

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 2 区分

【発行日】平成24年2月9日 (2012.2.9)

【公開番号】特開2010-161318(P2010-161318A)

【公開日】平成22年7月22日 (2010.7.22)

【年通号数】公開・登録公報2010-029

【出願番号】特願2009-4041(P2009-4041)

【国際特許分類】

H 0 1 L 21/027 (2006.01)

G 0 3 F 7/20 (2006.01)

H 0 5 G 2/00 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 21/30 5 3 1 A

G 0 3 F 7/20 5 2 1

H 0 5 G 1/00 K

【手続補正書】

【提出日】平成23年12月19日 (2011.12.19)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項 1 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項 1 3】

ターゲット物質にレーザ光を照射することにより前記ターゲット物質をプラズマ化して極端紫外光を発生させる極端紫外光源装置であって、

極端紫外光の発生が行われる極端紫外光発生チャンバと、

極端紫外光の発生が行われるときに、ターゲット物質を前記極端紫外光発生チャンバ内に噴射するターゲット物質供給部と、

レーザ光を出射するドライバレーザと、

前記極端紫外光発生チャンバに設けられ、レーザ光を前記極端紫外光発生チャンバ内に透過させるウインドウと、

前記極端紫外光発生チャンバ内に設けられた少なくとも 1 つの光学素子を含むレーザ光集光光学系であって、前記ドライバレーザから出射されたレーザ光を前記極端紫外光発生チャンバ内に噴射されるターゲット物質の軌道上に集光させることによりプラズマを発生させる前記レーザ光集光光学系と、

前記ウインドウ及び前記極端紫外光発生チャンバ内に設けられた前記少なくとも 1 つの光学素子の温度を検出する温度センサと、

極端紫外光の発生が行われるときに、前記温度センサによって検出された前記温度に基づいて、前記ウインドウ及び前記光学素子の劣化を判定する処理部と、を備える極端紫外光源装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項 1 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項 1 5】

ターゲット物質にレーザ光を照射することにより前記ターゲット物質をプラズマ化して極端紫外光を発生させる極端紫外光源装置であって、

極端紫外光の発生が行われる極端紫外光発生チャンバと、
極端紫外光の発生が行われるときに、ターゲット物質を前記極端紫外光発生チャンバ内に噴射するターゲット物質供給部と、
レーザ光を出射するドライバレーザと、
前記極端紫外光発生チャンバに設けられ、レーザ光を前記極端紫外光発生チャンバ内に透過させるウインドウと、
少なくとも1つの光学素子を含むレーザ光集光光学系であって、前記ドライバレーザから出射されたレーザ光を前記極端紫外光発生チャンバ内に噴射されるターゲット物質の軌道に集光させることによりプラズマを発生させる前記レーザ光集光光学系と、
前記ウインドウ及び前記少なくとも1つの光学素子の温度を検出する温度センサと、
前記ウインドウ及び前記極端紫外光発生チャンバ内に設けられた前記少なくとも1つの光学素子のそれぞれに冷却水を供給する冷却水路と、
該冷却水による廃熱量に基づいて、前記ウインドウ及び前記少なくとも1つの光学素子の劣化を判定する判定部と、
を備える極端紫外光源装置。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

図15は、従来のLPP型のEUV光源装置の概要を示す図である。図15に示すように、このEUV光源装置は、ドライバレーザ101と、EUV光発生チャンバ102と、ターゲット物質供給部103と、レーザ光集光光学系104とを主要な構成要素として構成される。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

ところで、図15に示すEUV光発生チャンバ102内において発生したプラズマは、時間の経過とともに拡散し、その一部が原子やイオンとなって飛散する。この原子やイオンは、デブリとも呼ばれ、EUV光発生チャンバ102の内壁や構造物に照射される。上記のようなプラズマから飛散したデブリや電磁波の照射により、次のような現象が発生し得る。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0029】

図16は、典型的な極端紫外光源装置（以下において、単に「EUV光源装置」とも言う）の概要を示す模式図である。図16に示すように、このEUV光源装置は、ドライバレーザ201と、EUV光発生チャンバ202と、ターゲット物質供給部203と、レーザ光集光光学系204とを含んでいる。

ドライバレーザ201は、ターゲット物質を励起させるために用いられる駆動用のレーザ光を発生する発振増幅型レーザ装置である。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0033

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0033】

EUV光集光ミラー208は、例えば、13.5nmの光を高反射率で反射するMo/Si膜がその表面に形成された凹面鏡であり、発生したEUV光221を反射することにより集光して伝送光学系に導く。さらに、このEUV光221は、伝送光学系を介して露光器等へ導かれる。なお、図16において、EUV光集光ミラー208は、紙面の手前方向にEUV光221を集光する。

【手続補正7】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0034

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0034】

図17および図18は、特許文献2に開示された第1の観点に係る極端紫外光源装置のEUV光発生時の様子を示す模式図である。図17は、開示されたEUV光源装置のEUV光発生時における様子を示す模式図であり、図18は、開示されたEUV光源装置のEUV光非発生時における様子を示す模式図である。なお、図17及び図18においては、ターゲット物質供給部203及びターゲット物質回収筒207の図示を省略しており、ターゲット物質は、紙面に垂直に噴射されるものとする。

【手続補正8】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0035

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0035】

まず、図17を主に参照しながら、開示されたEUV光源装置のEUV光発生時における動作について説明し、その後、図18を主に参照しながら、開示されたEUV光源装置のEUV光非発生時における動作について説明する。

【手続補正9】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0036

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0036】

図17に示すように、ドライバーレーザ201から図中の右方向に出射されたレーザ光220は、凹レンズ241によって発散され、凸レンズ242によってコリメートされ、ウィンドウ206を透過してEUV光発生チャンバ202内に入射する。

【手続補正10】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0043

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0043】

次に、図18を参照しながら、開示されたEUV光源装置のEUV光非発生時における動作について説明する。

【手続補正11】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0047

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0047】

図19は、レーザ光光学系劣化チェック処理部280が実行する処理を示すフローチャートである。レーザ光光学系劣化チェック処理部280は、EUV光源装置がEUV光の発光を行わない場合に、図19に示す処理を実行する。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0054

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0054】

開示されたEUV光源装置は、図17等のように、ウインドウ206の温度を検出する温度センサ282を更に含んでいる。温度センサ282としては、EUV光発生チャンバ202内の真空状態及び清浄な状態を維持できるように、例えば、シース型熱電対等を用いることができる。温度センサ282によって検出されたウインドウ206の温度を表す信号又はデータは、レーザ光光学系劣化チェック処理部280に送られる。

図20は、開示されたEUV光源装置のEUV光発生時にレーザ光光学系劣化チェック処理部280が実行する処理を示すフローチャートである。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0060

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0060】

図21は、開示されたEUV光源装置の別の形態に係るEUV光源装置を示す模式図である。図21は、EUV光源装置のEUV光非発生時における様子を示す模式図である。このEUV光源装置は、凸レンズ263によって集光されたレーザ光を分割するビームスプリッタ271と、レーザ光検出器264と、エリアセンサ267とを更に具備する。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0061

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0061】

次に、図21を参照しながら、開示のEUV光源装置のEUV光非発生時における動作について説明する。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0063

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0063】

レーザ光光学系劣化チェック処理部280は、EUV光源装置のEUV光非発生時にいて、レーザ光検出器264からの信号又はデータを用いて図19のフローチャートに示す処理を実行するとともに、エリアセンサ267からの画像データを用いて図22のフローチャートに示す処理を実行する。

図22は、開示されたEUV光源装置のEUV光非発生時にレーザ光光学系劣化チェック処理部280が実行する処理を示すフローチャートである。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0072
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0072】

再び図22を参照すると、レーザ光光学系劣化チェック処理部280は、集光スポットの中心座標P(x, y)を中心とした所定の半径r内に位置する画素の画素値を積分し、その値をレーザ光の強度Wとする(ステップS33)。

【手続補正17】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0084
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0084】

なお、図21に示した開示のEUV光源装置は、温度センサ282を更に具備しており、レーザ光光学系劣化チェック処理部280が、図20のフローチャートに示す処理を実行するようにすることができる。

【手続補正18】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0103
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0103】

本実施形態のEUV光源装置は、レーザ用光学素子に温度モニタを設置している。

メインパルスレーザ用ウインドウ6(1)、放物面鏡43(1)、およびプリパルスレーザ用ウインドウ6(2)、放物面鏡43(2)に、熱電対や白金測温抵抗体、あるいは放射温度計などの温度センサ82(1)、82(2)、82(3)、82(4)が設置されており、これらの光学素子が劣化するとレーザ光を吸収し発熱し温度が上昇するので、温度を検出することにより光学素子の劣化を検知するようにしたものである。

【手続補正19】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0121
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0121】

(c)パルスレーザの光軸を変更するルーチンは、プリパルスレーザの光軸とメインパルスレーザの光軸をドロップレットの軌道から僅かに変更させて(S321)、両パルスレーザ光がドロップレットに当たらずにカロリメータに入射するようにしてからリターンするルーチンである。ドロップレットの径は30μmから100μm程度なので、光軸は数100μm程度ずらせば十分で、光軸の移動が両パルスレーザのエネルギー計測値に影響を与えることはない。

【手続補正20】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0122
【補正方法】変更
【補正の内容】
【0122】

図7は、レーザ用光学素子劣化検出サブルーチン(S103)の1例における内容を示すフローチャートである。レーザ光光学系劣化チェック処理部80は、集光点15におけるレーザ光の照射エネルギーを測定して、出力低下からレーザ用光学素子劣化状態を検知

する。レーザ用光学素子劣化検出サブルーチン（S 1 0 3）は、（a）メインパルスレーザ光学素子について劣化検出するルーチンと、（b）プリパルスレーザ光学素子について劣化検出するルーチンで構成される。

【手続補正 2 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 2 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 2 7】

次に、トータルの透過率 T_m 、 T_p を透過率の下限閾値 T_{mt} 、 T_{pt} と比較して（S 5 0 2）、光学素子の劣化を判定する。プリパルスレーザとメインパルスレーザのトータルの透過率 T_m 、 T_p のいずれかが下限閾値 T_{mt} 、 T_{pt} より低ければ、光学素子に劣化があると判定して、異常を通知すると共に（S 5 0 3）、劣化した（YES）として（S 5 0 4）、メインルーチンに戻る。また、透過率 T_m 、 T_p のいずれも下限閾値 T_{mt} 、 T_{pt} に達していなければ、劣化していない（NO）として（S 5 0 5）、メインルーチンに戻る。

【手続補正 2 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 3 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 3 5】

また、レーザダンパ兼カロリメータ 3 5（3）は、デブリシールドとウインドウ 6（3）によりデブリによる劣化を効果的に防止されている。

メインパルスレーザ用光学素子のトータルの透過率を計測するときには、汚染劣化していない凹面ミラー 2 1 を引き出して使うので、正確な測定結果を得ることができる。

なお、図 1 0 には、メインパルスレーザ光とプリパルスレーザ光が E U V 光発生チャンバ 2 に入射する前の出力を測定するパワーメータが記載されていないが、それぞれのレーザ装置に内蔵されたレーザ出力モニタで測定された値を W_{m0} 、 W_{p0} とすることで代用することができる。

【手続補正 2 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 3 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 3 7】

図 1 1 は、本発明の E U V 光源装置におけるメインフローチャートを第 2 実施形態に適用するとき、第 1 例のレーザ用光学素子劣化検出サブルーチンに代えて適用される第 2 例のレーザ用光学素子劣化検出サブルーチン（S 1 0 3）の内容を示すフローチャートである。第 2 例のサブルーチンが図 7 に示した第 1 例のサブルーチンと異なるのは、主として、メインパルスレーザの光学素子劣化検出ルーチン（a）で、他の部分には大きな差異はない。以下、第 2 例のレーザ用光学素子劣化検出サブルーチン（S 1 0 3）について説明する。

【手続補正 2 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 4 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 4 9】

上記説明では、各光学素子に対する冷却水の入口温度 T_{in} 、出口温度 T_{out} 、冷却

水量 V をそれぞれ測定して、廃熱量 Q を求めて診断の要否を判断したが、この例に限定されることなく、廃熱量に相当する計測値に基づいて判断することもできる。

たとえば、冷却水を直列に供給するようにした場合は、流量計測は1カ所でよい。また、流量が所定の値となるように制御している場合は、流量計測は必要なく、冷却水出入口の温度差を用いて管理することができる。

また、各光学素子における冷却水の入口温度が全て同じで流量も互いに同じになるように制御した場合は、各光学素子における冷却水出口温度 T_{out} のみを使って、図 1 4 に示すフローに従って管理することができる。

また、図 1 0、図 1 2 の実施例では、メインレーザ光を凹面ミラー 2 1 により集光して開口部 5 0 a (4) 入射させていたが、この実施例に限定されることなく、開口部 5 0 a (4) を多少広くして、この凹面ミラーで一旦コリメートして入射させてもよい。さらに、この凹面ミラー 2 1 が凹面ではなく平面ミラーの場合でも、広がったメインレーザ光を開口部 5 0 a (4) とレーザダンパ兼カロリメータ c 3 5 (3) に入射させることができれば、問題はない。このように、メインパルスレーザ光を一旦反射させて、レーザダンパ兼カロリメータに導入するような光学素子であればなんでもよい。ただし、図 1 0、図 1 2 の実施例のように凹面ミラー 2 1 により一旦集光して、小さな開口 5 0 a (4) に入射させた場合は、ウインドウ 6 (4) へのデブリの汚染を避けることができるので効果が大きくなる。また、プレパルスレーザ光の場合にもレーザダンパ兼カロリメータに導入するのに光学素子を使用してもよい。

【手続補正 2 5】

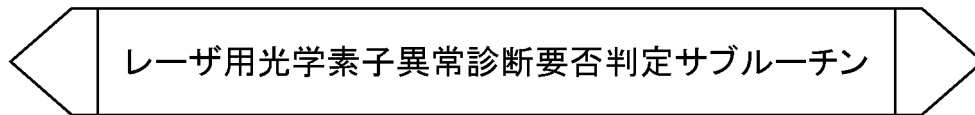
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 4

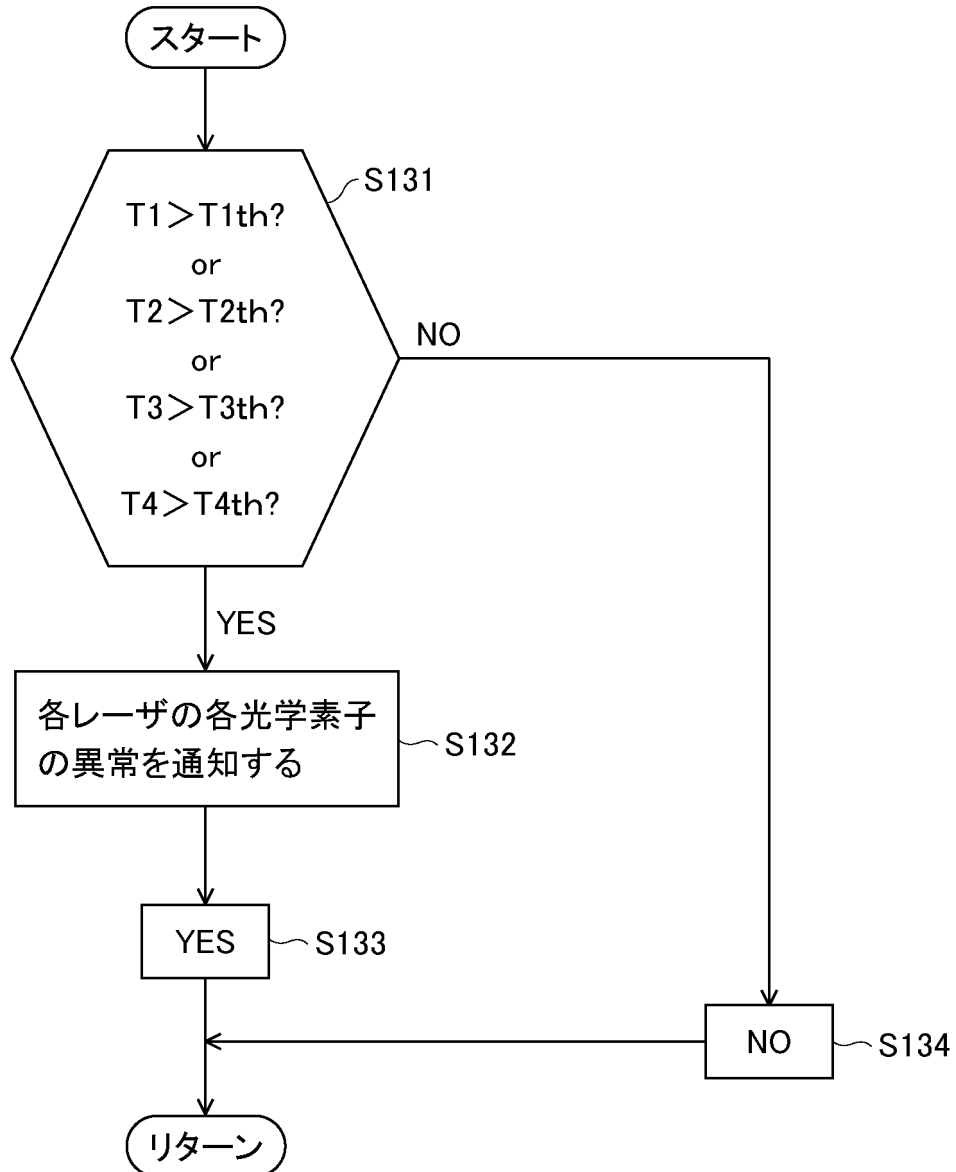
【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 4】



(a) 光学素子の温度管理ルーチン



【手続補正 26】

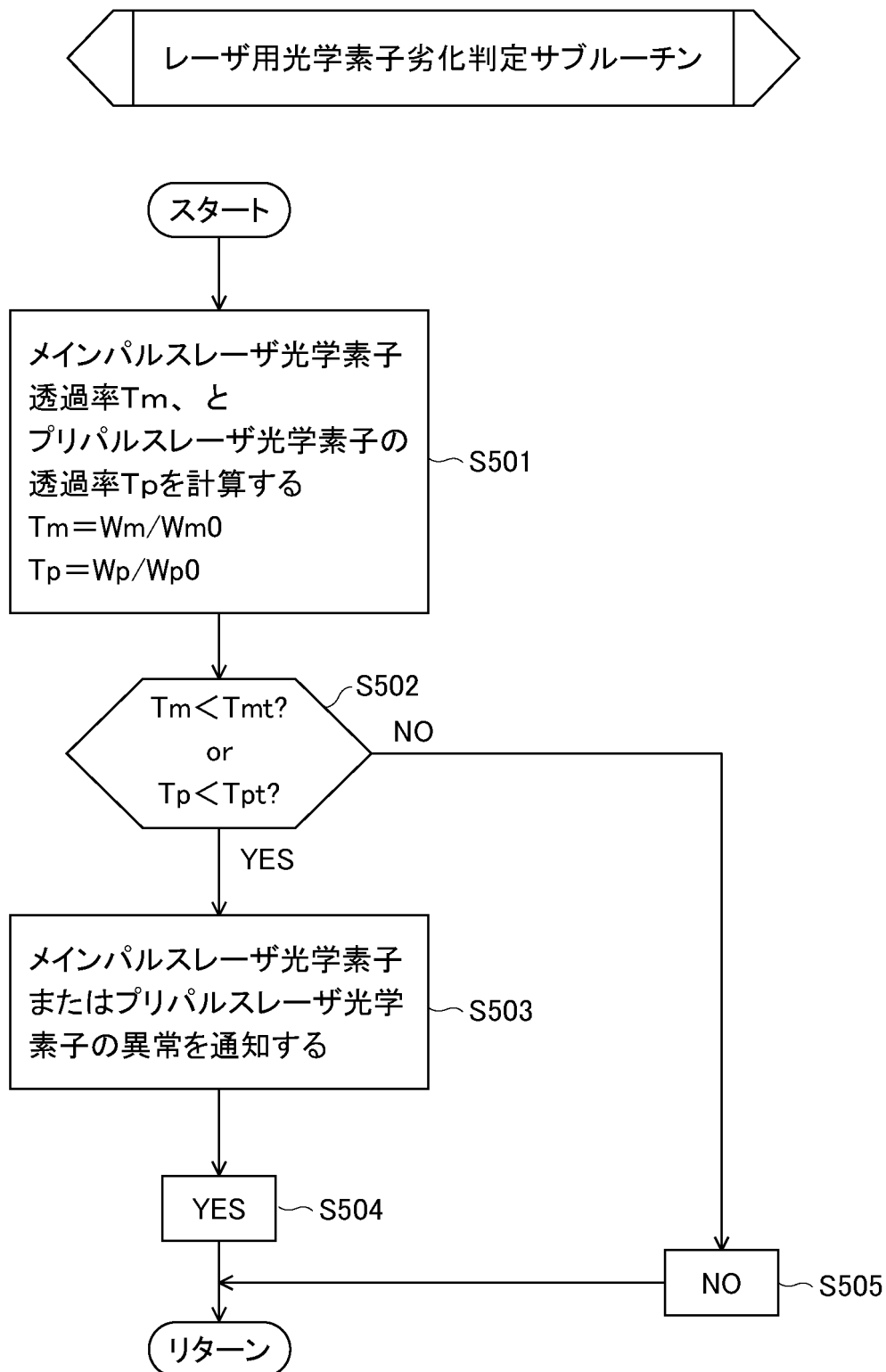
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 8】



【手続補正 27】

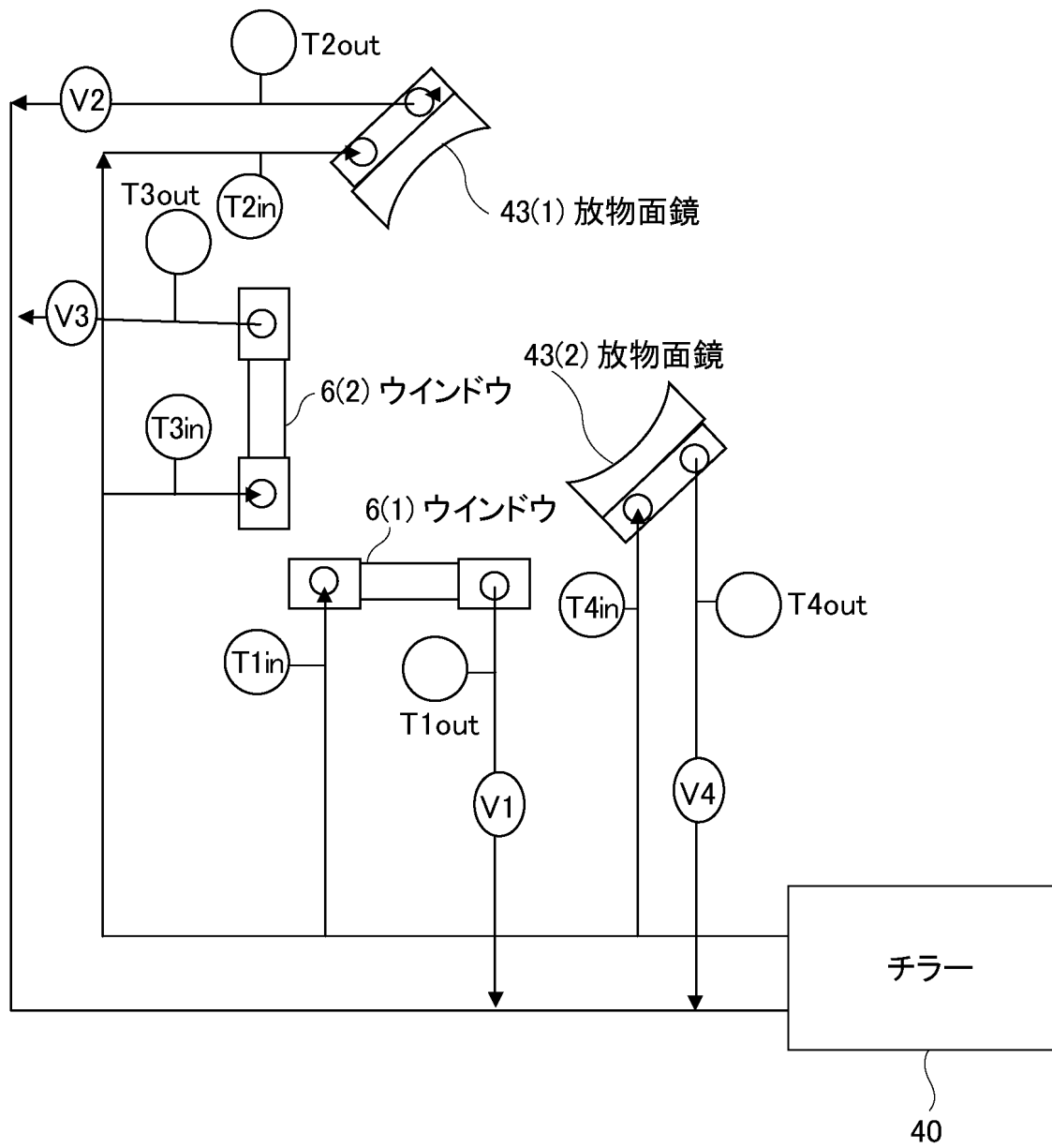
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 13

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 3】



【手続補正 2 8】

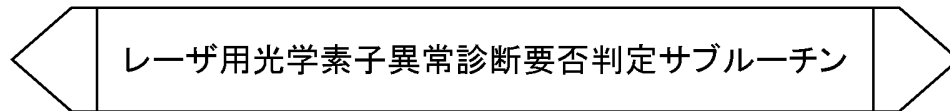
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1 4

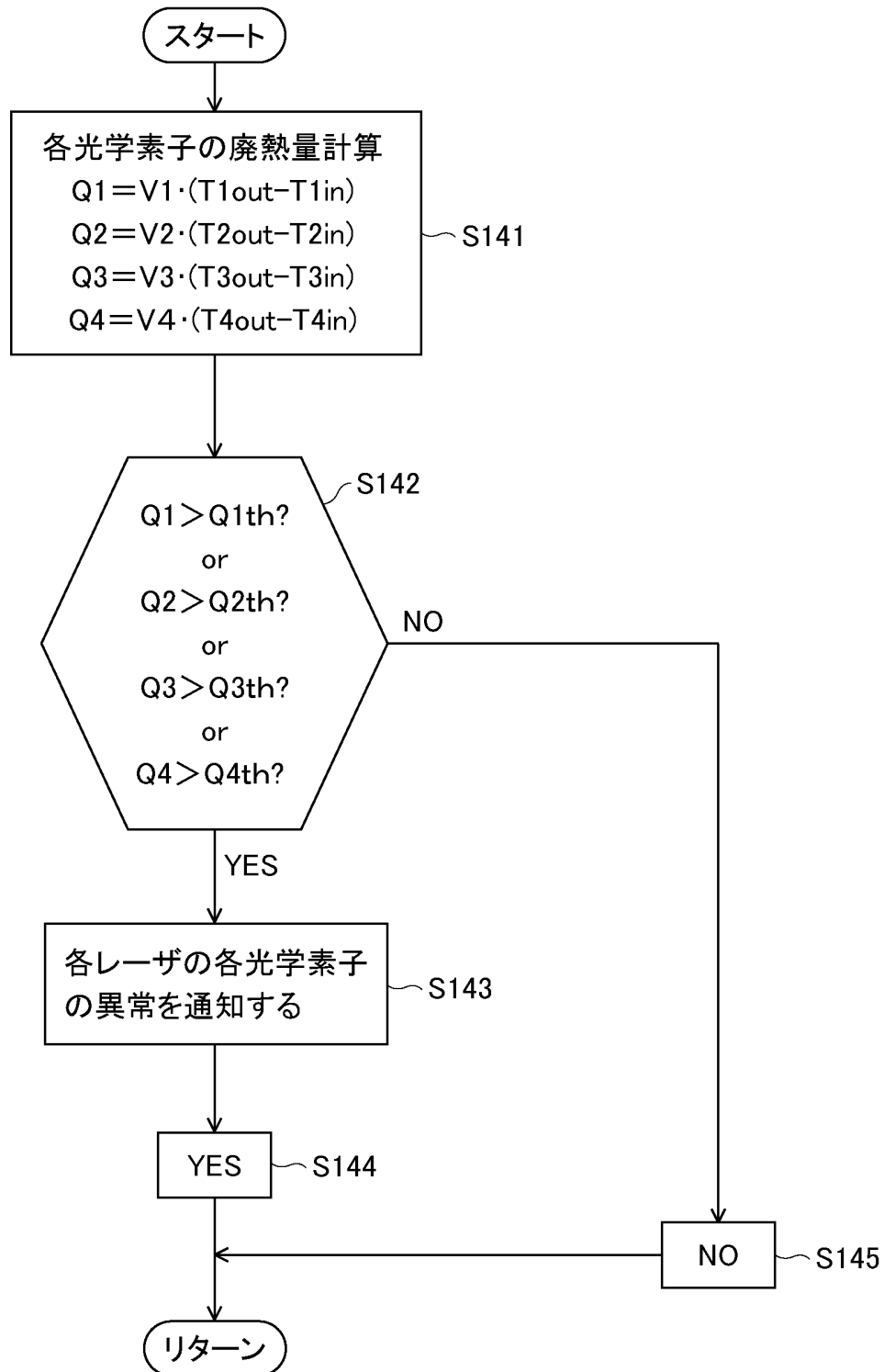
【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1 4】



(e) 光学素子の発熱量管理ルーチン



【手続補正 29】

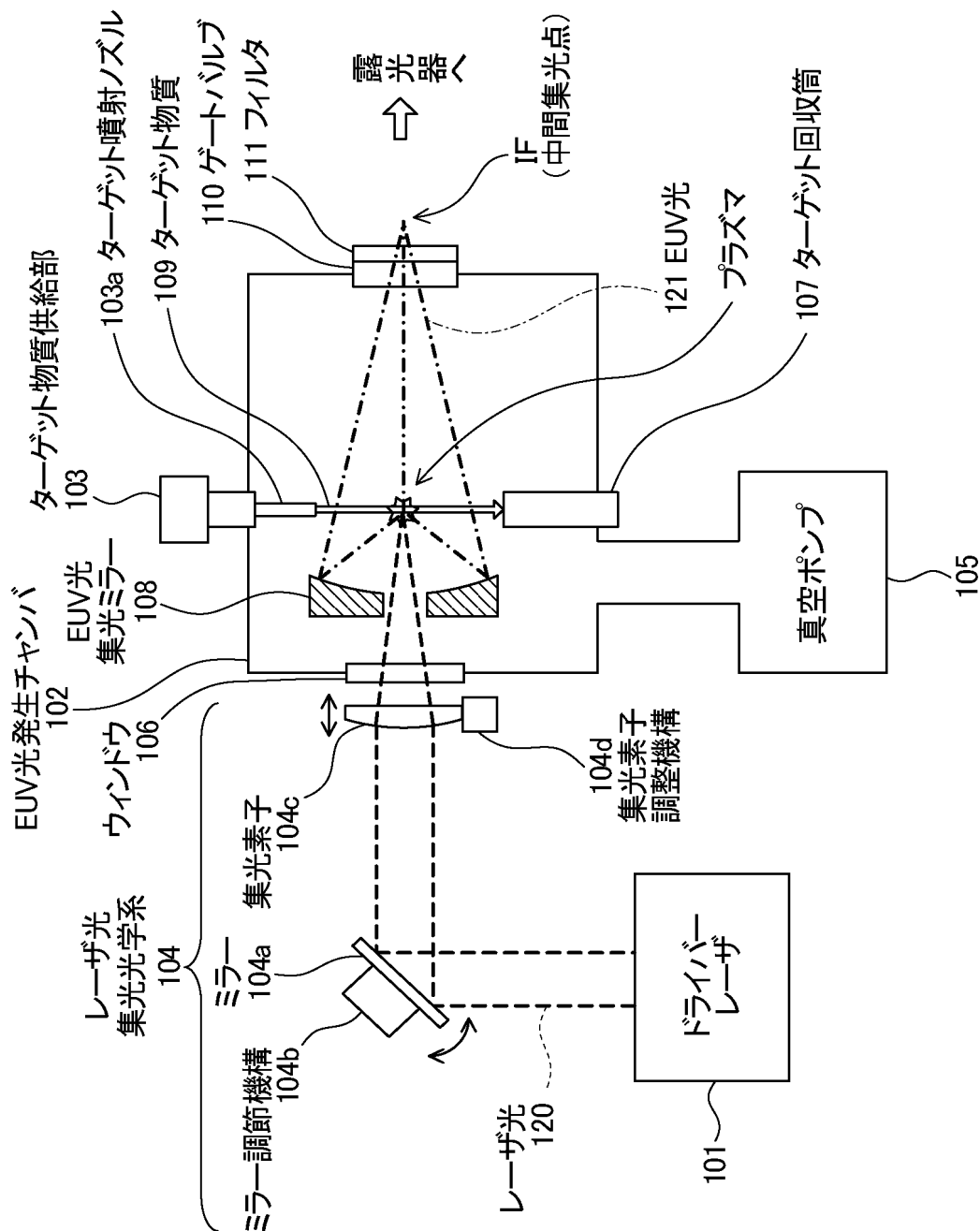
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 15

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 15】



【手続補正 30】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 21

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 21】

