

(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
2020年9月3日(03.09.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/175214 A1

(51) 国際特許分類:

H01S 3/00 (2006.01) H01S 5/0683 (2006.01)
H01S 5/062 (2006.01)

SOLUTIONS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178520 京都府長岡京市神足焼町1番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 左文字 克哉(SAMONJI, Katsuya).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/006076

(22) 国際出願日: 2020年2月17日(17.02.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2019-034777 2019年2月27日(27.02.2019) JP

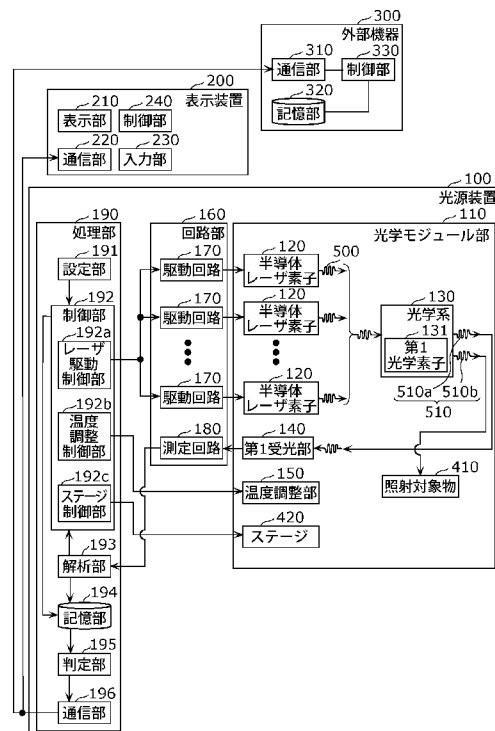
(74) 代理人: 新居 広守, 外 (NII, Hiromori et al.); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目3番10号タナカ・イトーピア新大阪ビル6階新居国際特許事務所内 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, 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, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(71) 出願人: パナソニックセミコンダクターソリューションズ株式会社 (PANASONIC SEMICONDUCTOR

(54) Title: LIGHT SOURCE DEVICE

(54) 発明の名称: 光源装置



- 100 Light source device
- 110 Optical module unit
- 120 Semiconductor laser element
- 130 Optical system
- 131 First optical element
- 140 First light receiving unit
- 150 Temperature adjusting unit
- 160 Circuit unit
- 170 Drive circuit
- 180 Measurement circuit
- 190 Processing unit
- 191 Setting unit
- 192, 240, 330 Control unit
- 192a Laser drive control unit
- 192b Temperature adjusting control unit
- 192c Stage control unit
- 193 Analyzing unit
- 194, 320 Storage unit
- 195 Determination unit
- 196, 220, 310 Communication unit
- 200 Display device
- 210 Display unit
- 230 Input unit
- 300 External apparatus
- 410 Object to be irradiated
- 420 Stage

(57) Abstract: A light source device (100) is provided with: a first optical element (131) for propagating output light (500) from semiconductor laser elements (120); a first light receiving unit (140) for receiving first propagating light (510a) that has propagated through the first optical element (131); a laser drive control unit (192a) for controlling the semiconductor laser elements (120); and a measuring circuit (180) for measuring a first output value indicating the received light intensity of the first propagating light (510a) received in the first light receiving unit (140). The first light receiving unit (140) is

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

arranged downstream of the first optical element (131). The laser drive control unit (192a) causes the semiconductor laser elements (120) to be driven with a plurality of mutually different drive currents. A measurement circuit (180) measures the first output value of the first propagating light (510a) received in the first light receiving unit (140) with respect to each of the plurality of mutually different drive current values.

(57) 要約：光源装置（100）は、半導体レーザ素子（120）からの出射光（500）を伝播する第1光学素子（131）と、第1光学素子（131）を伝播した第1伝播光（510a）を受光する第1受光部（140）と、半導体レーザ素子（120）を制御するレーザ駆動制御部（192a）と、第1受光部（140）において受光された第1伝播光（510a）の受光強度を示す第1出力値を測定する測定回路（180）と、を備える。第1受光部（140）は、第1光学素子（131）の後段に配置される。レーザ駆動制御部（192a）は、互いに異なる複数の駆動電流で半導体レーザ素子（120）を駆動させる。測定回路（180）は、互いに異なる複数の駆動電流の値に対する第1受光部（140）において受光された第1伝播光（510a）のそれぞれの第1出力値を測定する。

明 細 書

発明の名称：光源装置

技術分野

[0001] 本開示は、半導体レーザ素子を備える光源装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、半導体レーザ素子等のレーザ素子から出力されたレーザ光を検出して、半導体レーザ素子に印加する電流の値を制御する装置がある（例えば、特許文献 1 参照）。

[0003] 特許文献 1 に開示されているレーザ素子（半導体レーザ素子）を備える装置の一例であるレーザ発光装置（光源装置）は、複数のレーザ素子と、複数のレーザ素子から出射されるレーザ光量分布を均一化する光学素子と、複数のレーザ素子の各々が出力するレーザ光の一部を受光する受光素子と、測定部と、制御部と、を備える。測定部は、複数のレーザ素子の動作電流の値、及び、動作電流の値に対するレーザ光の出力値との関係を少なくとも測定する。制御部は、測定部で測定した複数のレーザ素子の動作電流の値、及び、動作電流の値に対するレーザ光の出力値との関係に基づき、複数のレーザ素子の少なくとも 1 つのレーザ素子を、他のレーザ素子の光出力と異なるように動作させる。

[0004] これにより、発光効率の低いレーザ素子に対して発光効率の高いレーザ素子からの出力を大きくして動作させることができる。すなわち、高効率のレーザ素子を優先して用いることにより、レーザ発光装置全体の消費電力を低くすることができる。また、初期不良又は調整不良であるレーザ素子の出力を抑えることで、レーザ素子の寿命を長くすることができる。そのため、従来のレーザ発光装置によれば、時間変化に対して安定した光出力でレーザ光を出力できる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2008/041648号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、従来の光源装置では、例えば、レーザ光の配光を制御するための光学系が劣化して従来の光源装置から出力されるレーザ光の光出力が変化した場合においても、光学系の劣化による光出力の変化か半導体レーザ素子の劣化による光出力の変化かを判別することができない。

[0007] 本開示は、光学系の劣化による光出力の変化か半導体レーザ素子の劣化による光出力の変化かを判別することができる光源装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一態様に係る半導体レーザ装置は、半導体レーザ素子と、前記半導体レーザ素子からの出射光を伝播する第1光学素子を有する光学系と、前記第1光学素子の少なくとも一部を伝播した第1伝播光を受光する第1受光部と、前記半導体レーザ素子の駆動電流を制御するレーザ駆動制御部と、前記第1受光部において受光された前記第1伝播光の受光強度を示す第1出力値を測定する受光強度測定部と、を備え、前記第1受光部は、前記第1光学素子の後段に配置され、前記レーザ駆動制御部は、互いに異なる複数の駆動電流で前記半導体レーザ素子を駆動させ、前記受光強度測定部は、前記互いに異なる複数の駆動電流の値に対する前記第1受光部において受光された前記第1伝播光のそれぞれの前記第1出力値を測定する。

発明の効果

[0009] 本開示の一態様に係る光源装置によれば、光学系の劣化による光出力の変化か半導体レーザ素子の劣化による光出力の変化かを判別することができる。

。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、実施の形態1に係る光源装置の特徴的な機能構成を示すブロック図である。

[図2A]図2 Aは、実施の形態1に係る光源装置の一例を模式的に示す概略図である。

[図2B]図2 Bは、実施の形態1に係る光源装置の一例を模式的に示す概略図である。

[図3]図3は、実施の形態1に係る光源装置が実行する半導体レーザ素子と第1光学素子との劣化度合いを判定する処理手順を示すフローチャートである。

[図4]図4は、実施の形態1に係る光源装置が実行する特性解析処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図5]図5は、実施の形態1に係る光源装置が実行する初期データ記憶処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図6]図6は、実施の形態1に係る光源装置が実行するデータ記憶処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図7]図7は、実施の形態1に係る光源装置が記憶するデータテーブルの一例を示す表である。

[図8]図8は、実施の形態1に係る光源装置が実行する劣化判定処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図9]図9は、実施の形態1に係る光源装置が実行する故障判定処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図10]図10は、実施の形態1に係る光源装置におけるしきい値電流の値に対するスロープ効率の変化の一例を示すグラフである。

[図11]図11は、実施の形態1に係る光源装置が実行する寿命予測処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図12]図12は、実施の形態1に係る光源装置が備える半導体レーザ素子の累積使用時間に対するしきい値電流の値の増加の一例を示すグラフである。

[図13]図13は、実施の形態1に係る光源装置が備える半導体レーザ素子の累積使用時間に対するスロープ効率の低下の一例を示すグラフである。

[図14]図14は、実施の形態1に係る光源装置の一例において、第1光学素

子の劣化箇所を説明するための概略図である。

[図15]図15は、実施の形態2に係る光源装置の特徴的な機能構成を示すブロック図である。

[図16]図16は、実施の形態2に係る光源装置が備える光学モジュール部の詳細を説明するためのブロック図である。

[図17]図17は、実施の形態2に係る光源装置の一例を模式的に示す概略図である。

[図18]図18は、実施の形態2に係る光源装置が実行する半導体レーザ素子と第1光学素子及び第2光学素子との劣化度合いを判定する処理手順を示すフローチャートである。

[図19]図19は、実施の形態2に係る光源装置が実行する特性解析処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図20]図20は、実施の形態2に係る光源装置が実行する初期データ記憶処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図21]図21は、実施の形態2に係る光源装置が実行するデータ記憶処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図22]図22は、実施の形態2に係る光源装置が記憶するデータテーブルの一例を示す表である。

[図23]図23は、実施の形態2に係る光源装置が実行する劣化判定処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図24]図24は、実施の形態2に係る光源装置が実行する故障判定処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図25]図25は、実施の形態2に係る光源装置が備える判定部がスロープ効率に基づいて実行する第1光学素子及び第2光学素子の劣化度合いの判定結果の一例を示す表である。

[図26]図26は、実施の形態2に係る光源装置が実行する寿命予測処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

[図27]図27は、実施の形態2に係る光源装置が備える半導体レーザ素子の

累積使用時間に対するスロープ効率の変化の一例を示すグラフである。

[図28]図 28 は、実施の形態 2 に係る光源装置が備える半導体レーザ素子の累積使用時間に対するスロープ効率の変化の別の一例を示すグラフである。

[図29]図 29 は、変形例 1 に係る光学モジュール部の一例を模式的に示す概略図である。

[図30]図 30 は、変形例 2 に係る光学モジュール部の一例を模式的に示す概略図である。

[図31]図 31 は、変形例 3 に係る光源装置が備える半導体レーザ素子の累積使用時間に対するスロープ効率の低下の具体例を示すグラフである。

[図32]図 32 は、変形例 3 に係る光源装置の特徴的な機能構成を示すブロック図である。

[図33]図 33 は、変形例 3 に係る光源装置が実行する劣化判定処理の詳細を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して、本開示の実施の形態を詳細に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序等は、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。

[0012] なお、各図は模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。したがって、例えば、各図において縮尺等は必ずしも一致しない。また、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、実質的に同一の構成に対する重複説明は省略又は簡略化する場合がある。

[0013] (実施の形態 1)

[構成]

まず、図 1、図 2 A 及び図 2 B を参照して、実施の形態 1 に係る光源装置の構成について説明する。

[0014] 図 1 は、実施の形態 1 に係る光源装置 100 の特徴的な機能構成を示すブ

ロック図である。図2A及び図2Bは、実施の形態1に係る光源装置100の一例を模式的に示す概略図である。

[0015] 光源装置100は、レーザ光を出力する装置である。光源装置100は、例えば、図2A及び図2Bに示す照射対象物410をレーザ光によって加工するレーザ加工機に用いられる。なお、図2A及び図2Bには、一例として、光源装置100が半導体レーザ素子120を4つ備える場合を例示しているが、光源装置100が備える半導体レーザ素子120の数は、特に限定されない。光源装置100は、半導体レーザ素子120を1つ備えてもよいし、複数備えてもよい。

[0016] 図1に示すように、光源装置100は、光学モジュール部110と、回路部160と、処理部190と、を備える。

[0017] 光学モジュール部110は、レーザ光を出力する光源部である。光学モジュール部110は、半導体レーザ素子120と、光学系130と、第1受光部140と、温度調整部150と、ステージ420と、を備える。

[0018] 半導体レーザ素子120は、レーザ光を出力する半導体素子である。光学モジュール部110が備える半導体レーザ素子120の数は、1以上であればよく、特に限定されない。本実施の形態では、光学モジュール部110は、半導体レーザ素子120を複数（より具体的には、 N ($N \geq 2$) 個) 備える。なお、図2A及び図2Bには、一例として、光源装置100が半導体レーザ素子120を4つ備える場合を示している。

[0019] 半導体レーザ素子120が出力するレーザ光（出射光）の波長は、例えば、550nm以下、より好ましくは500nm以下である。半導体レーザ素子120は、例えば、窒化物半導体で構成される。

[0020] 複数の半導体レーザ素子120は、それぞれ光学系130へ向けてレーザ光を出力する。

[0021] 光学系130は、半導体レーザ素子120から出力されたレーザ光の配光を制御する。具体的には、光学系130は、半導体レーザ素子120から出力されたレーザ光のコリメート、合波、集光等を行い、後述する照射対象物

410又は第1受光部140に向けて配光を制御したレーザ光を出力する。

[0022] 光学系130は、第1光学素子131を備える。

[0023] 光学系130は、第1光学素子131によって、半導体レーザ素子120からの出射光500を伝播する。第1光学素子131は、例えば、半導体レーザ素子120から出力されたレーザ光の配光の制御や伝播を行う。第1光学素子131は、レンズ、ミラー、及び、光導波路の少なくとも1つを含む。図2A及び図2Bには、第1光学素子131の一例として、コリメータレンズ131a、131b、集光レンズ131c、光ファイバ131d、及び、加工ヘッド131eを示している。加工ヘッド131eは、第1光学素子131の一例である、コリメータレンズ131f及び集光レンズ131gを含む。

[0024] 第1受光部140は、光学系130（具体的には、第1光学素子131）の少なくとも一部を伝播した第1伝播光510aを受光する光センサである。第1受光部140は、回路部160と制御線で接続されており、検出した出力値（アナログ値）を回路部160に出力する。具体的には、第1受光部140は、回路部160が有する測定回路（受光強度測定部）180と制御線で接続されており、検出した出力値を測定回路180に出力する。

[0025] 第1受光部140は、第1光学素子131の後段に配置される。例えば、第1受光部140は、光学系130が第1光学素子131以外に複数の光学素子を有する場合、光学系130が有する全ての光学素子の後段、つまり、光学系130の後段に配置される。

[0026] 温度調整部150は、半導体レーザ素子120の温度を制御するための変温器である。温度調整部150は、例えば、半導体レーザ素子120を加熱又は冷却することで、半導体レーザ素子120の温度を制御する。温度調整部150は、例えば、ペルチェ素子である。半導体レーザ素子120は、例えば、温度調整部150に搭載されている。

[0027] ステージ420は、第1受光部140、及び、光源装置100の外部から持ち込まれる照射対象物410を保持する。第1受光部140は、ステージ

420に保持された状態で後述する第1伝播光510aを照射され、照射対象物410は、ステージ420に保持された状態で後述する第1伝播光510bを照射される。

[0028] なお、以下の説明においては、第1伝播光510aと第1伝播光510bとをあわせて第1伝播光510と記載する場合がある。

[0029] 回路部160は、処理部190及び光学モジュール部110と接続されており、処理部190からの指示に基づいて、光学モジュール部110の動作を制御する。回路部160は、例えば、アナログ回路であり、機能的には、駆動回路170と、測定回路180と、を備える。

[0030] 駆動回路170は、半導体レーザ素子120を駆動するための回路である。本実施の形態では、回路部160は、複数の半導体レーザ素子120をそれぞれ独立して駆動できるように、半導体レーザ素子120と同じ数だけの駆動回路170を備える。例えば、光学モジュール部110がN個の半導体レーザ素子120を有する場合、回路部160は、N個の駆動回路170を有する。

[0031] 測定回路180は、第1受光部140において受光された第1伝播光510aの受光強度を示す第1出力値を測定する。具体的には、測定回路180は、第1受光部140から出力されたアナログの出力値をデジタルの出力値に変換するAD (Analog to Digital) 変換器である。測定回路180は、第1出力値を処理部190（より具体的には、処理部190が有する解析部193）に出力する。

[0032] 処理部190は、回路部160の動作を制御する。具体的には、処理部190は、回路部160を制御することで、半導体レーザ素子120の駆動電流を制御する。

[0033] 処理部190は、機能的には、設定部191と、制御部192と、解析部193と、記憶部194と、判定部（劣化判定部）195と、通信部196と、を備える。

[0034] 設定部191は、半導体レーザ素子120の駆動電流の値を設定する。例

例えば、設定部 191 は、ユーザが操作する表示装置 200 から半導体レーザ素子 120 の駆動電流の値を示す情報を取得し、取得した駆動電流の値を記憶部 194 に記憶させる。また、設定部 191 は、光学モジュール部 110 が複数の半導体レーザ素子 120 を有する場合、使用する半導体レーザ素子 120 を選択する。例えば、設定部 191 は、ユーザが操作する表示装置 200 から使用する半導体レーザ素子 120 を示す情報を取得し、取得した使用する半導体レーザ素子 120 を示す情報を記憶部 194 に記憶させる。なお、設定部 191 は、通信インターフェースを有し、表示装置 200 と通信可能に接続されていてもよいし、通信部 196 を介して表示装置 200 と通信してもよい。

[0035] 制御部 192 は、半導体レーザ素子 120 の駆動電流を制御するレーザ駆動制御部 192a と、温度調整部 150 を制御する温度調整制御部 192b と、第 1 受光部 140 および照射対象物 410 を保持するステージ 420 の駆動を制御するステージ制御部 192c と、を備える。具体的には、制御部 192 のレーザ駆動制御部 192a は、回路部 160 が有する駆動回路 170 を制御することで、設定部 191 が設定した使用する半導体レーザ素子 120 に、設定部 191 が設定した駆動電流の値だけ電流を半導体レーザ素子 120 に印加させて、半導体レーザ素子 120 を駆動させる。レーザ駆動制御部 192a は、例えば、後述する検査モードにおいては、互いに異なる複数の駆動電流で半導体レーザ素子 120 を 1 つずつ駆動させる。この場合、測定回路 180 は、互いに異なる複数の駆動電流の値に対する第 1 受光部 140 において受光された第 1 伝播光 510a のそれぞれの第 1 出力値を測定する。

[0036] 例えば、レーザ駆動制御部 192a は、光学モジュール部 110 が半導体レーザ素子 120 を複数備える場合、複数の半導体レーザ素子 120 をそれぞれ異なるタイミングで駆動させる。また、第 1 受光部 140 は、それぞれ異なるタイミングで駆動された複数の半導体レーザ素子 120 に対応する第 1 伝播光 510a の少なくとも一部をそれぞれ受光する。また、測定回路 1

80は、複数の半導体レーザ素子120それぞれについて、駆動電流の複数の値に対する第1受光部140のそれぞれの出力を測定する。つまり、制御部192は、複数の半導体レーザ素子120をそれぞれ互いに異なるタイミングで駆動させる。また、第1受光部140は、それぞれ互いに異なるタイミングで駆動された複数の半導体レーザ素子のそれぞれに対する第1伝播光510aの少なくとも一部をそれぞれ受光する。また、測定回路180は、複数の半導体レーザ素子120のそれぞれについて、互いに異なる駆動電流の値に対する第1受光部140において受光された第1伝播光510aのそれぞれの第1出力値を測定する。

[0037] また、制御部192の温度調整制御部192bは、例えば、温度調整部150を制御することで、半導体レーザ素子120の温度を制御する。設定部191は、半導体レーザ素子120の温度を設定してもよい。例えば、設定部191は、ユーザが操作する表示装置200から半導体レーザ素子120の温度を示す情報を取得し、取得した温度を記憶部194に記憶させる。温度調整制御部192bは、例えば、設定部191が設定した温度に基づいて、温度調整部150を制御することで、半導体レーザ素子120の温度を制御する。

[0038] 例えば、測定回路180が第1出力値を測定するとき、半導体レーザ素子120の温度は、温度調整制御部192bによって温度調整部150が制御されることで、予め定められた温度である基準温度の $\pm 5^{\circ}\text{C}$ の範囲内に制御される。

[0039] また、制御部192のステージ制御部192cは、第1受光部140及び照射対象物410を保持するステージ420の位置、高さ、温度等を制御する。具体的には、第1受光部140に光学系130を伝播した第1伝播光510aを照射する、または、照射対象物410に光学系130を伝播した第1伝播光510bを照射するため、第1受光部140及び照射対象物410を保持した状態でステージ420の位置及び高さを調整する。第1受光部140を照射する第1伝播光510aと、照射対象物410を照射する第1伝

播光 510b とは、照射する対象が異なるだけで、同じ半導体レーザ素子から出射され同じ光学系 130 を伝播した第 1 伝播光 510 である。照射対象物 410 は、例えば、光源装置 100 が加工装置の場合、加工装置の外部から持ち込まれる加工対象物である。

[0040] また、制御部 192 は、半導体レーザ素子 120 を駆動させた時間（つまり、半導体レーザ素子 120 にレーザ光を出力させた時間）の合計である累積使用時間 t を計測する。制御部 192 は、例えば、時間を計測するために、RTC (Real Time Clock) 等の計時部を有していてもよい。制御部 192 は、計測した、半導体レーザ素子 120 を駆動させた時間である累積使用時間 t を記憶部 194 に記憶させる。

[0041] 解析部 193 は、測定回路 180 から取得した半導体レーザ素子 120 のレーザ光の出力値に基づいて、しきい値電流の値（しきい値電流 I_{th} ）と、スロープ効率 S_s とを算出する。

[0042] しきい値電流 I_{th} は、半導体レーザ素子 120 においてレーザ光を発振する電流の値である。

[0043] スロープ効率 S_s は、レーザ光を発振する電流の値における、電流の値に対する光出力の変化量（つまり、傾き）である。解析部 193 は、しきい値電流 I_{th} と、スロープ効率 S_s とを算出するために、レーザ光を発振する電流の値における、2つの電流の値に対する光出力を取得する。言い換えると、制御部 192 は、レーザ光を発振する電流の値における、2つの電流の値に対する光出力を解析部 193 に取得させるように、半導体レーザ素子 120（具体的には、駆動回路 170）を制御する。光学モジュール部 110 が半導体レーザ素子 120 を複数備える場合、制御部 192 は、複数の半導体レーザ素子 120 をそれぞれ個別に駆動させることで、半導体レーザ素子 120 それぞれのレーザ光を発振する電流の値における、2つの電流の値に対する光出力を解析部 193 に取得させる。

[0044] 記憶部 194 は、解析部 193 が算出したしきい値電流 I_{th} と、スロープ効率 S_s とを記憶する。より具体的には、記憶部 194 は、解析部 193 が算

出したしきい値電流 I_{th} と、スロープ効率 S_s とを、予め定められた時間ごとに記憶する。記憶部 194 は、例えば、光学モジュール部 110 が複数の半導体レーザ素子 120 を有する場合、解析部 193 が算出したしきい値電流 I_{th} と、スロープ効率 S_s と、半導体レーザ素子 120 を駆動させた時間とを、後述する図 7 に示すデータテーブル 340 のように、半導体レーザ素子 120 ごとに関連付けて記憶する。

[0045] また、記憶部 194 は、例えば、設定部 191 が設定した、半導体レーザ素子 120 の駆動電流の値、及び、使用する半導体レーザ素子 120 を記憶する。

[0046] また、記憶部 194 は、例えば、処理部 190 が実行する制御プログラムを記憶する。

[0047] 記憶部 194 は、例えば、HDD (Hard Disk Drive)、不揮発性メモリ等である。

[0048] 判定部 195 は、解析部 193 が算出した、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_s とから、半導体レーザ素子 120 及び光学系 130 の劣化度合いを判定する。具体的には、判定部 195 は、しきい値電流 I_{th} から半導体レーザ素子 120 の劣化度合いを判定し、且つ、スロープ効率 S_s から光学系 130 が有する第 1 光学素子 131 の劣化度合いを判定する。

[0049] 半導体レーザ素子 120 と第 1 光学素子 131 とでは、それぞれ劣化の過程で特徴が異なる。半導体レーザ素子 120 の劣化過程では、しきい値電流 I_{th} の増大とスロープ効率 S_s の低下とが同時に発生する。一方、第 1 光学素子 131 の劣化過程では、しきい値電流 I_{th} の増大は観測されず、スロープ効率 S_s の低下のみが発生する。なぜなら、第 1 光学素子 131 の劣化は、伝搬光 510a の透過率が低下する現象だからである。

[0050] したがって、半導体レーザ素子 120 の劣化過程で発生するしきい値電流 I_{th} の増大量とスロープ効率 S_s の低下量との相関関係を事前に定量的に知っていれば、半導体レーザ素子 120 の劣化と第 1 光学素子 131 との劣化を切り分けて判断することができる。

- [0051] たとえば、図10の説明で後述するように、しきい値電流 I_{th} の増大とスロープ効率 S_s の低下とがそれぞれ一定量あったとする。このとき、スロープ効率 S_s の低下量が、半導体レーザ素子120の劣化過程で想定されるスロープ効率 S_s の低下量（例えば、しきい値電流 I_{th} の増大量から決まる低下量）よりも多いと、第1光学素子131の劣化が発生していると判断できる。また、窒化物半導体で構成される半導体レーザ素子120の劣化過程では、スロープ効率 S_s があまり変わらず、しきい値電流 I_{th} の増大が大きいという特徴を示す場合が多い。そのため、半導体レーザ素子120の劣化と第1光学素子131の劣化とを切り分ける判断が、より高い精度で実現できる。
- [0052] 具体的には、判定部195は、駆動電流の複数の値と、駆動電流の複数の値に対応するそれぞれの出力とに基づいて、第1光学素子131の劣化度合いを判定する。より具体的には、判定部195は、互いに異なる複数の駆動電流の値と、互いに異なる複数の駆動電流の値に対する第1受光部140において受光された第1伝播光510aのそれぞれの第1出力値とに基づいて、第1光学素子131の劣化度合いを判定する。
- [0053] 判定部195は、例えば、互いに異なる複数の駆動電流のうちの2つの駆動電流の変化量を ΔI_f とし、2つの駆動電流に対する第1受光部140において受光された第1伝播光510aのそれぞれの第1出力値の変化量を ΔP_{om} とした場合に、 $\Delta P_{om} / \Delta I_f$ に基づいて第1光学素子131の劣化度合いを判定する。
- [0054] また、判定部195は、例えば、半導体レーザ素子120がレーザ発振するしきい値電流 I_{th} の時間に対する変化量を算出し、算出したしきい値電流 I_{th} の変化量を用いて、半導体レーザ素子120の寿命と第1光学素子131の劣化度合いとを区別して判定する。より具体的には、判定部195は、例えば、半導体レーザ素子120の寿命を算出し、且つ、第1光学素子131の劣化度合いを判定する。
- [0055] また、例えば、処理部190は、判定部195において第1光学素子131の劣化度合いの判定と、半導体レーザ素子120の寿命と第1光学素子1

31の劣化度合いとの区別とを行う検査モードと、光学系130を伝播した伝播光を照射対象物410に照射する動作モードとを、切り替えて繰り返し実行する。具体的には、制御部192は、判定部195において第1光学素子131の劣化度合いの判定と、半導体レーザ素子120の寿命と第1光学素子131の劣化度合いとの区別とを行うために、光学系130を伝播した伝播光を第1受光部140に照射するように制御部192に半導体レーザ素子120を駆動させる検査モードと、判定部195を用いない光学系130を伝播した伝播光を照射対象物410に照射するように制御部192に半導体レーザ素子120を駆動させる動作モードとを、切り替えて繰り返し実行する。より具体的には、制御部192は、第1光学素子131を伝播した第1伝播光510aを第1受光部140に受光させることで、第1光学素子131の劣化度合いの判定と、半導体レーザ素子120の寿命の算出とを行う検査モードと、第1光学素子131を伝播した第1伝播光510bを照射対象物410に照射させる動作モードとを、切り替えて繰り返し実行する。つまり、制御部192は、ステージ420を駆動させることで、図2Aに示す状態（検査モード）と、図2Bに示す状態（動作モード）とを切り替える。

[0056] 図2Aに示すように、例えば、検査モードでは、ステージ420を駆動させることで光学系130（より具体的には、加工ヘッド131e）から出力される第1伝播光510aが照射される位置に第1受光部140を移動させ、半導体レーザ素子120を個々に駆動させて第1伝播光510aを第1受光部140に照射する。

[0057] 一方、図2Bに示すように、例えば、動作モードでは、ステージ420を駆動させることで光学系130（より具体的には、加工ヘッド131e）から出力される第1伝播光510bが照射される位置に照射対象物410を移動させ、ガス噴出器400を駆動させてガスを対象物に吹き付けさせながら、第1伝播光510bを照射対象物410に照射することにより照射対象物410をレーザ加工する。

[0058] なお、検査モードにおいては、例えば、第1受光部140は、第1受光部

140の受光面において、第1光学素子131によって出射光500が集光された第1伝播光510aを、第1伝播光510aの焦点からずれた位置で受光する。

[0059] また、例えば、第1受光部140で受光する第1伝播光510aに対応する駆動電流は、定格駆動電流よりも小さい。例えば、制御部192は、検査モードにおいては、第1受光部140が受光する第1伝播光510aに対応する駆動電流を、予め任意に定められた定格駆動電流よりも小さくなるように、半導体レーザ素子120を駆動させる。

[0060] また、処理部190は、ステージ420を任意に駆動できる。例えば、制御部192のステージ制御部192cは、ステージ420が有する図示しない駆動部と通信線等により接続されており、ステージ420を任意の位置に移動させる。

[0061] また、判定部195は、例えば、複数の異なる駆動電流の変化量を ΔI_f とし、複数の出力の変化量を ΔP_{om} とした場合、 $\Delta P_{om} / \Delta I_f$ に基づいて、第1光学素子131が故障と判定される累積使用時間 t 又は第1光学素子131が故障と判定されるまでにかかる寿命を予測する。つまり、互いに異なる複数の駆動電流のうちの2つの駆動電流の変化量を ΔI_f とし、2つの駆動電流に対する第1受光部140において受光された第1伝播光510aのそれぞれ複数の第1出力値の変化量を ΔP_{om} とした場合、判定部195は、 $\Delta P_{om} / \Delta I_f$ に基づいて、第1光学素子131が故障と判定される累積使用時間 t 、及び、第1光学素子131が故障と判定されるまでにかかる時間の少なくとも一方を算出する。

[0062] また、判定部195は、例えば、算出した半導体レーザ素子120の寿命を、通信部196を介して外部機器（外部のコンピュータ）300に送信する。

[0063] また、判定部195は、判定した第1光学素子131の劣化度合いを、通信部196を介して外部機器300に送信する。

[0064] また、判定部195は、第1光学素子131が故障と判定されるまでかか

る時間（つまり、寿命）を、通信部 196 を介して外部機器 300 に送信する。

[0065] また、判定部 195 は、例えば、光学モジュール部 110 が複数の半導体レーザ素子 120 を有する場合、複数の半導体レーザ素子 120 それぞれの寿命を判定する。

[0066] 通信部 196 は、処理部 190 と外部機器 300 とがネットワークを介して通信するための通信インターフェースである。通信部 196 は、外部機器 300 が備える通信部 310 と通信可能に接続されている。通信部 196 と通信部 310 とは、通信線で通信可能に接続されていてもよい。また、通信部 196 と通信部 310 とは、それぞれ無線アダプタ等の無線モジュールを備え、無線通信可能に接続されていてもよい。

[0067] 処理部 190 は、例えば、CPU（Central Processing Unit）と、CPU が実行する制御プログラムとによって実現される。当該制御プログラムは、例えば、記憶部 194 に記憶されている。なお、処理部 190 は、専用の電子回路等で実現されてもよい。例えば、設定部 191 と、制御部 192 と、解析部 193 と、判定部 195 とは、1 つの CPU で実現されてもよいし、複数の CPU で実現されてもよい。

[0068] 表示装置 200 は、解析部 193 で算出されたしきい値電流 I_{th} 及びスロープ効率 S_s 、判定部 195 で判定された半導体レーザ素子 120 及び第 1 光学素子 131 の劣化度合いの判定結果等を表示することで、ユーザに通知する。

[0069] 表示装置 200 は、表示部 210 と、通信部 220 と、入力部 230 と、制御部 240 と、を備える。

[0070] 表示部 210 は、解析部 193 で算出されたしきい値電流 I_{th} 及びスロープ効率 S_s 、判定部 195 で判定された半導体レーザ素子 120 及び第 1 光学素子 131 の劣化度合いの判定結果等を画像で表示するためのディスプレイである。

[0071] 通信部 220 は、入力部 230 が受け付けたユーザからの情報を処理部 1

９０へ出力する。通信部２２０は、例えば、処理部１９０が有する通信部１９６と通信可能な通信インターフェースである。

[0072] 入力部２３０は、ユーザが操作することで、使用する半導体レーザ素子１２０の選択結果、半導体レーザ素子１２０の駆動電流等を入力するための機器である。入力部２３０は、例えば、マウス、キーボード、タッチパネル等である。

[0073] 制御部２４０は、表示装置２００が実行する各種制御を実行する。例えば、制御部２４０は、入力部２３０が受け付けたユーザからの情報を、通信部２２０を介して処理部１９０へ出力する。制御部２４０は、例えば、ＣＰＵと、ＣＰＵが実行する、表示装置が有する図示しないメモリに記憶された制御プログラムとによって実現される。

[0074] 外部機器３００は、処理部１９０から送信された情報を取得して記憶する機器である。外部機器３００は、例えば、パーソナルコンピュータ、サーバ装置等のコンピュータである。

[0075] 外部機器３００は、例えば、通信部３１０と、記憶部３２０と、制御部３３０と、を備える。

[0076] 通信部３１０は、処理部１９０と通信するための通信インターフェースである。通信部３１０は、例えば、処理部１９０が有する通信部１９６と通信可能に接続されている。

[0077] 記憶部３２０は、通信部３１０を介して処理部１９０から取得した情報を記憶する記憶装置である。記憶部３２０は、例えば、ハードディスクドライブやフラッシュメモリなどの不揮発メモリである。

[0078] 制御部３３０は、外部機器３００が実行する各種制御を実行する。例えば、制御部３３０は、通信部１９６を介して処理部１９０から取得した情報を、記憶部３２０に記憶させる。制御部３３０は、例えば、ＣＰＵと、ＣＰＵが実行する、記憶部３２０に記憶された制御プログラムとによって実現される。

[0079] [処理手順]

続いて、図3～図14を参照しながら、実施の形態1に係る光源装置100が実行する半導体レーザ素子120と第1光学素子131との劣化度合いを判定する処理手順について説明する。

[0080] 図3は、実施の形態1に係る光源装置100が実行する半導体レーザ素子120と第1光学素子131との劣化度合いを判定する処理手順を示すフローチャートである。

[0081] まず、光源装置100は、半導体レーザ素子120及び第1光学素子131の特性解析処理を実行する（ステップS1）。具体的には、ステップS1では、解析部193は、第1光学素子131から出力されたレーザ光から、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_0 とを算出して、記憶部194に記憶させる。

[0082] 次に、光源装置100は、半導体レーザ素子120及び第1光学素子131の初期データ記憶処理を実行する（ステップS2）。具体的には、ステップS2では、解析部193は、第1光学素子131から出力されたレーザ光からステップS1で算出した、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_0 とのそれぞれの初期値を算出し、算出した初期値に基づいて判定部195による劣化度合いの判定の基準となる基準しきい値電流 I_{END} と、基準スロープ効率 S_{END} とを算出して、記憶部194に記憶させる。

[0083] 基準しきい値電流 I_{END} と、基準スロープ効率 S_{END} とは、例えば、それぞれの初期値に対して予め定められた定数を乗算することで算出される。なお、基準しきい値電流 I_{END} と、基準スロープ効率 S_{END} とは、予め任意に定められていてもよい。

[0084] 次に、光源装置100は、動作モードで光学モジュール部110を使用する（ステップS3）。例えば、ステップS3では、光源装置100は、光源装置100が図2A及び図2Bに示すレーザ加工機として用いられる場合、図2Aに示すように、照射対象物410にレーザ光を照射することで、照射対象物410を加工する。

[0085] 次に、光源装置100は、半導体レーザ素子120及び第1光学素子131

1の特性解析処理を実行する（ステップS4）。具体的には、ステップS4では、ステップS1と同様に、解析部193は、第1光学素子131から出力されたレーザ光から、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_e とを算出する。

[0086] 次に、光源装置100は、半導体レーザ素子120及び第1光学素子131のデータ記憶処理を実行する（ステップS5）。具体的には、ステップS5では、解析部193は、第1光学素子131から出力されたレーザ光からステップS4で算出した、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_e とのそれぞれの値を、半導体レーザ素子120が利用された時間である累積使用時間 t に紐づけて、記憶部194に記憶させる。

[0087] 次に、光源装置100は、半導体レーザ素子120及び第1光学素子131の劣化判定処理を実行する（ステップS6）。具体的には、ステップS6では、判定部195は、ステップS5で解析部193が記憶部194に記憶させたしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_e と累積使用時間 t とから、半導体レーザ素子120及び第1光学素子131の劣化度合いを判定する。

[0088] 次に、光源装置100は、光源装置100の使用を終了するか否かを判定する（ステップS7）。例えば、ステップS7では、制御部192は、入力部230及び通信部220を介してユーザから取得した指示に基づいて、引き続き動作モードで光学モジュール部110を使用するか否かを判定する。

[0089] 光源装置100は、光源装置100の使用を終了すると判定した場合（ステップS7でYes）、処理を終了する。

[0090] 一方、光源装置100は、光源装置100の使用を終了しないと判定した場合（ステップS7でNo）、処理をステップS3に戻し、引き続き動作モードで光学モジュール部110を使用する。

[0091] 続いて、図3に示す各ステップの詳細について説明する。

[0092] なお、以下で説明する図4～図9及び図11のフローチャートでは、光源装置100がN個の半導体レーザ素子120を備える場合を例示して説明する。

[0093] 図4は、実施の形態1に係る光源装置100が実行する特性解析処理（具

体的には、ステップS 1 及びステップS 4) の詳細を説明するためのフローチャートである。ステップS 1 とステップS 4 とは、半導体レーザ素子 1 2 0 の初期値であるどうか異なるのみであり、図 4 では、ステップS 1 の詳細を説明する。

[0094] まず、設定部 1 9 1 は、N 個の半導体レーザ素子 1 2 0 の中から 1 つの半導体レーザ素子 1 2 0 を選択して設定する。ここで、例えば、N 個の半導体レーザ素子 1 2 0 には、N 個の半導体レーザ素子 1 2 0 をそれぞれ区別できるように、番号 1 から番号 N までの番号が予め割り振られている。例えば、設定部 1 9 1 は、N 個の半導体レーザ素子 1 2 0 の中から番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 1 2 0 を選択して設定する（ステップS 1 0 1）。

[0095] 次に、制御部 1 9 2 は、ステップS 1 0 1 で設定部 1 9 1 が設定した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 1 2 0 を駆動（つまり、レーザ光を出力）させる（ステップS 1 0 2）。

[0096] 次に、解析部 1 9 3 は、番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 1 2 0 の I-L 特性（駆動電流に対する光出力）を計測する（ステップS 1 0 3）。具体的には、解析部 1 9 3 は、測定回路 1 8 0 から第 1 受光部 1 4 0 が受光した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 1 2 0 の光出力を取得して、且つ、制御部 1 9 2 が番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 1 2 0 を駆動させている駆動電流を取得する。

[0097] 次に、解析部 1 9 3 は、ステップS 1 0 3 で計測した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 1 2 0 の I-L 特性から、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_0 とを算出する（ステップS 1 0 4）。

[0098] 次に、解析部 1 9 3 は、ステップS 1 0 4 で算出した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 1 2 0 のしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_0 とを記憶部 1 9 4 に記憶させる（ステップS 1 0 5）。

[0099] なお、ステップS 1 0 5 では、例えば、解析部 1 9 3 は、制御部 1 9 2 によって計測されている半導体レーザ素子 1 2 0 の累積使用時間 t をあわせて記憶部 1 9 4 に記憶させる。

- [0100] 次に、設定部191は、番号 n の次の番号($n+1$)の半導体レーザ素子120を設定する(ステップS106)。具体的には、設定部191は、番号 $n=1$ の次の番号 $n=2$ の半導体レーザ素子120を設定する。
- [0101] 次に、制御部192は、ステップS106で設定部191が設定した番号 n が $n>N$ を満たすか、つまり、光源装置100が備える N 個の半導体レーザ素子120に設定されている番号の最大値を超えるか否かを判定する(ステップS107)。
- [0102] 制御部192は、 $n>N$ でないと判定した場合(ステップS107でNo)、処理をステップS102に戻す。設定部191、制御部192、及び、解析部193は、ステップS102～ステップS107の処理を繰り返すことで、 N 個の半導体レーザ素子120それぞれのしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_s とを算出して記憶部194に記憶させる。
- [0103] 一方、制御部192は、 $n>N$ であると判定した場合(ステップS107でYes)、 N 個の半導体レーザ素子120のしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_s とを記憶部194に記憶させたとして、処理を終了する。
- [0104] 図5は、実施の形態1に係る光源装置100が実行する初期データ記憶処理の詳細を説明するためのフローチャートである。具体的には、図5は、図3に示すステップS2の詳細を示すフローチャートである。
- [0105] まず、設定部191は、図3に示すステップS1で解析部193が解析した N 個の半導体レーザ素子120それぞれのしきい値電流 I_{th} の初期値とスロープ効率 S_s の初期値とに $M=0$ と設定する(ステップS201)。ここで、 M とは、 N 個の半導体レーザ素子120それぞれのしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_s とを測定した順番を示す。ステップS201では、設定部191は、図3に示すステップS1で解析部193が解析した N 個の半導体レーザ素子120それぞれのしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_s とが初めて測定した値であるため、例えば、 $M=0$ と設定する。
- [0106] 次に、設定部191は、 N 個の半導体レーザ素子120の中から番号 $n=1$ の半導体レーザ素子120を選択して設定する(ステップS202)。

[0107] 次に、解析部 193 は、ステップ S202 で設定部 191 が設定した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 120 の累積使用時間 t を記憶部 194 から取得する（ステップ S203）。

[0108] 次に、解析部 193 は、記憶部 194 に記憶させている番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 120 の I-L 特性を取得する（ステップ S204）。

[0109] 次に、解析部 193 は、記憶部 194 に記憶させている番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 120 のしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_e とを算出（取得）する（ステップ S205）。

[0110] 次に、解析部 193 は、取得した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 120 のしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_e と累積使用時間 t と紐づけたデータテーブル 340（図 7 参照）を記憶部 194 に記憶させる（ステップ S206）。こうすることで、ステップ S206 では、解析部 193 は、番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 120 の初期データ（ $M = 0$ 、累積使用時間 $t = 0$ の場合のしきい値電流 I_{th} 及びスロープ効率 S_e ）を記憶部 194 に記憶させる。

[0111] 次に、解析部 193 は、ステップ S206 で記憶部 194 に記憶させた初期データから、番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 120 における、判定部 195 が番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 120 及び第 1 光学素子 131 の劣化度合いを判定するために用いる寿命判定基準データである基準しきい値電流 I_{END} と基準スロープ効率 S_{END} とを設定（算出）して、記憶部 194 に記憶させる（ステップ S207）。

[0112] 次に、設定部 191 は、番号 n の次の番号（ $n + 1$ ）の半導体レーザ素子 120 を設定する（ステップ S208）。具体的には、設定部 191 は、番号 $n = 1$ の次の番号 $n = 2$ の半導体レーザ素子 120 を設定する。

[0113] 次に、制御部 192 は、ステップ S208 で設定部 191 が設定した番号 n が $n > N$ を満たすか、つまり、光源装置 100 が備える N 個の半導体レーザ素子 120 に設定されている番号の最大値を超えるか否かを判定する（ステップ S209）。

[0114] 制御部 192 は、 $n > N$ でないと判定した場合（ステップ S209 で No

）、処理をステップS 2 0 3に戻す。設定部1 9 1、制御部1 9 2、及び、解析部1 9 3は、ステップS 2 0 3～ステップS 2 0 7の処理を繰り返すことで、N個の半導体レーザ素子1 2 0それぞれのデータテーブル3 4 0を作成する。

[0115] 一方、制御部1 9 2は、 $n > N$ であると判定した場合（ステップS 2 0 9でY e s）、N個の半導体レーザ素子1 2 0のデータテーブル3 4 0を記憶部1 9 4に記憶させたとして、処理を終了する。

[0116] 図6は、実施の形態1に係る光源装置1 0 0が実行するデータ記憶処理（ステップS 5）の詳細を説明するためのフローチャートである。

[0117] まず、設定部1 9 1は、N個の半導体レーザ素子1 2 0の中から番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子1 2 0を選択して設定する（ステップS 5 0 1）。

[0118] 次に、解析部1 9 3は、検査番号Mを更新（ $M = M + 1$ ）する（ステップS 5 0 2）。例えば、解析部1 9 3は、半導体レーザ素子1 2 0それぞれのしきい値電流 I_{th} 等の測定が2回目の場合には、1回目の検査番号を $M = 0$ としたとき、ステップS 5 0 2では、 $M = 1$ とする。

[0119] 次に、解析部1 9 3は、制御部1 9 2から番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子1 2 0の累積使用時間 t を取得する（ステップS 5 0 3）。なお、制御部1 9 2が半導体レーザ素子1 2 0の累積使用時間 t を記憶部1 9 4に記憶させている場合、解析部1 9 3は、記憶部1 9 4から番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子1 2 0の累積使用時間 t を取得してもよい。

[0120] 次に、解析部1 9 3は、記憶部1 9 4に記憶させている番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子1 2 0の2回目の測定結果であるしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_s とを取得する（ステップS 5 0 4）。

[0121] 次に、解析部1 9 3は、取得した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子1 2 0の2回目の測定結果であるしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_s と累積使用時間 t と紐づけたデータテーブル3 4 1（図7参照）を記憶部1 9 4に記憶させる（ステップS 5 0 5）。こうすることで、ステップS 5 0 5では、解析部1 9 3は、番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子1 2 0の2回目の測定結果のデー

タ ($M = 1$ の場合の累積使用時間 t 、しきい値電流 I_{th} 及びスロープ効率 S_e) を記憶部 194 に記憶させる。

[0122] なお、2 回目の測定結果は、図 3 に示すステップ S4 で解析部 193 が記憶部 194 に記憶させている。

[0123] 次に、設定部 191 は、番号 n の次の番号 ($n + 1$) の半導体レーザ素子 120 を設定する (ステップ S506)。具体的には、設定部 191 は、番号 $n = 1$ の次の番号 $n = 2$ の半導体レーザ素子 120 を設定する。

[0124] 次に、制御部 192 は、ステップ S506 で設定部 191 が設定した番号 n が $n > N$ を満たすか、つまり、光源装置 100 が備える N 個の半導体レーザ素子 120 に設定されている番号の最大値を超えるか否かを判定する (ステップ S507)。

[0125] 制御部 192 は、 $n > N$ でないと判定した場合 (ステップ S507 で No)、処理をステップ S502 に戻す。設定部 191、制御部 192、及び、解析部 193 は、ステップ S502 ~ ステップ S507 の処理を繰り返すことで、 N 個の半導体レーザ素子 120 それぞれにおける検査番号 M のデータテーブル 341、342 (図 7 参照) を作成する。

[0126] 一方、制御部 192 は、 $n > N$ であると判定した場合 (ステップ S507 で Yes)、 N 個の半導体レーザ素子 120 における検査番号 M のデータテーブル (例えば、図 7 に示すデータテーブル 340、341、342) を記憶部 194 に記憶させたとして、処理を終了する。

[0127] 図 7 は、実施の形態 1 に係る光源装置 100 が記憶するデータテーブル 340、341、342 の一例を示す表である。

[0128] 図 7 に示すように、例えば、データテーブル 340 には、番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 120 の検査番号 $M = 0$ から $M = 12$ までの、累積使用時間 t と、しきい値電流 I_{th} と、スロープ効率 S_e とが含まれている。解析部 193 は、全ての (本実施の形態では、 N 個の) 半導体レーザ素子 120 のデータテーブルを、記憶する。

[0129] 図 8 は、実施の形態 1 に係る光源装置 100 が実行する劣化判定処理 (ス

テップS 6)の詳細を説明するためのフローチャートである。

- [0130] まず、設定部191は、N個の半導体レーザ素子120の中から番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子120を選択して設定する(ステップS 60)。
- [0131] 次に、判定部195は、番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子120及び第1光学素子131の故障判定処理を実行する(ステップS 61)。具体的には、ステップS 61では、判定部195は、記憶部194に記憶されたデータテーブルに基づいて、番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子120及び第1光学素子131が故障しているか否かを判定する。
- [0132] 次に、判定部195は、番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子120及び第1光学素子131の寿命予測処理を実行する(ステップS 62)。具体的には、ステップS 62では、判定部195は、記憶部194に記憶されたデータテーブルに基づいて、番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子120及び第1光学素子131の寿命を算出する。
- [0133] つまり、判定部195は、ステップS 61及びステップS 62では、番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子120及び第1光学素子131の劣化度合いを算出する。
- [0134] 次に、設定部191は、番号 n の次の番号($n + 1$)の半導体レーザ素子120を設定する(ステップS 63)。具体的には、設定部191は、番号 $n = 1$ の次の番号 $n = 2$ の半導体レーザ素子120を設定する。
- [0135] 次に、判定部195は、ステップS 63で設定部191が設定した番号 n が $n > N$ を満たすか、つまり、光源装置100が備えるN個の半導体レーザ素子120に設定されている番号の最大値を超えるか否かを判定する(ステップS 64)。
- [0136] 判定部195は、制御部192が $n > N$ でないと判定した場合(ステップS 64でN o)、処理をステップS 61に戻す。設定部191、制御部192、及び、判定部195は、ステップS 61～ステップS 64の処理を繰り返すことで、N個の半導体レーザ素子120それぞれ及び第1光学素子131における劣化度合いの判定を行う。

[0137] 一方、判定部195は、制御部192が $n > N$ であると判定した場合（ステップS64でYes）、N個の半導体レーザ素子120及び第1光学素子131における劣化度合いの判定をしたとして、処理を終了する。

[0138] 図9は、実施の形態1に係る光源装置100が実行する故障判定処理（ステップS61）の詳細を説明するためのフローチャートである。

[0139] まず、判定部195は、記憶部194から番号nの半導体レーザ素子120のしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_e とを取得する（ステップS611）。ステップS61では、例えば、判定部195は、検査番号Mが最も大きいしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_e とを取得する。

[0140] 次に、判定部195は、番号nの半導体レーザ素子120の寿命判定基準データである基準しきい値電流 I_{END} と基準スロープ効率 S_{END} とを取得する（ステップS612）。

[0141] 次に、判定部195は、しきい値電流 $I_{th} < \text{基準しきい値電流 } I_{END}$ であるか否かを判定する（ステップS613）。

[0142] 判定部195は、しきい値電流 $I_{th} < \text{基準しきい値電流 } I_{END}$ でないと判定した場合（ステップS613でNo）、番号nの半導体レーザ素子120が寿命に到達したことを表示部210に表示させる（ステップS614）。ステップS614では、例えば、判定部195は、通信部196を介して、番号nの半導体レーザ素子120が寿命に到達したことを示す情報を表示装置200に送信する。例えば、表示装置200が備える制御部240は、処理部190から番号nの半導体レーザ素子120が寿命に到達したことを示す情報を、通信部220を介して受信した場合、表示部210を制御することで、表示部210に番号nの半導体レーザ素子120が寿命に到達したことを示す画像を表示させる。

[0143] また、判定部195は、番号nの半導体レーザ素子120が寿命に到達したことを外部機器300に通知する（ステップS615）。ステップS615では、例えば、判定部195は、通信部196を介して、番号nの半導体レーザ素子120が寿命に到達したことを示す情報を外部機器300に送信

する。

[0144] 外部機器300は、例えば、光源装置100のメンテナンスを行うユーザが操作している機器である。判定部195が番号nの半導体レーザ素子120が寿命に到達したことを外部機器300に通知することで、光源装置100のメンテナンスを行うユーザは、すぐに半導体レーザ素子120が寿命に到達したことを知ることができる。

[0145] また、判定部195は、しきい値電流 $I_{th} < \text{基準しきい値電流 } I_{END}$ であると判定した場合（ステップS613でYes）、スロープ効率 $S_s > \text{基準スロープ効率 } S_{END}$ であるか否かを判定する（ステップS616）。

[0146] 判定部195は、スロープ効率 $S_s > \text{基準スロープ効率 } S_{END}$ でないと判定した場合（ステップS616でNo）、番号nの半導体レーザ素子125が出力したレーザ光が通過する第1光学素子131が寿命に到達したことを表示部210に表示させる（ステップS617）。ステップS617では、例えば、判定部195は、通信部196を介して、第1光学素子131が寿命に到達したことを示す情報を表示装置200に送信する。例えば、表示装置200が備える制御部240は、処理部190から第1光学素子131が寿命に到達したことを示す情報を、通信部220を介して受信した場合、表示部210を制御することで、表示部210に第1光学素子131が寿命に到達したことを示す画像を表示させる。

[0147] また、判定部195は、第1光学素子131が寿命に到達したことを外部機器300に通知する（ステップS618）。ステップS618では、例えば、判定部195は、通信部196を介して、第1光学素子131が寿命に到達したことを示す情報を外部機器300に送信する。

[0148] 判定部195は、スロープ効率 $S_s > \text{基準スロープ効率 } S_{END}$ であると判定した場合（ステップS616でYes）、番号nの半導体レーザ素子120が故障しておらず、且つ、第1光学素子131が故障していないとして、処理を終了する。

[0149] 図10は、実施の形態1に係る光源装置100におけるしきい値電流 I_{th}

の値に対するスロープ効率 S_s の変化の一例を示すグラフである。図10に示すグラフは、例えば、光源装置100が備える複数の半導体レーザ素子120における、1つの半導体レーザ素子120を駆動させることで得られるしきい値電流 I_{th} 及びスロープ効率 S_s の時間変化を示している。ここに示したしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_s との相関関係は、半導体レーザ素子120のみが劣化した場合を示している。しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_s との相関関係は、使用している半導体レーザ素子120と同じ製法および同じ構造の半導体レーザ素子を用いてエージング試験をすることで事前に知ることができる。前述したように、第1光学素子131の劣化は、スロープ効率 S_s のみ低下を引き起こす。したがって、半導体レーザ素子120のしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_s との相関関係からはずれてスロープ効率 S_s が低下すると、第1光学素子131の劣化があると判断できる。また、窒化物半導体を用いた半導体レーザ素子120では、スロープ効率 S_s があまり低下せずにしきい値電流 I_{th} が増大しながら劣化することが多い。そのため、スロープ効率 S_s の低下をとともなう第1光学素子131の劣化を検出しやすい。

[0150] 図10に示すように、しきい値電流 I_{th} 及びスロープ効率 S_s の初期値（図10に示す丸部分）から、つまり、検査番号 $M=0$ のしきい値電流 I_{th} 及びスロープ効率 S_s から、累積使用時間 t の増加にともなう、白抜き矢印の方向にしきい値電流 I_{th} が増加するとともに、スロープ効率 S_s が減少したとする。

[0151] ここで、判定部195は、しきい値電流 I_{th} の大きさに基づいて、半導体レーザ素子120の劣化度合いを判定する。判定部195は、例えば、しきい値電流 I_{th} が基準しきい値電流 I_{END} より大きい場合に、半導体レーザ素子120が故障していると判定し、しきい値電流 I_{th} が基準しきい値電流 I_{END} 以下の場合に、半導体レーザ素子120が故障していないと判定するように、半導体レーザ素子120の劣化度合いを判定する。

[0152] また、判定部195は、しきい値電流 I_{th} が基準しきい値電流 I_{END} 以下の場合には、スロープ効率 S_s から、第1光学素子131の劣化度合いを判定す

る。判定部 195 は、例えば、スロープ効率 S_s が基準スロープ効率 S_{END} より大きい場合に、第 1 光学素子 131 が故障していないと判定し、スロープ効率 S_s が基準スロープ効率 S_{END} 以下の場合に、第 1 光学素子 131 が故障していると判定するように、第 1 光学素子 131 の劣化度合いを判定する。

[0153] なお、判定部 195 は、しきい値電流 I_{th} が基準しきい値電流 I_{END} 以上の場合に、半導体レーザ素子 120 が故障していると判定し、しきい値電流 I_{th} が基準しきい値電流 I_{END} 以下小さい場合に、半導体レーザ素子 120 が故障していないと判定するように、半導体レーザ素子 120 の劣化度合いを判定してもよい。同様に、判定部 195 は、例えば、スロープ効率 S_s が基準スロープ効率 S_{END} 以上の場合に、第 1 光学素子 131 が故障していないと判定し、スロープ効率 S_s が基準スロープ効率 S_{END} より小さい場合に、第 1 光学素子 131 が故障していると判定するように、第 1 光学素子 131 の劣化度合いを判定してもよい。

[0154] 図 11 は、実施の形態 1 に係る光源装置 100 が実行する寿命予測処理（ステップ S62）の詳細を説明するためのフローチャートである。

[0155] まず、判定部 195 は、寿命予測に使用するためにどこまでの検査番号までさかのぼるか決定する。ステップ S621 の M_p は、最新の検査番号から何番さかのぼるかを定める番号である。実際の装置では、半導体レーザ素子 120 それぞれの使用条件、すなわち光出力が一定でないため、半導体レーザ素子 120 それぞれ及び第 1 光学素子 131 の劣化度合いの進行は、時間に対して一定ではない。半導体レーザ素子 120 及び第 1 光学素子 131 の寿命予測に使用する検査データの期間を t_p として、これが小さすぎると、予測される寿命が過剰に長くなったり、短くなったりする。寿命予測に使用する検査データの期間である t_p は、ある程度長く、例えば、500 時間以上となるように、予め定められている。

[0156] 本実施の形態では、寿命予測に使用する検査データの期間である t_p は、500 時間であるとして、予め記憶部 194 に記憶されている。なお、 t_p が示す時間と一致する検査番号がない場合、 t_p が示す時間に最も近く、かつ、 t

$p > 500$ 時間となる検査番号を参照すればよい。

[0157] まず、判定部 195 は、 M_p の初期値として 0 を代入する（ステップ S 6 2 1）。

[0158] 次に、判定部 195 は、 $M_p = M_p + 1$ とする計算をする（ステップ S 6 2 2）。

[0159] 次に、判定部 195 は、最新のしきい値電流 I_{th} 等が記憶されている検査番号 M から M_p 回前の検査番号（つまり、検査番号 $M - M_p$ ）に含まれる累積使用時間 $t(M - M_p)$ を記憶部 194 から取得する（ステップ S 6 2 3）。

[0160] 次に、判定部 195 は、 $t(M) - t(M - M_p) > t_p$ であるか否かを判定する（ステップ S 6 2 4）。

[0161] なお、 $t(M)$ は、検査番号 M に含まれる累積使用時間である。

[0162] 判定部 195 は、 $t(M) - t(M - M_p) > t_p$ でないと判定した場合（ステップ S 6 2 4 で No）、処理をステップ S 6 2 2 に戻し、ステップ S 6 2 2 ～ステップ S 6 2 4 を繰り返し実行する。こうすることで、判定部 195 は、 $t(M) - t(M - M_p) > t_p$ を満たす累積使用時間 t を含む検査番号 $M - M_p$ を決定する。

[0163] また、判定部 195 は、 $t(M) - t(M - M_p) > t_p$ であると判定した場合（ステップ S 6 2 4 で Yes）、番号 n の半導体レーザ素子 120 の寿命 t_{ENDLD} を算出する（ステップ S 6 2 5）。

[0164] 寿命 t_{ENDLD} は、以下に示す式（1）で算出される。

[0165] [数1]

$$t_{ENDLD} = \frac{I_{END} - I_{th}(M)}{I_{th}(M) - I_{th}(M - M_p)} \times \{t(M) - t(M - M_p)\} + t(M - M_p) \quad \text{式 (1)}$$

[0166] ここで、 $I_{th}(M)$ は、検査番号 M に含まれるしきい値電流 I_{th} である。

また、 $I_{th}(M - M_p)$ は、検査番号 $M - M_p$ に含まれるしきい値電流 I_{th} である。

[0167] 次に、判定部 195 は、番号 n の半導体レーザ素子 120 の後段に位置す

る第1光学素子131の寿命 t_{ENDOP} を算出する（ステップS626）。

[0168] 寿命 t_{ENDOP} は、以下に示す式（2）で算出される。

[0169] [数2]

$$t_{\text{ENDOP}} = \frac{S_{\text{END}} - S_e(M)}{S_e(M) - S_e(M - M_p)} \times \{t(M) - t(M - M_p)\} + t(M - M_p) \quad \text{式(2)}$$

[0170] ここで、 $S_e(M)$ は、検査番号Mに含まれるスロープ効率 S_e である。また、 $S_e(M - M_p)$ は、検査番号 $M - M_p$ に含まれるスロープ効率 S_e である。

[0171] 次に、判定部195は、 t_{ENDLD} 、 t_{ENDOP} 、 $t_{\text{ENDLD}} - t(M)$ 、及び、 $t_{\text{ENDOP}} - t(M)$ を表示部210に表示させる（ステップS627）。ステップS627では、例えば、判定部195は、通信部196を介して、 t_{ENDLD} 、 t_{ENDOP} 、 $t_{\text{ENDLD}} - t(M)$ 、及び、 $t_{\text{ENDOP}} - t(M)$ を表示装置200に送信する。例えば、表示装置200が備える制御部240は、処理部190から t_{ENDLD} 、 t_{ENDOP} 、 $t_{\text{ENDLD}} - t(M)$ 、及び、 $t_{\text{ENDOP}} - t(M)$ を、通信部220を介して受信した場合、表示部210を制御することで、表示部210に t_{ENDLD} 、 t_{ENDOP} 、 $t_{\text{ENDLD}} - t(M)$ 、及び、 $t_{\text{ENDOP}} - t(M)$ を示す画像を表示させる。

[0172] また、判定部195は、 t_{ENDLD} 、 t_{ENDOP} 、 $t_{\text{ENDLD}} - t(M)$ 、及び、 $t_{\text{ENDOP}} - t(M)$ を外部機器300に通知する（ステップS628）。ステップS628では、例えば、判定部195は、通信部196を介して、 t_{ENDLD} 、 t_{ENDOP} 、 $t_{\text{ENDLD}} - t(M)$ 、及び、 $t_{\text{ENDOP}} - t(M)$ を外部機器300に送信する。

[0173] 図12は、実施の形態1に係る光源装置100が備える半導体レーザ素子120の累積使用時間 t に対するしきい値電流 I_{th} の値の増加の一例を示すグラフである。図13は、実施の形態1に係る光源装置100が備える半導体レーザ素子120の累積使用時間 t に対するスロープ効率 S_e の低下の一例を示すグラフである。例えば、図12は、番号 n の半導体レーザ素子120を駆動させた場合のデータである。

- [0174] 判定部 195 は、図 12 に示すように、上記式 (1) を用いて、例えば、検査番号 $M - M_p$ のしきい値電流 $I_{th}(M - M_p)$ と、最新の検査番号 M のしきい値電流 $I_{th}(M)$ の差分と、基準しきい値電流 I_{END} とから半導体レーザ素子 120 の寿命 t_{ENDLD} を算出する。また、判定部 195 は、算出した寿命 t_{ENDLD} から、半導体レーザ素子 120 が寿命に到達していない場合、寿命に到達するまでの時間（つまり、故障と判定されるまでの時間）である $t_{ENDLD} - t(M)$ を算出する。
- [0175] また、判定部 195 は、図 13 に示すように、上記式 (2) を用いて、例えば、検査番号 $M - M_p$ のスロープ効率 $S_e(M - M_p)$ と、最新の検査番号 M のスロープ効率 $S_e(M)$ の差分と、基準スロープ効率 S_{END} とから n 番目の半導体レーザ素子 120 の後段に位置する第 1 光学素子の寿命 t_{ENDOP} を算出する。また、判定部 195 は、算出した寿命 t_{ENDOP} から、 n 番目の半導体レーザ素子 120 の後段に位置する寿命に到達していない場合、寿命に到達するまでの時間（つまり、故障と判定されるまでの時間）である $t_{ENDOP} - t(M)$ を算出する。
- [0176] 図 12 および図 13 に示した例では、半導体レーザ素子 120 と第 1 光学素子 131 とは、どちらも劣化が進んでいる。累積使用時間 t が約 1,000 時間の時点で第 1 光学素子 131 が半導体レーザ素子 120 よりもさきに故障と判定される見込みとなる。さらに、半導体レーザ素子 120 も累積使用時間 t が約 1,700 時間の時点で故障と判定される見込みとなる。もしも、第 1 光学素子 131 の劣化がまったくなければ、劣化するのは半導体レーザ素子 120 のみである。その場合、図 13 に示したスロープ効率 S_e が基準スロープ効率 S_{END} に到達する時間も約 1,700 時間となるはずである。つまり、半導体レーザ素子 120 の寿命到達時点で、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_e とは、それぞれ基準しきい値電流 I_{END} と基準スロープ効率 S_{END} に到達することになる。
- [0177] 図 14 は、実施の形態 1 に係る光源装置 100 の一例において、第 1 光学素子 131 の劣化箇所 600 を説明するための概略図である。なお、図 14

に示す半導体レーザ素子 1 2 1、1 2 2、1 2 3、1 2 4 は、それぞれ、図 1 に示す半導体レーザ素子 1 2 0 の一例である。また、図 1 4 においては、コリメータレンズ 1 3 1 a が有する複数のコリメータレンズのうち、半導体レーザ素子 1 2 2 の後段に位置するコリメータレンズをコリメータレンズ 1 3 1 a a と呼称している。また、図 1 4 においては、コリメータレンズ 1 3 1 b が有する複数のコリメータレンズのうち、半導体レーザ素子 1 2 2 の後段に位置するコリメータレンズをコリメータレンズ 1 3 1 b b と呼称している。

[0178] 例えば、判定部 1 9 5 は、半導体レーザ素子 1 2 2 を駆動させた場合のしきい値電流 I_{th} 及びスロープ効率 S_e の結果から、半導体レーザ素子 1 2 2 の後段に位置する第 1 光学素子 1 3 1 が故障していると判定したとする。この場合、判定部 1 9 5 は、光学系 1 3 0 に含まれ、それぞれが第 1 光学素子 1 3 1 の一例である、コリメータレンズ 1 3 1 a a、コリメータレンズ 1 3 1 b b、及び、集光レンズ 1 3 1 c における半導体レーザ素子 1 2 2 の後段に位置する箇所（つまり、半導体レーザ素子 1 2 2 が出力したレーザ光が通過する箇所）を含む劣化箇所 6 0 0、光ファイバ 1 3 1 d、コリメータレンズ 1 3 1 f、並びに、集光レンズ 1 3 1 g のいずれかが故障したことが分かる。

[0179] [効果等]

以上説明したように、実施の形態 1 に係る光源装置 1 0 0 は、半導体レーザ素子 1 2 0 と、半導体レーザ素子 1 2 0 からの出射光 5 0 0 を伝播する第 1 光学素子 1 3 1 を有する光学系 1 3 0 と、第 1 光学素子 1 3 1 の少なくとも一部を伝播した第 1 伝播光 5 1 0 a を受光する第 1 受光部 1 4 0 と、半導体レーザ素子 1 2 0 の駆動電流を制御するレーザ駆動制御部 1 9 2 a と、第 1 受光部 1 4 0 において受光された第 1 伝播光 5 1 0 a の受光強度を示す第 1 出力値を測定する測定回路 1 8 0 と、を備える。第 1 受光部 1 4 0 は、第 1 光学素子 1 3 1 の後段に配置される。レーザ駆動制御部 1 9 2 a は、互いに異なる複数の駆動電流で半導体レーザ素子 1 2 0 を駆動させる。測定回路

180は、互いに異なる複数の駆動電流の値に対する第1受光部140において受光された第1伝播光510aのそれぞれの第1出力値を測定する。

[0180] このような構成によれば、少なくとも2つの駆動電流と、当該2つの駆動電流に対応した光出力とから、しきい値電流 I_{th} と、スロープ効率 S_e とが算出され得る。そのため、例えば、算出されたしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_e とから、基準しきい値電流 I_{END} と基準スロープ効率 S_{END} とが予め任意に定められていれば、図10に示すグラフを用いることで、光学系130（具体的には、第1光学素子131）の劣化度合いと、半導体レーザ素子120の劣化度合いとをそれぞれ判定できる。そのため、光源装置100によれば、光源装置100から出力される光出力の低下が、第1受光部140の前段に位置する光学系130（具体的には、第1光学素子131）の劣化による光出力の変化か半導体レーザ素子120の劣化による光出力の変化かを判別することができる。

[0181] また、例えば、第1受光部140は、光学系130の後段に配置される。

[0182] このような構成によれば、例えば、光学系130が複数の第1光学素子131を有する場合、半導体レーザ素子120と第1受光部140との間にある光学系130が有する第1光学素子131の全ての劣化度合いと、半導体レーザ素子120の劣化度合いとを判別することができる。

[0183] また、例えば、第1光学素子131は、レンズ、ミラー、及び、光導波路の少なくともいずれかを含む。

[0184] つまり、第1光学素子131は、半導体レーザ素子120から出射されたレーザ光の配光の制御、合波、導波等ができる素子であればよい。光源装置100は、このような第1光学素子131の劣化による光出力の変化か半導体レーザ素子120の劣化による光出力の変化かを判別することができる。

[0185] また、例えば、第1受光部140は、第1受光部140の受光面において、第1光学素子131によって出射光500が集光された第1伝播光510aを、第1伝播光510aの焦点からずれた位置で受光する。

[0186] このような構成によれば、第1受光部140の受光面において、極端にレ

ーザ光が集中する箇所をなくすることができる。そのため、第1受光部140が故障しにくくなる。

[0187] また、例えば、第1受光部140が受光する第1伝播光510aに対応する駆動電流は、定格駆動電流よりも小さい。

[0188] 例えば、しきい値電流 I_{th} と、スロープ効率 S_s とを算出するためには、半導体レーザ素子120がレーザ発振していればよく、高い光出力は必要ない。そのため、このような構成によれば、第1受光部140に、高い光出力のレーザ光が照射されることが抑制され得る。そのため、第1受光部140がさらに故障しにくくなる。

[0189] また、例えば、光源装置100は、さらに、半導体レーザ素子120の温度を調整する温度調整部150を備える。また、光源装置100は、さらに、温度調整部150を制御する温度調整制御部192bを備える。この場合、温度調整制御部192aは、温度調整部150を制御することで、半導体レーザ素子120の温度を制御する。例えば、測定回路180が第1出力値を測定するとき、半導体レーザ素子120の温度は、温度調整制御部192bによって温度調整部150が制御されることで、予め定められた温度である基準温度の $\pm 5^\circ\text{C}$ の範囲内に制御される。

[0190] スロープ効率 S_s には、温度依存性があることが知られている。そのため、このような構成によれば、半導体レーザ素子120の温度を基準温度に近い値にすることができる。これにより、スロープ効率 S_s は、さらに精度よく算出され得る。

[0191] また、例えば、光源装置100は、さらに、第1光学素子131の劣化度合いを判定する判定部195を備える。判定部195は、例えば、互いに異なる複数の駆動電流の値と、互いに異なる複数の駆動電流の値に対する第1受光部140において受光された第1伝播光510aのそれぞれの第1出力値とに基づいて、第1光学素子131の劣化度合いを判定する。つまり、判定部195は、解析部193が算出したしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_s とから、第1光学素子131の劣化度合いを判定する。

[0192] このような構成によれば、例えば、第1光学素子131の劣化度合いの判定を外部機器300等にさせることなく、光源装置100が備える判定部195によって、第1光学素子131の劣化度合いを判定できる。

[0193] また、例えば、互いに異なる複数の駆動電流のうちの2つの駆動電流の変化量を ΔI_f とし、2つの駆動電流に対する第1受光部140において受光された第1伝播光510aのそれぞれの第1出力値の変化量を ΔP_{om} とした場合に、判定部195は、 $\Delta P_{om} / \Delta I_f$ （つまり、スロープ効率 S_s ）に基づいて第1光学素子131の劣化度合いを判定する。

[0194] このような構成によれば、判定部195は、スロープ効率 S_s から第1光学素子131の劣化度合いを判定できる。

[0195] また、例えば、判定部195は、半導体レーザ素子120がレーザ発振するしきい値電流 I_{th} の値の時間に対する変化量を算出し、算出したしきい値電流 I_{th} の値の変化量を用いて、半導体レーザ素子120の寿命 t_{ENDLD} を算出し、且つ、第1光学素子131の劣化度合いを判定する。

[0196] このような構成によれば、判定部195は、半導体レーザ素子120の劣化度合いと区別して、しきい値電流 I_{th} の値の変化量から第1光学素子131の劣化度合いを判定できる。

[0197] また、例えば、判定部195において、第1光学素子131を伝播した第1伝播光510aを第1受光部140に受光させることで、第1光学素子131の劣化度合いの判定と、半導体レーザ素子120の寿命の算出とを行う検査モードと、第1光学素子131を伝播した第1伝播光510bを照射対象物410に照射させる動作モードとを、繰り返し行う。

[0198] このような構成によれば、判定部195は、例えば、照射対象物410にレーザ光を照射していない時間帯を利用して、半導体レーザ素子120の劣化度合いと第1光学素子131の劣化度合いとを判定できる。

[0199] また、例えば、判定部195は、算出した半導体レーザ素子120の寿命を外部機器300に送信する。

[0200] このような構成によれば、外部機器300を使用する、光源装置100を

メンテナンスするユーザに対して、光源装置 100 の半導体レーザ素子 120 をメンテナンスする必要があるか否かを通知できる。また、例えば、当該ユーザは、半導体レーザ素子 120 の寿命から、いつ半導体レーザ素子 120 をメンテナンスする必要があるかが分かる。

[0201] また、例えば、判定部 195 は、判定した第 1 光学素子 131 の劣化度合いを外部機器 300 に送信する。

[0202] このような構成によれば、外部機器 300 を使用する、光源装置 100 をメンテナンスするユーザに対して、光源装置 100 の第 1 光学素子 131 をメンテナンスする必要があるか否かを通知できる。

[0203] また、例えば、互いに異なる複数の駆動電流のうちの 2 つの駆動電流の変化量を ΔI_f とし、2 つの駆動電流に対する第 1 受光部 140 において受光された第 1 伝播光 510a のそれぞれ複数の第 1 出力値の変化量を ΔP_{om} とした場合、判定部 195 は、 $\Delta P_{om} / \Delta I_f$ に基づいて、第 1 光学素子 131 が故障と判定されるまでの累積使用時間 t 、及び、第 1 光学素子 131 が故障と判定されるまでにかかる時間の少なくとも一方を算出する。

[0204] このような構成によれば、例えば、外部機器 300 に光源装置 100 をメンテナンスするユーザに対して、第 1 光学素子 131 が故障と判定されるまでの累積使用時間 t 、及び、第 1 光学素子 131 が故障と判定されるまでにかかる時間を通知することで、外部機器 300 を使用する当該ユーザは、光源装置 100 のメンテナンスする必要がある時期が分かる。そのため、当該ユーザは、例えば、光源装置 100 をメンテナンスするスケジュールを光源装置 100 の光出力が著しく低下する前に決定しやすくなる。

[0205] また、例えば、判定部 195 は、算出した第 1 光学素子 131 が故障と判定されるまでにかかる時間を外部機器 300 に送信する。

[0206] このような構成によれば、外部機器 300 を使用する、光源装置 100 をメンテナンスするユーザは、光源装置 100 の第 1 光学素子 131 をメンテナンスすべき時期が分かる。

[0207] また、例えば、光源装置 100 は、半導体レーザ素子 120 を複数備える

。この場合、例えば、レーザ駆動制御部 192 a は、複数の半導体レーザ素子 120 をそれぞれ互いに異なるタイミングで駆動させる。また、例えば、第 1 受光部 140 は、それぞれ互いに異なるタイミングで駆動された複数の半導体レーザ素子 120 のそれぞれに対する第 1 伝播光 510 a の少なくとも一部をそれぞれ受光する。測定回路 180 は、複数の半導体レーザ素子 120 のそれぞれについて、互いに異なる駆動電流の値に対する第 1 受光部 140 において受光された第 1 伝播光 510 a のそれぞれの第 1 出力値を測定する。

[0208] このような構成によれば、判定部 195 は、複数の半導体レーザ素子 120 それぞれの劣化度合いと、複数の半導体レーザ素子 120 それぞれの後段に位置する第 1 光学素子 131 の劣化度合いを区別して判定できる。

[0209] また、例えば、半導体レーザ素子 120 は、窒化物半導体で構成される。窒化物半導体の半導体レーザ素子 120 は劣化しやすいため、その劣化度合いを判定できることは実用上有効である。

[0210] また、例えば、出射光 500 の波長は、500 nm 以下である。

[0211] 光学系 130 は、特に、出射光 500 の波長が短い場合（つまり、1 個の光子のエネルギーが大きい場合）に、劣化しやすい。そのため、出射光 500 の波長が 500 nm 以下であるような、低波長の光を半導体レーザ素子 120 が出射する場合に、特に、本開示に係る光源装置 100 が実行する光学系 130 の劣化による光出力の変化か半導体レーザ素子 120 の劣化による光出力の変化かを判別することが有効である。

[0212] （実施の形態 2）

続いて、実施の形態 2 に係る光源装置について説明する。なお、実施の形態 2 に係る光源装置の説明においては、実施の形態 1 に係る光源装置 100 との差異点を中心に説明し、実施の形態 1 に係る光源装置 100 と同様の構成については同様の符号を付し、説明を省略又は簡略化する場合がある。

[0213] [構成]

まず、図 15～図 17 を参照して、実施の形態 2 に係る光源装置の構成に

ついて説明する。

[0214] 図15は、実施の形態2に係る光源装置100aの特徴的な機能構成を示すブロック図である。図16は、実施の形態2に係る光源装置100aが備える光学モジュール部110aの詳細を説明するためのブロック図である。図17は、実施の形態2に係る光源装置100aの一例を模式的に示す概略図である。

[0215] 光源装置100aは、レーザ光を出力する装置である。光源装置100aは、例えば、図17に示す照射対象物410をレーザ光によって加工するレーザ加工機に用いられる。なお、図17には、一例として、光源装置100aが複数の発光点を有する、つまり、複数の箇所から同じ方向にレーザ光を出力する半導体レーザ素子（半導体レーザアレイ素子）125を1つ備える場合を例示している。本実施の形態では、半導体レーザ素子125は、4つの発光点を有する。もちろん、半導体レーザ素子125が有する発光点の数は、特に限定されない。

[0216] 図15に示すように、光源装置100aは、光学モジュール部110aと、回路部160aと、処理部190aと、を備える。

[0217] 光学モジュール部110aは、レーザ光を出力する光源部である。光学モジュール部110aは、半導体レーザ素子125と、光学系130aと、第1受光部140と、第2受光部141と、温度調整部150と、ステージ420と、を備える。

[0218] 半導体レーザ素子125は、レーザ光を出力する半導体素子である。半導体レーザ素子125が有する発光点の数は、1以上であればよく、特に限定されない。本実施の形態では、光学モジュール部110aは、N個の発光点を有する半導体レーザ素子125を1つ備える。なお、図17には、一例として、半導体レーザ素子125が発光点を4つ備える場合を示している。また、複数の発光点は、それぞれ独立して駆動可能なように、駆動回路170と接続されている。

[0219] 半導体レーザ素子125が出力するレーザ光（出射光）の波長は、例えば

、500nm以下である。半導体レーザ素子125は、例えば、窒化物半導体で構成される。

[0220] 半導体レーザ素子125は、光学系130aへ向けてレーザ光を出力する。

[0221] 光学系130aは、半導体レーザ素子125から出力されたレーザ光の配光を制御する。具体的には、光学系130aは、半導体レーザ素子125から出力されたレーザ光のコリメート、合波、集光等を行い、照射対象物410又は第1受光部140に向けて配光を制御したレーザ光を出力する。

[0222] 光学系130aは、第1光学素子131と、第2光学素子132と、を備える。具体的には、光学系130aは、第1光学素子131の前段に第2光学素子132を有する。

[0223] 第2光学素子132は、半導体レーザ素子125からの出射光500を伝播する。第2光学素子132は、例えば、半導体レーザ素子125から出力されたレーザ光の配光の制御、伝播等を制御する。第2光学素子132は、レンズ、ミラー、及び、光導波路の少なくとも1つを含む。図17には、第2光学素子132の一例として、コリメータレンズ132a、132b、及び、集光レンズ132cを示している。

[0224] なお、図17に示すように、コリメータレンズ132a、132bの各々は、レンズアレイとして、一体的に形成されている。このように、光学系130aに採用される第1光学素子131及び第2光学素子132の形状は、任意でよい。

[0225] 第2光学素子132は、第1光学素子131に向けて第2伝播光520を出射する。

[0226] 第1光学素子131は、第2伝播光520を伝播して、第1伝播光510aを第1受光部140に、第1伝播光510bを照射対象物410に向けて出射する。

[0227] 第2受光部141は、第2光学素子132の少なくとも一部を伝播した第2伝播光520を受光する光センサである。図16に示すように、第2受光

部 1 4 1 は、第 1 光学素子 1 3 1 に向けて第 2 光学素子 1 3 2 から出射された第 2 伝播光 5 2 0 の一部を検出する。このように、第 2 受光部 1 4 1 は、第 2 光学素子 1 3 2 を伝播した第 2 伝播光 5 2 0 であって、第 1 光学素子 1 3 1 に入射する前の伝播光である第 2 伝播光 5 2 0 を受光する。第 2 受光部 1 4 1 は、回路部 1 6 0 a と制御線で接続されており、検出した出力値（アナログ値）を回路部 1 6 0 a に出力する。具体的には、第 2 受光部 1 4 1 は、回路部 1 6 0 a が有する測定回路（受光強度測定部） 1 8 1 と制御線で接続されており、検出した出力値を測定回路 1 8 1 に出力する。

[0228] 第 1 受光部 1 4 0 は、光学系 1 3 0 a（具体的には、第 1 光学素子 1 3 1 及び第 2 光学素子 1 3 2）の少なくとも一部を伝播した第 1 伝播光 5 1 0 a を受光する光センサである。

[0229] 温度調整部 1 5 0 は、半導体レーザ素子 1 2 5 の温度を制御するための変温器である。半導体レーザ素子 1 2 5 は、例えば、ペルチェ素子等の温度調整部 1 5 0 に搭載されている。

[0230] 回路部 1 6 0 a は、処理部 1 9 0 a 及び光学モジュール部 1 1 0 a と接続されており、処理部 1 9 0 a からの指示に基づいて、光学モジュール部 1 1 0 a の動作を制御する。回路部 1 6 0 a は、例えば、アナログ回路であり、機能的には、駆動回路 1 7 0 と、測定回路 1 8 0 と、測定回路 1 8 1 と、を備える。

[0231] 駆動回路 1 7 0 は、半導体レーザ素子 1 2 5 を駆動するための回路である。本実施の形態では、回路部 1 6 0 は、半導体レーザ素子 1 2 5 が有する複数の発光点をそれぞれ独立して光出力させることができるように、半導体レーザ素子 1 2 5 の発光点の数と同じ数だけの駆動回路 1 7 0 を備える。例えば、光学モジュール部 1 1 0 a が N 個の発光点を有する半導体レーザ素子 1 2 5 を有する場合、回路部 1 6 0 は、N 個の駆動回路 1 7 0 を有する。

[0232] 測定回路 1 8 1 は、第 2 受光部 1 4 1 において受光された第 2 伝播光 5 2 0 の受光強度を示す第 2 出力値を測定する。具体的には、測定回路 1 8 1 は、第 2 受光部 1 4 1 から出力されたアナログの出力値をデジタルの出力値に

変換するAD変換器である。測定回路181は、第2出力値を処理部190a（より具体的には、処理部190aが有する解析部193a）に出力する。

[0233] 処理部190aは、回路部160aの動作を制御する。具体的には、処理部190aは、回路部160aを制御することで、半導体レーザ素子125の駆動電流を制御する。

[0234] 処理部190aは、機能的には、設定部191と、制御部192と、解析部193aと、記憶部194aと、判定部（劣化判定部）195aと、通信部196と、を備える。

[0235] 設定部191は、半導体レーザ素子125の駆動電流の値を設定する。例えば、設定部191は、ユーザが操作する表示装置200から半導体レーザ素子125の駆動電流の値を示す情報を取得し、取得した駆動電流の値を記憶部194aに記憶させる。また、設定部191は、光学モジュール部110aが複数の発光点を有する半導体レーザ素子125を有する場合、使用する半導体レーザ素子125における発光点を選択する。例えば、設定部191は、ユーザが操作する表示装置200から使用する半導体レーザ素子125の発光点を示す情報を取得し、取得した使用する半導体レーザ素子125の発光点を示す情報を記憶部194aに記憶させる。なお、設定部191は、通信インターフェースを有し、表示装置200と通信可能に接続されていてもよいし、通信部196を介して表示装置200と通信してもよい。

[0236] 制御部192は、半導体レーザ素子125の駆動電流を制御するレーザ駆動制御部192aと、温度調整部を制御する温度調整制御部192bと、半導体レーザ素子120を保持するステージの駆動を制御するステージ制御部と192cを備える。具体的には、制御部192のレーザ駆動制御部192aは、回路部160aが有する駆動回路170を制御することで、設定部191が設定した使用する半導体レーザ素子125の発光点に、設定部191が設定した駆動電流の値だけ電流に印加させて、半導体レーザ素子125の任意の発光点を駆動させる。レーザ駆動制御部192aは、例えば、検査モ

ードにおいては、互いに異なる複数の駆動電流で半導体レーザ素子 125 の複数の発光点を 1 つずつ駆動させる。この場合、測定回路 180 は、互いに異なる複数の駆動電流の値に対する第 1 受光部 140 において受光された第 1 伝播光 510 a のそれぞれの第 1 出力値を測定する。また、測定回路 181 は、互いに異なる複数の駆動電流の値に対する、第 2 受光部 141 において受光された第 2 伝播光 520 の受光強度を示す第 2 出力値をそれぞれ測定する。

[0237] 解析部 193 a は、測定回路 180、181 から取得した半導体レーザ素子 125 のレーザ光の出力値に基づいて、しきい値電流 I_{th} と、スロープ効率 S_{e1} 、 S_{e2} とを算出する。

[0238] スロープ効率 S_{e1} は、レーザ光を発振する電流の値における、電流の値に対する第 1 受光部 140 で受光されたレーザ光の光出力の変化量（つまり、傾き）である。

[0239] また、スロープ効率 S_{e2} は、レーザ光を発振する電流の値における、電流の値に対する第 2 受光部 141 で受光されたレーザ光の光出力の変化量（つまり、傾き）である。

[0240] このように、解析部 193 a は、第 1 受光部 140 及び第 2 受光部 141 のそれぞれで検出されたレーザ光に対するスロープ効率 S_{e1} 、 S_{e2} を算出する。

[0241] 記憶部 194 a は、解析部 193 a が算出したしきい値電流 I_{th} と、スロープ効率 S_{e1} 、 S_{e2} とを記憶する。

[0242] 記憶部 194 a は、例えば、HDD、不揮発性メモリ等である。

[0243] 判定部 195 a は、解析部 193 a が算出した、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} 、 S_{e2} とから、半導体レーザ素子 125 及び光学系 130 a の劣化度合いを判定する。具体的には、判定部 195 a は、しきい値電流 I_{th} から半導体レーザ素子 125 の劣化度合いを判定し、スロープ効率 S_{e1} から光学系 130 a が有する第 1 光学素子 131 の劣化度合いを判定し、且つ、スロープ効率 S_{e2} から光学系 130 a が有する第 2 光学素子 132 の劣化度

合いを判定する。

[0244] 具体的には、判定部 195 a は、駆動電流の複数の値と、駆動電流の複数の値に対応するそれぞれの出力とに基づいて、第 1 光学素子 131 及び第 2 光学素子 132 の劣化度合いを判定する。より具体的には、判定部 195 a は、互いに異なる複数の駆動電流の値と、互いに異なる複数の駆動電流の値に対する第 1 受光部 140 において受光された第 1 伝播光 510 a のそれぞれの第 1 出力値とに基づいて、第 1 光学素子 131 の劣化度合いを判定し、且つ、互いに異なる複数の駆動電流の値と、互いに異なる複数の駆動電流の値に対する第 2 受光部 141 において受光された第 2 伝播光 520 のそれぞれの第 2 出力値とに基づいて、第 2 光学素子 132 の劣化度合いを判定する。

[0245] 以上のように、光源装置 100 a では、実施の形態 1 に係る光源装置 100 の処理に、さらに、第 2 受光部 141 で受光された第 2 伝播光 520 の光出力に基づいて、スロープ効率 S_{e2} を算出し、算出したスロープ効率 S_{e2} に基づいて、第 2 光学素子 132 の劣化度合いを算出する。他の構成要素及び処理に関しては、光源装置 100 a は、実施の形態 1 に係る光源装置 100 と同様であるため、説明を省略する。

[0246] 処理部 190 a は、処理部 190 と同様に、例えば、CPU と、CPU が実行する制御プログラムとによって実現される。当該制御プログラムは、例えば、記憶部 194 a に記憶されている。なお、処理部 190 a は、専用の電子回路等で実現されてもよい。例えば、設定部 191 と、制御部 192 と、解析部 193 a と、判定部 195 a とは、1 つの CPU で実現されてもよいし、複数の CPU で実現されてもよい。

[0247] [処理手順]

続いて、図 18～図 28 を参照しながら、実施の形態 2 に係る光源装置 100 a が実行する半導体レーザ素子 125 と第 1 光学素子 131 と第 2 光学素子 132 の劣化度合いを判定する処理手順について説明する。

[0248] なお、以下で説明する実施の形態 2 に係る光源装置 100 a が実行する処

理手順において、実施の形態１に係る光源装置１００が実行する処理手順と実質的に同様のステップについては、同様の符号を付し、説明を省略又は簡略化する場合がある。

[0249] 図１８は、実施の形態２に係る光源装置１００aが実行する半導体レーザ素子１２５と第１光学素子１３１と第２光学素子１３２との劣化度合いを判定する処理手順を示すフローチャートである。

[0250] まず、光源装置１００aは、半導体レーザ素子１２５、第１光学素子１３１、及び第２光学素子１３２の特性解析処理を実行する（ステップＳ１a）。具体的には、ステップＳ１aでは、解析部１９３aは、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とスロープ効率 S_{e2} とを算出して、記憶部１９４aに記憶させる。

[0251] 次に、光源装置１００aは、半導体レーザ素子１２５、第１光学素子１３１、及び、第２光学素子１３２の初期データ記憶処理を実行する（ステップＳ２a）。具体的には、ステップＳ２aでは、解析部１９３aは、第１光学素子１３１から出力されたレーザ光からステップＳ１aで算出した、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とのそれぞれの初期値を算出し、算出した初期値に基づいて判定部１９５aによる劣化度合いの判定の基準となる基準しきい値電流 I_{END} と、基準スロープ効率 S_{END1} とを算出して、記憶部１９４aに記憶させる。また、解析部１９３aは、第２光学素子１３２から出力されたレーザ光（第２伝播光５２０）からステップＳ１aで算出した、スロープ効率 S_{e2} の初期値を算出し、算出した初期値に基づいて判定部１９５aによる劣化度合いの判定の基準となる基準スロープ効率 S_{END2} とを算出して、記憶部１９４aに記憶させる。

[0252] 基準スロープ効率 S_{END1} と基準スロープ効率 S_{END2} とは、例えば、それぞれの初期値に対して予め定められた定数を乗算することで算出される。なお、基準しきい値電流 I_{END} と、基準スロープ効率 S_{END1} と、基準スロープ効率 S_{END2} とは、予め任意に定められていてもよい。

[0253] 次に、光源装置１００aは、動作モードで光学モジュール部１１０aを使

用する（ステップS3a）。例えば、ステップS3aは、ステップS3の処理と同様である。

[0254] 次に、光源装置100aは、半導体レーザ素子125、第1光学素子131、及び、第2光学素子132の特性解析処理を実行する（ステップS4a）。具体的には、ステップS4aでは、ステップS1aと同様に、解析部193aは、第1光学素子131から出力されたレーザ光から、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とを算出し、且つ、第2光学素子132から出力された第2伝播光520から、スロープ効率 S_{e2} を算出する。

[0255] 次に、光源装置100aは、半導体レーザ素子125、第1光学素子131、及び、第2光学素子132のデータ記憶処理を実行する（ステップS5a）。具体的には、ステップS5aでは、解析部193aは、ステップS4aで算出した、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とスロープ効率 S_{e2} とのそれぞれの値を、半導体レーザ素子125が利用された時間である累積使用時間 t に紐づけて、記憶部194aに記憶させる。

[0256] 次に、光源装置100aは、半導体レーザ素子125、第1光学素子131、及び、第2光学素子132の劣化判定処理を実行する（ステップS6a）。具体的には、ステップS6aでは、判定部195aは、ステップS5aで解析部193aが記憶部194aに記憶させたしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とスロープ効率 S_{e2} と累積使用時間 t とから、半導体レーザ素子125、第1光学素子131、及び、第2光学素子132の劣化度合いを判定する。

[0257] 次に、光源装置100aは、光源装置100aの使用を終了するか否かを判定する（ステップS7a）。例えば、ステップS7aは、ステップS7の処理と同様である。

[0258] 続いて、図18に示す各ステップの詳細について説明する。

[0259] なお、以下で説明する図19～図26のフローチャートでは、光源装置100aがN個の発光点を有する半導体レーザ素子125を備える場合を例示して説明する。

- [0260] 図19は、実施の形態2に係る光源装置100aが実行する特性解析処理（具体的には、ステップS1a及びステップS4a）の詳細を説明するためのフローチャートである。ステップS1aとステップS4aとは、半導体レーザ素子125の初期値であるどうか異なるのみであり、図19では、ステップS1aの詳細を説明する。
- [0261] まず、設定部191は、N個の半導体レーザ素子125の中から1つの半導体レーザ素子125を選択して設定する。つまり、設定部191は、N個の半導体レーザ素子125の発光点の中から1つの半導体レーザ素子125の発光点を選択して設定する。
- [0262] ここで、例えば、N個の半導体レーザ素子125の発光点には、N個の半導体レーザ素子125の発光点をそれぞれ区別できるように、番号1から番号Nまでの番号が予め割り振られている。例えば、設定部191は、N個の半導体レーザ素子125の発光点の中から番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125の発光点を選択して設定する（ステップS101a）。
- [0263] なお、以下では、番号 n の半導体レーザ素子125の発光点を、単に、番号 n の半導体レーザ素子125と記載する場合がある。
- [0264] 次に、制御部192は、ステップS101aで設定部191が設定した番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125を駆動（つまり、レーザ光を出力）させる（ステップS102a）。
- [0265] 次に、解析部193aは、第2受光部141での受光強度に基づく番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125のI-L特性（駆動電流に対する光出力）を計測する（ステップS103a）。具体的には、解析部193aは、測定回路181から第2受光部141が受光した番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125の光出力を取得して、且つ、制御部192が番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125を駆動させている駆動電流を取得する。
- [0266] 次に、解析部193aは、ステップS103aで計測した番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125のI-L特性から、スロープ効率 $S_{。2}$ を算出する（ステップS104a）。

- [0267] 次に、解析部 193 a は、ステップ S 104 a で算出した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 125 のスロープ効率 S_{e2} を記憶部 194 a に記憶させる（ステップ S 105 a）。
- [0268] なお、ステップ S 105 a では、例えば、解析部 193 a は、制御部 192 によって計測されている半導体レーザ素子 125 の累積使用時間 t をあわせて記憶部 194 a に記憶させる。
- [0269] 次に、解析部 193 a は、第 1 受光部 140 での受光強度に基づく番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 125 の $I-L$ 特性（駆動電流に対する光出力）を計測する（ステップ S 103 b）。具体的には、解析部 193 a は、測定回路 180 から第 1 受光部 140 が受光した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 125 の光出力を取得して、且つ、制御部 192 が番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 125 を駆動させている駆動電流を取得する。
- [0270] 次に、解析部 193 a は、ステップ S 103 a で計測した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 125 の $I-L$ 特性から、しきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とを算出する（ステップ S 104 b）。
- [0271] 次に、解析部 193 a は、ステップ S 104 b で算出した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 125 のしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とを記憶部 194 a に記憶させる（ステップ S 105 b）。
- [0272] なお、しきい値電流 I_{th} は、第 2 受光部 141 での受光強度に基づいて算出されてもよい。
- [0273] 次に、設定部 191 は、番号 n の次の番号（ $n + 1$ ）の半導体レーザ素子 125 を設定する（ステップ S 106）。
- [0274] 次に、制御部 192 は、ステップ S 106 で設定部 191 が設定した番号 n が $n > N$ を満たすか、つまり、光源装置 100 a が備える N 個の半導体レーザ素子 125 に設定されている番号の最大値を超えるか否かを判定する（ステップ S 107）。
- [0275] 制御部 192 は、 $n > N$ でないと判定した場合（ステップ S 107 で No）、処理をステップ S 102 a に戻す。

- [0276] 一方、制御部192は、 $n > N$ であると判定した場合（ステップS107でYes）、N個の半導体レーザ素子125のしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とスロープ効率 S_{e2} とを記憶部194aに記憶させたとして、処理を終了する。
- [0277] 図20は、実施の形態2に係る光源装置100aが実行する初期データ記憶処理の詳細を説明するためのフローチャートである。具体的には、図20は、図18に示すステップS2aの詳細を示すフローチャートである。
- [0278] まず、設定部191は、図18に示すステップS1aで解析部193aが解析したN個の半導体レーザ素子125それぞれのしきい値電流 I_{th} の初期値とスロープ効率 S_{e1} とスロープ効率 S_{e2} の初期値とに $M=0$ と設定する（ステップS201a）。
- [0279] 次に、設定部191は、N個の半導体レーザ素子125の中から番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125を選択して設定する（ステップS202a）。
- [0280] 次に、解析部193aは、ステップS202aで設定部191が設定した番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125の累積使用時間 t を記憶部194aから取得する（ステップS203a）。
- [0281] 次に、解析部193aは、記憶部194aに記憶させている番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125のI-L特性を取得する（ステップS204a）。ステップS204aでは、解析部193aは、記憶部194aに記憶させている番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125の第1受光部140での受光強度に基づくI-L特性と、第2受光部141での受光強度に基づくI-L特性とを取得する。
- [0282] 次に、解析部193aは、記憶部194aに記憶させている番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125のしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とスロープ効率 S_{e2} とを取得する（ステップS205a）。
- [0283] 次に、解析部193aは、取得した番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125のしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とスロープ効率 S_{e2} と累積使用時間 t と紐づけたデータテーブル340a（図22参照）を記憶部194aに記

憶させる（ステップS206a）。

[0284] 次に、解析部193aは、ステップS206aで記憶部194aに記憶させた初期データから、番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125における、判定部195aが番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125、第1光学素子131、及び、第2光学素子132の劣化度合いを判定するために用いる寿命判定基準データである基準しきい値電流 I_{END} と基準スロープ効率 S_{END1} と基準スロープ効率 S_{END2} とを設定（算出）して、記憶部194aに記憶させる（ステップS207a）。

[0285] 次に、設定部191は、番号 n の次の番号（ $n+1$ ）の半導体レーザ素子125を設定する（ステップS208）。

[0286] 次に、制御部192は、ステップS208で設定部191が設定した番号 n が $n>N$ を満たすか、つまり、光源装置100aが備える N 個の半導体レーザ素子125に設定されている番号の最大値を超えるか否かを判定する（ステップS209）。

[0287] 制御部192は、 $n>N$ でないと判定した場合（ステップS209でNo）、処理をステップS203aに戻す。

[0288] 一方、制御部192は、 $n>N$ であると判定した場合（ステップS209でYes）、 N 個の半導体レーザ素子125のデータテーブル340a、341a、342aを記憶部194aに記憶させたとして、処理を終了する。

[0289] 図21は、実施の形態2に係る光源装置100aが実行するデータ記憶処理（ステップS5a）の詳細を説明するためのフローチャートである。

[0290] まず、設定部191は、 N 個の半導体レーザ素子125の中から番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125を選択して設定する（ステップS501a）。

[0291] 次に、解析部193aは、検査番号 M を更新（ $M=M+1$ ）する（ステップS502a）。

[0292] 次に、解析部193aは、制御部192から番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125の累積使用時間 t を取得する（ステップS503a）。

[0293] 次に、解析部193aは、記憶部194aに記憶させている番号 $n=1$ の

半導体レーザ素子 1 2 5 の 2 回目の測定結果であるしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とスロープ効率 S_{e2} とを取得する（ステップ S 5 0 4 a）。

[0294] 次に、解析部 1 9 3 a は、取得した番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 1 2 5 の 2 回目の測定結果であるしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} とスロープ効率 S_{e2} と累積使用時間 t と紐づけたデータテーブル 3 4 1 a（図 7 参照）を記憶部 1 9 4 a に記憶させる（ステップ S 5 0 5 a）。

[0295] なお、2 回目の測定結果は、図 3 に示すステップ S 4 a で解析部 1 9 3 a が記憶部 1 9 4 a に記憶させている。

[0296] 次に、設定部 1 9 1 は、番号 n の次の番号（ $n + 1$ ）の半導体レーザ素子 1 2 5 を設定する（ステップ S 5 0 6）。

[0297] 次に、制御部 1 9 2 は、ステップ S 2 0 8 で設定部 1 9 1 が設定した番号 n が $n > N$ を満たすか、つまり、光源装置 1 0 0 a が備える N 個の半導体レーザ素子 1 2 5 に設定されている番号の最大値を超えるか否かを判定する（ステップ S 5 0 7）。

[0298] 制御部 1 9 2 は、 $n > N$ でないと判定した場合（ステップ S 5 0 7 で No）、処理をステップ S 5 0 2 a に戻す。

[0299] 一方、制御部 1 9 2 は、 $n > N$ であると判定した場合（ステップ S 5 0 7 で Yes）、 N 個の半導体レーザ素子 1 2 5 における検査番号 M のデータテーブル（例えば、図 2 2 に示すデータテーブル 3 4 0 a、3 4 1 a、3 4 2 a）を記憶部 1 9 4 a に記憶させたとして、処理を終了する。

[0300] 図 2 2 は、実施の形態 2 に係る光源装置 1 0 0 a が記憶するデータテーブル 3 4 0 a、3 4 1 a、3 4 2 a の一例を示す表である。

[0301] 図 2 2 に示すように、例えば、データテーブル 3 4 0 a には、番号 $n = 1$ の半導体レーザ素子 1 2 5 の検査番号 $M = 0$ から $M = 12$ までの、累積使用時間 t と、しきい値電流 I_{th} と、スロープ効率 S_{e1} と、スロープ効率 S_{e2} とが含まれている。

[0302] つまり、例えば、図 7 に示すデータテーブル 3 4 0 とは、データテーブル 3 4 0 a は、2 つのスロープ効率 S_{e1} 、 S_{e2} を含んでいる点が異なる。

- [0303] 図23は、実施の形態2に係る光源装置100aが実行する劣化判定処理（ステップS6a）の詳細を説明するためのフローチャートである。
- [0304] まず、設定部191は、N個の半導体レーザ素子125の中から番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125を選択して設定する（ステップS60a）。
- [0305] 次に、判定部195aは、番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125、第1光学素子131、及び、第2光学素子132の故障判定処理を実行する（ステップS61a）。具体的には、ステップS61aでは、判定部195aは、記憶部194aに記憶されたデータテーブルに基づいて、番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125、第1光学素子131、及び、第2光学素子132が故障しているか否かを判定する。
- [0306] 次に、判定部195aは、番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125、第1光学素子131、及び、第2光学素子132の寿命予測処理を実行する（ステップS62a）。具体的には、ステップS62では、判定部195aは、記憶部194aに記憶されたデータテーブルに基づいて、番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125、第1光学素子131、及び、第2光学素子132の寿命を算出する。
- [0307] つまり、判定部195aは、ステップS61a及びステップS62aでは、番号 $n=1$ の半導体レーザ素子125、第1光学素子131、及び、第2光学素子132の劣化度合いを算出する。
- [0308] 次に、設定部191は、番号 n の次の番号（ $n+1$ ）の半導体レーザ素子125を設定する（ステップS63）。
- [0309] 次に、判定部195aは、ステップS63で設定部191が設定した番号 n が $n>N$ を満たすか、つまり、光源装置100aが備えるN個の半導体レーザ素子125に設定されている番号の最大値を超えるか否かを判定する（ステップS64）。
- [0310] 判定部195aは、制御部192が $n>N$ でないと判定した場合（ステップS64でNo）、処理をステップS61aに戻す。
- [0311] 一方、判定部195aは、制御部192が $n>N$ であると判定した場合（

ステップS 6 4でY e s)、N個の半導体レーザ素子1 2 5、第1光学素子1 3 1、及び、第2光学素子1 3 2における劣化度合いの判定をしたとして、処理を終了する。

[0312] 図2 4は、実施の形態2に係る光源装置1 0 0 aが実行する故障判定処理(ステップS 6 1 a)の詳細を説明するためのフローチャートである。

[0313] まず、判定部1 9 5 aは、記憶部1 9 4 aから番号nの半導体レーザ素子1 2 5のしきい値電流 I_{th} とスロープ効率 S_{e1} 、 S_{e2} とを取得する(ステップS 6 1 1 a)。

[0314] 次に、判定部1 9 5 aは、番号nの半導体レーザ素子1 2 5の寿命判定基準データである基準しきい値電流 I_{END} と基準スロープ効率 S_{END1} と基準スロープ効率 S_{END2} とを取得する(ステップS 6 1 2 a)。

[0315] 次に、判定部1 9 5 aは、しきい値電流 $I_{th} < \text{基準しきい値電流 } I_{END}$ であるか否かを判定する(ステップS 6 1 3)。

[0316] 判定部1 9 5 aは、しきい値電流 $I_{th} < \text{基準しきい値電流 } I_{END}$ でないと判定した場合(ステップS 6 1 3でN o)、番号nの半導体レーザ素子1 2 5が寿命に到達したことを表示部2 1 0に表示させる(ステップS 6 1 4 a)。

[0317] なお、判定部1 9 5 aは、図9に示すステップS 6 1 5のように、番号nの半導体レーザ素子1 2 5が寿命に到達したことを外部機器3 0 0に通知してもよい。

[0318] 一方、判定部1 9 5 aは、しきい値電流 $I_{th} < \text{基準しきい値電流 } I_{END}$ であると判定した場合(ステップS 6 1 3でY e s)、スロープ効率 $S_{e2} > \text{基準スロープ効率 } S_{END2}$ であるか否かを判定する(ステップS 6 1 6 a)。

[0319] 判定部1 9 5 aは、スロープ効率 $S_{e2} > \text{基準スロープ効率 } S_{END2}$ でないと判定した場合(ステップS 6 1 6 aでN o)、番号nの半導体レーザ素子1 2 5が出力したレーザ光が通過する第2光学素子1 3 2が寿命に到達したことを表示部2 1 0に表示させる(ステップS 6 1 7 a)。

[0320] なお、判定部1 9 5 aは、図9に示すステップS 6 1 8のように、第2光

学素子 1 3 2 が寿命に到達したことを外部機器 3 0 0 に通知してもよい。

[0321] 判定部 1 9 5 a は、スロープ効率 S_{e2} > 基準スロープ効率 S_{END2} であると判定した場合（ステップ S 6 1 6 a で Y e s）、スロープ効率 S_{e1} > 基準スロープ効率 S_{END1} であるか否かを判定する（ステップ S 6 1 6 b）。

[0322] 判定部 1 9 5 a は、スロープ効率 S_{e1} > 基準スロープ効率 S_{END1} でないと判定した場合（ステップ S 6 1 6 b で N o）、番号 n の半導体レーザ素子 1 2 5 が出力したレーザ光が通過する第 1 光学素子 1 3 1 が寿命に到達したことを表示部 2 1 0 に表示させる（ステップ S 6 1 7 b）。

[0323] なお、判定部 1 9 5 a は、図 9 に示すステップ S 6 1 8 のように、第 1 光学素子 1 3 1 が寿命に到達したことを外部機器 3 0 0 に通知してもよい。

[0324] 判定部 1 9 5 a は、スロープ効率 S_{e1} > 基準スロープ効率 S_{END1} であると判定した場合（ステップ S 6 1 6 b で Y e s）、番号 n の半導体レーザ素子 1 2 5 が故障しておらず、且つ、第 1 光学素子 1 3 1 及び第 2 光学素子 1 3 2 が故障していないとして、処理を終了する。

[0325] 図 2 5 は、実施の形態 2 に係る光源装置 1 0 0 a が備える判定部 1 9 5 a がスロープ効率 S_{e1} 、 S_{e2} に基づいて実行する第 1 光学素子 1 3 1 及び第 2 光学素子 1 3 2 の劣化度合いの判定結果の一例を示す表である。

[0326] 図 2 5 に示すように、判定部 1 9 5 a は、スロープ効率 S_{e1} が正常であり、つまり、スロープ効率 S_{e1} > 基準スロープ効率 S_{END1} を満たし、且つ、スロープ効率 S_{e2} が正常である、つまり、スロープ効率 S_{e2} > 基準スロープ効率 S_{END2} を満たす場合、光学系 1 3 0 a（第 1 光学素子 1 3 1 及び第 2 光学素子 1 3 2）は故障していない、つまり、劣化箇所がないと判定する。

[0327] また、判定部 1 9 5 a は、スロープ効率 S_{e1} が基準値（基準スロープ効率 S_{END1} ）より低下しており、つまり、スロープ効率 S_{e1} > 基準スロープ効率 S_{END1} を満たさず、且つ、スロープ効率 S_{e2} が基準値（基準スロープ効率 S_{END2} ）より低下している、つまり、スロープ効率 S_{e2} > 基準スロープ効率 S_{END2} を満たさない場合、第 2 光学素子 1 3 2 が故障している、つまり、劣化箇所が第 2 光学素子 1 3 2 にあると判定する。

- [0328] また、判定部 195 a は、スロープ効率 S_{e1} が基準値（基準スロープ効率 S_{END1} ）より低下しており、つまり、スロープ効率 $S_{e1} > \text{基準スロープ効率 } S_{END1}$ を満たさず、且つ、スロープ効率 S_{e2} が正常である、つまり、スロープ効率 $S_{e2} > \text{基準スロープ効率 } S_{END2}$ を満たす場合、第 1 光学素子 131 が故障している、つまり、劣化箇所が第 1 光学素子 131 にあると判定する。
- [0329] 図 26 は、実施の形態 2 に係る光源装置 100 a が実行する寿命予測処理（ステップ S62a）の詳細を説明するためのフローチャートである。
- [0330] まず、判定部 195 a は、 M_p の初期値として 0 を代入する（ステップ S621）。
- [0331] 次に、判定部 195 a は、 $M_p = M_p + 1$ とする計算をする（ステップ S622）。
- [0332] 次に、判定部 195 a は、最新のしきい値電流 I_{th} 等が記憶されている検査番号 M から M_p 回前の検査番号（つまり、検査番号 $M - M_p$ ）に含まれる累積使用時間 t （ $M - M_p$ ）を記憶部 194 a から取得する（ステップ S623）。
- [0333] 次に、判定部 195 a は、 $t(M) - t(M - M_p) > t_p$ であるか否かを判定する（ステップ S624）。
- [0334] 判定部 195 a は、 $t(M) - t(M - M_p) > t_p$ でないと判定した場合（ステップ S624 で No）、処理をステップ S622 に戻し、ステップ S622～ステップ S624 を繰り返し実行する。
- [0335] また、判定部 195 a は、 $t(M) - t(M - M_p) > t_p$ であると判定した場合（ステップ S624 で Yes）、番号 n の半導体レーザ素子 125 の寿命 t_{ENDLD} を算出する（ステップ S625）。
- [0336] 寿命 t_{ENDLD} は、上記した式（1）で算出される。
- [0337] 次に、判定部 195 a は、番号 n の半導体レーザ素子 125 と第 2 受光部 141 との間に位置する第 2 光学素子 132 の寿命 t_{ENDOP2} を算出する（ステップ S626a）。
- [0338] 寿命 t_{ENDOP2} は、以下に示す式（3）で算出される。

[0339] [数3]

$$t_{\text{ENDOP2}} = \frac{S_{\text{END2}} - S_{e2}(M)}{S_{e2}(M) - S_{e2}(M - M_p)} \times \{t(M) - t(M - M_p)\} + t(M - M_p) \quad \text{式 (3)}$$

[0340] ここで、 $S_{e2}(M)$ は、検査番号 M に含まれるスロープ効率 S_{e2} である。

また、 $S_{e2}(M - M_p)$ は、検査番号 $M - M_p$ に含まれるスロープ効率 S_{e2} である。

[0341] 次に、判定部 195 a は、番号 n の半導体レーザ素子 125 と第 1 受光部 140 との間に位置する第 1 光学素子 131 の寿命 t_{ENDOP1} を算出する（ステップ S626 b）。

[0342] 寿命 t_{ENDOP1} は、以下に示す式（4）で算出される。

[0343] [数4]

$$t_{\text{ENDOP1}} = \frac{S_{\text{END1}} - S_{e1}(M)}{S_{e1}(M) - S_{e1}(M - M_p)} \times \{t(M) - t(M - M_p)\} + t(M - M_p) \quad \text{式 (4)}$$

[0344] ここで、 $S_{e1}(M)$ は、検査番号 M に含まれるスロープ効率 S_{e1} である。

また、 $S_{e1}(M - M_p)$ は、検査番号 $M - M_p$ に含まれるスロープ効率 S_{e1} である。

[0345] 次に、判定部 195 a は、 t_{ENDLD} 、 t_{ENDOP1} 、及び、 t_{ENDOP2} を表示部 210 に表示させる（ステップ S627 a）。ステップ S627 a では、例えば、判定部 195 a は、通信部 196 を介して、 t_{ENDLD} 、 t_{ENDOP1} 、及び、 t_{ENDOP2} を表示装置 200 に送信する。例えば、表示装置 200 が備える制御部 240 は、処理部 190 a から t_{ENDLD} 、 t_{ENDOP1} 、及び、 t_{ENDOP2} を、通信部 220 を介して受信した場合、表示部 210 を制御することで、表示部 210 に t_{ENDLD} 、 t_{ENDOP1} 、及び、 t_{ENDOP2} を示す画像を表示させる。

[0346] なお、判定部 195 a は、さらに、 $t_{\text{ENDLD}} - t(M)$ 、 $t_{\text{ENDOP1}} - t(M)$ 、及び、 $t_{\text{ENDOP2}} - t(M)$ を算出して、 $t_{\text{ENDLD}} - t(M)$ 、 $t_{\text{ENDOP1}} - t(M)$ 、及び、 $t_{\text{ENDOP2}} - t(M)$ を表示部 210 に表示させてもよ

い。

[0347] また、判定部 195 a は、図 11 に示すステップ S628 のように、 t_{ENDLD} 、 t_{ENDOP1} 、及び、 t_{ENDOP2} を外部機器 300 に通知してもよい。

[0348] また、判定部 195 a は、さらに、 $t_{ENDLD} - t(M)$ 、 $t_{ENDOP1} - t(M)$ 、及び、 $t_{ENDOP2} - t(M)$ を算出して、 $t_{ENDLD} - t(M)$ 、 $t_{ENDOP1} - t(M)$ 、及び、 $t_{ENDOP2} - t(M)$ を外部機器 300 に通知してもよい。

[0349] 図 27 は、実施の形態 2 に係る光源装置 100 a が備える半導体レーザ素子 125 の累積使用時間 t に対するスロープ効率 S_{e1} の変化の一例を示すグラフである。図 28 は、実施の形態 2 に係る光源装置 100 a が備える半導体レーザ素子 125 の累積使用時間 t に対するスロープ効率 S_{e2} の変化の別の一例を示すグラフである。具体的には、図 27 及び図 28 は、同じ番号 n の半導体レーザ素子 125 における、スロープ効率 S_{e1} 、 S_{e2} の変化を示すグラフである。

[0350] 図 27 及び図 28 に示す例では、スロープ効率 S_{e2} は、累積使用時間 t の変化に対してあまり変化しない。一方、スロープ効率 S_{e1} は、累積使用時間 t の変化に対してスロープ効率 S_{e2} よりも変化が大きい。このように、スロープ効率 S_{e2} が累積使用時間 t の変化に対してあまり変化せず、且つ、スロープ効率 S_{e1} が累積使用時間 t の変化に対して大きく変化する場合、第 1 光学素子 131 の劣化度合いが大きい、と、判定部 195 a は、判定できる。

[0351] [効果等]

以上説明したように、実施の形態 2 に係る光源装置 100 a は、実施の形態 1 に係る光源装置 100 の構成に加えて、さらに、第 2 受光部 141 を備える。光学系 130 a は、第 1 光学素子 131 の前段に第 2 光学素子 132 をさらに有する。第 2 受光部 141 は、第 2 光学素子 132 を伝播した第 2 伝播光 520 であって、第 1 光学素子 131 に入射する前の第 2 伝播光 520 を受光する。また、測定回路 181 は、互いに異なる複数の駆動電流の値に対する、第 2 受光部 141 において受光された第 2 伝播光 520 の受光強

度を示す第2出力値をそれぞれ測定する。

[0352] このような構成によれば、光学系130aが有する光学素子（本実施の形態では、第1光学素子131及び第2光学素子132）のうち、どの光学素子が劣化しているかを特定しやすくすることができる。

[0353] （変形例）

続いて、本開示に係る光源装置の変形例について説明する。なお、変形例の説明においては、実施の形態1及び2に係る光源装置100、100aとの差異点を中心に説明し、実施の形態1及び2に係る光源装置100、100aと同様の構成については同様の符号を付し、説明を省略又は簡略化する場合がある。

[0354] なお、以下で説明する変形例1及び2は、実施の形態1及び2と、光学モジュール部の構成のみがことなる。そのため、以下では、光学モジュール部について説明する。

[0355] [変形例1]

図29は、変形例1に係る光学モジュール部110bの一例を模式的に示す概略図である。

[0356] 光学モジュール部110bは、スクリーン700に映像を投影するプロジェクタ（走査型レーザディスプレイ装置）の光源として用いられる。このように、本開示に係る光源装置は、例えば、図2A及び図2Bに示すレーザ加工機の光源以外に採用されてもよい。

[0357] 光学モジュール部110bは、半導体レーザ素子126、127、128と、光学系130bと、二軸スキャナ131jと、第1受光部140と、を備える。

[0358] 半導体レーザ素子126、127、128は、レーザ光を出力する光源である。例えば、光学モジュール部110bがスクリーン700に映像を投影するプロジェクタの光源として採用される場合、例えば、半導体レーザ素子126は、赤色光を出力し、半導体レーザ素子127は、緑色光（例えば波長約530nm）を出力し、半導体レーザ素子128は、青色光（例えば波

長約450nm)を出力する。特に、半導体レーザ素子127と半導体レーザ素子128とは、窒化物半導体で構成されることが好ましい。また、このように、光学モジュール部110bが採用される装置に合わせて、本開示に係る光源装置が備える半導体レーザ素子が出力する波長は、任意に設定されてよい。

[0359] 光学系130bは、3つのコリメータレンズ131hと、それぞれがダイクロイックミラーである3つのミラー131iと、を第1光学素子として有する。

[0360] このように、本開示に係る光学系に採用される複数の第1光学素子は、任意に選択されてよい。

[0361] 動作モードにおいて、半導体レーザ素子126、127、128が出力したレーザ光は、コリメータレンズ131hを通過してミラー131iで反射され、二軸スキャナ131jによってスクリーン700上で走査される。

[0362] 検査モードにおいて、例えば、二軸スキャナ131jでレーザ光は第1受光部140へ反射され、第1受光部140は反射されたレーザ光を検出する。このように、第1受光部140は、第1光学素子(本変形例では、コリメータレンズ131h及びミラー131i)の後段に配置され、第1光学素子の少なくとも一部を伝播した光(例えば、図1に示す第1伝播光510a)を検出できればよい。なお、「伝播した光」とは、コリメータレンズ131h等の光学素子を通過した光だけでなく、ミラー131i等の光学素子で反射された光も意味する。

[0363] [変形例2]

図30は、変形例2に係る光学モジュール部110cの一例を模式的に示す概略図である。

[0364] 光学モジュール部110cは、映像を投影するプロジェクタ(透過型レーザディスプレイ装置)の光源として用いられる。

[0365] 光学モジュール部110cは、半導体レーザ素子126、127、128と、光学系130cと、第1受光部140と、を備える。

[0366] 光学系130cは、エキスパンド光学系131lと、2つのミラー131kと、3つの液晶パネル131mと、ダイクロイックプリズム131nと、投射レンズ131oを有する。

[0367] 半導体レーザ素子126、127、128が出力したレーザ光は、例えば複数のレンズからなるエキスパンド光学系131lを通過して、一部はミラー131kで反射され、液晶パネル131mを通過して、ダイクロイックプリズム131nに入射される。ダイクロイックプリズム131nに入射されたレーザ光は、投射レンズ131oに向けて出射されて、投射レンズ131oに配光角度が制御されて、投射レンズ131oから出射される。

[0368] また、第1受光部140は、例えば、図示しない可動ステージ等に配置されており、移動可能となっている。検査モードにおいて、第1受光部140は、例えば、ダイクロイックプリズム131nと投射レンズ131oとの間に移動され、ダイクロイックプリズム131nから出射されたレーザ光を検出する。このように、第1受光部140を移動可能とすることで、上述した動作モードにおいて、第1受光部140によってレーザ光の一部が照射対象物410に照射されないことを抑制することができる。例えば、図示しない可動ステージは、制御部192によって移動が制御できるように、処理部190と制御線等によって通信可能に接続されていてもよい。

[0369] [変形例3]

例えば、制御部192は、解析部193が解析したしきい値電流 I_{th} の値の変化に基づいて、半導体レーザ素子120の駆動電流の値を制御してもよい。

[0370] 図31の(a)と(b)とは、それぞれ、半導体レーザ素子120aと半導体レーザ素子120bとを備える変形例3に係る光源装置100bにおいて、半導体レーザ素子120aと半導体レーザ素子120bとの累積使用時間 t に対するしきい値電流 I_{th} の増加とスロープ効率 S_0 との低下の具体例を示すグラフである。より具体的には、図31の(a)は、半導体レーザ素子120aにおける時間変化の具体例を示すグラフであり、図31の(b)は

、半導体レーザ素子 120b における時間変化の具体例を示すグラフである。

[0371] 図 31 に示すように、累積使用時間 t_1 において、半導体レーザ素子 120b の方が半導体レーザ素子 120a よりもしきい値電流 I_{th} の上昇が大きいとする。つまり、半導体レーザ素子 120b の方が半導体レーザ素子 120a よりも劣化度合いが大きいとする。この場合、制御部 192 は、半導体レーザ素子 120a よりも半導体レーザ素子 120b の方の駆動電流の値を小さくして、半導体レーザ素子 120a、120b を駆動させる。こうすることで、半導体レーザ素子 120b の劣化の進行が遅れ、累積使用時間 t_2 において、半導体レーザ素子 120a と半導体レーザ素子 120b とのしきい値電流 I_{th} が近づく。なお、この場合、光源装置 100b から出力されるレーザ光の光出力が低下しないように、半導体レーザ素子 120a の駆動電流の値を大きくしてもよい。

[0372] 図 32 は、変形例 3 に係る光源装置 100b の特徴的な機能構成を示すブロック図である。図 33 は、変形例 3 に係る光源装置 100b が実行する劣化判定処理（図 8 に示すステップ S6）の詳細を説明するためのフローチャートである。例えば、光源装置 100b が半導体レーザ素子 120 を複数備える場合、判定部 195 は、ステップ S62 において、複数の半導体レーザ素子 120 それぞれの寿命を予測する。全半導体レーザ素子 120 の寿命を予測した後、ステップ S65 において、例えば、設定部 191 は、判定部 195 によって予測された複数の半導体レーザ素子 120 それぞれの寿命が等しくなるように、それぞれの半導体レーザ素子 120 の駆動電流を設定しなおしてもよい。

[0373] 具体的には、例えば、図 31 に示す累積使用時間 t_1 まで、半導体レーザ素子 120a と半導体レーザ素子 120b とは、各々 2W で駆動し、累積使用時間 t_1 以降、半導体レーザ素子 120a は 3W で、半導体レーザ素子 120b は 1W で駆動する。このような駆動条件を設定すれば、累積使用時間 t_1 から累積使用時間 t_2 までの期間は、負荷の大きな半導体レーザ素子 1

20aの劣化は速く進行し、負荷の小さな半導体レーザ素子120bの劣化は遅く進行する。

[0374] このような構成によれば、本開示に係る光源装置が複数の半導体レーザ素子120を備える場合、複数の半導体レーザ素子120それぞれの劣化度合いが均等になりやすい。これにより、例えば、複数の半導体レーザ素子120のうちの1つの半導体レーザ素子120が極端に劣化の進行が早い場合においても、光源装置から出力されるレーザ光の光出力の合計値を変えずに、当該1つの半導体レーザ素子120の寿命を延ばすことができる。また、すべての半導体レーザ素子120がほぼ同時に寿命に到達するようにすることができる。

[0375] (その他の実施の形態)

以上、本開示の実施の形態に係る光源装置について、各実施の形態及び変形例に基づいて説明したが、本開示は、これらの実施の形態及び変形例に限定されるものではない。本開示の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を各実施の形態及び変形例に施したもの、又は、異なる実施の形態及び変形例における構成要素を組み合わせる構築される形態も、一つ又は複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

[0376] また、上記実施の形態では、光源装置100、100aは、表示装置200を備えないものとして示したが、光源装置100、100aは、表示装置200を備えてもよい。

[0377] また、例えば、処理部190、190aが有する構成要素は、一つ又は複数の電子回路で構成されてもよい。一つ又は複数の電子回路は、それぞれ、汎用的な回路でもよいし、専用の回路でもよい。一つ又は複数の電子回路には、例えば、半導体装置、IC(Integrated Circuit)、又は、LSI(Large Scale Integration)等が含まれてもよい。IC又はLSIは、一つのチップに集積されてもよく、複数のチップに集積されてもよい。ここでは、IC又はLSIと呼んでいるが、集積の度合いによって呼び方が変わり、システムLSI、VLSI(Ve

ry Large Scale Integration)、又は、ULSI (Ultra Large Scale Integration) と呼ばれるかもしれない。また、LSIの製造後にプログラムされるFPGA (Field Programmable Gate Array) も同じ目的で使うことができる。

[0378] また、本開示の全般的又は具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路又はコンピュータプログラムで実現されてもよい。或いは、当該コンピュータプログラムが記憶された光学ディスク、HDD若しくは半導体メモリ等のコンピュータ読み取り可能な非一時的記録媒体で実現されてもよい。また、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

産業上の利用可能性

[0379] 本開示の光源装置は、半導体レーザ素子を備える光源装置に利用でき、例えば、レーザ光を用いて照射対象物を加工するレーザ加工機に適用できる。

符号の説明

[0380] 100、100a、100b 光源装置
 110、110a、110b、110c 光学モジュール部
 120、121、122、123、124、126、127、128、120a、120b、120x 半導体レーザ素子
 125 半導体レーザ素子（半導体レーザアレイ素子）
 130、130a、130b、130c 光学系
 131 第1光学素子
 131a、131aa、131b、131bb、131f、131h コリメータレンズ
 131c、131g 集光レンズ
 131d 光ファイバ
 131e 加工ヘッド
 131i、131k ミラー

- 1 3 1 j 二軸スキャナ
- 1 3 1 l エクスパンド光学系
- 1 3 1 m 液晶パネル
- 1 3 1 n ダイクロイックプリズム
- 1 3 1 o 投射レンズ
- 1 3 2 第2光学素子
- 1 3 2 a、1 3 2 b コリメータレンズ
- 1 3 2 c 集光レンズ
- 1 4 0 第1受光部
- 1 4 1 第2受光部
- 1 5 0 温度調整部
- 1 6 0、1 6 0 a 回路部
- 1 7 0 駆動回路
- 1 8 0、1 8 1 測定回路（受光強度測定部）
- 1 9 0、1 9 0 a、1 9 0 b 処理部
- 1 9 1 設定部
- 1 9 2 制御部
- 1 9 2 a レーザ駆動制御部
- 1 9 2 b 温度調整制御部
- 1 9 2 c ステージ制御部
- 1 9 3、1 9 3 a 解析部
- 1 9 4、1 9 4 a 記憶部
- 1 9 5、1 9 5 a 判定部（劣化判定部）
- 1 9 6、2 2 0、3 1 0 通信部
- 2 0 0 表示装置
- 2 1 0 表示部
- 2 3 0 入力部
- 2 4 0、3 3 0 制御部

300 外部機器（外部のコンピュータ）

320 記憶部

340、340a、341、341a、342、342a データテーブル

400 ガス噴出器

410 照射対象物

420 ステージ

500 出射光

510、510a、510b 第1伝播光

520 第2伝播光

600 劣化箇所

700 スクリーン

請求の範囲

- [請求項1] 半導体レーザ素子と、
前記半導体レーザ素子からの出射光を伝播する第1光学素子を有する光学系と、
前記第1光学素子の少なくとも一部を伝播した第1伝播光を受光する第1受光部と、
前記半導体レーザ素子の駆動電流を制御するレーザ駆動制御部と、
前記第1受光部において受光された前記第1伝播光の受光強度を示す第1出力値を測定する受光強度測定部と、を備え、
前記第1受光部は、前記第1光学素子の後段に配置され、
前記レーザ駆動制御部は、互いに異なる複数の駆動電流で前記半導体レーザ素子を駆動させ、
前記受光強度測定部は、前記互いに異なる複数の駆動電流の値に対する前記第1受光部において受光された前記第1伝播光のそれぞれの前記第1出力値を測定する
光源装置。
- [請求項2] 前記第1受光部は、前記光学系の後段に配置される
請求項1に記載の光源装置。
- [請求項3] 前記第1光学素子は、レンズ、ミラー、及び、光導波路の少なくともいずれかを含む
請求項1又は2に記載の光源装置。
- [請求項4] 前記第1受光部は、前記第1受光部の受光面において、前記第1光学素子によって前記出射光が集光された前記第1伝播光を、前記第1伝播光の焦点からずれた位置で受光する
請求項1から3のいずれか1項に記載の光源装置。
- [請求項5] 前記第1受光部が受光する前記第1伝播光に対応する前記駆動電流は、定格駆動電流よりも小さい
請求項1から4のいずれか1項に記載の光源装置。

[請求項6] さらに、前記半導体レーザ素子の温度を調整する温度調整部と、前記温度調整部を制御する温度調整制御部と、を備え、

前記温度調整制御部は、前記温度調整部を制御することで、前記半導体レーザ素子の温度を制御し、

前記受光強度測定部が前記第1出力値を測定するとき、前記半導体レーザ素子の温度は、前記温度調整制御部によって前記温度調整部が制御されることで、予め定められた温度である基準温度の $\pm 5^{\circ}\text{C}$ の範囲内に制御される

請求項1から5のいずれか1項に記載の光源装置。

[請求項7] さらに、前記第1光学素子の劣化度合いを判定する劣化判定部を備え、

前記劣化判定部は、前記互いに異なる複数の駆動電流の値と、前記互いに異なる複数の駆動電流の値に対する前記第1受光部において受光された前記第1伝播光のそれぞれの前記第1出力値とに基づいて、前記第1光学素子の劣化度合いを判定する

請求項1から6のいずれか1項に記載の光源装置。

[請求項8] 前記互いに異なる複数の駆動電流のうちの2つの駆動電流の変化量を ΔI_f とし、前記2つの駆動電流に対する前記第1受光部において受光された前記第1伝播光のそれぞれの前記第1出力値の変化量を ΔP_{om} とした場合に、

前記劣化判定部は、 $\Delta P_{om} / \Delta I_f$ に基づいて前記第1光学素子の劣化度合いを判定する

請求項7に記載の光源装置。

[請求項9] 前記劣化判定部は、

前記半導体レーザ素子がレーザ発振するしきい値電流の値の時間に対する変化量を算出し、

算出した前記しきい値電流の値の変化量を用いて、前記半導体レーザ素子の寿命を算出し、且つ、前記第1光学素子の劣化度合いを判定

する

請求項 7 又は 8 に記載の光源装置。

[請求項10] 前記劣化判定部において、前記第 1 光学素子を伝播した前記第 1 伝播光を前記第 1 受光部に受光させることで、前記第 1 光学素子の劣化度合いの判定と、前記半導体レーザ素子の寿命の算出とを行う検査モードと、

前記第 1 光学素子を伝播した前記第 1 伝播光を照射対象物に照射させる動作モードとを繰り返し行う

請求項 9 に記載の光源装置。

[請求項11] 前記劣化判定部は、算出した前記半導体レーザ素子の寿命を外部のコンピュータに送信する

請求項 9 又は 10 に記載の光源装置。

[請求項12] 前記劣化判定部は、判定した前記第 1 光学素子の劣化度合いを外部のコンピュータに送信する

請求項 7 から 11 のいずれか 1 項に記載の光源装置。

[請求項13] 前記互いに異なる複数の駆動電流のうちの 2 つの駆動電流の変化量を ΔI_f とし、前記 2 つの駆動電流に対する前記第 1 受光部において受光された前記第 1 伝播光のそれぞれ複数の前記第 1 出力値の変化量を ΔP_{om} とした場合、

前記劣化判定部は、 $\Delta P_{om} / \Delta I_f$ に基づいて、前記第 1 光学素子が故障と判定される累積使用時間、及び、前記第 1 光学素子が故障と判定されるまでにかかる時間の少なくとも一方を算出する

請求項 7 から 12 のいずれか 1 項に記載の光源装置。

[請求項14] 前記劣化判定部は、算出した前記第 1 光学素子が故障と判定されるまでにかかる時間を外部のコンピュータに送信する

請求項 13 に記載の光源装置。

[請求項15] 第 2 受光部をさらに備え、

前記光学系は、前記第 1 光学素子の前段に第 2 光学素子をさらに有

し、

前記第2受光部は、前記第2光学素子を伝播した第2伝播光であって、前記第1光学素子に入射する前の第2伝播光を受光し、

前記受光強度測定部は、前記互いに異なる複数の駆動電流の値に対する、前記第2受光部において受光された前記第2伝播光の受光強度を示す第2出力値をそれぞれ測定する

請求項1から14のいずれか1項に記載の光源装置。

[請求項16]

前記半導体レーザ素子を複数備え、

前記レーザ駆動制御部は、複数の前記半導体レーザ素子をそれぞれ互いに異なるタイミングで駆動させ、

前記第1受光部は、それぞれ互いに異なるタイミングで駆動された複数の前記半導体レーザ素子のそれぞれに対する前記第1伝播光の少なくとも一部をそれぞれ受光し、

前記受光強度測定部は、複数の前記半導体レーザ素子のそれぞれについて、互いに異なる駆動電流の値に対する前記第1受光部において受光された前記第1伝播光のそれぞれの前記第1出力値を測定する

請求項1から15のいずれか1項に記載の光源装置。

[請求項17]

前記半導体レーザ素子は、窒化物半導体で構成される

請求項1から16のいずれか1項に記載の光源装置。

[請求項18]

前記出射光の波長は、500nm以下である

請求項1から17のいずれか1項に記載の光源装置。

[請求項19]

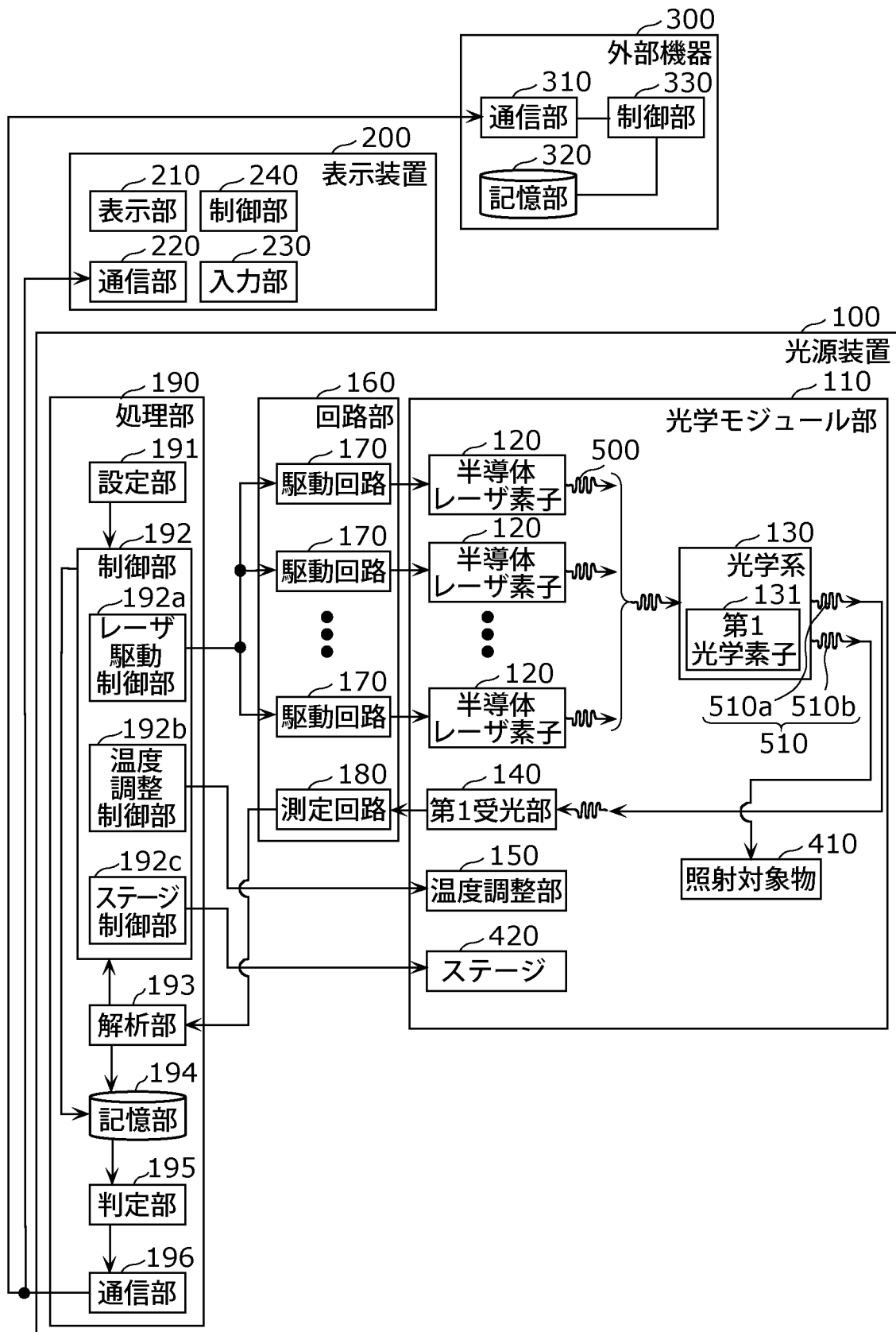
前記半導体レーザ素子を複数備え、

前記劣化判定部は、複数の前記半導体レーザ素子それぞれの寿命を判定し、

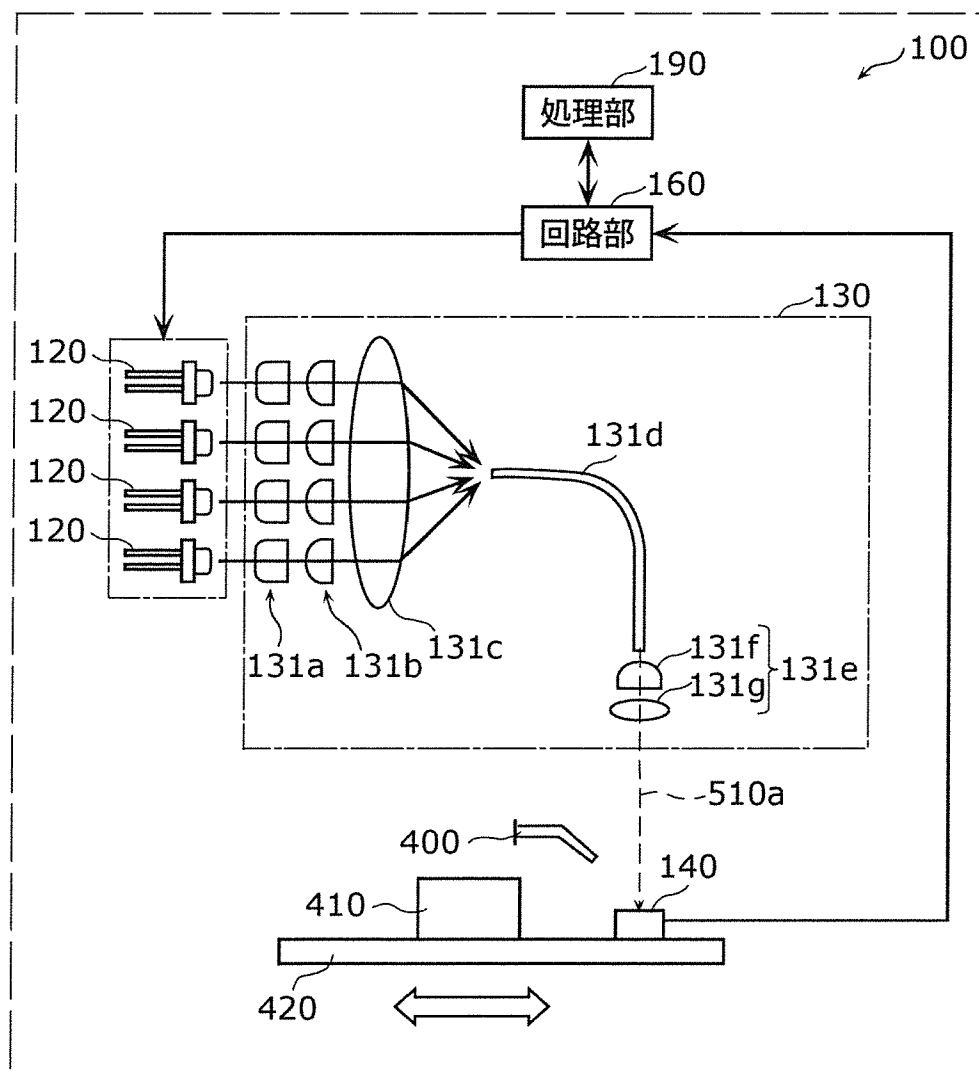
前記レーザ駆動制御部は、前記劣化判定部によって判定された複数の前記半導体レーザ素子の寿命に基づいて、複数の前記半導体レーザ素子それぞれに投入する駆動電流を制御する

請求項9から11のいずれか1項に記載の光源装置。

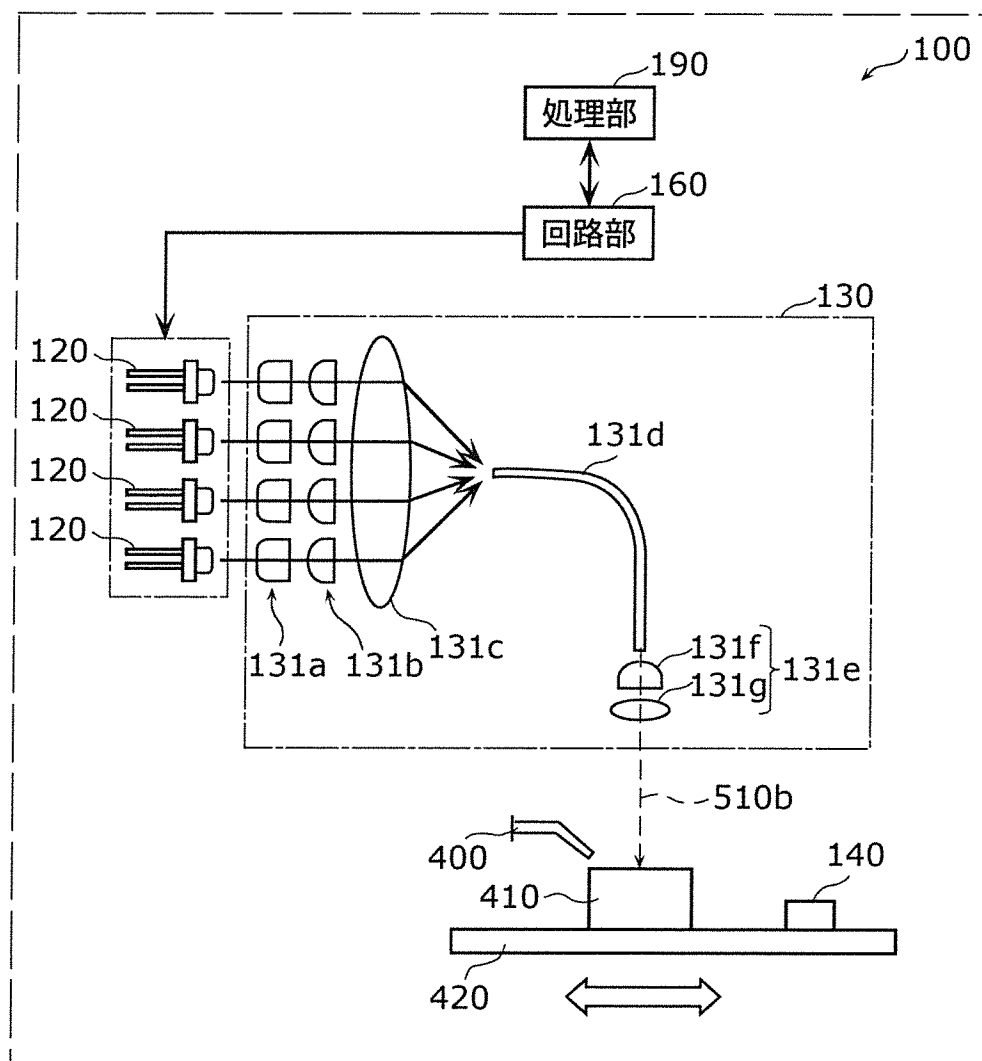
[図1]



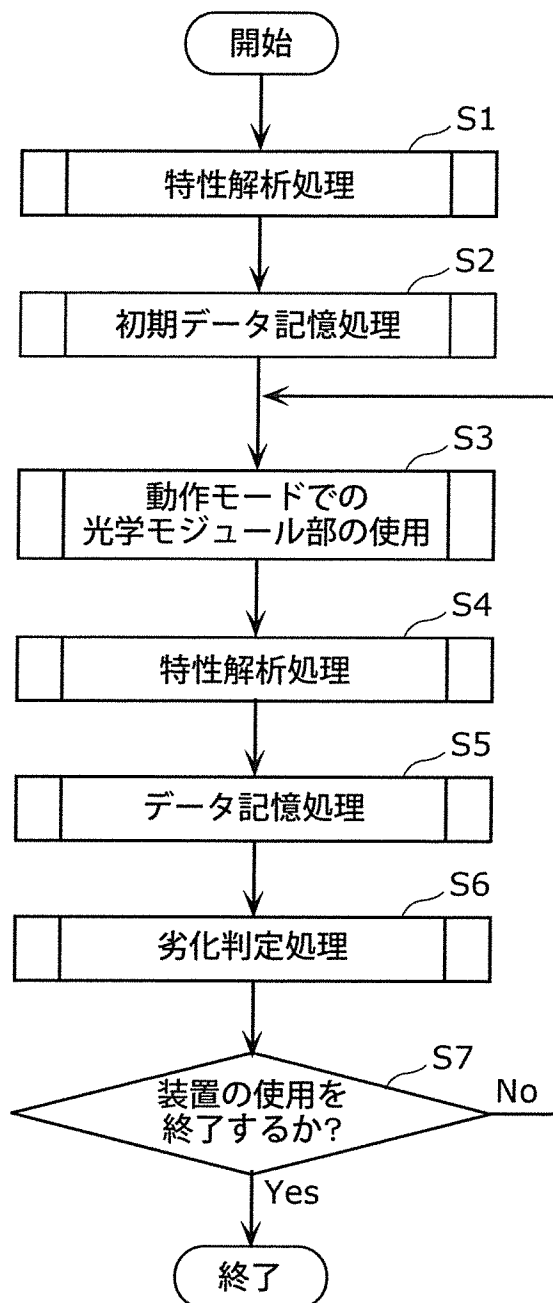
[図2A]



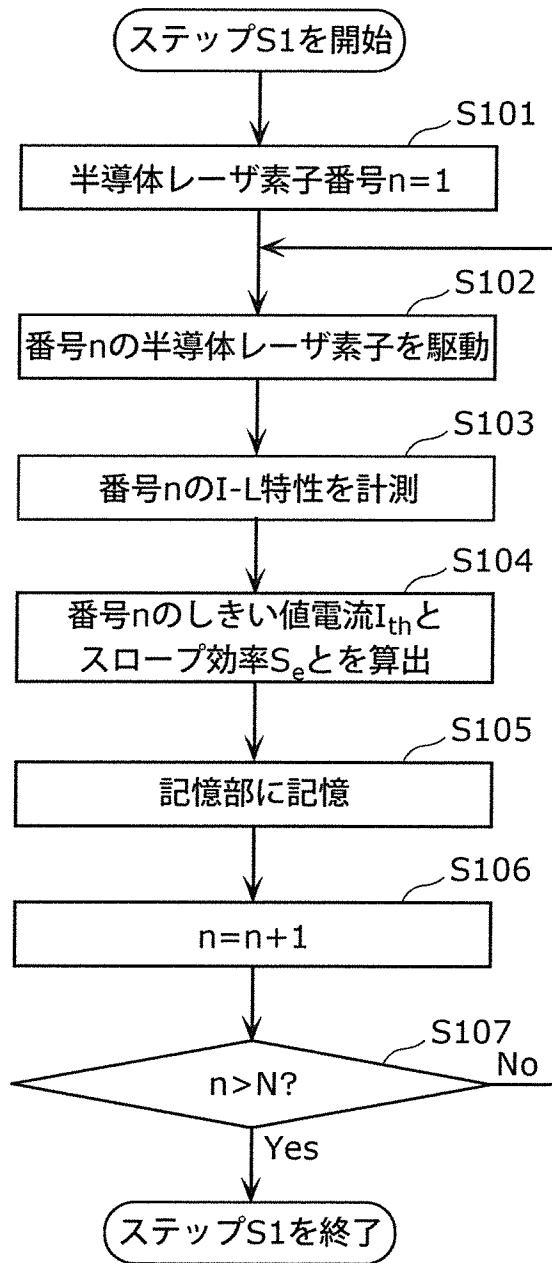
[図2B]



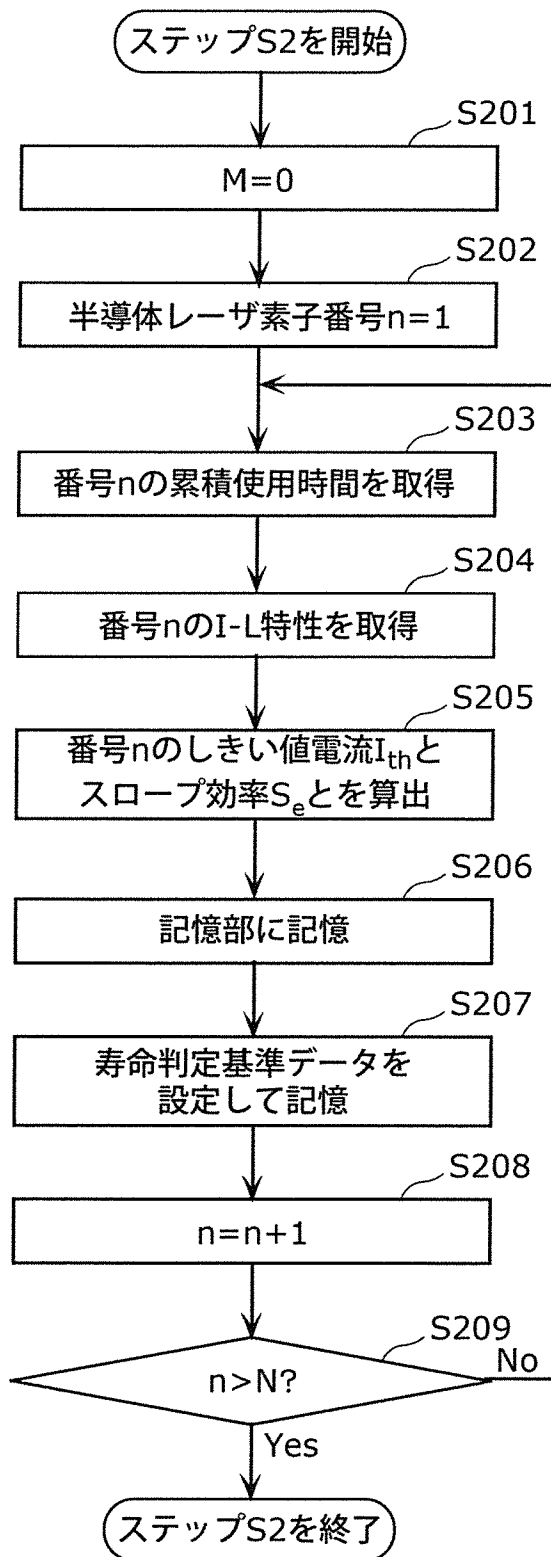
[図3]



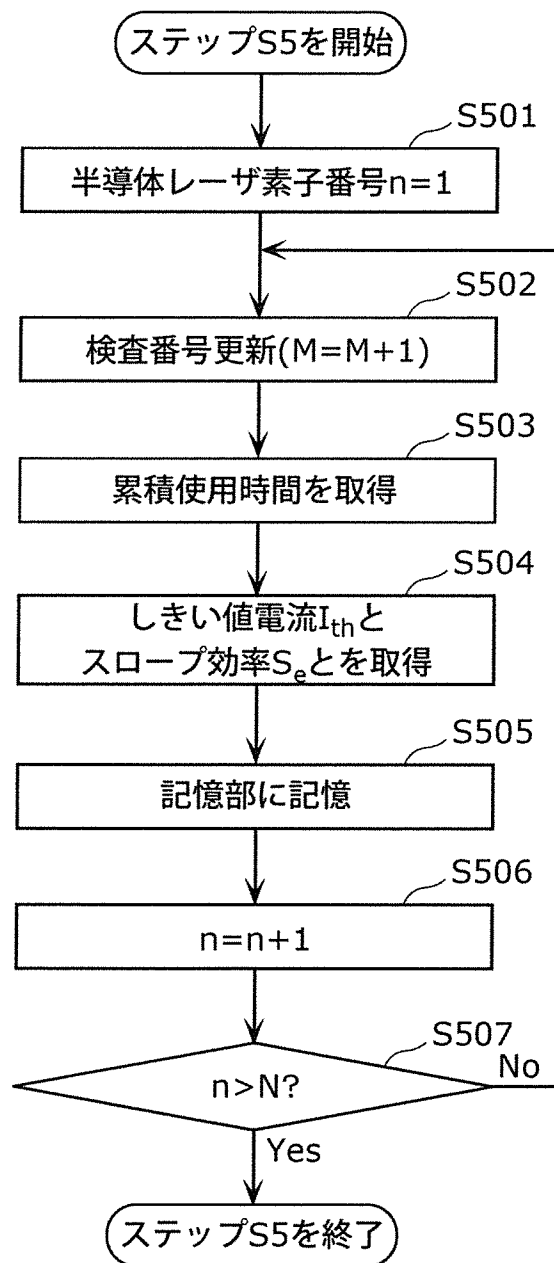
[図4]



[図5]



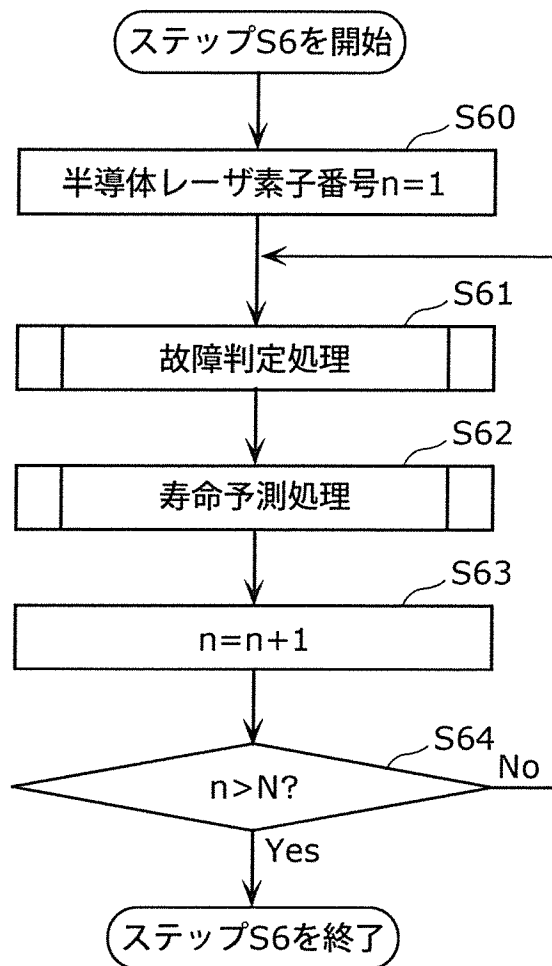
[図6]



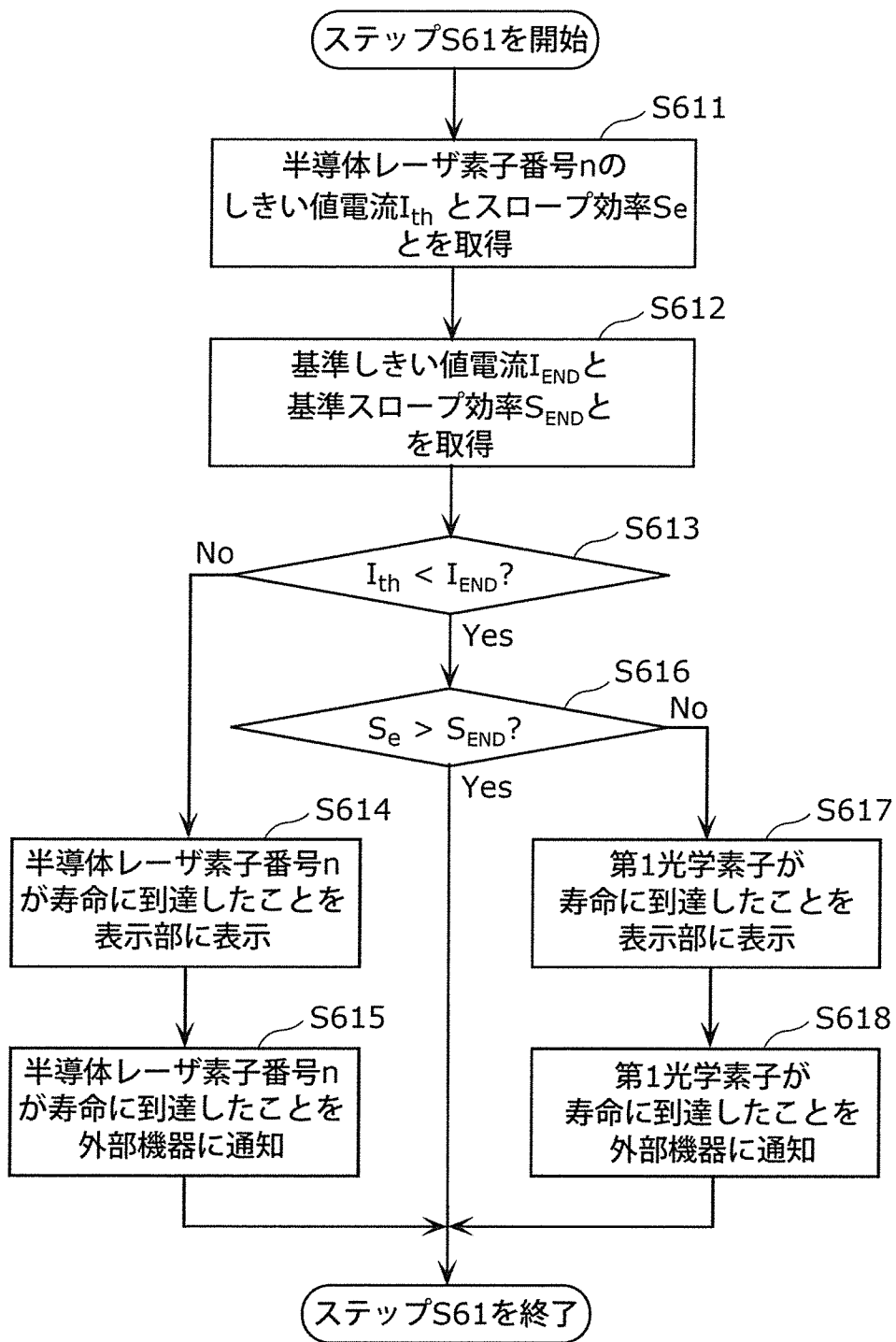
[図7]

342	レーザ素子番号n			
	N			
341	検査番号M	累積使用時間t	しきい値電流 I_{th}	スロープ効率Se
		[h]	[mA]	[1/A]
	0	0	250	1.7
340	レーザ素子番号n			
	2			
	検査番号M	累積使用時間t	しきい値電流 I_{th}	スロープ効率Se
		[h]	[mA]	[1/A]
	0	0	250	1.7
340	レーザ素子番号n			
	1			
	検査番号M	累積使用時間t	しきい値電流 I_{th}	スロープ効率Se
		[h]	[mA]	[1/A]
	0	0	250	1.72
	1	20	251	1.72
	2	32	251	1.70
	3	40	252	1.69
	4	100	254	1.69
	5	150	255	1.69
	6	230	256	1.68
	7	400	259	1.68
	8	460	260	1.60
	9	540	276	1.59
	10	700	280	1.59
	11	785	284	1.58
	12	810	285	1.57
	13			
	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			

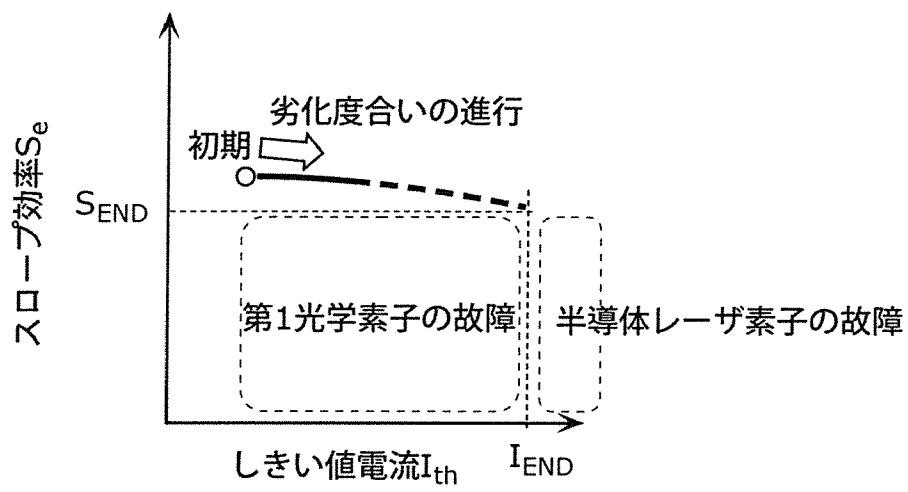
[図8]



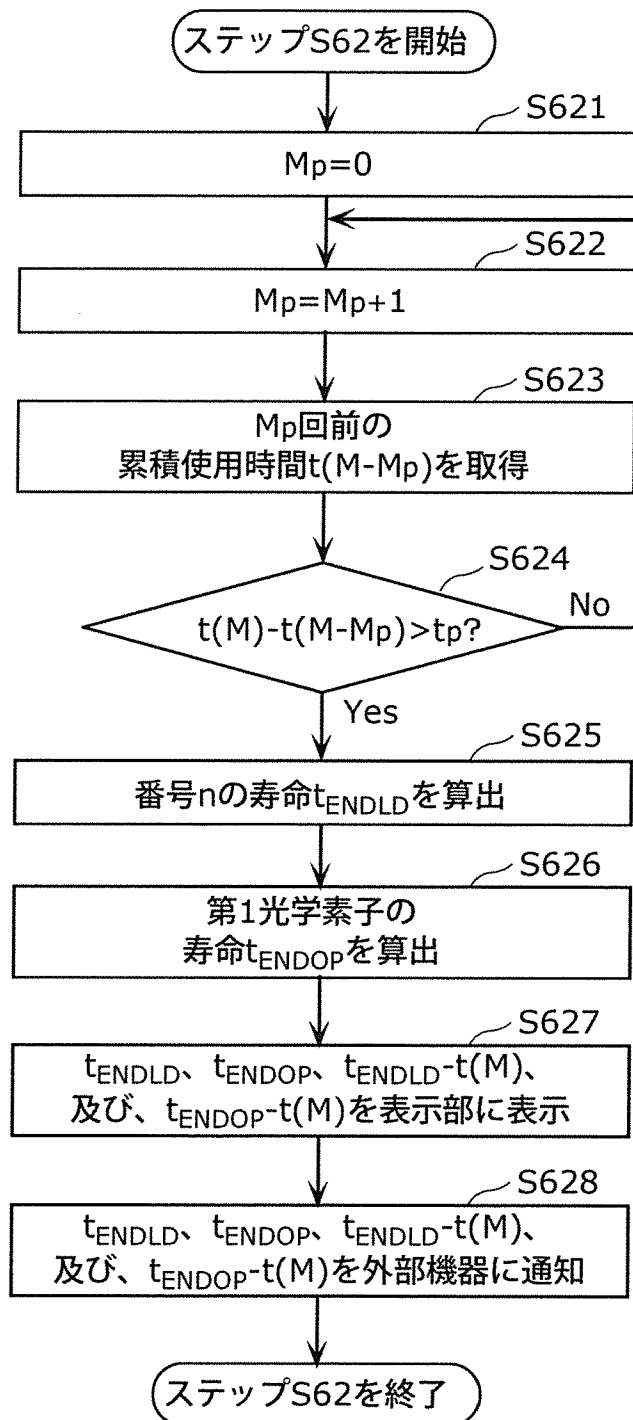
[図9]



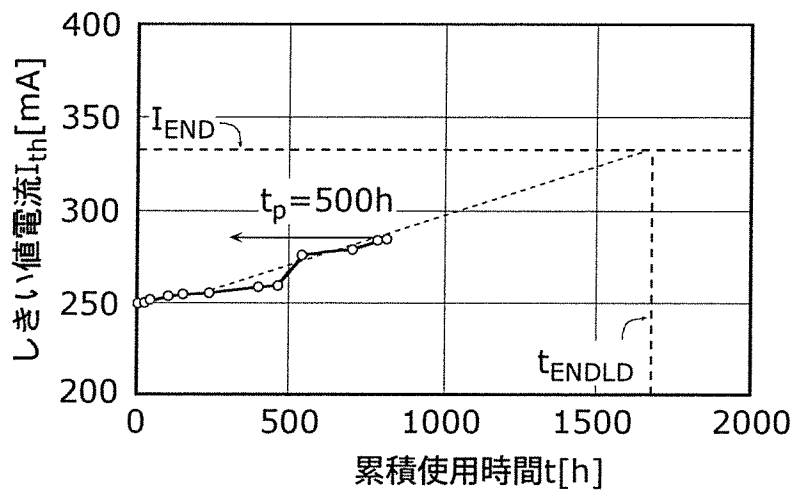
[図10]



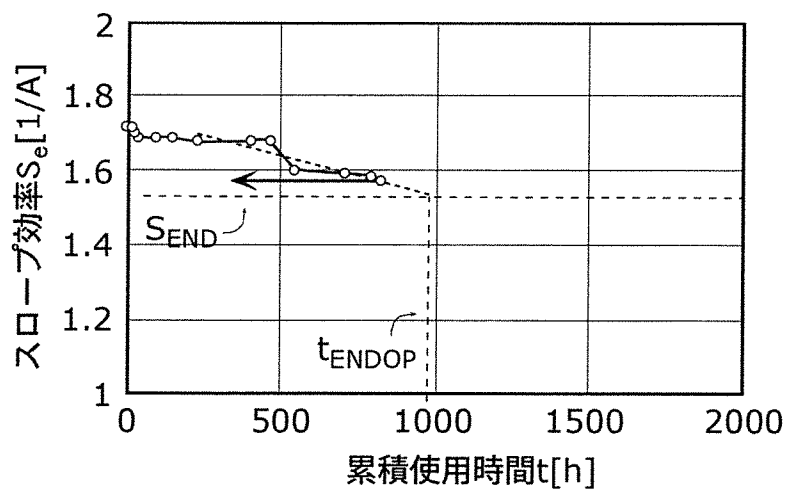
[図11]



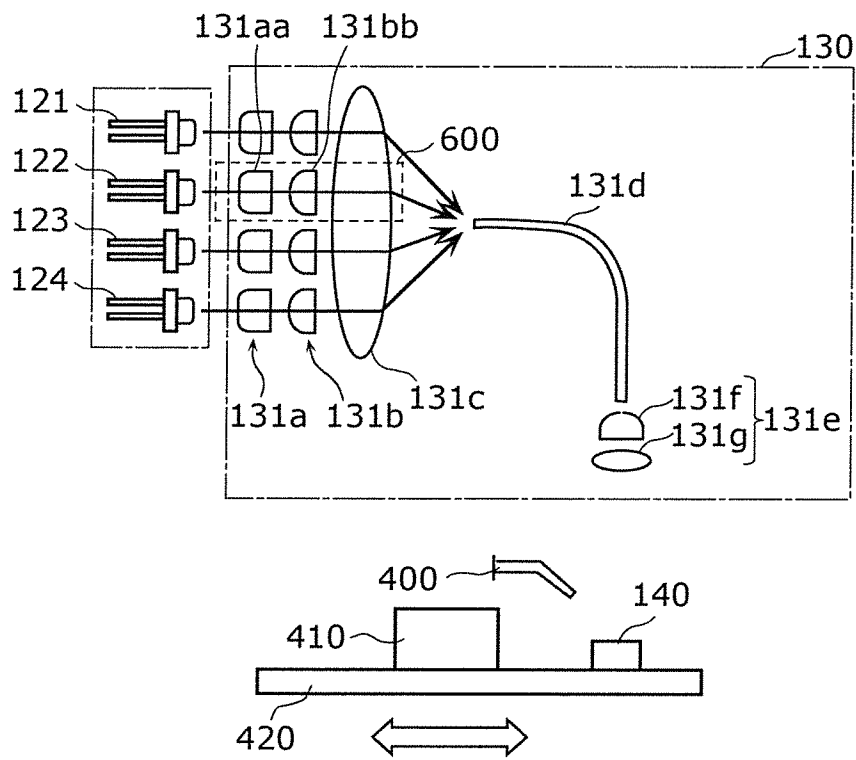
[図12]



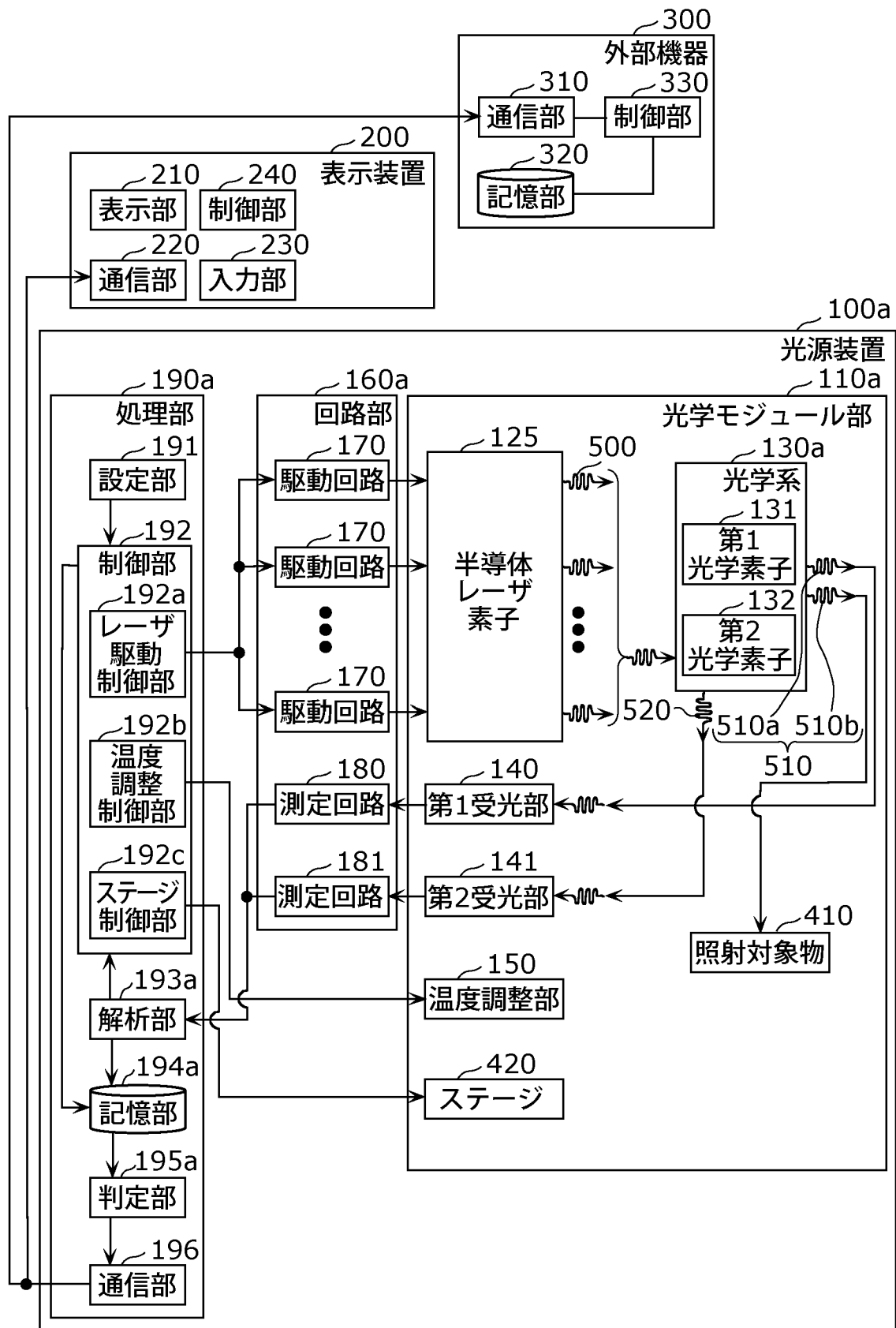
[図13]



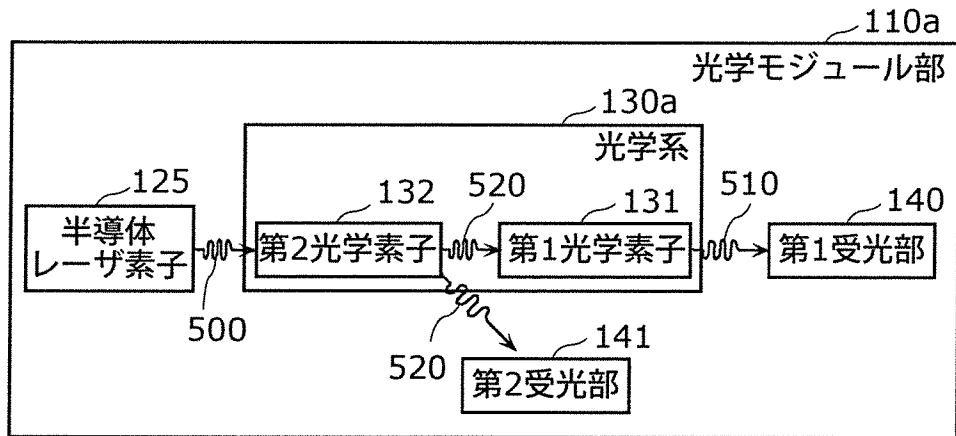
[図14]



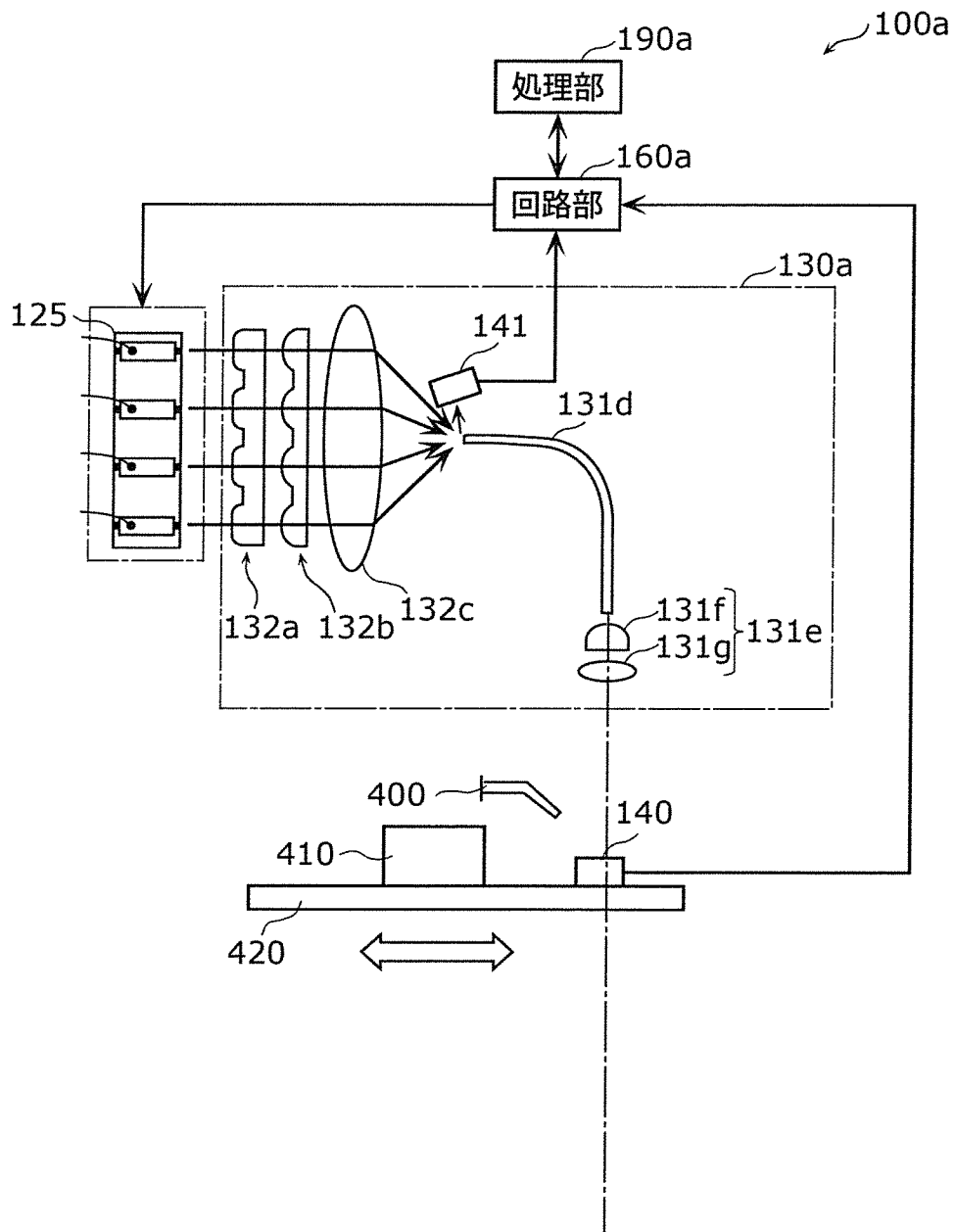
[図15]



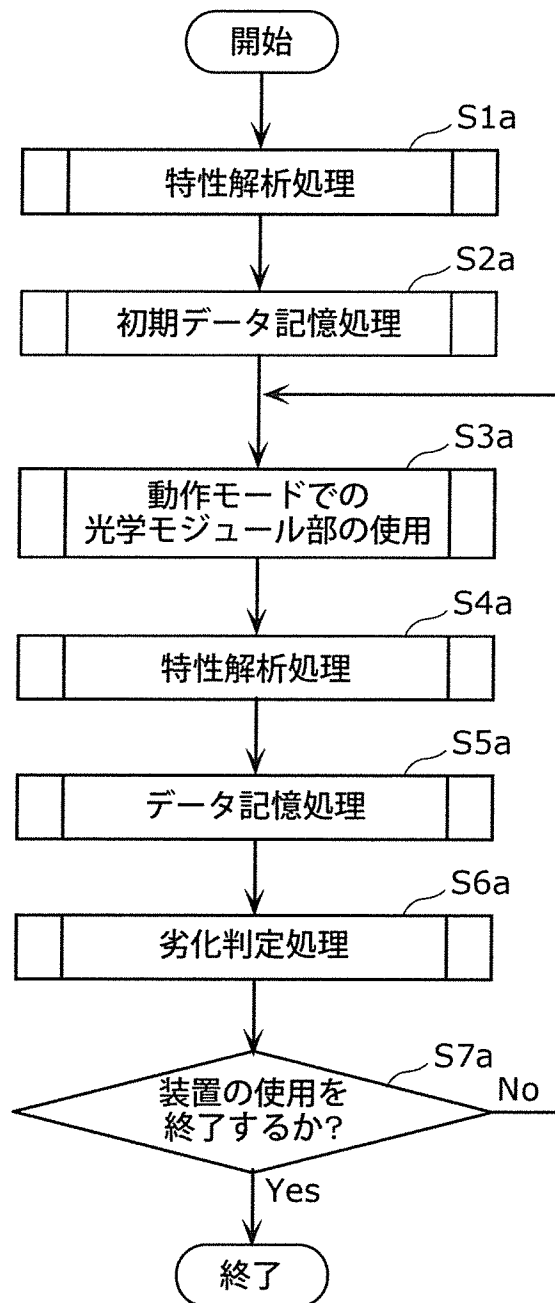
[図16]



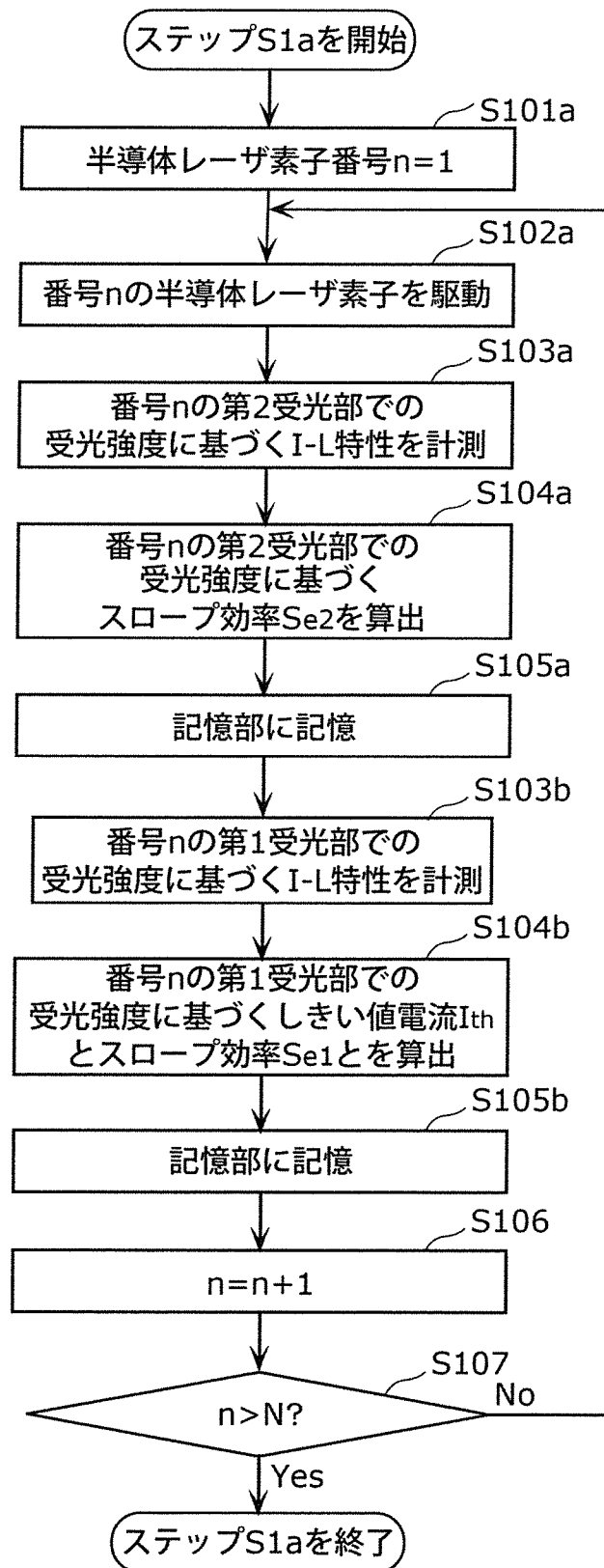
[図17]



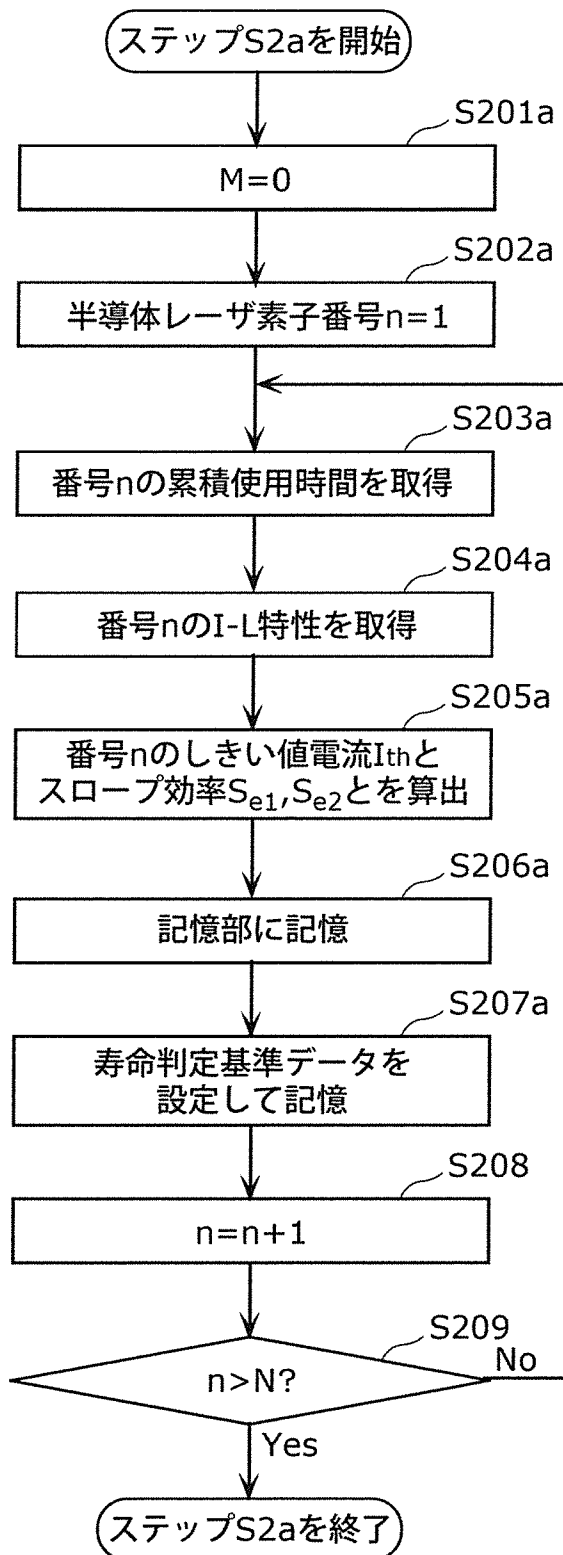
[図18]



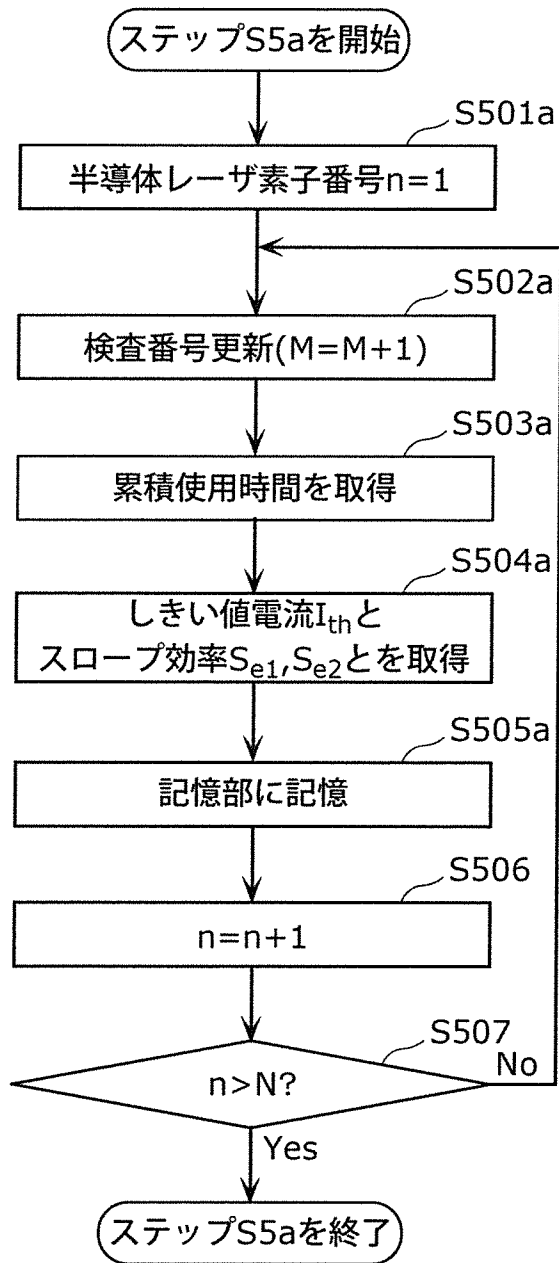
[図19]



[図20]



[図21]



[図22]

342a

レーザ素子番号n				
N				
検査番号M	累積使用時間t [h]	しきい値電流 I_{th} [mA]	スロープ効率 S_{e2} [1/A]	スロープ効率 S_{e1} [1/A]
0	0	250	0.81	1.72

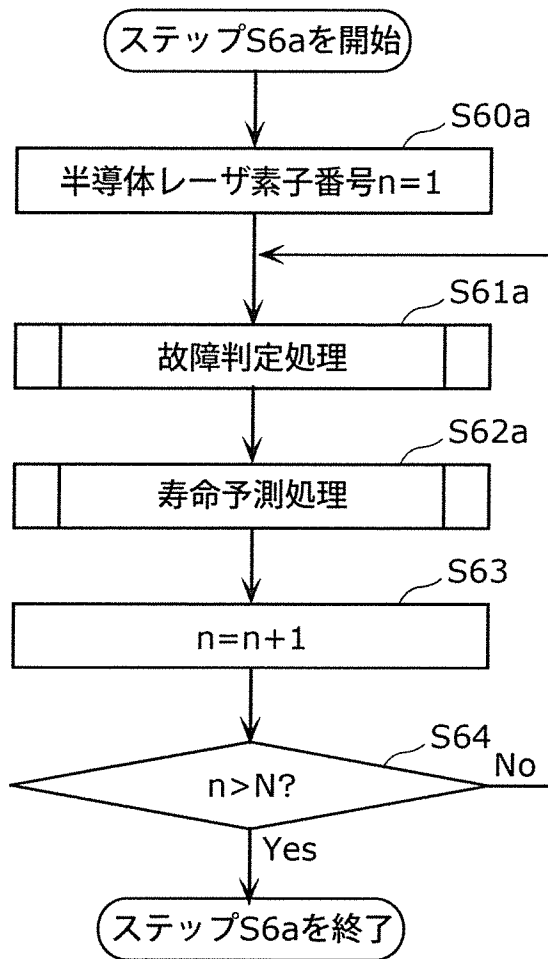
341a

340a

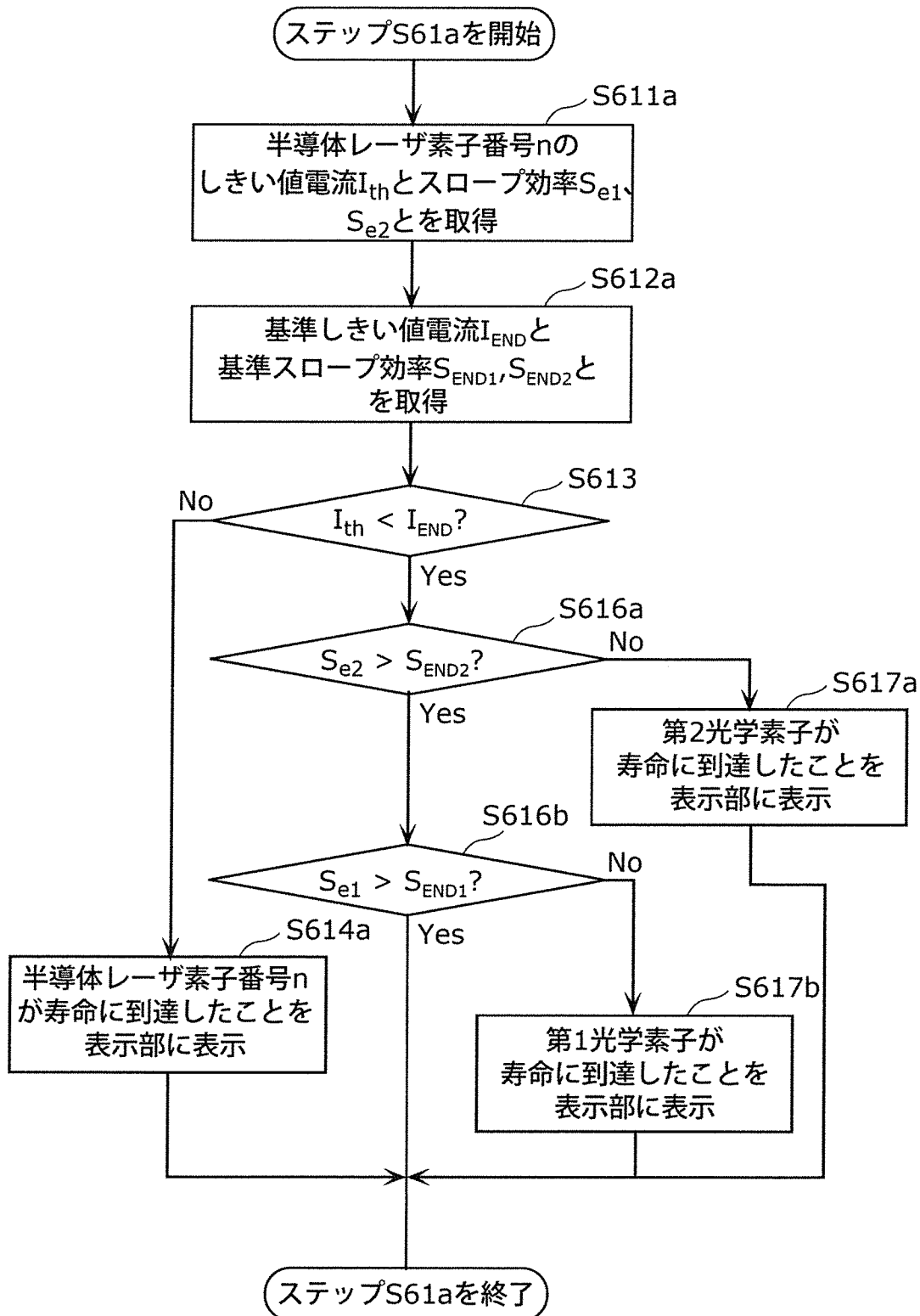
レーザ素子番号n				
2				
検査番号M	累積使用時間t [h]	しきい値電流 I_{th} [mA]	スロープ効率 S_{e2} [1/A]	スロープ効率 S_{e1} [1/A]
0	0	250	0.81	1.72

レーザ素子番号n				
1				
検査番号M	累積使用時間t [h]	しきい値電流 I_{th} [mA]	スロープ効率 S_{e2} [1/A]	スロープ効率 S_{e1} [1/A]
0	0	250	0.81	1.72
1	20	251	0.81	1.72
2	32	251	0.81	1.70
3	40	252	0.81	1.69
4	100	254	0.81	1.69
5	150	255	0.81	1.69
6	230	256	0.81	1.68
7	400	259	0.81	1.68
8	460	260	0.81	1.60
9	540	276	0.81	1.59
10	700	280	0.80	1.59
11	785	284	0.80	1.58
12	810	285	0.80	1.57
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

[図23]



[図24]



[図25]

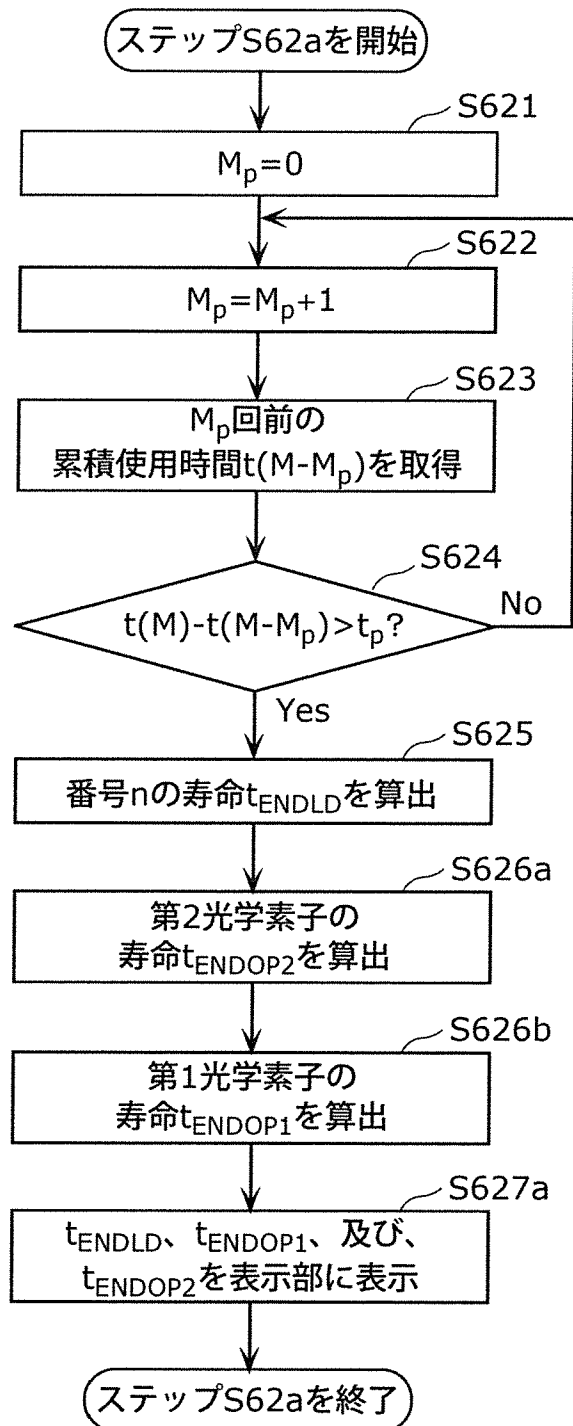
第2受光部	第1受光部	劣化箇所
○	○	なし
×	×	第2光学素子
○	×	第1光学素子
×	○	—

○ …スロープ効率が正常

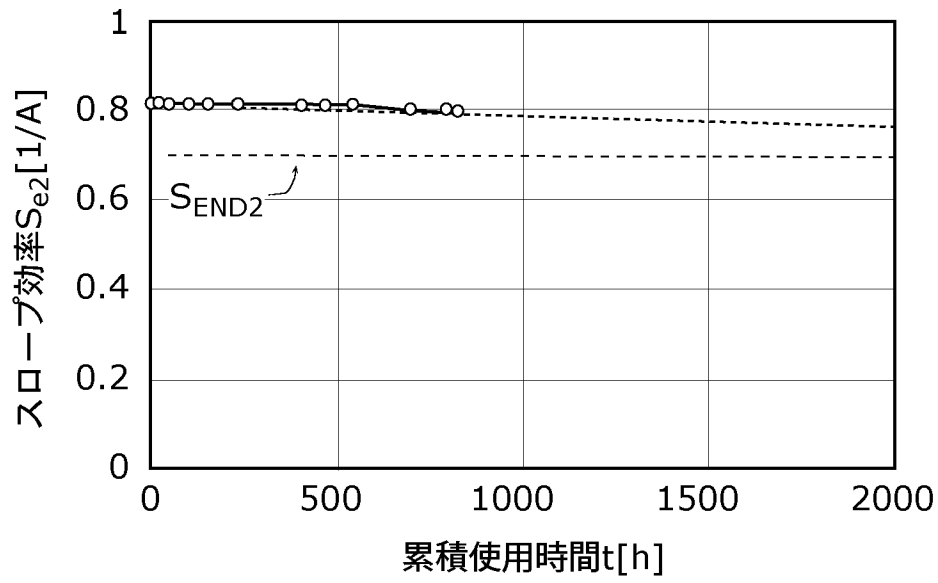
×

…スロープ効率が基準値より低下

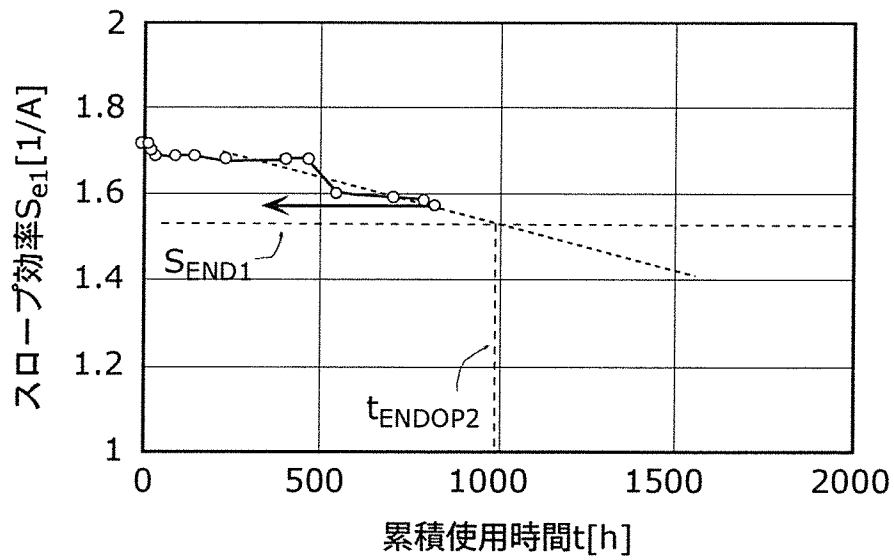
[図26]



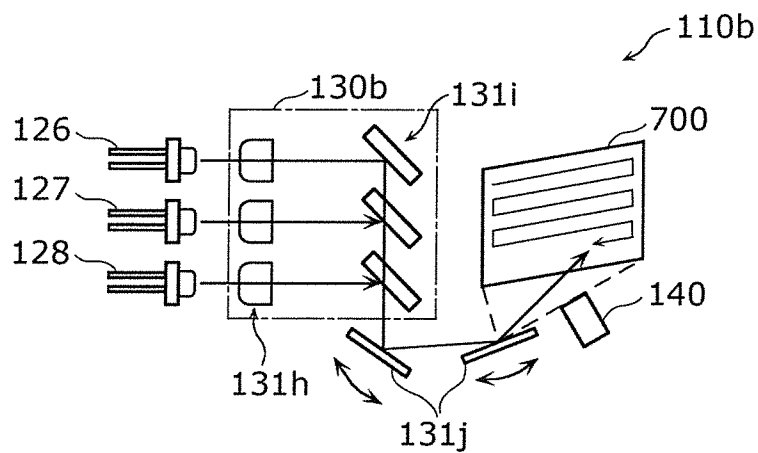
[図27]



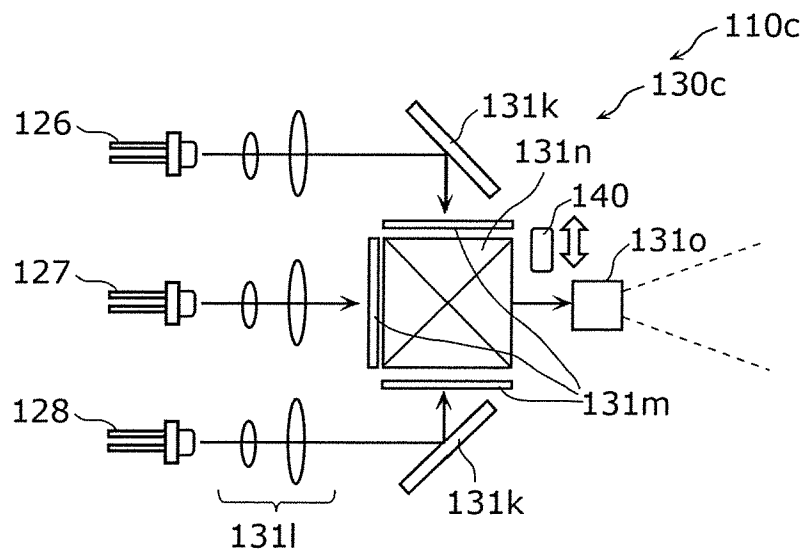
[図28]



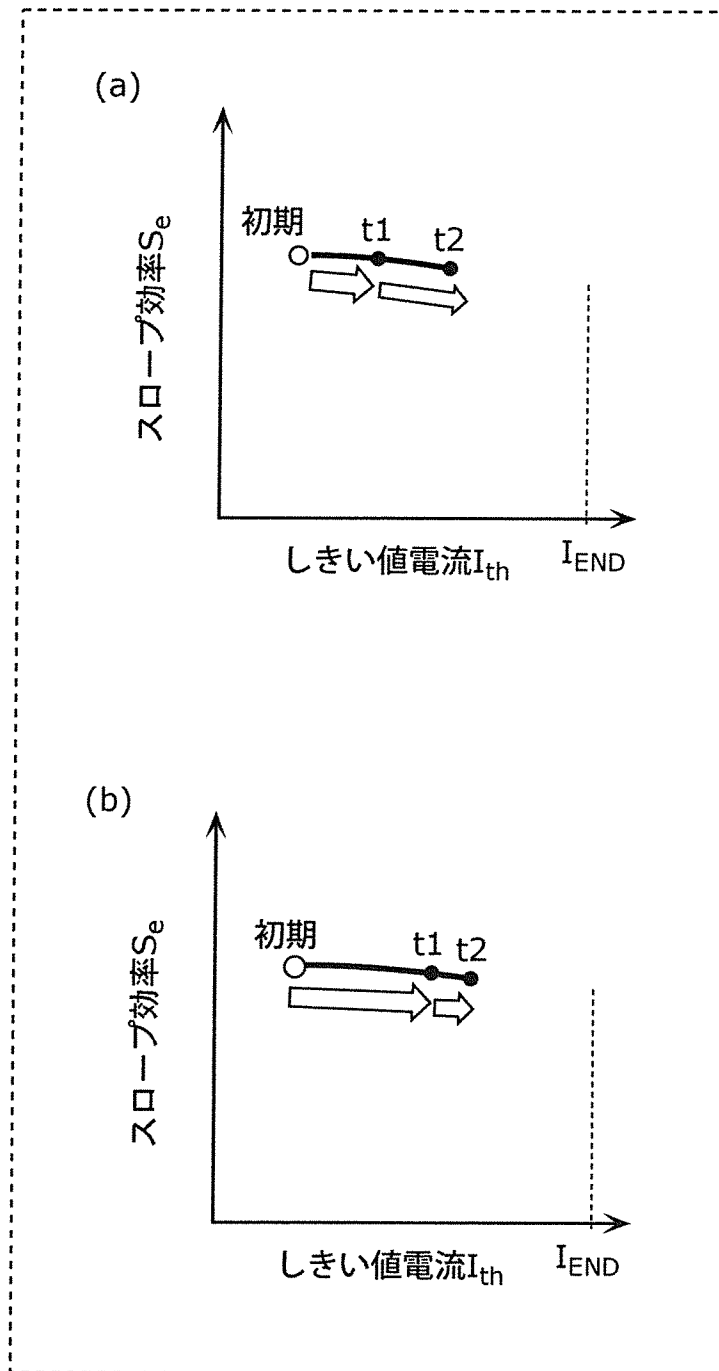
[図29]



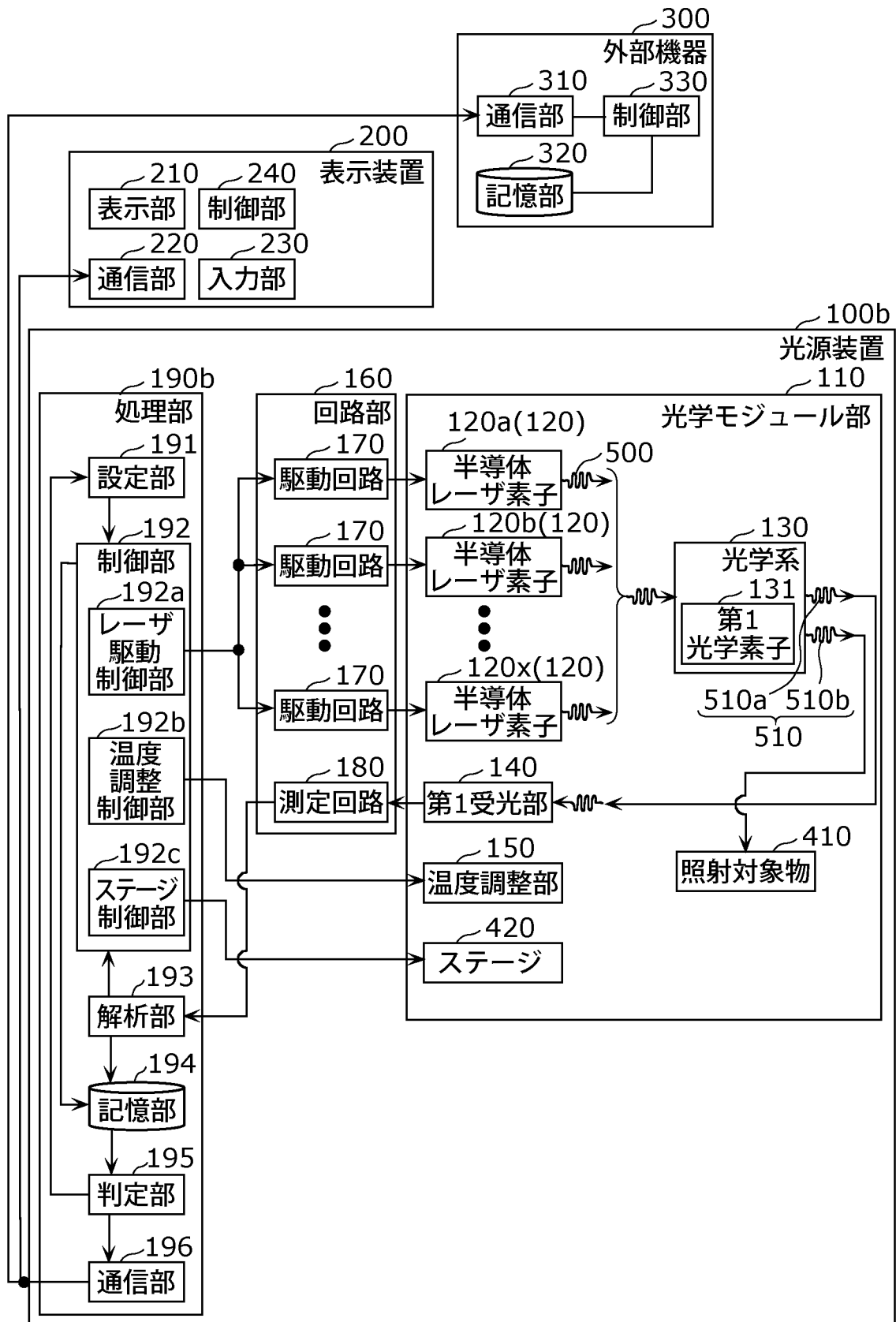
[図30]



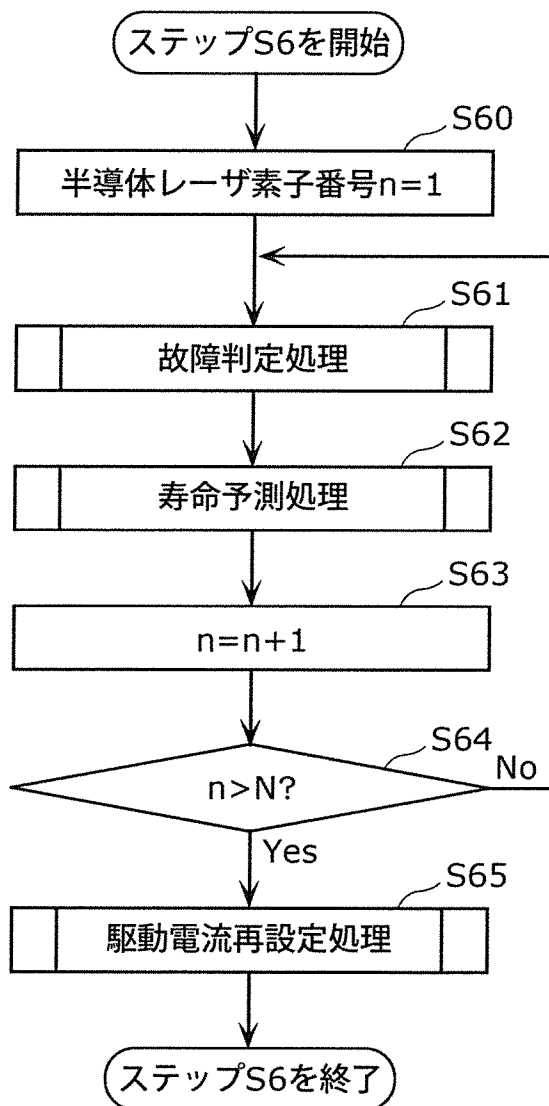
[図31]



[図32]



[図33]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/006076

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S 3/00 (2006.01) i; H01S 5/062 (2006.01) i; H01S 5/0683 (2006.01) i
FI: H01S5/0683; H01S5/062; H01S3/00 G

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; H01S5/062; H01S5/0683

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.
Y	JP 2007-141879 A (FANUC CORPORATION) 07.06.2007 (2007-06-07) claims 10-13, paragraphs [0028]-[0082], fig. 1-4	1-7, 9-12, 17-19
A		8, 13-16
Y	JP 2016-4597 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 12.01.2016 (2016-01-12) paragraphs [0013]-[0069], fig. 1-15	1-7, 9-12, 17-19
A		8, 13-16
Y	WO 2008/041648 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 10.04.2008 (2008-04-10) paragraphs [0023]-[0024], [0081], [0095]	5, 6, 17-18
A	US 2007/0286609 A1 (IKRAM, Quazi et.al) 13.12.2007 (2007-12-13) 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

"I" 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
22 April 2020 (22.04.2020)

Date of mailing of the international search report
12 May 2020 (12.05.2020)

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/JP2020/006076

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2007-141879 A	07 Jun. 2007	(Family: none)	
JP 2016-4597 A	12 Jan. 2016	(Family: none)	
WO 2008/041648 A1	10 Apr. 2008	US 2010/0033508 A1 paragraphs [0030]- [0031], [0157], [0169]	
US 2007/0286609 A1	13 Dec. 2007	(Family: none)	

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; H01S 5/062(2006.01)i; H01S 5/0683(2006.01)i FI: H01S5/0683; H01S5/062; H01S3/00 G										
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; H01S5/062; H01S5/0683										
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 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020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 - 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
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								
Y A	JP 2007-141879 A（ファナック株式会社）07.06.2007（2007 - 06 - 07） 請求項10-13, [0028]-[0082], 図1-4	1-7, 9-12, 17-19 8, 13-16								
Y A	JP 2016-4597 A（三菱電機株式会社）12.01.2016（2016 - 01 - 12） [0013]-[0069], 図1-15	1-7, 9-12, 17-19 8, 13-16								
Y A	WO 2008/041648 A1（松下電器産業株式会社）10.04.2008（2008 - 04 - 10） [0023]-[0024], [0081], [0095]	5, 6, 17-18								
A	US 2007/0286609 A1（IKRAM, Quazi et.al）13.12.2007（2007 - 12 - 13） 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、一般的な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 22.04.2020		国際調査報告の発送日 12.05.2020								
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） 右田 昌士 2K 9513 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/JP2020/006076

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2007-141879	A	07.06.2007	(ファミリーなし)	
JP	2016-4597	A	12.01.2016	(ファミリーなし)	
WO	2008/041648	A1	10.04.2008	US 2010/0033508 A1	
				[0030]-[0031], [0157],	
				[0169]	
US	2007/0286609	A1	13.12.2007	(ファミリーなし)	