

(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
2017年9月21日(21.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/158849 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 3/00 (2006.01) *H01S 3/101* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/058871
- (22) 国際出願日: 2016年3月18日(18.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市大字横倉新田400番地 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: 阿部 徹(ABE Tooru); 〒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: 森村靖男(MORIMURA Yasuo); 〒1010032 東京都千代田区岩本町三丁目10番9号 秋葉原花岡ビル6階 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

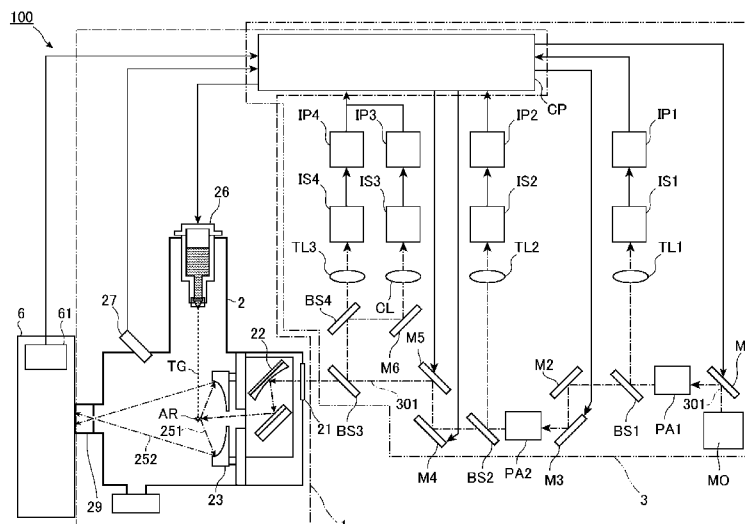
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: LASER DEVICE AND LASER DEVICE CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: レーザ装置、レーザ装置の制御方法



(57) Abstract: This invention may comprise: a light source emitting laser light through a burst operation; a light sensor acquiring cross-sectional images of the laser light at regular intervals over a fixed time period; an image processing unit into which an image signal for the cross-sectional image outputted from the light sensor is inputted, and from which beam-related information for the laser light is outputted; a beam travel direction adjustment unit for adjusting the travelling direction of the laser light; and a controller controlling the beam travel direction adjustment unit on the basis of the beam-related information when the acquisition period of the cross-sectional image by the light sensor overlaps at least partially with the emission period of the laser light from the light source.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/158849 A1

バースト動作によってレーザ光を出射する光源と、レーザ光の断面画像を一定期間かけて一定周期毎に取得する光センサと、光センサから出力される断面画像にかかる画像信号を入力してレーザ光にかかるビーム関連情報を出力する画像処理部と、レーザ光の進行方向を調節するビーム進行方向調節部と、光センサが断面画像を取得する期間の少なくとも一部と光源からレーザ光が出射する期間とが重なる場合に、ビーム関連情報に基づいてビーム進行方向調節部を制御するコントローラと、を備えてもよい。

明 細 書

発明の名称： レーザ装置、レーザ装置の制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、レーザ装置、レーザ装置の制御方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体プロセスの微細化に伴って、半導体プロセスの光リソグラフィにおける転写パターンの微細化が急速に進展している。次世代においては、20nm以下の微細加工が要求されるようになる。このため、波長13nm程度の極端紫外（EUV：extreme ultraviolet）光を生成するための装置と縮小投影反射光学系（reduced projection reflective optics）とを組み合わせた露光装置の開発が期待されている。

[0003] EUV光生成装置としては、ターゲット物質にレーザ光を照射することによって生成されるプラズマが用いられるLPP（Laser Produced Plasma）式の装置と、放電によって生成されるプラズマが用いられるDPP（Discharge Produced Plasma）式の装置と、軌道放射光が用いられるSR（Synchrotron Radiation）式の装置との3種類の装置が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-199425号公報

特許文献2：特開2001-320118号公報

特許文献3：特開平10-144985号公報

特許文献4：特開平09-248682号公報

特許文献5：特開平09-122949号公報

特許文献6：国際公開WO2014/030645号明細書

概要

[0005] 本開示の一態様によるレーザ装置は、バースト動作によってレーザ光を出射する光源と、レーザ光の断面画像を一定期間かけて一定周期毎に取得する光センサと、光センサから出力される断面画像にかかる画像信号を入力してレーザ光にかかるビーム関連情報を出力する画像処理部と、レーザ光の進行方向を調節するビーム進行方向調節部と、光センサが断面画像を取得する期間の少なくとも一部と光源からレーザ光が出射する期間とが重なる場合に、ビーム関連情報に基づいてビーム進行方向調節部を制御するコントローラと、を備えるものである。

[0006] また、本開示の一態様によるレーザ装置の制御方法は、バースト動作によってレーザ光を出射する光源と、レーザ光の断面画像を一定期間かけて一定周期毎に取得する光センサと、光センサから出力される断面画像にかかる画像信号を入力してレーザ光にかかるビーム関連情報を出力する画像処理部と、レーザ光の進行方向を調節するビーム進行方向調節部と、コントローラと、を備えるレーザ装置の制御方法であって、コントローラは、光センサが断面画像を取得する期間の少なくとも一部と光源からレーザ光が出射する期間とが重なっている場合に、ビーム関連情報に基づいてビーム進行方向調節部を制御するものである。

図面の簡単な説明

[0007] 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、比較例におけるCO₂レーザ装置を用いたEUV光生成システムの概略構成例を示す模式図である。

[図2]図2は、CO₂レーザ光の位置や角度を調節する手順を示すフローチャートである。

[図3]図3は、マスターオシレータからCO₂レーザ光が出射する期間、及び、赤外線ラインセンサが画像を取得する期間を示す図である。

[図4]図4は、図1におけるCO₂レーザ光の位置や角度を調節する要部を実施形態1に合わせて一般化した図である。

[図5]図5は、実施形態1のCO₂レーザ光の位置や角度を調節する手順を示すフローチャートである。

[図6]図6は、図1におけるCO₂レーザ光の位置や角度を調節する要部を実施形態2に合わせて一般化した図である

[図7]図7は、実施形態2のCO₂レーザ光の位置や角度を調節する手順を示すフローチャートである。

[図8]図8は、図1におけるCO₂レーザ光の位置や角度を調節する要部を実施形態3に合わせて一般化した図である。

[図9]図9は、コントローラがバースト信号変更通知を受信した時刻とバースト状態とを示すテーブル例を示す図である。

[図10]図10は、過去にマスターオシレータからCO₂レーザ光が出射した出射時間帯を示す履歴情報のテーブル例を示す図である。

[図11]図11は、コントローラが、バースト信号変更通知に基づいて、マスターオシレータのバーストオン時刻と、マスターオシレータのバーストオフ時刻とを記録する手順を示すフローチャートである。

[図12]図12は、実施形態3のCO₂レーザ光の位置や角度を調節する手順を示すフローチャートである。

[図13]図13は、図12のステップSP324の条件を満たす状態を示す図である。

[図14]図14は、インデックス0のバーストオン時刻とバーストオフ時刻との間に、データ転送終了時刻及びセンサ露光開始時刻が入っている状態を示す図である。

[図15]図15は、図1におけるCO₂レーザ光の位置や角度を調節する要部を実施形態4に合わせて一般化した図である。

[図16]実施形態4のCO₂レーザ光の位置や角度を調節する手順を示すフローチャートである。

実施形態

[0008] 1. 概要

2. CO₂レーザ装置を用いた極端紫外光生成システムの説明：比較例

2. 1 構成

2. 2 動作

2. 3 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. 実施形態 4

6. 1 構成

6. 2 動作

6. 3 作用・効果

[0009] 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. 概要

本開示の実施形態は、レーザ装置に関するものである。例えば、極端紫外

光生成システムに用いられ、光源から出射した CO_2 レーザ光が適切な位置から極端紫外光生成装置のチャンバに入射し得る CO_2 レーザ装置に関するものである。なお、以下の説明において、極端紫外光をEUV光という場合がある。従って、極端紫外光生成装置をEUV光生成装置という場合があり、極端紫外光生成システムをEUV光生成システムという場合がある。また、以下の説明では、レーザ装置として、 CO_2 レーザ装置を例に説明する。

[0011] 2. CO_2 レーザ装置を用いたEUV光生成システムの説明：比較例

2. 1 構成

図1に、本比較例の例示的な CO_2 レーザ装置を用いたEUV光生成システムの構成を概略的に示す。本比較例の、EUV光生成システム100は、EUV光生成装置1及び CO_2 レーザ装置3を含むシステムである。本比較例のEUV光生成装置1は、少なくとも1つの CO_2 レーザ装置3と共に用いられる。また、本比較例のEUV光生成システム100は、露光装置6と共に用いられる。

[0012] 露光装置6は、EUV光生成システム100から出射するEUV光により半導体ウェハに対する露光を行う装置である。露光装置6は、露光制御部61を備え、露光制御部61からは、所定期間オンとなるバースト信号が出力される。

[0013] 図1に示し、かつ、以下に詳細に説明するように、EUV光生成システム100は、EUV光生成装置1と CO_2 レーザ装置3とを含む。

[0014] EUV光生成装置1は、チャンバ2、ターゲット供給部26を含んでいる。チャンバ2は、密閉可能な容器である。ターゲット供給部26は、ターゲット物質をチャンバ2内部に供給するよう構成され、例えば、チャンバ2の壁を貫通するように取り付けられる。ターゲット供給部26から供給されるターゲット物質の材料は、スズ、テルビウム、ガドリニウム、リチウム、キセノンのいずれか、又は、それらの内のいずれか2つ以上の組合せを含んでもよいが、これらに限定されない。

[0015] チャンバ2の壁には、少なくとも1つの貫通孔が設けられている。その貫

通孔は、ウィンドウ 21 によってふさがれ、ウィンドウ 21 を CO_2 レーザ装置 3 から出射されるパルス状の CO_2 レーザ光 301 が透過する。チャンバ 2 の内部には、例えば、回転楕円面形状の反射面を有する E U V 集光ミラー 23 が配置される。E U V 集光ミラー 23 は、第 1 及び第 2 の焦点を有する。E U V 集光ミラー 23 の表面には、例えば、モリブデンとシリコンとが交互に積層された多層反射膜が形成される。E U V 集光ミラー 23 は、例えば、その第 1 の焦点がプラズマ生成領域 A R に位置し、その第 2 の焦点が中間集光点 (I F) に位置するように配置されてもよい。E U V 集光ミラー 23 の中央部には貫通孔が設けられ、貫通孔を上記のパルス状の CO_2 レーザ光 301 が通過する。

[0016] E U V 光生成装置 1 は、さらにコントローラ C P、ターゲットセンサ 27 等を含む。ターゲットセンサ 27 は、例えば撮像機能を有し、ターゲット T G の存在、軌跡、位置、速度等を検出するよう構成される。コントローラ C P は、C P U (中央処理装置) 等を有するコンピュータから成る。このコントローラ C P は、E U V 光生成システム 100 全体を制御するよう構成され、E U V 光生成装置 1 の他に後述するように CO_2 レーザ装置 3 をも制御する。つまり、コントローラ C P は、E U V 光生成装置 1 と CO_2 レーザ装置 3 とに共有される。コントローラ C P には、ターゲットセンサ 27 によって撮像されたターゲット T G のイメージデータに係る信号や、露光制御部 61 からのバースト信号等が入力する。コントローラ C P は、上記イメージデータ等処理するよう構成され、例えば、ターゲット T G が出力されるタイミング、ターゲット T G の出力方向等を制御するよう構成される。上述の様々な制御は単なる例示に過ぎず、必要に応じて他の制御が追加されてもよい。

[0017] また、E U V 光生成装置 1 は、チャンバ 2 の内部と露光装置 6 の内部とを連通させる接続部 29 を含む。接続部 29 内部には、アパーチャが形成された壁が設けられる。この壁は、アパーチャが E U V 集光ミラー 23 の第 2 の焦点位置に位置するように配置されることが好ましい。

[0018] CO_2 レーザ装置 3 は、バースト動作する光源であるマスターオシレータ M

Oを含む。マスターオシレータMOは、バーストオンでパルス状のCO₂レーザ光301を出射する。マスターオシレータMOは、例えば、ヘリウムや窒素等が炭酸ガス中に混合された気体を放電によって励起することで、レーザ光を出射するレーザ装置とされる。マスターオシレータMOは、あるいは、量子カスケードレーザ装置でもよい。また、マスターオシレータMOは、例えば、Qスイッチ方式により、パルス状のCO₂レーザ光301を出射する。なお、マスターオシレータMOは、光スイッチや偏光子等を有してもよい。なお、バースト動作とは、バーストオン時に連続したパルス状のCO₂レーザ光301を所定の繰り返し周波数で出射し、バーストオフ時にCO₂レーザ光301の出射が抑制される動作を意味する。

[0019] また、CO₂レーザ装置3は、第1ミラーM1、第1パワーアンプPA1、第1ビームスプリッタBS1、第2ミラーM2、第3ミラーM3、第2パワーアンプPA2、第2ビームスプリッタBS2、第4ミラーM4、第5ミラーM5、第3ビームスプリッタBS3、第4ビームスプリッタBS4及び第6ミラーM6を更に含む。

[0020] 第1ミラーM1、第2ミラーM2、第3ミラーM3、第4ミラーM4、第5ミラーM5及び第6ミラーM6は、CO₂レーザ光301を高反射率で反射するミラーとされる。第1ミラーM1から第6ミラーM6のそれぞれは、CO₂レーザ光301を反射する限りにおいてその構造や材質は特に限定されなく、例えば、平面状の誘電体多層膜や金属等から成る。また、本比較例では、第1ミラーM1、第3ミラーM3、第4ミラーM4及び第5ミラーM5のそれぞれは、図示されないアクチュエータに接続されており、それぞれのアクチュエータの動作により反射面の位置や角度が調整可能とされる。従って、第1ミラーM1、第3ミラーM3、第4ミラーM4及び第5ミラーM5のそれぞれは、反射するCO₂レーザ光301の進行方向を調節することができる。このため、第1ミラーM1、第3ミラーM3、第4ミラーM4及び第5ミラーM5は、CO₂レーザ光の進行方向を調節するビーム進行方向調節部と理解し得る。一方第2ミラーM2及び第6ミラーM6は固定される。

- [0021] 第1パワーアンプPA1、第2パワーアンプPA2は、入射するCO₂レーザ光301のパワーを増幅することができる。第1パワーアンプPA1の構成は特に限定されないが、例えば、再生増幅器型のパワーアンプとされる。
- [0022] 第1ビームスプリッタBS1、第2ビームスプリッタBS2、第3ビームスプリッタBS3及び第4ビームスプリッタBS4は、CO₂レーザ光301のパワーの一部を分離する。第1ビームスプリッタBS1から第4ビームスプリッタBS4のそれぞれは、例えば、入射するCO₂レーザ光301の一部を反射し他の一部を透過することで、CO₂レーザ光301のパワーの一部を分離する。第1ビームスプリッタBS1から第4ビームスプリッタBS4のそれぞれは、CO₂レーザ光301のパワーの一部を分離する限りにおいてその構造や材質は特に限定されなく、例えば、平面状の誘電体多層膜や赤外光透過基板等から成る。
- [0023] また、CO₂レーザ装置3は、第1転写レンズTL1と第1赤外線ラインセンサIS1と第1画像処理部IP1とを含む。第1転写レンズTL1、第1赤外線ラインセンサIS1及び第1画像処理部IP1の少なくとも2つがモジュール化されてもよい。さらに、CO₂レーザ装置3は、第2転写レンズTL2と第2赤外線ラインセンサIS2と第2画像処理部IP2とを含む。第2転写レンズTL2、第2赤外線ラインセンサIS2及び第2画像処理部IP2の少なくとも2つがモジュール化されてもよい。さらに、CO₂レーザ装置3は、集光レンズCLと第3赤外線ラインセンサIS3と第3画像処理部IP3とを含む。集光レンズCL、第3赤外線ラインセンサIS3及び第3画像処理部IP3の少なくとも2つがモジュール化されてもよい。CO₂レーザ装置3は、第3転写レンズTL3と第4赤外線ラインセンサIS4と第4画像処理部IP4とを含む。第3転写レンズTL3、第4赤外線ラインセンサIS4及び第4画像処理部IP4の少なくとも2つがモジュール化されてもよい。
- [0024] 第1転写レンズTL1は、第1転写レンズTL1に入射するCO₂レーザ光301の位置や断面のエネルギー分布等を第1赤外線ラインセンサIS1の

受光面に転写するレンズである。同様に第2転写レンズTL2は、第2転写レンズTL2に入射するCO₂レーザ光301の位置や断面のエネルギー分布等を第2赤外線ラインセンサIS2の受光面に転写するレンズである。また同様に第3転写レンズTL3は、第3転写レンズTL3に入射するCO₂レーザ光301の位置や断面のエネルギー分布等を第4赤外線ラインセンサIS4の受光面に転写するレンズである。また、集光レンズCLは、集光レンズCLに入射するCO₂レーザ光301を第3赤外線ラインセンサIS3の受光面に集光するレンズである。

[0025] 第1赤外線ラインセンサIS1、第2赤外線ラインセンサIS2、第3赤外線ラインセンサIS3及び第4赤外線ラインセンサIS4は、光センサの1例であり、それぞれ赤外線を用いるラインセンサである。それぞれの赤外線ラインセンサは、複数の画素から成る複数の水平ラインを有し、当該複数の水平ラインから一画面が構成されている。またそれぞれの赤外線ラインセンサは、入射するCO₂レーザ光301の断面画像を1水平ラインずつスキャンして1垂直期間スキャンし終わると、再び最初の水平ラインからスキャンし始める。従って、それぞれの赤外線ラインセンサは、入射するCO₂レーザ光の断面画像を一定期間かけて一定周期毎に取得する。また、本比較例のそれぞれの赤外線ラインセンサは、各水平ラインの各画素が光を受光する度に受光した光に係る信号を出力する。このため本比較例の第1赤外線ラインセンサIS1、第2赤外線ラインセンサIS2、第3赤外線ラインセンサIS3及び第4赤外線ラインセンサIS4は、光をスキャンしている間、画素毎に画像信号を出力し続ける。

[0026] 第1画像処理部IP1は、第1赤外線ラインセンサIS1から入力する1画面分の画像信号を蓄積して、第1赤外線ラインセンサIS1に入射するCO₂レーザ光301にかかるビーム関連情報を計算して1画面分ごとに出力する。上記のように第1赤外線ラインセンサIS1は入射するCO₂レーザ光の断面画像を一定周期毎に取得するため、第1画像処理部IP1は、ビーム関連情報を一定周期で出力する。同様に第2画像処理部IP2は、第2赤外線

ラインセンサ I S 2 から入力する 1 画面分の画像信号を蓄積して、第 2 赤外線ラインセンサ I S 2 に入射する C O₂ レーザ光 3 0 1 にかかるビーム関連情報を計算して 1 画面分ごとに一定周期で出力する。同様に第 3 画像処理部 I P 3 は、第 3 赤外線ラインセンサ I S 3 から入力する 1 画面分の画像信号を蓄積して、第 3 赤外線ラインセンサ I S 3 に入射する C O₂ レーザ光 3 0 1 にかかるビーム関連情報を計算して 1 画面分ごとに一定周期で出力する。同様に第 4 画像処理部 I P 4 は、第 4 赤外線ラインセンサ I S 4 から入力する 1 画面分の画像信号を蓄積して、第 4 赤外線ラインセンサ I S 4 に入射する C O₂ レーザ光 3 0 1 にかかるビーム関連情報を計算して 1 画面分ごとに一定周期で出力する。

[0027] 上記のように、本比較例の第 1 赤外線ラインセンサ I S 1、第 2 赤外線ラインセンサ I S 2 及び第 4 赤外線ラインセンサ I S 4 には、転写レンズから出射する C O₂ レーザ光 3 0 1 が入射する。従って、本比較例の第 1 画像処理部 I P 1、第 2 画像処理部 I P 2 及び第 4 画像処理部 I P 4 から出力するビーム関連情報には、C O₂ レーザ光 3 0 1 のビーム径、ビーム重心位置、最大輝度に係る情報が含まれ得る。また、上記のように本比較例の第 3 赤外線ラインセンサ I S 3 には、集光レンズ C L から出射する C O₂ レーザ光 3 0 1 が集光した状態で入射する。従って、本比較例の第 3 画像処理部 I P 3 から出力するビーム関連情報には、C O₂ レーザ光 3 0 1 のビーム広がり角、ビーム進行角度に係る情報が含まれ得る。

[0028] また、上記のようにコントローラ C P が E U V 光生成装置 1 と C O₂ レーザ装置 3 とに共有されているため、C O₂ レーザ装置 3 は、コントローラ C P を備える。コントローラ C P には、第 1 画像処理部 I P 1、第 2 画像処理部 I P 2、第 3 画像処理部 I P 3 及び第 4 画像処理部 I P 4 から出力するビーム関連情報が入力する。コントローラ C P は、第 1 画像処理部 I P 1 から入力するビーム関連情報に基づいて、第 1 ミラー M 1 を制御するミラー制御信号を出力する。また、コントローラ C P は、第 2 画像処理部 I P 2 から入力するビーム関連情報に基づいて、第 2 ミラー M 2 を制御するミラー制御信号を

出力する。また、コントローラCPは、第3画像処理部IP3及び第4画像処理部IP4から入力するビーム関連情報に基づいて、第4ミラーM4及び第5ミラーM5を制御するミラー制御信号を出力する。具体的には、コントローラCPは、それぞれの図示されないアクチュエータの動作を制御することで、第1ミラーM1、第3ミラーM3、第4ミラーM4及び第5ミラーM5の傾きを個別に制御する。また、コントローラCPは、露光制御部61から入力するバースト信号に基づいて、光源であるマスターオシレータMOをバースト動作させるバースト信号を出力する。

[0029] 2. 2 動作

露光制御部61から出力するバースト信号は、上記のようにコントローラCPに入力する。コントローラCPは、ターゲットセンサ27によって撮像されたターゲットTGのイメージデータやバースト信号等に基づいて、ターゲット供給部26を制御し、上記のようにターゲットTGが出力されるタイミング、ターゲットTGの出力方向等を制御する。また、コントローラCPは、露光制御部61から入力するバースト信号に基づいて、マスターオシレータMOにバースト信号を出力する。マスターオシレータMOは、当該バースト信号によりバースト動作をし、バースト信号がオンの場合、連続したパルス状のCO₂レーザ光301を出射する。マスターオシレータMOから出射するパルス状のCO₂レーザ光301は、第1ミラーM1で反射して、第1パワーアンプPA1に入射して増幅される。第1パワーアンプPA1から出射するパルス状のCO₂レーザ光301は、第1ビームスプリッタBS1で一部が反射して分離され、他の一部は第1ビームスプリッタBS1を透過する。第1ビームスプリッタBS1を透過するCO₂レーザ光301は、第2ミラーM2及び第3ミラーM3で反射され、第2パワーアンプPA2に入射して増幅される。第2パワーアンプPA2から出射するパルス状のCO₂レーザ光301は、第2ビームスプリッタBS2で一部が反射されて分離され、他の一部は第2ビームスプリッタBS2を透過する。第2ビームスプリッタBS2を透過するCO₂レーザ光301は、第4ミラーM4及び第5ミラーM5で反

射され、第3ビームスプリッタBS3で一部が反射して分離され、他の一部は第3ビームスプリッタBS3を透過する。第3ビームスプリッタBS3を透過するCO₂レーザ光301は、チャンバ2のウィンドウ21からチャンバ2内に入射する。

[0030] チャンバ2内に入射するパルス状のCO₂レーザ光301は、少なくとも1つのレーザ光経路に沿ってチャンバ2内を進み、レーザ光集光ミラー22で反射され、チャンバ2内部の目標位置であるプラズマ生成領域ARに進む。ターゲット供給部26は、ターゲットTGをプラズマ生成領域ARに向けて出力する。従って、プラズマ生成領域ARに進むCO₂レーザ光301は、少なくとも1つのターゲットTGに照射される。CO₂レーザ光301が照射されたターゲットTGはプラズマ化し、そのプラズマから放射光251が放射される。放射光251に含まれるEUV光252は、EUV集光ミラー23によって選択的に反射され、EUV集光ミラー23によって反射されたEUV光252は、中間集光点で集光され、露光装置6に出力される。なお、1つのターゲットTGに、複数のパルス状のCO₂レーザ光301が照射されてもよい。

[0031] 上記動作において、チャンバ2に入射するCO₂レーザ光301の位置や角度を調節しなければならない場合がある。次にこの調節を行う方法について説明する。図2は、CO₂レーザ光301の位置や角度を調節する手順を示すフローチャートである。

[0032] 第1ビームスプリッタBS1で分離されるCO₂レーザ光301の一部は、第1転写レンズTL1に入射して第1赤外線ラインセンサIS1の受光面に転写される。第1赤外線ラインセンサIS1は、ステップSP01において、上記のようにCO₂レーザ光301の断面画像を1水平ラインずつスキャンして、画素毎に画像信号を出力し続ける。この画像信号が入力する第1画像処理部IP1は、ステップSP02において、上記のようにビーム関連情報を1画面分ごとに計算して出力し、当該ビーム関連情報はコントローラCPに入力する。次に、コントローラCPは、ステップSP03において、当該

ビーム関連情報に基づき第1ミラーM1を制御する。このビーム関連情報は、第1ビームスプリッタBS1で分離されたCO₂レーザ光301にかかる情報であるため、第1ビームスプリッタBS1で分離される直前のCO₂レーザ光301にかかる情報と概ね同じ情報を含むことになる。従って、このビーム関連情報に基づいて第1ミラーM1の傾きを調節することで、第1ビームスプリッタBS1を透過するCO₂レーザ光301の重心位置が所定の目標位置となるようにフィードバック制御することができる。

[0033] また、第2ビームスプリッタBS2で分離されるCO₂レーザ光301の一部は、第2転写レンズTL2に入射して第2赤外線ラインセンサIS2の受光面に転写される。第2赤外線ラインセンサIS2は、ステップSP01において、上記第1赤外線ラインセンサIS1と同様にして画素毎の画像信号を出力し続ける。この画像信号が入力する第2画像処理部IP2は、ステップSP02において、上記第1画像処理部IP1と同様にしてビーム関連情報を計算して出力して、当該ビーム関連情報はコントローラCPに入力する。次にステップSP03において、コントローラCPは当該ビーム関連情報に基づき第2ミラーM2を制御する。このビーム関連情報は、第2ビームスプリッタBS2で分離されたCO₂レーザ光301にかかる情報であるため、第2ビームスプリッタBS2で分離される直前のCO₂レーザ光301にかかる情報を概ね同じ情報を含むことになる。従って、このビーム関連情報に基づいて第2ミラーM2の傾きを調節することで、第2ビームスプリッタBS2を透過するCO₂レーザ光301の重心位置が所定の目標位置となるようにフィードバック制御することができる。

[0034] また、第3ビームスプリッタBS3で分離されるCO₂レーザ光301の一部は、第4ビームスプリッタBS4に入射し、一部が反射して分離され、他の一部が第4ビームスプリッタBS4を透過する。第4ビームスプリッタBS4で分離されるCO₂レーザ光301は、第6ミラーM6で反射され、集光レンズCLにより第3赤外線ラインセンサIS3の受光面に集光される。第3赤外線ラインセンサIS3は、ステップSP01において、上記第1赤外

線ラインセンサ I S 1 と同様にして画素毎に画像信号を出力し続ける。この画像信号が入力する第 3 画像処理部 I P 3 は、ステップ S P O 2 において、ビーム関連情報を計算して出力して、当該ビーム関連情報はコントローラ C P に入力する。また、第 4 ビームスプリッタ B S 4 を透過する C O₂ レーザ光 3 0 1 は、第 3 転写レンズ T L 3 に入射して第 4 赤外線ラインセンサ I S 4 の受光面に転写される。第 4 赤外線ラインセンサ I S 4 は、ステップ S P O 1 において、上記第 1 赤外線ラインセンサ I S 1 と同様に画素毎に画像信号を出力し続ける。この画像信号が入力する第 4 画像処理部 I P 4 は、ステップ S P O 2 において、上記第 1 画像処理部 I P 1 と同様にビーム関連情報を計算して出力して、当該ビーム関連情報はコントローラ C P に入力する。上記のように、本比較例では、第 3 画像処理部 I P 3 から出力するビーム関連情報には C O₂ レーザ光 3 0 1 のビーム広がり角、ビーム進行角度に係る情報が含まれ、第 4 画像処理部 I P 4 から出力するビーム関連情報には、C O₂ レーザ光 3 0 1 のビーム径、ビーム重心位置、最大輝度に係る情報が含まれる。従って、第 3 画像処理部 I P 3、第 4 画像処理部 I P 4 から出力するビーム関連情報が合わさると、第 1 画像処理部 I P 1 から出力するビーム関連情報や、第 2 画像処理部 I P 2 から出力するビーム関連情報よりも多くの情報が含まれる。次にステップ S P O 3 において、コントローラ C P は第 3 画像処理部 I P 3、第 4 画像処理部 I P 4 から入力するビーム関連情報に基づき、第 4 ミラー M 4、第 5 ミラー M 5 を制御する。2 つのミラーは、それぞれ C O₂ レーザ光 3 0 1 の進行方向を調節することができ、2 つのミラーを制御することで、第 3 ビームスプリッタ B S 3 に入射する前の C O₂ レーザ光 3 0 1 の重心位置を平行移動することができる。ところで第 3 画像処理部 I P 3、第 4 画像処理部 I P 4 から出力するビーム関連情報は、第 3 ビームスプリッタ B S 3 で分離された C O₂ レーザ光 3 0 1 にかかる情報に基づく。従って、第 3 画像処理部 I P 3、第 4 画像処理部 I P 4 から出力するビーム関連情報は、第 3 ビームスプリッタ B S 3 で分離される直前の C O₂ レーザ光 3 0 1 にかかる情報と概ね同じ情報を含むことになる。従って、これらのビーム関

連情報に基づいて第4ミラーM4、第5ミラーM5の傾きを調節することで、第3ビームスプリッタBS3を透過するCO₂レーザ光301の進行方向が所定の方向となり、重心位置が所定の目標位置となるようにフィードバック制御することができる。

[0035] こうして、チャンバ2に入射するCO₂レーザ光301の位置や角度を調節することができる。

[0036] 2. 3 課題

図3は、マスターオシレータMOからCO₂レーザ光301が出射する期間、及び、赤外線ラインセンサが画像を取得する期間を示す図である。なお、以下の説明において、赤外線ラインセンサとは、第1赤外線ラインセンサIS1から第4赤外線ラインセンサIS4のいずれかを示す。また、画像処理部とは、第1画像処理部IP1から第4画像処理部IP4のいずれかを示す。また、ミラーとは、第1ミラーM1、第3ミラーM3、第4ミラーM4及び第5ミラーM5のいずれかを示す。また、図3において、四角で囲まれ斜線で示される期間は、赤外線ラインセンサがCO₂レーザ光301の断面画像を取得する期間を示す。

[0037] 図3に示す例では、期間a、期間b、期間d、期間e、期間gにおいて、コントローラCPからのバースト信号がオンであり、マスターオシレータMOがバーストオンである期間と赤外線ラインセンサが断面画像を取得する期間とが重なる。しかし、期間c、期間fにおいては、マスターオシレータMOがバーストオンである期間と赤外線ラインセンサが断面画像を取得する期間とが重ならない。

[0038] 期間c、期間fのように、マスターオシレータMOがバーストオンである期間と赤外線ラインセンサが画像を取得する期間とが重ならない場合、赤外線ラインセンサから出力する画像信号にはCO₂レーザ光301の断面にかかる情報が含まれないことになる。このため、画像処理部から出力するビーム関連情報もCO₂レーザ光301に係る情報が含まれないことになる。従って、この場合、画像処理部から出力するビーム関連情報はノイズに基づく情報

となる。この場合にコントローラCPはノイズに基づくビーム関連情報に基づいてミラーを制御することになり、ミラーは上記フィードバック制御が適正にされず、本来あるべき方向に調節されない可能性がある。従って、次にマスターオシレータMOから出射したCO₂レーザ光が不適切な位置からEUV光生成装置のチャンバに入射するという不具合が生じ得る。そこで、以下の実施形態では、マスターオシレータMOから出射したCO₂レーザ光が適切な位置からEUV光生成装置のチャンバに入射し得るCO₂レーザ装置を例示する。

[0039] 3. 実施形態1

次に実施形態1にかかるCO₂レーザ装置を用いたEUV光生成システムを、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の説明では、ビームスプリッタBSは、第1ビームスプリッタBS1から第4ビームスプリッタBS4のいずれかを示す。また、上述において説明した構成と同様の構成については、同一の符号を付し、特に説明する場合を除き、重複する説明を省略する。

[0040] 3. 1 構成

図4は、図1におけるCO₂レーザ光301の位置や角度を調節する要部を本実施形態に合わせて一般化した図である。また、図5は、本実施形態のCO₂レーザ光301の位置や角度を調節する手順を示すフローチャートである。図4に示すように、本実施形態においても、比較例と同様にして、コントローラCPにバースト信号が入力する。

[0041] 3. 2 動作

図4に示すビームスプリッタBSで分離されたCO₂レーザ光301の一部は、図4では不図示のレンズにより集光または転写され赤外線ラインセンサISに入射する。赤外線ラインセンサISは、比較例のステップSP01と同様にして、ステップSP11において、CO₂レーザ光301の断面画像を1水平ラインずつスキャンして、画素毎の画像信号を出力し続ける。この画像信号が入力する画像処理部IPは、比較例のステップSP02と同様にして、ステップSP12において、ビーム関連情報を1画面分ごとに出力し、

当該ビーム関連情報はコントローラCPに入力する。次にステップSP13において、コントローラCPは入力するバースト信号がオンであるか否かを判断する。バースト信号がオンではない場合、コントローラCPは、ミラーMを制御せずに次のビーム関連情報が入力するまで待機する。一方、バースト信号がオンである場合、比較例のステップSP03と同様にして、ステップSP14において、コントローラCPは入力したビーム関連情報に基づきミラーMを制御する。このときマスターオシレータMOに入力するバースト信号もオンであるため、マスターオシレータMOはバーストオンとなり連続したパルス状のCO₂レーザ光301が出射している。このようにミラーMの傾きを調節することで、ビームスプリッタBSを透過するCO₂レーザ光301の重心位置が所定の目標位置となるようにフィードバック制御することができる。

[0042] 3. 3 作用・効果

本実施形態では、コントローラCPは、バースト信号がオンである場合にビーム関連情報に基づきミラーMを制御する。従って、本実施形態では、コントローラCPは、赤外線ラインセンサISがCO₂レーザ光の断面画像を取得する期間の少なくとも一部とマスターオシレータMOからCO₂レーザ光が出射する期間とが重なる状態で、ミラーMを制御する。本実施形態のCO₂レーザ装置3によれば、ノイズに基づくビーム関連情報に基づいてミラーを制御することが抑制され得、マスターオシレータMOから出射したCO₂レーザ光が不適切な位置からEUV光生成装置のチャンバに入射することが抑制され得る。

[0043] 4. 実施形態2

次に実施形態2にかかるCO₂レーザ装置を用いたEUV光生成システムを、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の説明では、上述において説明した構成と同様の構成については、同一の符号を付し、特に説明する場合を除き、重複する説明を省略する。

[0044] 4. 1 構成

図6は、図1におけるCO₂レーザ光301の位置や角度を調節する要部を本実施形態に合わせて一般化した図である。図6に示すように、本実施形態のCO₂レーザ装置は、露光制御部61からのバースト信号が画像処理部IPに入力する点において、比較例のCO₂レーザ装置3と異なる。

[0045] 4. 2 動作

図7は、本実施形態のCO₂レーザ光301の位置や角度を調節する手順を示すフローチャートである。図6に示すビームスプリッタBSで分離されたCO₂レーザ光301の一部は、図6で不図示のレンズにより集光または転写され赤外線ラインセンサISに入射する。赤外線ラインセンサISは、比較例のステップSP01と同様にして、ステップSP21において、CO₂レーザ光301の断面画像を1水平ラインずつスキャンして、画素毎に画像信号を出力し続ける。この画像信号が入力する画像処理部IPは、ステップSP22において、露光制御部61からのバースト信号がオンであるか否かを判断する。露光制御部61からのバースト信号がオフの場合、画像処理部IPは、ステップSP23において、ビーム関連情報が無効な情報であることを示す無効情報をコントローラCPに出力する。バースト信号がオンである場合、画像処理部IPは、比較例のステップSP02と同様にして、ステップSP24において、ビーム関連情報を1画面分ごとに出力し、当該ビーム関連情報はコントローラCPに入力する。次にステップSP25において、コントローラCPは画像処理部IPから入力する情報が無効な情報か有効な情報かを判断する。画像処理部IPから無効情報が入力する場合、コントローラCPは、情報が無効であるとして、ミラーMを制御せずに次のビーム関連情報が入力するまで待機する。一方、画像処理部IPから無効情報が入力せずビーム関連情報が入力する場合、コントローラCPは、ビーム関連情報が有効なものとして、比較例のステップSP03と同様にして、ステップSP26において、入力したビーム関連情報に基づきミラーMを制御する。こうして、ビームスプリッタBSを透過するCO₂レーザ光301の重心位置が所定の目標位置となるようにフィードバック制御が適正になされる。このとき、

コントローラCPにもバースト信号が入力しており、コントローラCPからマスターオシレータMOに入力するバースト信号に基づき、マスターオシレータMOはバーストオンである。上記のようにコントローラCPからマスターオシレータMOに入力するバースト信号は、露光制御部61からコントローラCPに入力するバースト信号に基づいている。従って、本実施形態では、画像処理部IPには、マスターオシレータMOをバースト動作させるバースト信号が入力していると理解することができる。

[0046] 4. 3 作用・効果

本実施形態では、画像処理部IPにバースト信号が入力するため、バースト信号がオンではない場合、画像処理部IPが画像処理を行わない構成とし得る。この場合、画像処理部IPの負荷を軽減することができる。また、画像処理部IPに入力するバースト信号がオンではない場合、画像処理部IPがコントローラCPに無効情報をコントローラCPに出力する。従って、マスターオシレータMOがバーストオンではない期間に赤外線ラインセンサISが取得した画像データに基づくビーム関連情報に基づいて、コントローラCPがミラーMを制御することが抑制され得る。このため、本実施形態のCO₂レーザ装置3によれば、ノイズに基づくビーム関連情報に基づいてミラーを制御することが抑制され得、マスターオシレータMOから出射したCO₂レーザ光が不適切な位置からEUV光生成装置のチャンバに入射することが抑制され得る。

[0047] 5. 実施形態3

次に実施形態3にかかるCO₂レーザ装置を用いたEUV光生成システムを、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の説明では、上述において説明した構成と同様の構成については、同一の符号を付し、特に説明する場合を除き、重複する説明を省略する。

[0048] 5. 1 構成

図8は、図1におけるCO₂レーザ光301の位置や角度を調節する要部を本実施形態に合わせて一般化した図である。図8に示すように、本実施形態

のCO₂レーザ装置3は、コントローラCPにバースト信号変更通知が入力する点において、比較例のCO₂レーザ装置3と異なる。バースト信号変更通知とは、露光制御部61から出力するバースト信号がオンとなるタイミング及び当該バースト信号がオフとなるタイミングを示す通知である。

[0049] また、本実施形態では、コントローラCPは、バースト信号変更通知に基づいて、コントローラCPがバースト信号変更通知を受信した時刻とマスターオシレータMOのバースト状態を記録する情報メモリを有している。図9は、コントローラCPがバースト信号変更通知を受信した時刻と受信したバースト状態とを示すテーブル例を示す図である。図9に示すように、コントローラCPは、コントローラCPがバースト信号変更通知を受信した時刻、及び、受信したマスターオシレータMOのバースト状態がオンかオフかを記録している。

[0050] また、コントローラCPは、過去にマスターオシレータMOがバーストオンとなり連続したパルス状のCO₂レーザ光301が出射した出射時間帯の履歴情報を記録するメモリを有している。図10は、過去にマスターオシレータMOからCO₂レーザ光が出射した出射時間帯を示す履歴情報のテーブル例を示す図である。図10に示すように、本実施形態では、過去において、マスターオシレータMOがバーストオンとなった時刻と、マスターオシレータMOがバーストオフとなった時刻とが記録される。これらバーストオン時刻からバーストオフ時刻までの間の時間帯が、マスターオシレータMOからCO₂レーザ光301が出射した出射時間帯である。なお、図10に示す例では、マスターオシレータMOからCO₂レーザ光301が出射した出射時間帯に対して古い順にインデックスが関連付けられており、インデックス0に関連付けられた出射時間帯が最も古い時間帯を示す。

[0051] 5. 2 動作

まず、コントローラCPがバースト信号変更通知を受信した際の手順について説明する。図11は、コントローラCPが、バースト信号変更通知に基づいて、マスターオシレータMOのバーストオン時刻と、マスターオシレー

タMOのバーストオフ時刻とを記録する手順を示すフローチャートである。ステップSP311において、コントローラCPがバースト信号変更通知を受信する。すると、ステップSP312において、コントローラCPは、バースト信号変更通知を受信した時刻と、マスターオシレータMOをバーストオンとする通知なのかバーストオフとする通知なのかを図9に示すテーブルに記録する。バーストオンとする通知の場合マスターオシレータMOからCO₂レーザ光301を出射させ、バーストオフとする通知の場合マスターオシレータMOからCO₂レーザ光301の出射を停止する。

[0052] 次にコントローラCPは、ステップSP313において、受信したマスターオシレータMOのバースト状態がオフか否かを判断する。バースト状態がオフの場合、ステップSP314において、図10に示す履歴情報を更新する。具体的には、コントローラCPは、最も数字の大きなインデックスの行に最新のバーストオン時刻とバーストオフ時刻とを記録する。そして、コントローラCPは、ステップSP315において、最も古いインデックスが付与された行を削除し、残った行のインデックスの番号を1ずつ減らす。こうして、最も数字の大きなインデックスの行が再び空欄となる。一方、ステップSP313において、受信したバースト状態がオフではない場合、コントローラCPは、図10に示す履歴情報を更新しない。こうして、バースト信号変更通知を受信した際の手順を完了する。

[0053] 次に、本実施形態のCO₂レーザ光301の位置や角度を調節する手順について説明する。図12は、本実施形態のCO₂レーザ光301の位置や角度を調節する手順を示すフローチャートである。図8に示すビームスプリッタBSで分離されたCO₂レーザ光301の一部は、図8で不図示のレンズにより集光または転写され赤外線ラインセンサISに入射する。赤外線ラインセンサISは、比較例のステップSP01と同様にして、ステップSP321において、CO₂レーザ光301の断面画像を1水平ラインずつスキャンして、画素毎に画像信号を出力し続ける。この画像信号が入力する画像処理部IPは、比較例のステップSP02と同様にして、ステップSP322において

、ビーム関連情報を1画面分ごとに出し、当該ビーム関連情報はコントローラCPに入力する。

[0054] 次にステップSP323において、コントローラCPはビーム関連情報を受信した時刻からデータ処理時間分だけ前の時刻を計算する。このデータ処理時間は、画像処理部IPが赤外線ラインセンサISから受けたデータを処理するのに要する時間であり、所定のパラメータで示すことができる。従って、上記のビーム関連情報を受信した時刻からデータ処理時間分だけ前の時刻は、赤外線ラインセンサISが画像処理部IPに画像に係るデータを転送し終えた時刻であるデータ転送終了時刻DTSTを示すことになる。このデータ転送終了時刻DTSTは、赤外線ラインセンサISが最後の画素をスキャンし終える時刻と概ね同じである。また、コントローラCPは、データ転送終了時刻DTSTからセンサ露光時間分だけ前の時刻を計算する。このセンサ露光時間は、赤外線ラインセンサISが1画面分をスキャンするのに要する時間であり、所定のパラメータで示すことができる。従って、上記のデータ転送終了時刻DTSTからセンサ露光時間分だけ前の時刻は、赤外線ラインセンサISがスキャンを開始した時刻であるセンサ露光開始時刻SESTを示すことになる。

[0055] 次に、コントローラCPは、ステップSP324において、図9に示すテーブルを参照し、現在のマスターオシレータMOの状態がバーストオンであり、かつ、バースト信号変更通知を受信した時刻がデータ転送終了時刻DTSTより前であり、かつ、バースト信号変更通知を受信した時刻がセンサ露光開始時刻SESTより前であるという条件を満たすか否かを判断する。この条件を満たす場合、マスターオシレータMOはバーストオンであり、コントローラCPに入力したビーム関連情報は直近のバーストオンの状態において赤外線ラインセンサISが取得した画像データに基づくものであるとして、有効なデータとされる。図13は、図12のステップSP324の条件を満たす状態を示す図である。図13において、ONで示される時刻はバースト信号がオンとなる旨のバースト信号変更通知が入力した時刻であり、この

時刻にバースト信号はオンとなる。また、図13において、OFFで示される時刻はバースト信号がオフとなる旨のバースト信号変更通知が入力した時刻であり、この時刻にバースト信号はオフとなる。ステップSP324でマスターオシレータMOの状態がバーストオンであると判断されるということは、最後に受信したバースト信号変更通知がバーストオンとなる通知である。図13に示す状態の場合、バースト信号変更通知を受信した時刻がデータ転送終了時刻DTST及びセンサ露光開始時刻SESTより前である。このため、この場合、赤外線ラインセンサISがCO₂レーザ光301の断面画像を取得する期間は、バーストオンの期間内となる。この場合には、コントローラCPは、ステップSP330において、受信したビーム関連情報が有効であると判断する。そして、比較例のステップSP03と同様にして、コントローラCPは、ステップSP331において、入力したビーム関連情報に基づきミラーMを制御する。こうして、ビームスプリッタBSを透過するCO₂レーザ光301の重心位置が所定の目標位置となるようにフィードバック制御がなされる。

- [0056] 一方、ステップSP324において、上記の条件を満たさない場合、コントローラCPは、ステップSP325において、インデックス0の情報、すなわちマスターオシレータMOからCO₂レーザ光301が出射した出射時間帯にかかる最も古い情報を参照する。そして、コントローラCPは、ステップSP326において、インデックス0におけるバーストオン時刻及びバーストオフ時刻と、データ転送終了時刻DTST及びセンサ露光開始時刻SESTとを比較する。具体的には、データ転送終了時刻DTSTがバーストオン時刻とバーストオフ時刻との間の時刻となり、かつ、センサ露光開始時刻SESTがバーストオン時刻とバーストオフ時刻との間の時刻となる条件を満たすか否かを判断する。図14は、インデックス0のバーストオン時刻とバーストオフ時刻との間に、データ転送終了時刻DTST及びセンサ露光開始時刻SESTが入っている状態を示す図である。図14に示す状態の場合、赤外線ラインセンサISがCO₂レーザ光301の断面画像を取得する全て

の期間は、バーストオンの期間内となる。このようにステップS P 3 2 4の条件を満たす場合、コントローラC Pは、上記ステップS P 3 3 0において、上記と同様に受信したビーム関連情報が有効であると判断する。従って、ステップS P 3 3 1において、コントローラC Pは入力したビーム関連情報に基づきミラーMを制御する。

[0057] また、ステップS P 3 2 6の条件が満たされない場合、ステップS P 3 2 7において、コントローラC Pが、全てのインデックスのバーストオン時刻及びバーストオフ時刻と、データ転送終了時刻D T S T及びセンサ露光開始時刻S E S Tとを比較したかを判断する。全てのインデックスにおいて上記比較が完了している場合、コントローラC Pは、ステップS P 3 2 9において、入力したビーム関連情報が無効なものと判断し、ミラーMを制御せずに次のビーム関連情報が入力するまで待機する。

[0058] 一方、ステップS P 3 2 7において、すべてのインデックスにおいて上記比較が完了していないと判断される場合、コントローラC Pは、ステップS P 3 2 8において、現在比較に用いているインデックスよりも1つ新しいインデックスの情報を参照する。具体的にはインデックス0における情報を参照している場合には、次にインデックス1における情報を参照する。そして、新しいインデックスにおける情報を用いて、ステップS P 3 2 6を実行する。いずれかのインデックスにおいて、ステップS P 3 2 6の条件を満たす場合には、コントローラC Pは、上記ステップS P 3 3 0において、上記と同様に受信したビーム関連情報が有効であると判断する。そして、ステップS P 3 3 1において、コントローラC Pは入力したビーム関連情報に基づきミラーMを制御する。

[0059] 5. 3 作用・効果

本実施形態では、コントローラC Pは、過去にマスターオシレータM OからC O₂レーザ光3 0 1が出射した出射時間帯を複数有する履歴情報を有している。そして、コントローラC Pは、赤外線ラインセンサI SがC O₂レーザ光3 0 1の断面画像を取得した取得時間帯と履歴情報におけるいずれかの出

射時間帯とが重なる場合にビーム関連情報に基づいてミラーMを制御する。従って、画像処理部IPの処理能力が低い場合であっても、コントローラCPに入力したビーム関連情報が過去のいずれかのバーストオン時に赤外線ラインセンサISが画像取得した情報に基づくものであるか否かを適切に判断し得る。従って、より適切にノイズに基づくビーム関連情報に基づいてミラーが制御されることが抑制され得る。このため、マスターオシレータMOから出射したCO₂レーザ光が不適切な位置からEUV光生成装置のチャンバに入射することがより適切に抑制され得る。

[0060] なお、本実施形態では、バースト信号変更通知を起点として、バーストオン時刻とバーストオフ時刻とを履歴情報に記録した。しかし、コントローラにはバースト信号が入力しているため、コントローラは、バースト信号を管理してバーストオン時刻とバーストオフ時刻とを履歴情報に記録してもよい。

[0061] 6. 実施形態4

次に実施形態4にかかるCO₂レーザ装置を用いたEUV光生成システムを、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の説明では、上述において説明した構成と同様の構成については、同一の符号を付し、特に説明する場合を除き、重複する説明を省略する。

[0062] 6. 1 構成

図15は、図1におけるCO₂レーザ光301の位置や角度を調節する要部を本実施形態に合わせて一般化した図である。図15に示すように、本実施形態のCO₂レーザ装置3は、画像処理部IPがビーム関連情報と共に有効データまたは無効データのインデックス情報を出力する点において、比較例のCO₂レーザ装置3と異なる。

[0063] 6. 2 動作

図16は、本実施形態のCO₂レーザ光301の位置や角度を調節する手順を示すフローチャートである。図15に示すビームスプリッタBSで分離されたCO₂レーザ光301の一部は、図15で不図示のレンズにより集光また

は転写され赤外線ラインセンサ I S に入射する。赤外線ラインセンサ I S は、比較例のステップ S P 0 1 と同様にして、ステップ S P 4 1 において、C O₂ レーザ光 3 0 1 の断面画像を 1 水平ラインずつスキャンして、画素毎に画像信号を出力し続ける。この画像信号が入力する画像処理部 I P は、ステップ S P 4 2 において赤外線ラインセンサ I S が受光した全画素のうち、所定の輝度以上の画素数を計測する。この所定の輝度は、例えば、赤外線ラインセンサ I S が計測可能なダイナミックレンジの 3 0 % とされる。そして、画像処理部 I P は、ステップ S P 4 3 において、計測した画素数が所定の画素数以上であるか否かを判断する。この所定の画素数は、例えば、正常時に赤外線ラインセンサ I S が C O₂ レーザ光 3 0 1 の断面画像をスキャンする場合における上記所定の輝度以上となる画素数の 7 0 % 以上とされる。ステップ S P 4 3 において計測した画素数が所定の画素数以上である場合、画像処理部は、ステップ S P 4 4 において有効データを示す有効情報と、ビーム関連情報とを出力する。一方、ステップ S P 4 3 において計測した画素数が所定の画素数以上とならない場合、画像処理部は、ステップ S P 4 5 において無効データを示す無効情報を出力する。

[0064] コントローラ C P は、画像処理部から無効情報が入力する場合、ステップ S P 4 6 において、バースト信号がオンではないと判断し、ミラー M を制御せずに次のビーム関連情報が入力するまで待機する。一方、コントローラ C P は、有効情報が入力する場合、ステップ S P 4 6 において、バースト信号がオンであると判断し、比較例のステップ S P 0 3 と同様にして、ステップ S P 4 7 において、入力したビーム関連情報に基づきミラー M を制御する。こうして、ビームスプリッタ B S を透過する C O₂ レーザ光 3 0 1 の重心位置が所定の目標位置となるようにフィードバック制御がなされる。

[0065] 6. 3 作用・効果

従って、本実施形態では、画像処理部 I P が、所定の輝度の画素数が所定の画素数以上とならない場合に、ビーム関連情報と共に無効データを示すインデックスを出力し、コントローラ C P は、インデックスデータが無効デー

タである場合にミラーMを制御しない。この様に、所定の輝度の画素数が所定の画素数以上とならない場合、S N比 (signal-noise ratio) が低い傾向にある。S N比が低いと、ミラーMを本来調節すべき位置に調節することができない可能性が高くなる。従って、本実施形態のC O₂レーザ装置3によれば、ミラーMが不適切に制御されることが抑制され得、マスターオシレータMOから出射したC O₂レーザ光が不適切な位置からE U V光生成装置のチャンバに入射することが抑制され得る。

[0066] なお、本実施形態では、画像処理部は、計測した画素数が所定の画素数以上である場合にビーム関連情報と共に有効データを示すインデックスを出力し、計測した画素数が所定の画素数以上とならない場合にビーム関連情報と共に無効データを示すインデックスを出力するとした。しかし、画像処理部は、計測した画素数が所定の画素数以上である場合にビーム関連情報を出力し、計測した画素数が所定の画素数以上とならない場合にビーム関連情報を出力せずに無効データを示すインデックスのみを出力してもよい。この場合、コントローラCPは、ビーム関連情報が入力する場合に、ステップSP47において、入力したビーム関連情報に基づきミラーMを制御し、インデックスデータが無効データを示す場合に、ミラーMを制御せずに次のビーム関連情報が入力するまで待機するものとしてもよい。

[0067] また、本実施形態のC O₂レーザ装置3の制御は、上記の実施形態1から実施形態3のいずれかに記載のC O₂レーザ装置3の制御と組み合わせられることが、マスターオシレータMOから出射したC O₂レーザ光が不適切な位置からE U V光生成装置のチャンバに入射することがより適切に抑制され得る観点から好ましい。

[0068] 以上、本発明について、上記実施形態を例に説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0069] 例えば、上記実施形態では、C O₂レーザ装置を例に説明したが、本発明はC O₂レーザ装置に限定されず、他のレーザ装置にも適用し得る。また、上記実施形態では、E U V光生成システムの一部としてのC O₂レーザ装置を例に

説明したが、本発明はこれに限らず、レーザ装置単体としても使用することができる。

[0070] また、上記実施形態3では、赤外線ラインセンサ1Sが断面画像を取得する期間の全てが、マスターオシレータMOからCO₂レーザ光301が出射する期間と重なっている場合について説明した。しかし、赤外線ラインセンサ1Sが断面画像を取得する期間の一部が、マスターオシレータMOからCO₂レーザ光301が出射する期間と重なっている場合に、コントローラCPは、ビーム関連情報に基づいてミラーMを制御するものとしてもよい。

[0071] また、上記実施形態では、レーザ光としてCO₂レーザ光を用いたため、ラインセンサとして赤外線ラインセンサを用いた。しかし、本発明は、レーザ光の断面画像を一定期間かけて取得する光センサであれば、赤外線ラインセンサ以外のラインセンサであってもよく、ラインセンサ以外の光センサであってもよい。例えば、光センサは、マイクロボロメータグリッド等によって構成された赤外線エリアセンサでもよい。

[0072] 上記の説明は、制限ではなく単なる例示を意図したものである。従って、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本開示の実施形態に変更を加えることができることは、当業者には明らかであろう。

[0073] 本明細書及び添付の特許請求の範囲全体で使用される用語は、「限定的でない」用語と解釈されるべきである。例えば、「含む」又は「含まれる」という用語は、「含まれるものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。「有する」という用語は、「有するものとして記載されたものに限定されない」と解釈されるべきである。また、本明細書、及び添付の特許請求の範囲に記載される不定冠詞「1つの」は、「少なくとも1つ」又は「1又はそれ以上」を意味すると解釈されるべきである。

符号の説明

[0074] 1・・・EUV光生成装置、2・・・チャンバ、3・・・CO₂レーザ装置、6・・・露光装置、61・・・露光制御部、100・・・光生成システム、301・・・CO₂レーザ光、AR・・・プラズマ生成領域、BS・・・ビー

ムスプリッタ、BS 1～BS 4・・・第1ビームスプリッタ～第4ビームスプリッタ、CL・・・集光レンズ、CP・・・コントローラ、IP・・・画像処理部、IP 1～IP 4・・・第1画像処理部～第4画像処理部、IS・・・赤外線ラインセンサ、IS 1～IS 4・・・第1赤外線ラインセンサ～第4赤外線ラインセンサ、M・・・ミラー、M 1～M 6・・・第1ミラー～第6ミラー、MO・・・マスターオシレータ、TL 1～TL 3・・・第1転写レンズ～第3転写レンズ

請求の範囲

- [請求項1] バースト動作によってレーザ光を出射する光源と、
 前記レーザ光の断面画像を一定期間かけて一定周期毎に取得する光センサと、
 前記光センサから出力される前記断面画像にかかる画像信号を入力して前記レーザ光にかかるビーム関連情報を出力する画像処理部と、
 前記レーザ光の進行方向を調節するビーム進行方向調節部と、
 前記光センサが前記断面画像を取得する期間の少なくとも一部と前記光源からレーザ光が出射する期間とが重なる場合に、前記ビーム関連情報に基づいて前記ビーム進行方向調節部を制御するコントローラと、
 を備えるレーザ装置。
- [請求項2] 前記レーザ光はCO₂レーザ光とされ、
 前記光センサは赤外線ラインセンサとされる
請求項1に記載のレーザ装置。
- [請求項3] 前記画像処理部には、前記光源をバースト動作させるバースト信号が入力し、
 前記画像処理部は、前記バースト信号がオフである場合に前記ビーム関連情報が無効である無効情報を前記コントローラに出力する
請求項1に記載のレーザ装置。
- [請求項4] 前記コントローラは、過去に前記光源からレーザ光が出射した出射時間帯を複数有する履歴情報を保持し、前記画像処理部から前記ビーム関連情報が入力する時刻から前記光センサが前記断面画像を取得した取得時間帯を算出し、前記取得時間帯の少なくとも一部と前記履歴情報におけるいずれかの出射時間帯とが重なる場合に前記ビーム関連情報に基づいて前記ビーム進行方向調節部を制御する
請求項1に記載のレーザ装置。
- [請求項5] 前記コントローラは、前記取得時間帯の全てと前記履歴情報におけ

るいずれかの出射時間帯とが重なる場合に前記ビーム関連情報に基づいて前記ビーム進行方向調節部を制御する

請求項 4 に記載のレーザ装置。

[請求項6] 前記画像処理部は、前記光センサが取得する画像における前記断面画像となる領域が所定の大きさ以上である場合に前記ビーム関連情報を出力する

請求項 1 に記載のレーザ装置。

[請求項7] 前記画像処理部は、前記光センサが取得する画像における前記断面画像となる領域が所定の大きさ以上ではない場合、出力する情報が無効である無効情報を出力する

請求項 6 に記載のレーザ装置。

[請求項8] バースト動作によってレーザ光を出射する光源と、

前記レーザ光の断面画像を一定期間かけて一定周期毎に取得する光センサと、

前記光センサから出力される前記断面画像にかかる画像信号を入力して前記レーザ光にかかるビーム関連情報を出力する画像処理部と、

前記レーザ光の進行方向を調節するビーム進行方向調節部と、

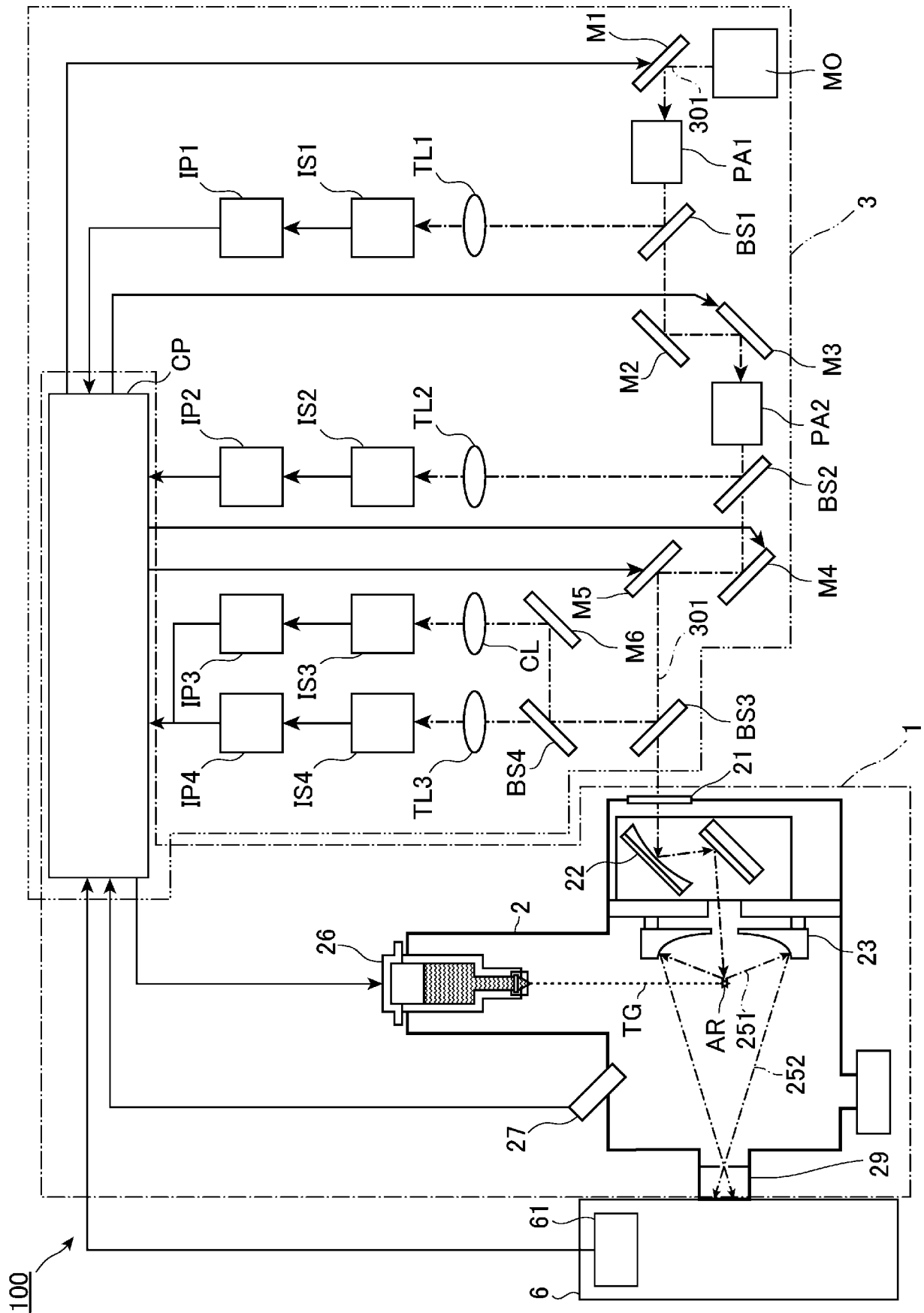
コントローラと、

を備えるレーザ装置の制御方法であって、

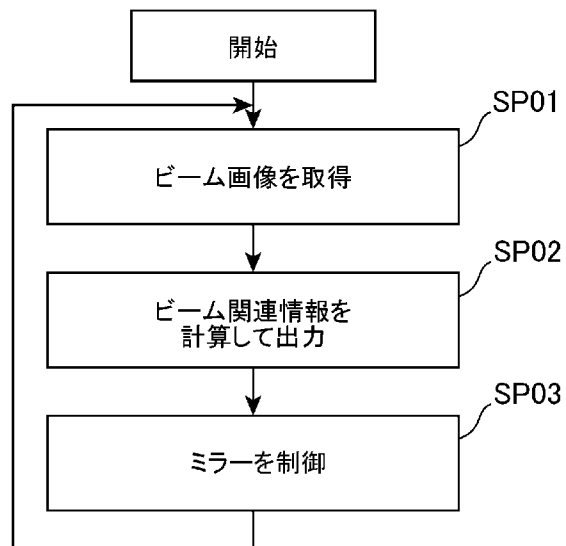
前記コントローラは、前記光センサが前記断面画像を取得する期間の少なくとも一部と前記光源からレーザ光が出射する期間とが重なっている場合に、前記ビーム関連情報に基づいて前記ビーム進行方向調節部を制御する

レーザ装置の制御方法。

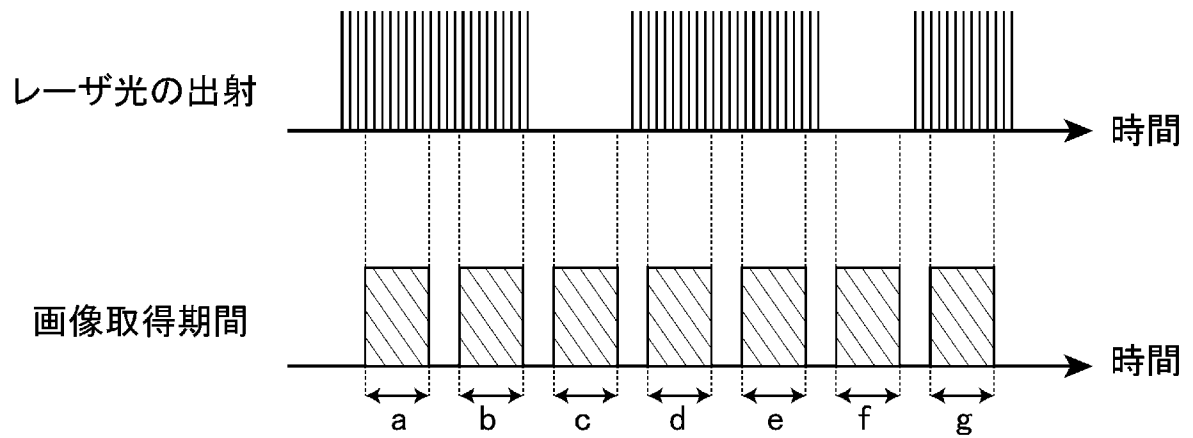
[図1]



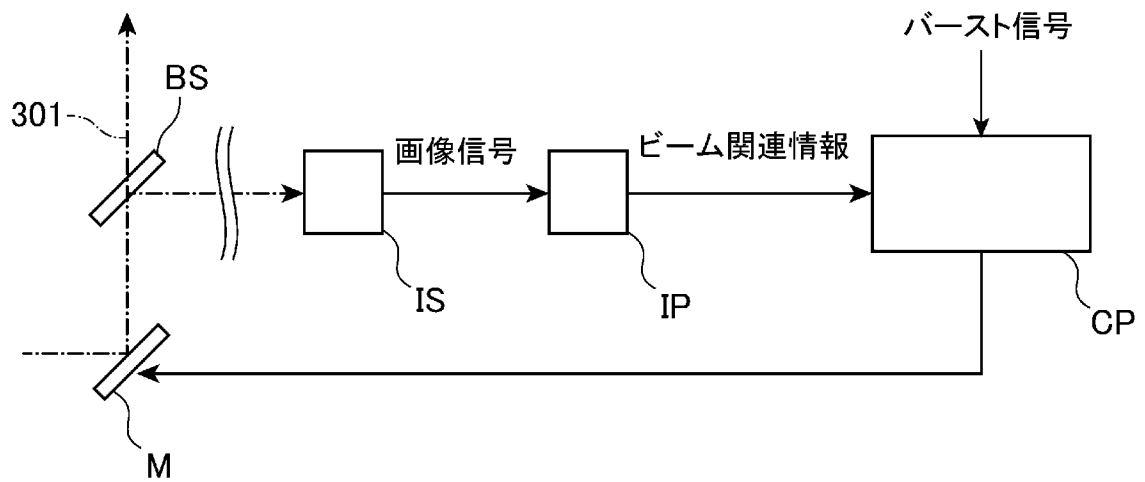
[図2]



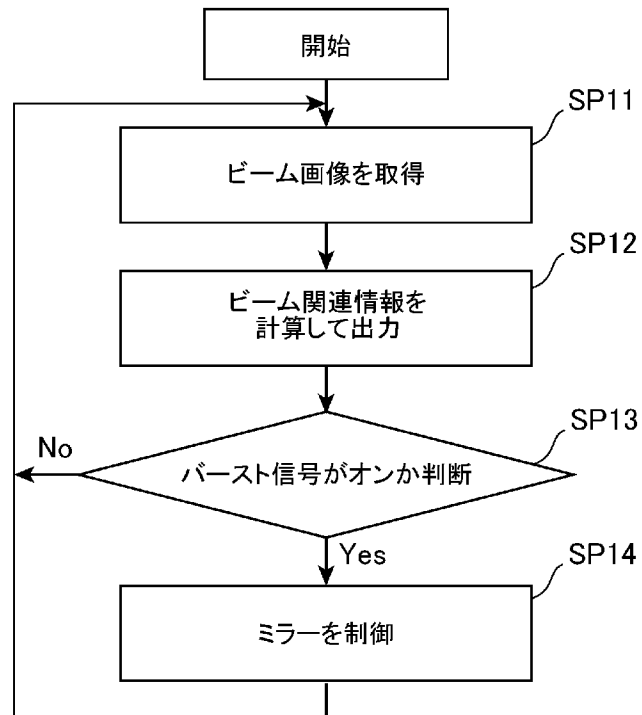
[図3]



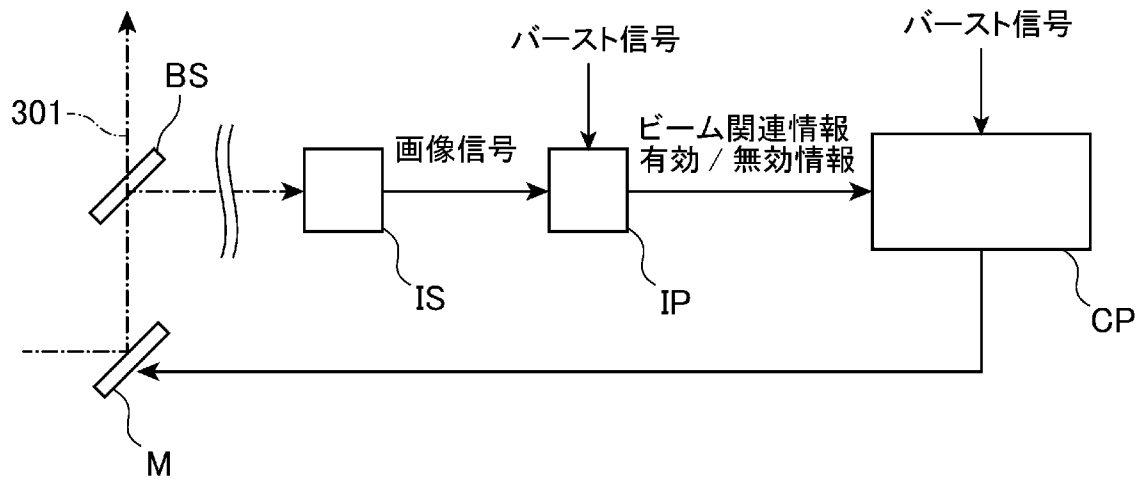
[図4]



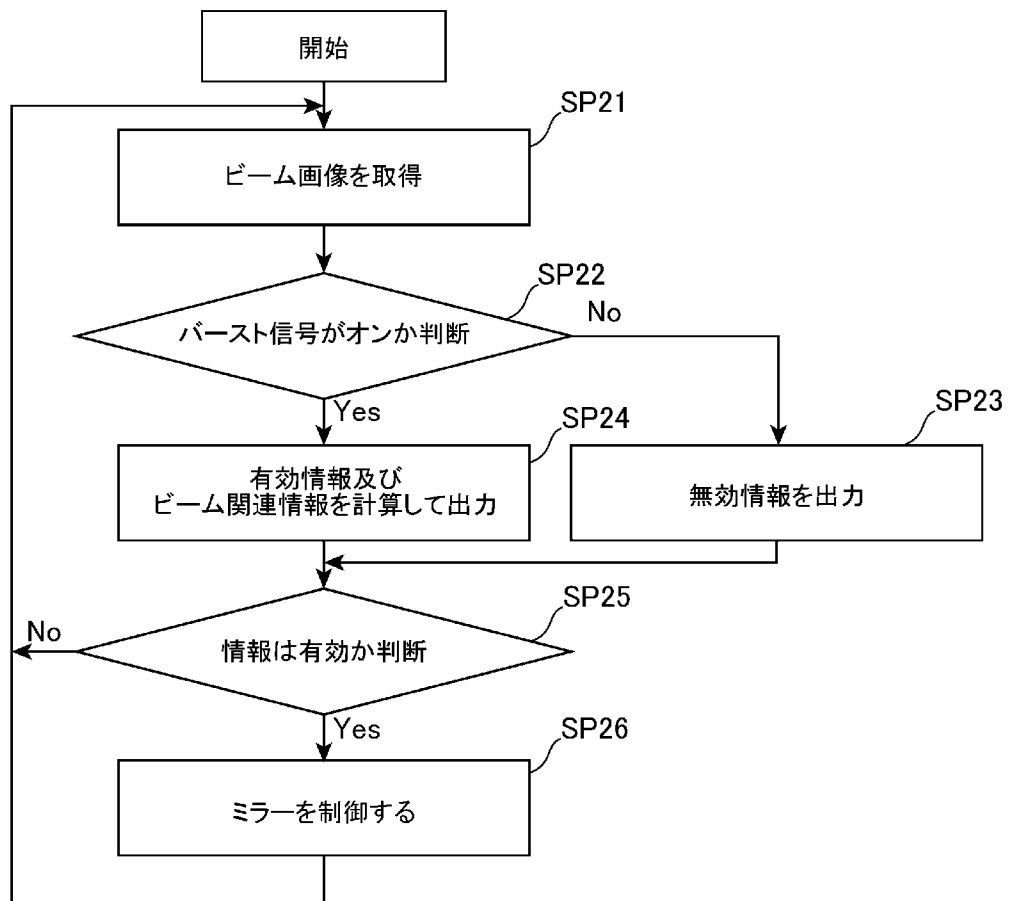
[図5]



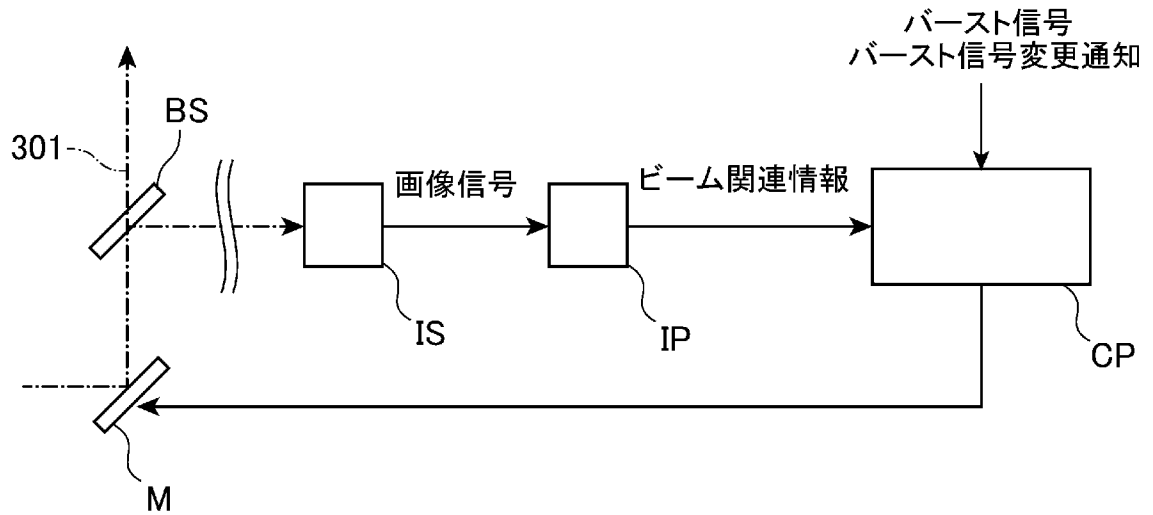
[図6]



[図7]



[図8]



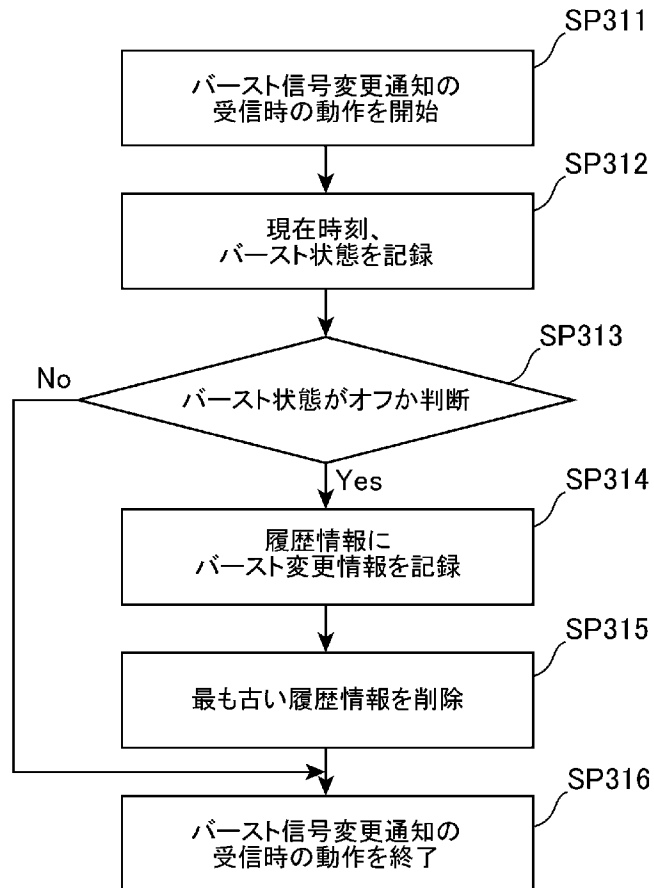
[図9]

バースト変更時刻	バースト状態
01:12:34.530	バーストオン

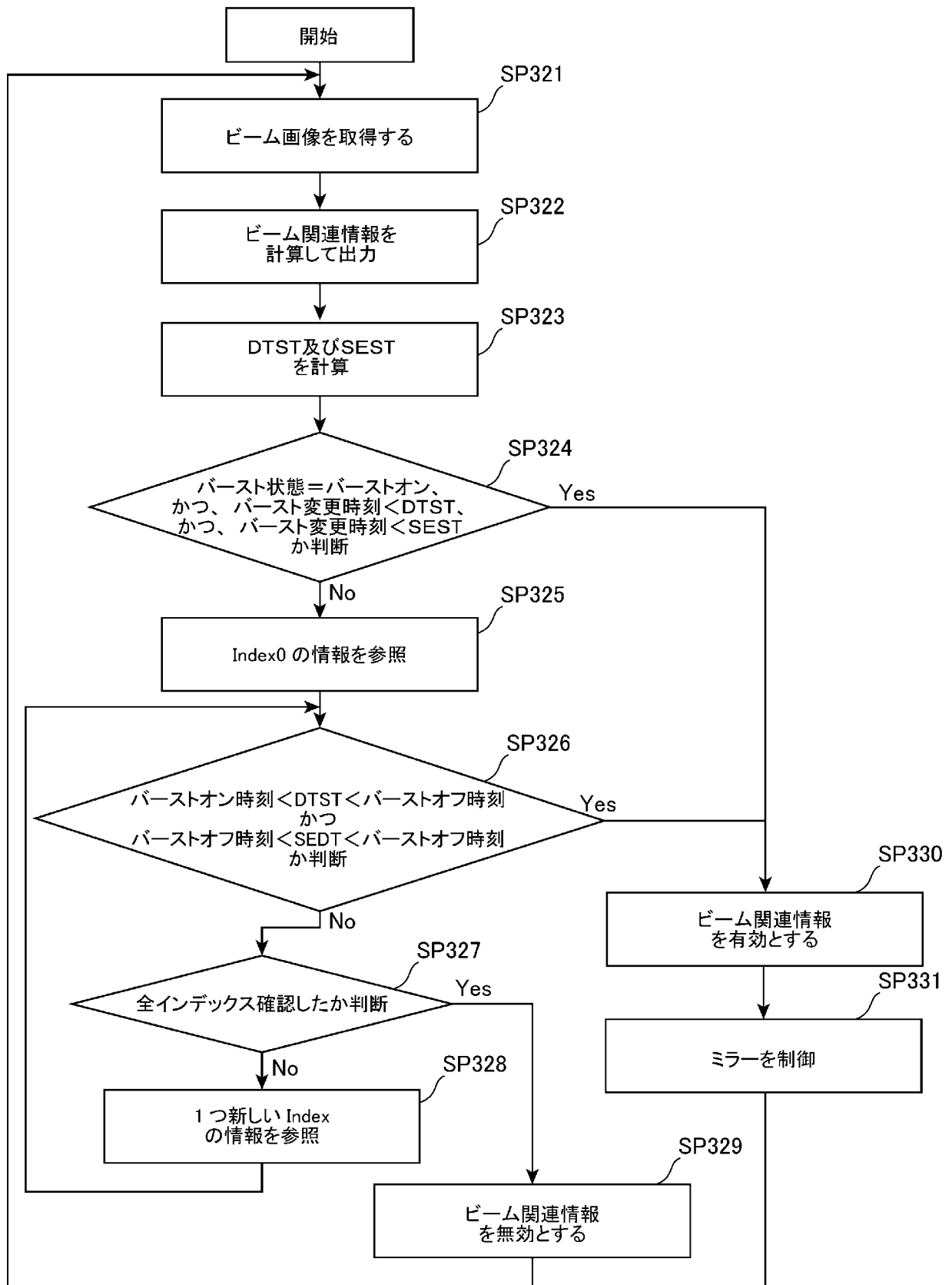
[図10]

index	バーストオン時刻	バーストオフ時刻
0	01:12:34.010	01:12:34.110
1	01:12:34.210	01:12:34.310
2	01:12:34.400	01:12:34.450

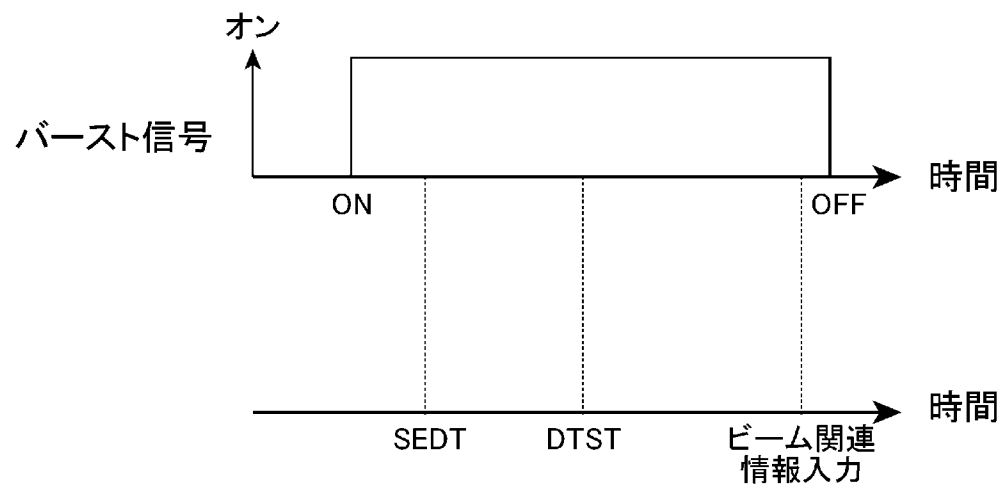
[図11]



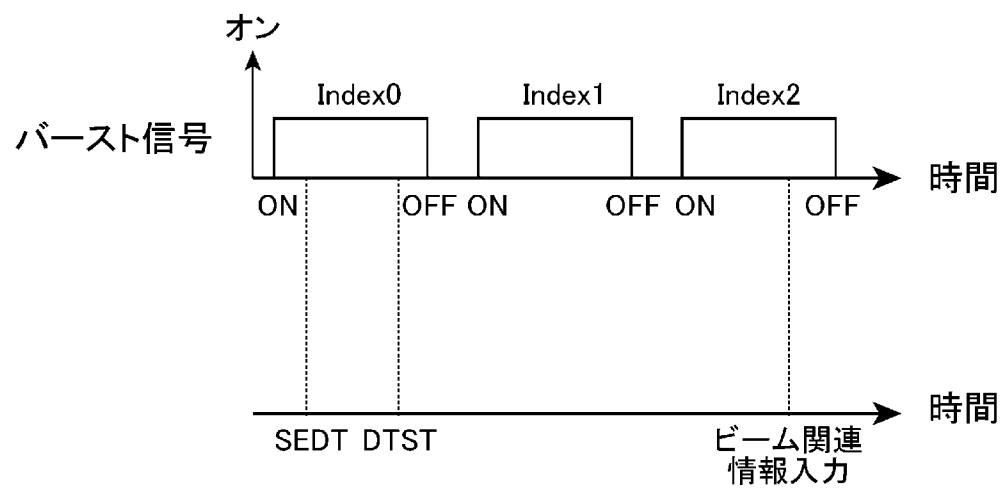
[図12]



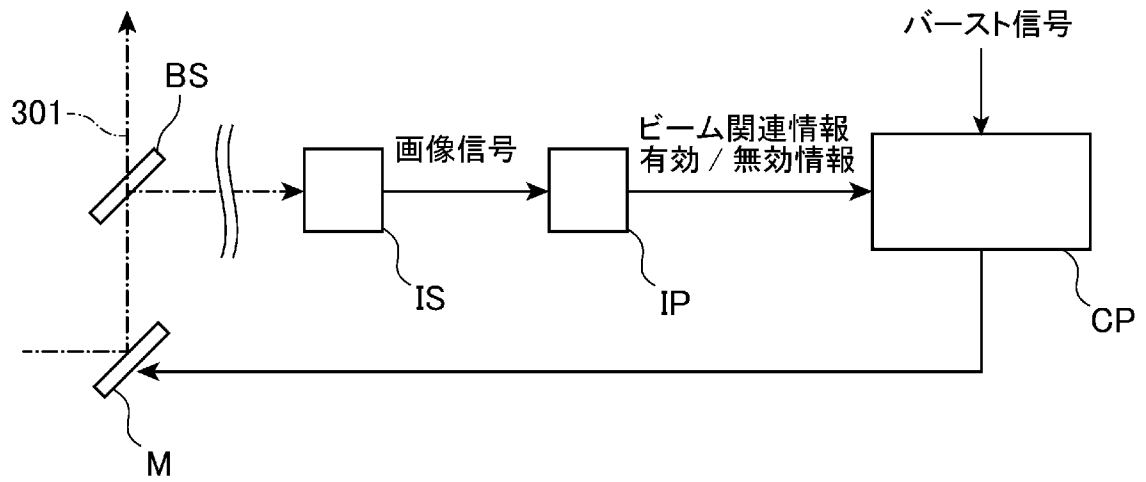
[図13]



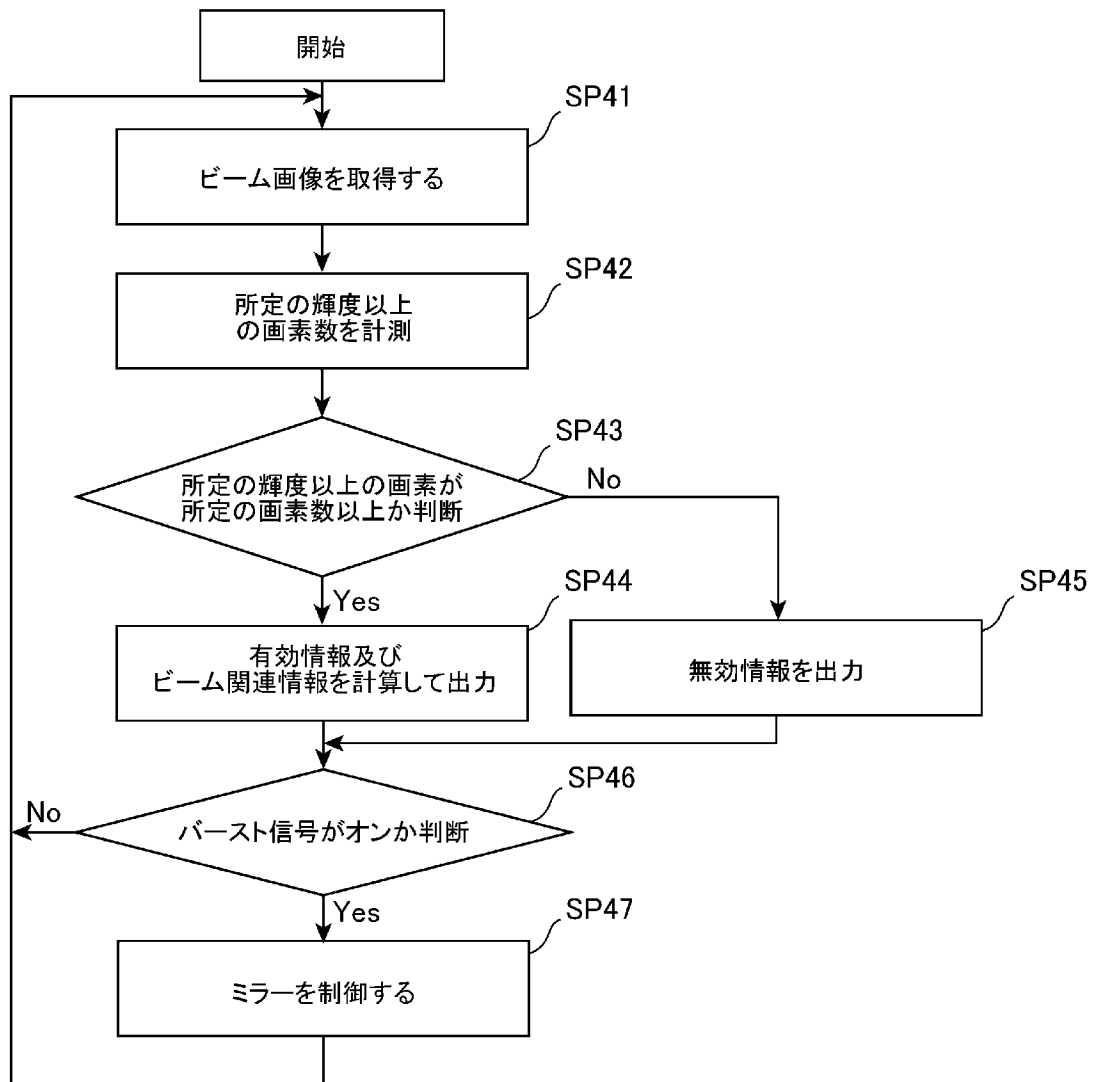
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/058871

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/00(2006.01)i, H01S3/101(2006.01)i

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)

H01S3/00-3/30, H05G1/00-2/00, H01L21/027

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 A	WO 2015/118687 A1 (Gigaphoton Inc.), 13 August 2015 (13.08.2015), paragraphs [0025], [0098] to [0123]; fig. 10 to 13 (Family: none)	1-3, 6-8 4-5
Y A	WO 2014/030645 A1 (Gigaphoton Inc.), 27 February 2014 (27.02.2014), paragraphs [0252] to [0324]; fig. 29 to 38 & US 2015/0168848 A1 paragraphs [0348] to [0420]; fig. 29 to 38	1-3, 6-8 4-5
Y A	WO 2015/111219 A1 (Gigaphoton Inc.), 30 July 2015 (30.07.2015), paragraphs [0097] to [0098], [0123] to [0132]; fig. 20 to 23 & WO 2015/111510 A1	1-3, 6-8 4-5

☒ 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
07 June 2016 (07.06.16)

Date of mailing of the international search report
21 June 2016 (21.06.16)

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/JP2016/058871

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-201388 A (Gigaphoton Inc.), 03 October 2013 (03.10.2013), paragraph [0037]; fig. 5A & US 2014/0348188 A1 paragraph [0074]; fig. 5A & WO 2013/144690 A1	2
A	JP 2008-98282 A (Komatsu Ltd.), 24 April 2008 (24.04.2008), paragraphs [0032], [0036] (Family: none)	1-8
A	JP 2013-513929 A (Saima Inc.), 22 April 2013 (22.04.2013), entire text; all drawings & US 2011/0141865 A1 & WO 2011/075345 A1 & EP 2514279 A1 & TW 201143537 A & KR 10-2012-0104319 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01S3/00(2006.01)i, H01S3/101(2006.01)i

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））

Int.Cl. H01S3/00-3/30, H05G1/00-2/00, 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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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	WO 2015/118687 A1（ギガフォトン株式会社） 2015.08.13, 段落[0025], [0098]-[0123], 図10-図13 (ファミリーなし)	1-3, 6-8 4-5
Y A	WO 2014/030645 A1（ギガフォトン株式会社） 2014.02.27, 段落[0252]-[0324], 図29-図38 & US 2015/0168848 A1, 段落[0348]-[0420], 第29図-第38図	1-3, 6-8 4-5

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、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

07.06.2016

国際調査報告の発送日

21.06.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

廣崎 拓登

2 K

5263

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 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	WO 2015/111219 A1 (ギガフォトン株式会社) 2015.07.30, 段落[0097]-[0098], [0123]-[0132], 図 20-図 23 & WO 2015/111510 A1	1-3, 6-8 4-5
Y	JP 2013-201388 A (ギガフォトン株式会社) 2013.10.03, 段落【0037】, 図 5A & US 2014/0348188 A1, 段落[0074], 第 5A 図 & WO 2013/144690 A1	2
A	JP 2008-98282 A (株式会社小松製作所) 2008.04.24, 段落【0032】, 【0036】 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2013-513929 A (サイマー インコーポレイテッド) 2013.04.22, 全文, 全図 & US 2011/0141865 A1 & WO 2011/075345 A1 & EP 2514279 A1 & TW 201143537 A & KR 10-2012-0104319 A	1-8