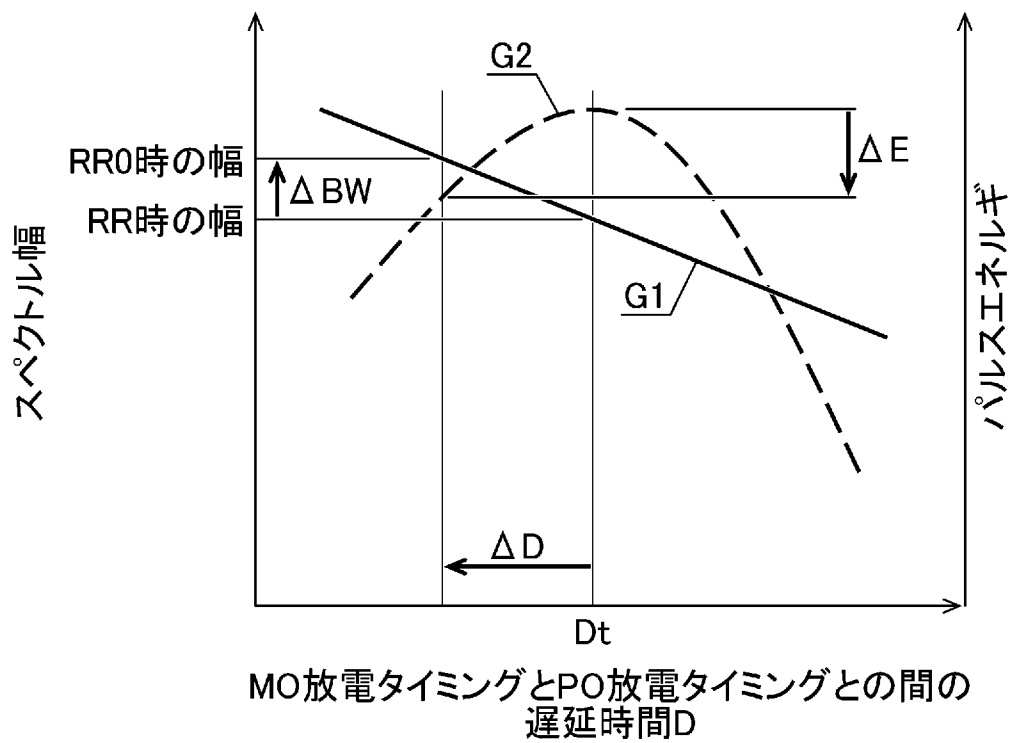
[図1]



[図2]



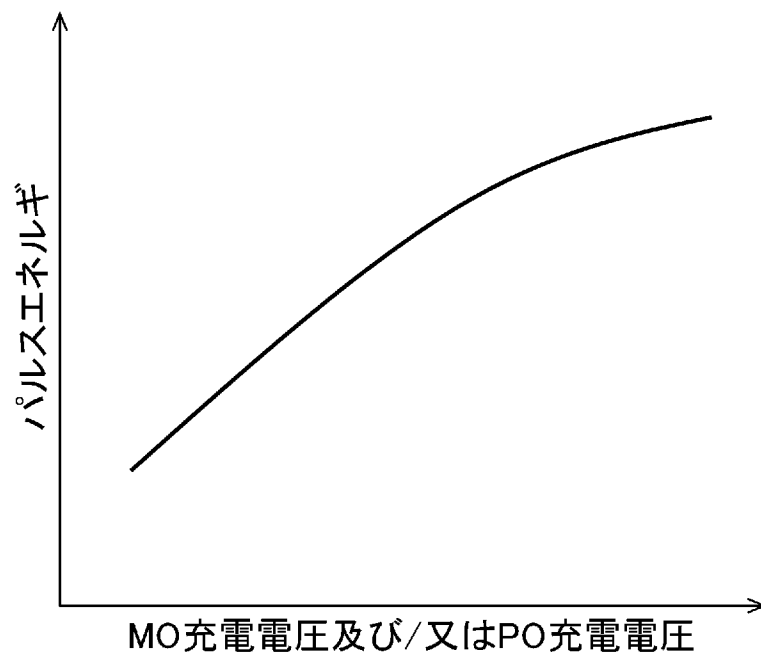
[図3]



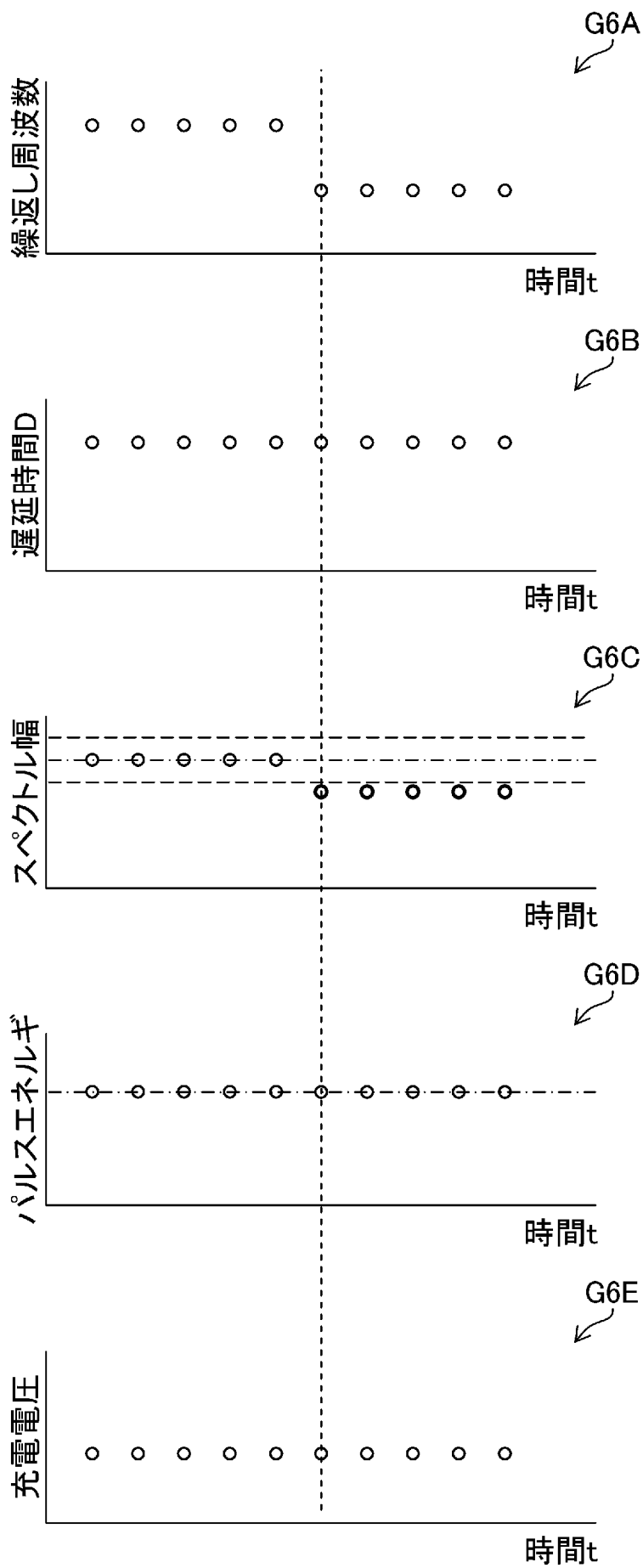
[図4]

RR	ΔD
RR1	$\Delta D1$
RR2	$\Delta D2$
⋮	

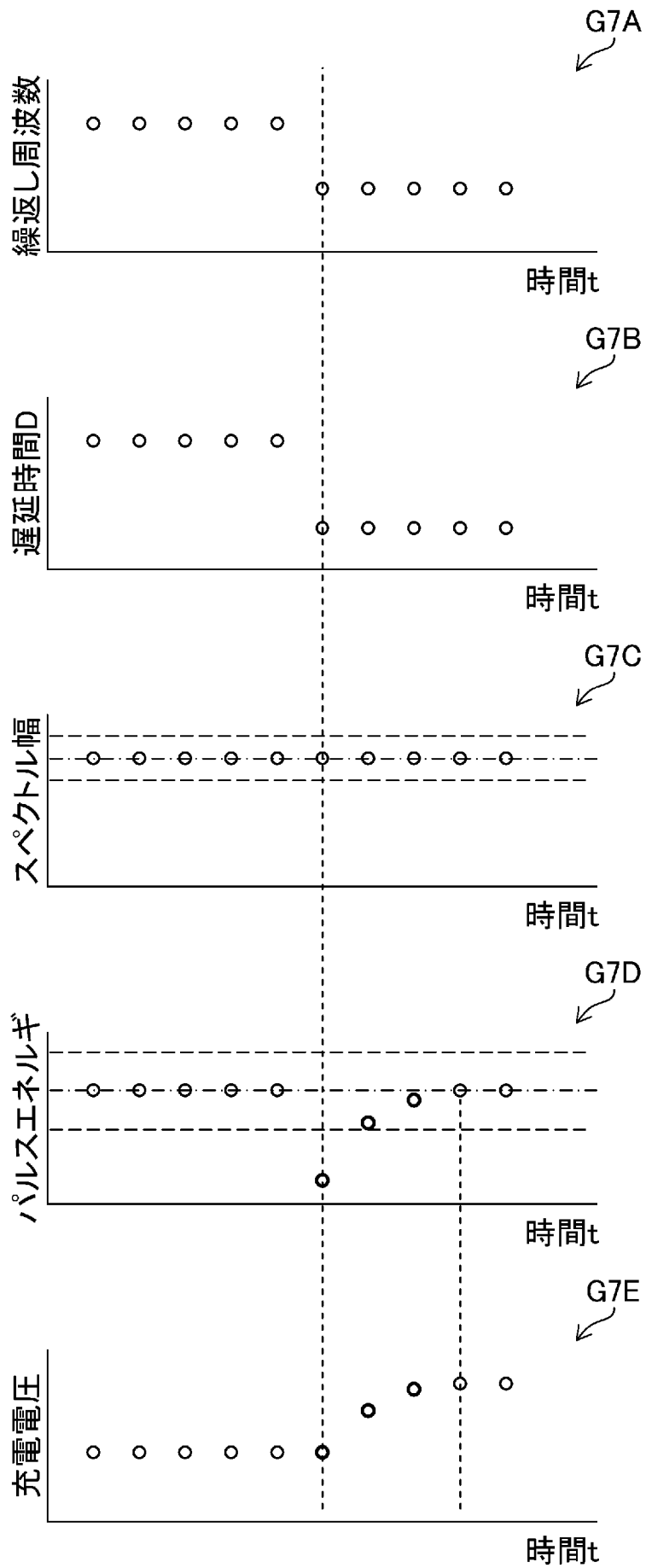
[図5]



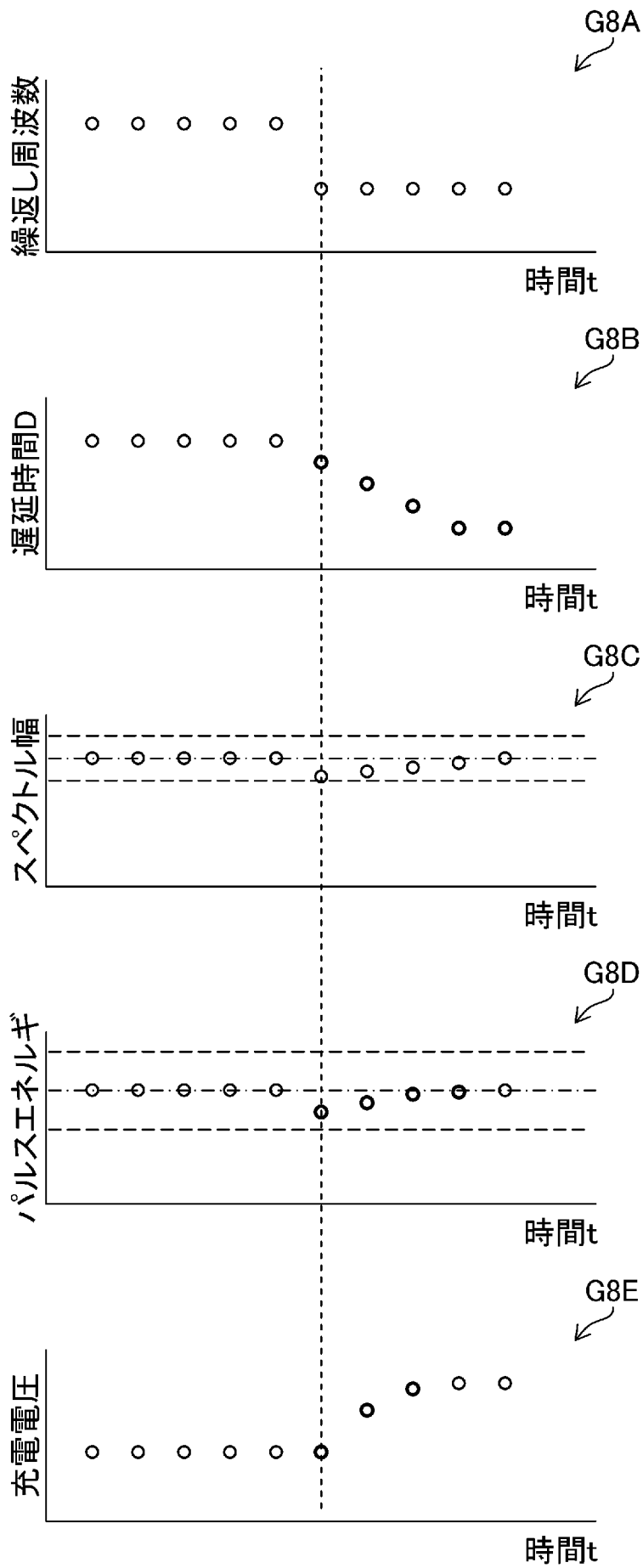
[図6]



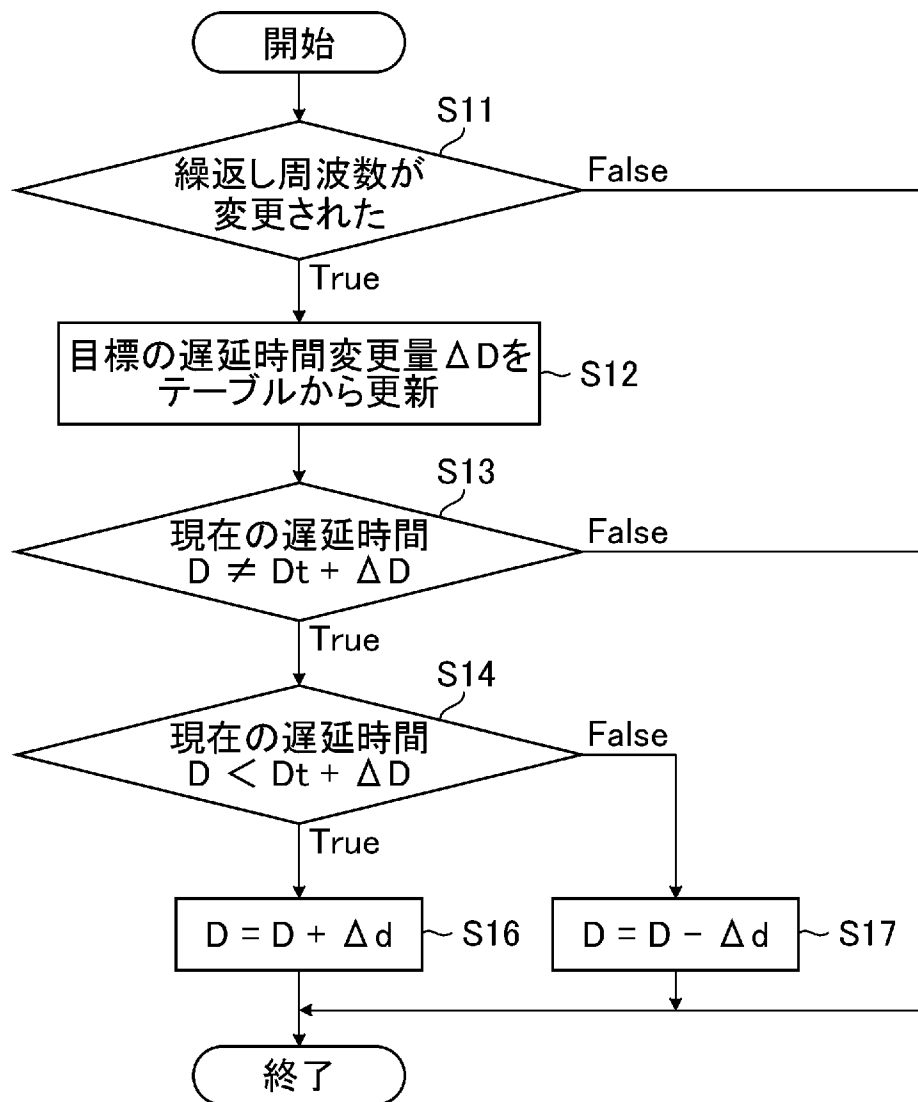
[図7]



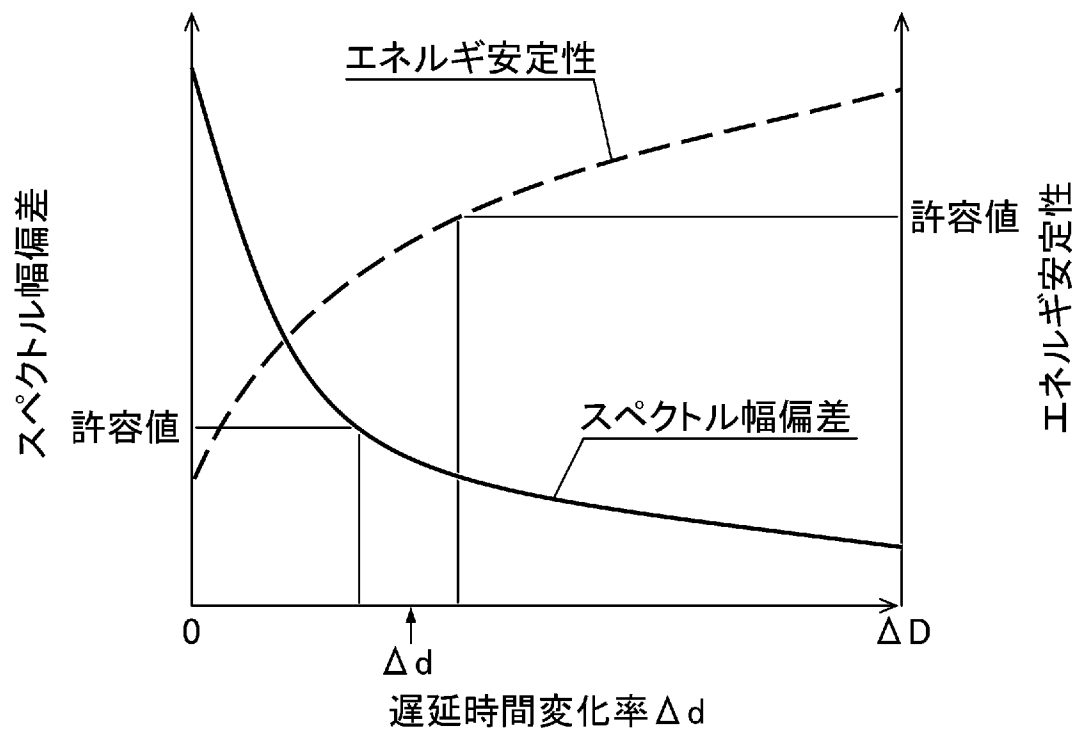
[図8]



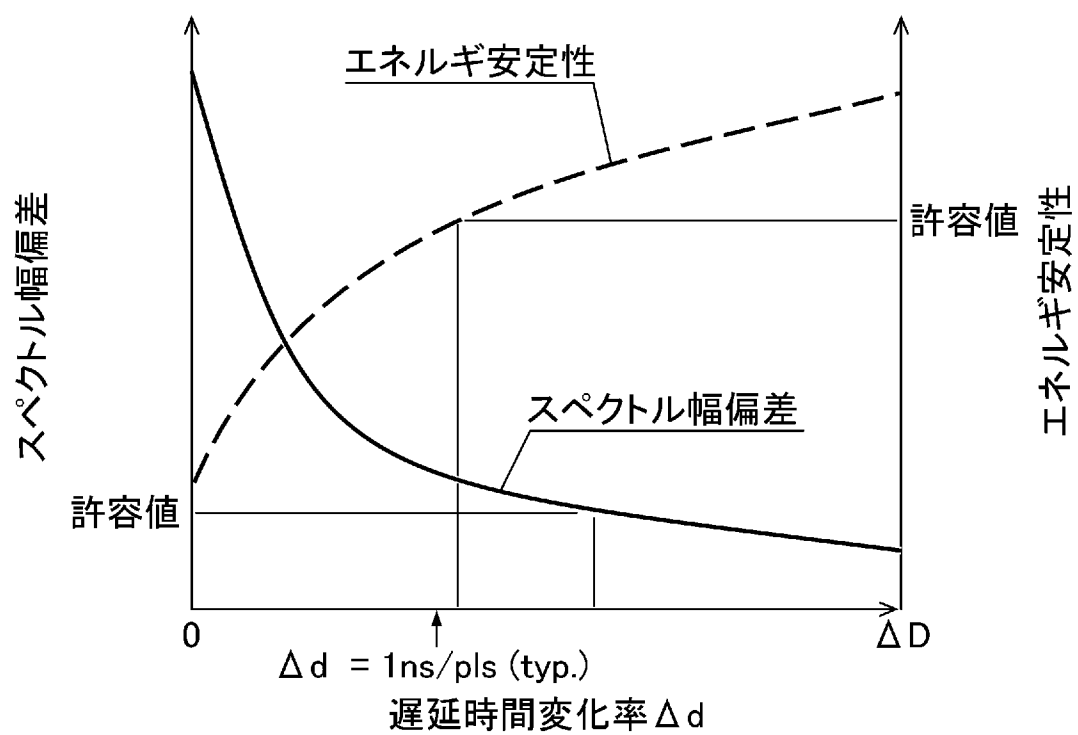
[図9]



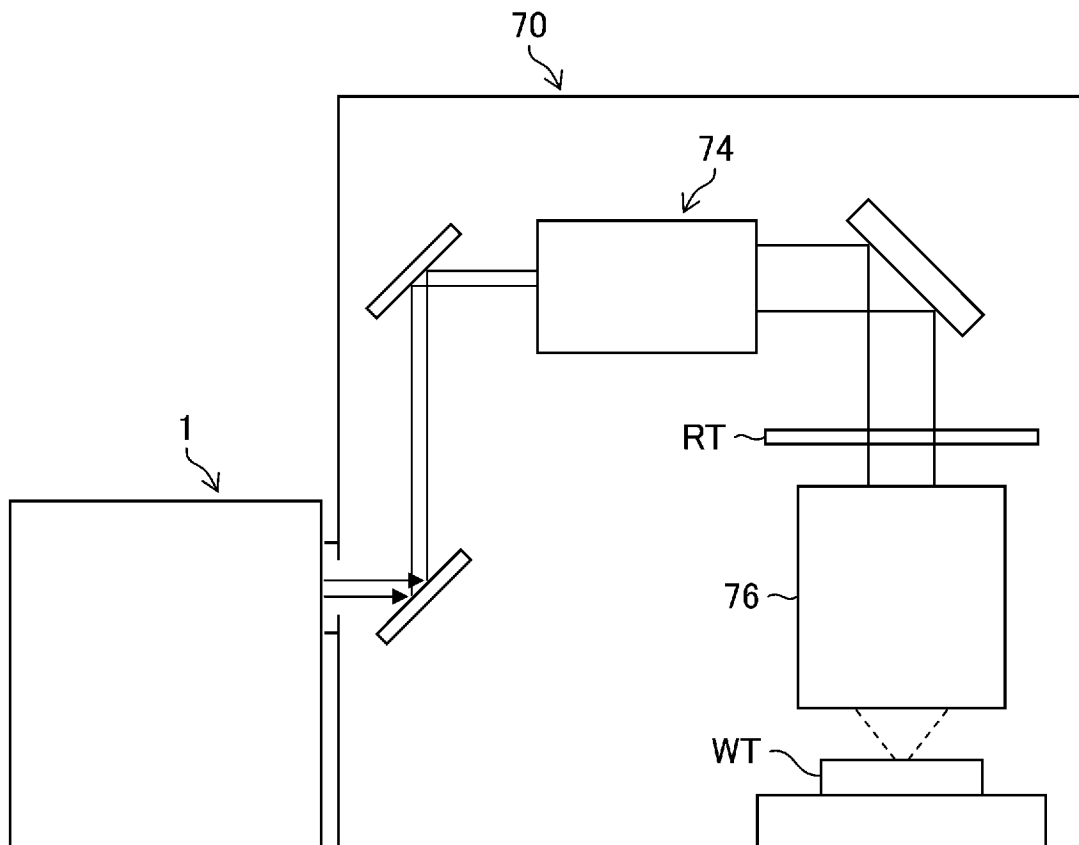
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/021685

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03F 7/20(2006.01)i; H01L 21/027(2006.01)i; H01S 3/134(2006.01)i
 FI: H01S3/134; G03F7/20 521; H01L21/30 515B

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)

H01S3/00-4/00; G03F7/20; H01L21/027

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-252147 A (KOMATSU MFG CO LTD) 15 September 2005 (2005-09-15) entire text, all drawings	1-18
A	JP 2009-099727 A (GIGAPHOTON INC) 07 May 2009 (2009-05-07) entire text, all drawings	1-18
A	JP 2012-199425 A (GIGAPHOTON INC) 18 October 2012 (2012-10-18) entire text, all drawings	1-18
A	WO 2017/026000 A1 (GIGAPHOTON INC) 16 February 2017 (2017-02-16) entire text, all drawings	1-18
A	WO 2017/149712 A1 (GIGAPHOTON INC) 08 September 2017 (2017-09-08) entire text, all drawings	1-18

☒ 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
 05 August 2021 (05.08.2021)

Date of mailing of the international search report
 17 August 2021 (17.08.2021)

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

International application No.

PCT/JP2021/021685

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-517278 A (CYMER LLC) 28 June 2018 (2018-06-28) entire text, all drawings	1-18
A	US 4410992 A (LASER SCIENCE, INC.) 18 October 1983 (1983-10-18) entire text, all drawings	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/021685

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2005-252147 A	15 Sep. 2005	(Family: none)	
JP 2009-099727 A	07 May 2009	(Family: none)	
JP 2012-199425 A	18 Oct. 2012	US 2012/0243565 A1 entire text, all drawings	
WO 2017/026000 A1	16 Feb. 2017	US 2018/0123312 A1 entire text, all drawings	
WO 2017/149712 A1	08 Sep. 2017	CN 107851958 A US 2018/0375283 A1 entire text, all drawings	
JP 2018-517278 A	28 Jun. 2018	US 2016/0299441 A1 entire text, all drawings	
US 4410992 A	18 Oct. 1983	WO 2016/164157 A1 TW 201640246 A KR 10-2017-0136575 A CN 107925214 A (Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G03F 7/20(2006.01)i; H01L 21/027(2006.01)i; H01S 3/134(2006.01)i FI: H01S3/134; G03F7/20 521; H01L21/30 515B														
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）） H01S3/00-4/00; G03F7/20; H01L21/027														
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
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 2005-252147 A（株式会社小松製作所）15.09.2005（2005 - 09 - 15） 全文, 全図	1-18												
A	JP 2009-099727 A（ギガフォトン株式会社）07.05.2009（2009 - 05 - 07） 全文, 全図	1-18												
A	JP 2012-199425 A（ギガフォトン株式会社）18.10.2012（2012 - 10 - 18） 全文, 全図	1-18												
A	WO 2017/026000 A1（ギガフォトン株式会社）16.02.2017（2017 - 02 - 16） 全文, 全図	1-18												
A	WO 2017/149712 A1（ギガフォトン株式会社）08.09.2017（2017 - 09 - 08） 全文, 全図	1-18												
A	JP 2018-517278 A（サイマー リミテッド ライアビリティ カンパニー）28.06.2018 (2018 - 06 - 28) 全文, 全図	1-18												
A	US 4410992 A（LASER SCIENCE, INC.）18.10.1983（1983 - 10 - 18） 全文, 全図	1-18												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 05.08.2021	国際調査報告の発送日 17.08.2021													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 大西 孝宣 2K 6006 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/JP2021/021685

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2005-252147	A	15.09.2005	(ファミリーなし)	
JP	2009-099727	A	07.05.2009	(ファミリーなし)	
JP	2012-199425	A	18.10.2012	US 2012/0243565	A1
				全文, 全図	
WO	2017/026000	A1	16.02.2017	US 2018/0123312	A1
				全文, 全図	
				CN 107851958	A
WO	2017/149712	A1	08.09.2017	US 2018/0375283	A1
				全文, 全図	
JP	2018-517278	A	28.06.2018	US 2016/0299441	A1
				全文, 全図	
				WO 2016/164157	A1
				TW 201640246	A
				KR 10-2017-0136575	A
				CN 107925214	A
US	4410992	A	18.10.1983	(ファミリーなし)	