

(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
2014年6月26日(26.06.2014)



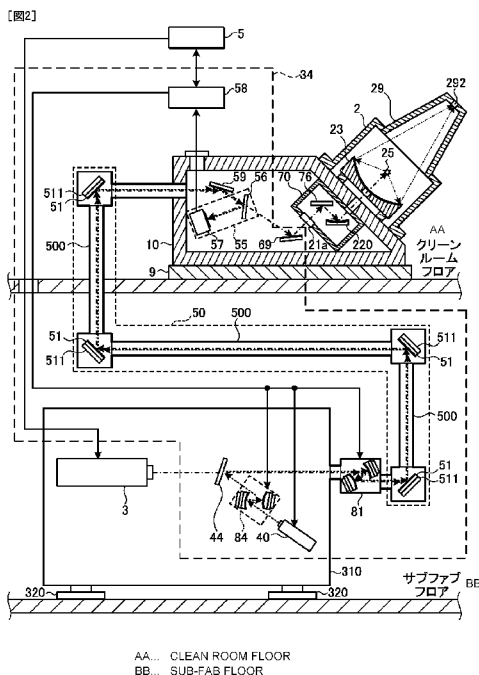
(10) 国際公開番号

WO 2014/097811 A1

- (51) 国際特許分類:
H05G 2/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/081346
- (22) 国際出願日: 2013年11月21日(21.11.2013)
- (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 2012-279637 2012年12月21日(21.12.2012) JP
- (71) 出願人: ギガフォトン株式会社(GIGAPHOTON INC.) [JP/JP]; 〒3238558 栃木県小山市横倉新田400 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 徹(SUZUKI Toru); 〒3238558 栃木県小山市横倉新田400 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP). 若林 理(WAKABAYASHI Osamu); 〒3238558 栃木県小山市横倉新田400 ギガフォトン株式会社内 Tochigi (JP).
- (74) 代理人: 宇都宮 正明, 外(UTSUNOMIYA Mas-aaki et al.); 〒1690075 東京都新宿区高田馬場1丁目3番14号 UKビル8階 進歩国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, LT, 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, 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:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: APPARATUS FOR CONTROLLING LASER BEAM, AND APPARATUS FOR GENERATING EXTREME UV LIGHT

(54) 発明の名称: レーザビーム制御装置及び極端紫外光生成装置



(57) Abstract: This apparatus for controlling a laser beam may be provided with: a guide laser device; a guide laser beam wavefront adjuster disposed in the light path of the guide laser beam outputted from the guide laser device; a beam combiner configured so as to establish a mutual essential correspondence between the direction of travel of a laser beam outputted from a laser system and the direction of travel of the guide laser beam outputted from the guide laser beam wavefront adjuster; a twin-beam wavefront adjuster disposed in the light path of both the laser beam and the guide laser beam outputted from the beam combiner; a beam monitor disposed on the light path of both the laser beam and the guide laser beam outputted from the twin-beam wavefront adjuster; and a controller configured to control the guide laser beam wavefront adjuster and the twin-beam wavefront adjuster on the basis of the result of detection by the beam monitor both for the laser beam and for the guide laser beam.

(57) 要約: このレーザビーム制御装置は、ガイドレーザ装置と、ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの光路に配置されたガイドレーザビーム波面調節器と、レーザシステムから出力されたレーザビーム及びガイドレーザビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、ビーム結合器から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームの両方の光路に配置された両ビーム波面調節器と、両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、レーザビーム及びガイドレーザビームの両方についてのビームモニタによる検出結果に基づいてガイドレーザビーム波面調節器及び両ビーム波面調節器を制御するように構成さ

れたコントローラと、を備えてもよい。

WO 2014/097811 A1

明 細 書

発明の名称： レーザビーム制御装置及び極端紫外光生成装置

技術分野

[0001] 本開示は、レーザビーム制御装置及び極端紫外光生成装置に関する。

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、70 nm～45 nmの微細加工、さらには32 nm以下の微細加工が要求されるようになる。このため、例えば32 nm以下の微細加工の要求に応えるべく、波長13 nm程度の極端紫外（EUV：Extreme Ultra Violet）光を生成するための極端紫外光生成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] 極端紫外光生成装置としては、ターゲット物質にレーザビーム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：レーザ励起プラズマ）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、シンクロトロン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。

概要

[0004] 本開示の1つの観点に係るレーザビーム制御装置は、ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの光路に配置されたガイドレーザビーム波面調節器と、レーザシステムから出力されたレーザビームの進行方向及びガイドレーザビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、ビーム結合器から出力されたレーザビーム及びビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路

に配置された両ビーム波面調節器と、両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方についてのビームモニタによる検出結果に基づいてガイドレーザビーム波面調節器及び両ビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラと、を備えてもよい。

[0005] 本開示の他の1つの観点に係るレーザビーム制御装置は、ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、レーザシステムから出力されたレーザビームの光路に配置されたレーザビーム波面調節器と、レーザビーム波面調節器から出力されたレーザビームの進行方向及びガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、ビーム結合器から出力されたレーザビーム及びビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置された両ビーム波面調節器と、両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方についてのビームモニタによる検出結果に基づいてレーザビーム波面調節器及び両ビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラと、を備えてもよい。

[0006] 本開示の他の1つの観点に係るレーザビーム制御装置は、ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの光路に配置されたガイドレーザビーム波面調節器と、レーザシステムから出力されたレーザビームの光路に配置されたレーザビーム波面調節器と、レーザビーム波面調節器から出力されたレーザビームの進行方向及びガイドレーザビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、ビ

ーム結合器から出力されたレーザビーム及びビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、ビーム結合器から出力されたレーザビーム及びビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方についてのビームモニタによる検出結果に基づいてガイドレーザビーム波面調節器及びレーザビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラと、を備えてもよい。

[0007] 本開示の1つの観点に係る極端紫外光生成装置は、ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの光路に配置されたガイドレーザビーム波面調節器と、レーザシステムから出力されたレーザビームの進行方向及びガイドレーザビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、ビーム結合器から出力されたレーザビーム及びビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置された両ビーム波面調節器と、両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方についてのビームモニタによる検出結果に基づいてガイドレーザビーム波面調節器及び両ビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラとを備えるレーザビーム制御装置と、

レーザビーム制御装置から出力されるレーザビームを内部に通過させる入射口が設けられたチャンバと、チャンバ内にターゲットを出力するターゲット生成部と、レーザビームをチャンバ内で集光させるレーザ集光光学系と、を備えてもよい。

[0008] 本開示の他の1つの観点に係る極端紫外光生成装置は、ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、レーザシステムから出力されたレーザビームの光路に配置されたレーザビーム波面調節器と、レーザビーム波面調節器から出力されたレーザビームの進行方向及びガイドレーザ装置から出力さ

れたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、ビーム結合器から出力されたレーザビーム及びビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置された両ビーム波面調節器と、両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方についてのビームモニタによる検出結果に基づいてレーザビーム波面調節器及び両ビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラとを備えるレーザビーム制御装置と、

レーザビーム制御装置から出力されるレーザビームを内部に通過させる入射口が設けられたチャンバと、チャンバ内にターゲットを出力するターゲット生成部と、レーザビームをチャンバ内で集光させるレーザ集光光学系と、を備えてもよい。

[0009] 本開示の他の1つの観点に係る極端紫外光生成装置は、ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの光路に配置されたガイドレーザビーム波面調節器と、レーザシステムから出力されたレーザビームの光路に配置されたレーザビーム波面調節器と、レーザビーム波面調節器から出力されたレーザビームの進行方向及びガイドレーザビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、ビーム結合器から出力されたレーザビーム及びビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、ビーム結合器から出力されたレーザビーム及びビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方についてのビームモニタによる検出結果に基づいてガイドレーザビーム波面調節器及びレーザビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラとを備えるレーザビーム制御装置と、

レーザビーム制御装置から出力されるレーザビームを内部に通過させる入

射口が設けられたチャンバと、チャンバ内にターゲットを出力するターゲット生成部と、レーザビームをチャンバ内で集光させるレーザ集光光学系と、を備えてもよい。

図面の簡単な説明

[0010] 本開示のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の図面を参照して以下に説明する。

[図1]図1は、例示的なL P P式のE U V光生成システムの構成を概略的に示す。

[図2]図2は、本開示の第1の実施形態に係るE U V光生成システムの例示的な構成を示す一部断面図である。

[図3A]図3 Aは、波面調節器の機能を説明するための図である。

[図3B]図3 Bは、波面調節器の機能を説明するための図である。

[図4A]図4 Aは、ガイドレーザビーム波面調節器及び両ビーム波面調節器による波面調節の原理を説明するための図である。

[図4B]図4 Bは、ガイドレーザビーム波面調節器及び両ビーム波面調節器による波面調節の原理を説明するための図である。

[図4C]図4 Cは、ガイドレーザビーム波面調節器及び両ビーム波面調節器による波面調節の原理を説明するための図である。

[図5]図5は、第1の実施形態におけるコントローラの例示的な動作を示すフローチャートである。

[図6A]図6 Aは、図5に示された初期設定の処理を示すフローチャートである。

[図6B]図6 Bは、図5に示されたレーザビームの波面に関するパラメータの算出処理を示すフローチャートである。

[図6C]図6 Cは、図5に示されたガイドレーザビームの波面に関するパラメータの算出処理を示すフローチャートである。

[図6D]図6 Dは、図5に示されたガイドレーザビーム波面調節器を制御する処理を示すフローチャートである。

[図6E]図 6 E は、図 5 に示された両ビーム波面調節器を制御する処理を示すフローチャートである。

[図7A]図 7 A は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおけるビームモニタの第 1 の例を概略的に示す。

[図7B]図 7 B は、ビームモニタの第 1 の例を適用する場合の波面の検出原理を説明するための図である。

[図8]図 8 は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおけるビームモニタの第 2 の例を概略的に示す。

[図9]図 9 は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおけるビームモニタの第 3 の例を概略的に示す。

[図10]図 1 0 は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおけるビームモニタの第 4 の例を概略的に示す。

[図11A]図 1 1 A は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおける波面調節器の第 1 の例を概略的に示す。

[図11B]図 1 1 B は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおける波面調節器の第 1 の例を概略的に示す。

[図11C]図 1 1 C は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおける波面調節器の第 1 の例を概略的に示す。

[図12A]図 1 2 A は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおける波面調節器の第 2 の例を概略的に示す。

[図12B]図 1 2 B は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおける波面調節器の第 2 の例を概略的に示す。

[図12C]図 1 2 C は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおける波面調節器の第 2 の例を概略的に示す。

[図12D]図 1 2 D は、波面調節器の第 2 の例における V R M の構成を示す一部断面図である。

[図13A]図 1 3 A は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおける波面調節器の第 3 の例を概略的に示す。

[図13B]図13Bは、波面調節器の第3の例におけるデフォーダブルミラーの構成を示す平面図である。

[図13C]図13Cは、図13Bに示されるデフォーダブルミラーの一部断面図である。

[図14]図14は、第1の実施形態に係るEUV光生成システムにおける波面調節器の第4の例を概略的に示す。

[図15]図15は、本開示の第2の実施形態に係るEUV光生成システムの例示的な構成を示す一部断面図である。

[図16]図16は、本開示の第3の実施形態に係るEUV光生成システムの例示的な構成を示す一部断面図である。

[図17]図17は、本開示の第4の実施形態に係るEUV光生成システムの例示的な構成を示す一部断面図である。

[図18A]図18Aは、ガイドレーザビーム波面調節器、両ビーム波面調節器及び第2の両ビーム波面調節器による波面及びビーム幅の調節原理を説明するための図である。

[図18B]図18Bは、ガイドレーザビーム波面調節器、両ビーム波面調節器及び第2の両ビーム波面調節器による波面及びビーム幅の調節原理を説明するための図である。

[図19]図19は、第4の実施形態におけるコントローラの例示的な動作を示すフローチャートである。

[図20A]図20Aは、図19に示された初期設定の処理を示すフローチャートである。

[図20B]図20Bは、図19に示されたガイドレーザビームのビーム幅の算出処理を示すフローチャートである。

[図20C]図20Cは、図19に示された両ビーム波面調節器を制御する処理を示すフローチャートである。

[図20D]図20Dは、図19に示された第2の両ビーム波面調節器を制御する処理を示すフローチャートである。

[図21]図 2 1 は、本開示の第 5 の実施形態の E U V 光生成システムに含まれるレーザシステムの例示的な構成を概略的に示す。

[図22]図 2 2 は、コントローラの概略構成を示すブロック図である。

実施形態

[0011] 以下、本開示のいくつか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。

[0012] <内容>

1. 概要

2. 極端紫外光生成システムの全体説明

2. 1 構成

2. 2 動作

3. 波面調節器を含む E U V 光生成システム (第 1 の実施形態)

3. 1 構成

3. 2 原理

3. 3 動作

3. 3. 1 メインフロー

3. 3. 2 初期設定 (S 2 1 0 0 の詳細)

3. 3. 3 W_d の算出 (S 2 2 0 0 の詳細)

3. 3. 4 W_g の算出 (S 2 3 0 0 の詳細)

3. 3. 5 ガイドレーザビーム波面調節器の制御 (S 2 6 0 0 の詳細)

3. 3. 6 両ビーム波面調節器の制御 (S 3 4 0 0 の詳細)

3. 4 ビームモニタの例

3. 4. 1 2 つの異なる位置におけるビーム幅の検出

- 3. 4. 2 ビーム幅とスポット幅の検出
- 3. 4. 3 シャックハルトマン波面センサ
- 3. 4. 4 シャックハルトマン波面センサとビームプロファイラとの組合せ
- 3. 5 波面調節器の例
 - 3. 5. 1 凹レンズと凸レンズとの組合せ
 - 3. 5. 2 VRMの利用
 - 3. 5. 3 デフォーマブルミラーの利用
 - 3. 5. 4 軸外放物面凸面ミラーと軸外放物面凹面ミラーとの組合せ
- 4. レーザビームの波面をガイドレーザビームの波面に一致させるEUV光生成システム（第2の実施形態）
- 5. レーザビームの波面とガイドレーザビームの波面とを調節するEUV光生成システム（第3の実施形態）
- 6. 波面とビーム幅とを調節するEUV光生成システム（第4の実施形態）
 - 6. 1 構成
 - 6. 2 動作
 - 6. 2. 1 メインフロー
 - 6. 2. 2 初期設定（S2150の詳細）
 - 6. 2. 3 Dgの算出（S2700の詳細）
 - 6. 2. 4 両ビーム波面調節器の制御（S3000の詳細）
 - 6. 2. 5 第2の両ビーム波面調節器の制御（S3450の詳細）
- 7. レーザシステム（第5の実施形態）
- 8. コントローラの構成

[0013] 1. 概要

ＬＰＰ式のＥＵＶ光生成装置では、チャンバ内に出力されたターゲット物質に、レーザシステムから出力されるレーザビームを集光して照射することにより、ターゲット物質をプラズマ化してもよい。プラズマからは、ＥＵＶ光を含む光が放射されてもよい。放射されたＥＵＶ光は、チャンバ内に配置

されたEUV集光ミラーによって集光され、露光装置等の外部装置に出力されてもよい。

[0014] レーザシステムからチャンバに至るレーザビームの光路に配置された光学素子は、レーザビームのエネルギーを吸収することによって、加熱される場合がある。その結果、光学素子の変形し、レーザビームの波面が変形する場合がある。レーザビームの波面が変形すると、レーザビームの集光位置も変動し、露光装置へのEUV光の出力が不安定となる場合がある。

[0015] そこで、レーザビームの光路に波面調節器を配置し、波面調節器を制御することにより、レーザビームの波面を調節することが考えられる。さらに、この波面調節器にガイドレーザビームを入射させ、波面調節器から出力されたガイドレーザビームの波面を光学素子の下流側で検出し、この検出結果に基づいて波面調節器を制御することが考えられる。これにより、レーザビームの出力休止中においても波面調節器を制御し得る。

[0016] しかしながら、レーザビームとガイドレーザビームとを分光するために、あるいは、増幅器においてレーザビームとガイドレーザビームとに異なるゲインを与えるために、レーザビームとガイドレーザビームとは異なる波長成分を含む場合がある。その場合には、仮に光学素子の下流側でレーザビームとガイドレーザビームとの波面を一致させたとしても、光の回折の影響により、光学素子の下流側ではレーザビームとガイドレーザビームとの波面が一致しなくなる場合があり得る。従って、レーザビームの出力休止中においてガイドレーザビームの波面に基づいて波面調節器を制御しても、レーザビームを出力開始したときのレーザビームの波面が所望の値とならない場合があり得る。

[0017] 本開示の1つの観点によれば、ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの光路にガイドレーザビーム波面調節器を配置してもよい。また、レーザシステムから出力されたレーザビームとガイドレーザビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームとをビーム結合器によって結合させてもよい。また、ビーム結合器から出力されたレーザビームとビーム結合器

から出力されたガイドレーザビームとの光路に両ビーム波面調節器を配置してもよい。そして、両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームを光学素子に入射させ、光学素子から出力されたこれらのビームの波面を検出してもよい。

[0018] この構成において、レーザビームとガイドレーザビームとの波面が光学素子の下流側で一致するようにガイドレーザビーム波面調節器が制御されてもよい。その後、レーザビームの出力休止中であってもガイドレーザビームの波面に基づいて両ビーム波面調節器が制御され得る。これにより、レーザビームの波面が所望の値となるような調節が可能となる。

[0019] 2. 極端紫外光生成システムの全体説明

2. 1 構成

図1に、例示的なLPP式のEUV光生成システムの構成を概略的に示す。EUV光生成装置1は、少なくとも1つのレーザシステム3と共に用いられてもよい。本願においては、EUV光生成装置1及びレーザシステム3を含むシステムを、EUV光生成システム11と称する。図1に示し、かつ、以下に詳細に説明するように、EUV光生成装置1は、チャンバ2、ターゲット生成部26を含んでもよい。チャンバ2は、密閉可能であってもよい。ターゲット生成部26は、例えば、チャンバ2の壁を貫通するように取り付けられてもよい。ターゲット生成部26から出力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、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。

[0020] 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てもよい。その貫通孔には、ウインドウ21が設けられてもよく、ウインドウ21をレーザシステム3から出力されるパルスレーザ光32が透過してもよい。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EUV集光ミラー23が配置されてもよい。EUV集光ミラー23は、第1及び第2の焦点を有し得る。EUV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ていてもよい。EUV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25に位置し、その第2の焦点が中間集光点(1F)292に位置するように配置されるのが好ましい。必要な場合には、EUV集光ミラー23の中央部には貫通孔24が設けられていてもよく、貫通孔24をパルスレーザ光33が通過してもよい。

[0021] EUV光生成装置1は、EUV光生成制御部5、ターゲットセンサ4等を含んでもよい。ターゲットセンサ4は、撮像機能を有してもよく、ターゲット27の存在、軌跡、位置、速度等を検出するよう構成されてもよい。

[0022] また、EUV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を含んでもよい。接続部29内部には、アパーチャが形成された壁291が設けられてもよい。壁291は、そのアパーチャがEUV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てもよい。

[0023] さらに、EUV光生成装置1は、レーザ光進行方向制御部34、レーザ光集光ミラー22、ターゲット27を回収するためのターゲット回収部28等を含んでもよい。レーザ光進行方向制御部34は、レーザ光の進行方向を規定するための光学素子と、この光学素子の位置、姿勢等を調整するためのアクチュエータとを備えてもよい。

[0024] 2. 2 動作

図1を参照に、レーザシステム3から出力されたパルスレーザ光31は、レーザ光進行方向制御部34を経て、パルスレーザ光32としてウインドウ21を透過してチャンバ2内に入射してもよい。パルスレーザ光32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で反射されて、パルスレーザ光33として少なくとも1つのターゲット27に照射されてもよい。

[0025] ターゲット生成部26は、ターゲット27をチャンバ2内部のプラズマ生成領域25に向けて出力するよう構成されてもよい。ターゲット27には、パルスレーザ光33に含まれる少なくとも1つのパルスが照射されてもよい。

。パルスレーザ光が照射されたターゲット 27 はプラズマ化し、そのプラズマから放射光 251 が放射され得る。EUV 集光ミラー 23 は、放射光 251 に含まれる EUV 光を、他の波長域の光に比べて高い反射率で反射してもよい。EUV 集光ミラー 23 によって反射された EUV 光を含む反射光 252 は、中間集光点 292 で集光され、露光装置 6 に出力されてもよい。なお、1 つのターゲット 27 に、パルスレーザ光 33 に含まれる複数のパルスが照射されてもよい。

[0026] EUV 光生成制御部 5 は、EUV 光生成システム 11 全体の制御を統括するよう構成されてもよい。EUV 光生成制御部 5 は、ターゲットセンサ 4 によって撮像されたターゲット 27 のイメージデータ等処理するよう構成されてもよい。また、EUV 光生成制御部 5 は、例えば、ターゲット 27 が出力されるタイミング、ターゲット 27 の出力方向等を制御するよう構成されてもよい。さらに、EUV 光生成制御部 5 は、例えば、レーザシステム 3 の発振タイミング、パルスレーザ光 32 の進行方向、パルスレーザ光 33 の集光位置等を制御するよう構成されてもよい。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。

[0027] 3. 波面調節器を含む EUV 光生成システム（第 1 の実施形態）

3. 1 構成

図 2 は、本開示の第 1 の実施形態に係る EUV 光生成システムの例示的な構成を示す一部断面図である。第 1 の実施形態においては、チャンバ 2 がクリーンルームフロアに配置され、レーザシステム 3 がサブファブフロアに配置されてもよい。サブファブフロアはクリーンルームフロアの階下に位置してもよい。レーザシステム 3 からチャンバ 2 内に出力されるレーザビームの進行方向を制御するためのレーザ光進行方向制御部 34 は、クリーンルームフロアとサブファブフロアとにまたがって配置されてもよい。レーザ光進行方向制御部 34 は、本開示に係るレーザビーム制御装置に相当し得る。レーザシステム 3 は、図示しない固定装置により筐体 310 内部に固定されていてもよい。筐体 310 は複数のエアサスペンション 320 によってサブファ

ブフロアの床上に設置されていてもよい。

[0028] サブファブフロアに位置する筐体 310 内部において、レーザ光進行方向制御部 34 は、ガイドレーザ装置 40 と、ガイドレーザビーム波面調節器 84 と、ビーム結合器 44 とを含んでもよい。ガイドレーザ装置 40 は、そのガイドレーザ装置 40 から出力されるガイドレーザビームがガイドレーザビーム波面調節器 84 に入射するように配置されてもよい。

[0029] ガイドレーザ装置 40 は、連続発振（CW 発振）するレーザ装置でも、所定の繰り返し周波数でパルス発振するレーザ装置でもよい。ガイドレーザビームの平均出力光エネルギーは、レーザシステム 3 から出力されるレーザビームの平均出力光エネルギーよりも低くてもよい。さらに、ガイドレーザビームは、レーザシステム 3 から出力されるレーザビームとは異なる波長成分を含んでもよい。

[0030] ガイドレーザビーム波面調節器 84 は、ガイドレーザ装置 40 から出力されたガイドレーザビームの光路に配置されていてもよい。ガイドレーザビーム波面調節器 84 は、複数のミラー又は複数のレンズを含んでもよい。あるいは、少なくとも 1 つのミラーと少なくとも 1 つのレンズとの組合せを含んでもよい。ガイドレーザビーム波面調節器 84 の具体的構成の例については後述する。なお、本願において、ガイドレーザビーム波面調節器 84 が少なくとも 1 つのミラーを含む場合に、ガイドレーザビーム波面調節器 84 から出力されたガイドレーザビームとは、ガイドレーザビーム波面調節器 84 によって反射されたガイドレーザビームを意味してもよい。ガイドレーザビーム波面調節器 84 が複数のレンズを含む場合に、ガイドレーザビーム波面調節器 84 から出力されたガイドレーザビームとは、ガイドレーザビーム波面調節器 84 を透過したガイドレーザビームを意味してもよい。

[0031] ビーム結合器 44 は、ダイクロイックミラーを含んでもよい。ビーム結合器 44 の第 1 の面（図中左側の面）には、レーザシステム 3 から出力されたレーザビームが入射してもよい。ビーム結合器 44 の第 2 の面（図中右側の面）には、ガイドレーザビーム波面調節器 84 から出力されたガイドレーザ

ビームが入射してもよい。ビーム結合器 44 は、第 1 の面に入射したレーザビームを高い透過率で透過させ、第 2 の面に入射したガイドレーザビームを高い反射率で反射してもよい。ビーム結合器 44 は、レーザビームの進行方向とガイドレーザビームの進行方向とを実質的に一致させるように、上記各ビームの光路に対して所定の設置角度で設置されてもよい。なお、本願において、ビーム結合器 44 から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームとは、ビーム結合器 44 を透過したレーザビーム及びビーム結合器によって反射されたガイドレーザビームを意味してもよい。

また、ビーム結合器 44 は、レーザビームを高い反射率で反射し、ガイドレーザビームを高い透過率で透過させる構成を有してもよい。その場合には、ビーム結合器 44 から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームとは、ビーム結合器 44 によって反射されたレーザビーム及びビーム結合器を透過したガイドレーザビームを意味してもよい。

[0032] サブファブフロアにおいて、レーザ光進行方向制御部 34 は、両ビーム波面調節器 81 を含んでもよい。両ビーム波面調節器 81 は、ビーム結合器 44 から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームの光路に配置されていてもよい。両ビーム波面調節器 81 は、複数のミラー又は複数のレンズを含んでもよい。あるいは、少なくとも 1 つのミラーと少なくとも 1 つのレンズとの組合せを含んでもよい。両ビーム波面調節器 81 の具体的構成の例については後述する。なお、本願において、両ビーム波面調節器 81 から出力されたレーザビーム又はガイドレーザビームとは、両ビーム波面調節器 81 によって反射されたレーザビーム又はガイドレーザビームを意味してもよい。両ビーム波面調節器 81 から出力されたレーザビーム又はガイドレーザビームとは、両ビーム波面調節器 81 を透過したレーザビーム又はガイドレーザビームを意味してもよい。

[0033] サブファブフロアとクリーンルームフロアとにまたがる領域において、レーザ光進行方向制御部 34 は、ビーム伝送器 50 を含んでもよい。ビーム伝送器 50 は、中空の光路管 500 を含んでもよい。光路管 500 内は真空で

もよく、光路管 500 内には乾燥空気又は不活性ガス等が導入されてもよい。ビーム伝送器 50 は、複数の高反射ミラー 51 を含んでもよい。複数の高反射ミラー 51 は、両ビーム波面調節器 81 から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームが、クリーンルームフロアに導かれるように配置されてもよい。複数の高反射ミラー 51 は、複数のミラーホルダ 511 にそれぞれ支持されてもよい。

[0034] クリーンルームフロアにおいて、チャンバ 2 は、チャンバ基準部材 10 上に固定されてもよい。チャンバ基準部材 10 は、設置機構 9 によってクリーンルームフロアの床上に固定されてもよい。チャンバ基準部材 10 は、レーザ光進行方向制御部 34 の一部を構成する光学素子群を収容してもよい。

[0035] クリーンルームフロアにおいて、レーザ光進行方向制御部 34 は、光検出部 55 と、コントローラ 58 と、高反射ミラー 59 及び 69 とを含んでもよい。光検出部 55 と高反射ミラー 59 及び 69 とは、チャンバ基準部材 10 内に配置されてもよい。

[0036] 高反射ミラー 59 は、ビーム伝送器 50 によってクリーンルームフロアに伝播されたレーザビーム及びガイドレーザビームを、光検出部 55 に向けて反射するように配置されてもよい。

[0037] 光検出部 55 は、ビームスプリッタ 56 と、ビームモニタ 57 とを含んでもよい。ビームスプリッタ 56 は、高反射ミラー 59 で反射されたレーザビームを高い透過率で高反射ミラー 69 に向けて透過させてもよい。さらに、ビームスプリッタ 56 は、高反射ミラー 59 で反射されたレーザビームの一部及びガイドレーザビームを、サンプル光としてビームモニタ 57 に向けて反射するように構成されてもよい。ビームモニタ 57 は、ビームモニタ 57 に入射したサンプル光の波面に関するパラメータを算出するためのビームプロファイルを検出し、検出結果をコントローラ 58 へ出力するよう構成されてもよい。

[0038] コントローラ 58 は、ガイドレーザ装置 40 に制御信号を送信し、所望のタイミングでガイドレーザビームを出力又は停止させる機能を有してもよい。

。また、コントローラ 58 は、ビームモニタ 57 から出力される検出結果に基づいて、サンプル光の波面に関するパラメータを算出してもよい。その後、コントローラ 58 は、算出結果を利用して、ガイドレーザビーム波面調節器 84 及び両ビーム波面調節器 81 をフィードバック制御してもよい。制御の具体例は図 3 A～図 6 E を用いて後述する。

[0039] 高反射ミラー 69 は、ビームスプリッタ 56 を透過したレーザビームを、ミラー収納容器 70 内に向けて反射するように配置されてもよい。ミラー収納容器 70 には、ウインドウ 21 a が設けられてもよく、高反射ミラー 69 において反射されたレーザビームがウインドウ 21 a を高い透過率で透過してもよい。ウインドウ 21 a を透過したレーザビームは、平面ミラー 76 において高い反射率で反射され、レーザ光集光ミラー 220 において高い反射率で反射されて、プラズマ生成領域 25 に供給されるターゲットに集光されてもよい。

[0040] 3. 2 原理

図 3 A 及び図 3 B は、波面調節器の機能を説明するための図である。ここではガイドレーザビームの波面を調節するガイドレーザビーム波面調節器 84 について説明するが、レーザビームの波面及びガイドレーザビームの波面を調節する両ビーム波面調節器 81 についても同様でよい。図 3 A においては、ガイドレーザビーム波面調節器 84 が、平面状の波面を有するガイドレーザビーム（平面波）を、凹面状の波面を有するガイドレーザビームに変化させている。図 3 B においては、ガイドレーザビーム波面調節器 84 が、平面状の波面を有するガイドレーザビーム（平面波）を、凸面状の波面を有するガイドレーザビームに変化させている。

[0041] すなわち、ガイドレーザビーム波面調節器 84 は、ガイドレーザビームの波面を、図 3 A に示されるように変化させることも、図 3 B に示されるように変化させることも可能な光学素子であってもよい。また、ガイドレーザビーム波面調節器 84 は、所定範囲における任意の曲率を有する波面を、所定範囲における他の任意の曲率を有する波面に変化させることが可能であって

もよい。

- [0042] ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 が焦点距離 F を有する場合において、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 のオプティカルパワー P は、以下の式で表され得る。

$$P = 1 / F$$

F が正の値を有する場合は、平面波が、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 の主点 (principal point) から前方への距離が焦点距離 F である位置において集光されるような凹面状の波面を有するガイドレーザビームに変換され得る (図 3 A 参照)。

F が負の値を有する場合は、平面波が、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 の主点から後方への距離が焦点距離 F である位置にある仮想の点光源から生成された光の波面と同等の凸面状の波面を有するガイドレーザビームに変換され得る (図 3 B 参照)。

- [0043] 図 4 A～図 4 C は、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 及び両ビーム波面調節器 8 1 による波面調節の原理を説明するための図である。レーザシステム 3 から出力されたレーザビームは、ビーム伝送器 5 0 を通ってチャンバ 2 内に入射してもよい。ビーム伝送器 5 0 の入力端から出力端までの光路の長さは数十メートルに達してもよく、ビーム伝送器 5 0 は複数の高反射ミラー 5 1 を含んでもよい。ガイドレーザ装置 4 0 から出力されたガイドレーザビームも、ビーム伝送器 5 0 を通ってよい。レーザビーム及びガイドレーザビームは、ビーム伝送器 5 0 とチャンバ 2 との間に配置された光検出部 5 5 に入射してもよい。レーザビームの一部及びガイドレーザビームは、光検出部 5 5 に含まれるビームモニタ 5 7 に入射してもよい。

- [0044] ビーム伝送器 5 0 の高反射ミラー 5 1 がレーザビームのエネルギーによって加熱されて変形すると、ビーム伝送器 5 0 の入力端から出力端までの光路において波面の歪みが蓄積される場合がある。例えば、高反射ミラー 5 1 が加熱されて変形すると、レーザビーム及びガイドレーザビームが、図 4 A に示される波面を有するようになる場合がある。このように、波面が変化する

とレーザビーム及びガイドレーザビームの進行に伴ってそれぞれのビーム幅も変化し得る。このとき、レーザビームとガイドレーザビームとでは波長が異なるため、光の回折の影響が異なる場合がある。例えば、ガイドレーザビームは図4 Aに破線で示されるように僅かに波面が変形するのに対し、ガイドレーザビームに含まれる波長成分よりも長い波長成分を有するレーザビームは、図4 Aに一点鎖線で示されるように大幅に波面が変形し得る。なお、図4 Aにおいて、ビーム伝送器50の上流側において、レーザビームの波面及びガイドレーザビームの波面はほぼ同一であるとする。

[0045] そこで、図4 Bに示されるように、レーザビームの波面及びガイドレーザビームの波面の検出結果に基づいて、ガイドレーザビーム波面調節器84を制御してもよい。これにより、ビームモニタ57においてレーザビームの波面及びガイドレーザビームの波面がほぼ一致するように、ガイドレーザビームの波面が調節されてもよい。このとき、ビーム伝送器50の上流側において、レーザビームの波面及びガイドレーザビームの波面は互いに異なってもよい。

[0046] さらに、図4 Cに示されるように、ガイドレーザビームの波面の検出結果に基づいて、両ビーム波面調節器81を制御してもよい。これにより、ビームモニタ57におけるガイドレーザビームの波面が所望の値となるように調節されてもよい。このとき、図4 Bを参照しながら説明したように、ガイドレーザビーム波面調節器84が、レーザビーム及びガイドレーザビームの波面における光の回折の影響の違いを補償するように制御されている。従って、ビームモニタ57において、レーザビームの波面はガイドレーザビームの波面にほぼ一致し得る。

[0047] このようにして、ビームモニタ57におけるレーザビームの波面が所望の値に調節されてもよい。これによれば、ビーム伝送器50において生じた波面の歪みだけでなく、ビーム伝送器50より上流側の光路において生じた波面の歪みも調節し得る。

[0048] 3. 3 動作

3. 3. 1 メインフロー

図5は、第1の実施形態におけるコントローラ58の例示的な動作を示すフローチャートである。コントローラ58は、ガイドレーザビームを用いてレーザビームの波面が所望の値となるように、以下のようにガイドレーザビーム波面調節器84及び両ビーム波面調節器81を制御してもよい。

まず、コントローラ58は、ガイドレーザビーム波面調節器84及び両ビーム波面調節器81を制御するための初期設定を行ってもよい（S2100）。

[0049] 次に、コントローラ58は、ビームモニタ57を制御し、ビームモニタ57から検出結果を受信して、レーザビームの波面に関するパラメータ W_d を算出してもよい（S2200）。

次に、コントローラ58は、ビームモニタ57を制御し、ビームモニタ57から検出結果を受信して、ガイドレーザビームの波面に関するパラメータ W_g を算出してもよい（S2300）。

[0050] 次に、コントローラ58は、レーザビームの波面に関するパラメータ W_d とガイドレーザビームの波面に関するパラメータ W_g との差 ΔW_{dg} を、以下の式によって算出してもよい（S2400）。

$$\Delta W_{dg} = W_d - W_g$$

[0051] 次に、コントローラ58は、S2400で算出された差 ΔW_{dg} の絶対値が所定の閾値 ΔW_{dgr} 以下であるか否かを判定してもよい（S2500）。所定の閾値 ΔW_{dgr} は、正の値でもよい。

[0052] 差 ΔW_{dg} の絶対値が所定の閾値 ΔW_{dgr} 以下ではない場合（S2500；NO）、コントローラ58は、差 ΔW_{dg} が0に近づくように、ガイドレーザビーム波面調節器84を制御してもよい（S2600）。そして、コントローラ58は、処理を上述のS2300に戻してその後の処理を繰り返してもよい。

差 ΔW_{dg} の絶対値が所定の閾値 ΔW_{dgr} 以下である場合（S2500；YES）、コントローラ58は、処理をS3200に進めてもよい。

[0053] S 3 2 0 0において、コントローラ58は、ガイドレーザビームの波面に関するパラメータ W_g と所定値 W_t との差 ΔW_{gt} を、以下の式によって算出してもよい。

$$\Delta W_{gt} = W_g - W_t$$

所定値 W_t は、例えば、レーザビームをプラズマ生成領域25に集光するために望ましいレーザビームの波面に相当する値であってもよい。

[0054] 次に、コントローラ58は、S 3 2 0 0で算出された差 ΔW_{gt} の絶対値が所定の閾値 ΔW_{gtr} 以下であるか否かを判定してもよい（S 3 3 0 0）。所定の閾値 ΔW_{gtr} は、正の値でもよい。

[0055] 差 ΔW_{gt} の絶対値が所定の閾値 ΔW_{gtr} 以下ではない場合（S 3 3 0 0；NO）、コントローラ58は、差 ΔW_{gt} が0に近づくように、両ビーム波面調節器81を制御してもよい（S 3 4 0 0）。次に、コントローラ58は、S 2 3 0 0と同様に、ガイドレーザビームの波面に関するパラメータ W_g を算出してもよい（S 3 5 0 0）。そして、コントローラ58は、処理を上述のS 3 2 0 0に戻してその後の処理を繰り返してもよい。

差 ΔW_{gt} の絶対値が所定の閾値 ΔW_{gtr} 以下である場合（S 3 3 0 0；YES）、コントローラ58は、処理をS 3 6 0 0に進めてもよい。

[0056] S 3 6 0 0において、コントローラ58は、波面の制御が完了したこと（波面OK）を示す信号を、EUV光生成制御部5に出力してもよい。S 2 1 0 0の処理が終了してからS 3 6 0 0の処理が終了するまでの間は、ターゲット生成部26からターゲット27が出力されなくてもよい。また、S 2 1 0 0の処理が終了してからS 3 6 0 0の処理が終了するまでの間は、S 2 2 0 0でレーザビームの波面に関するパラメータ W_d を算出する場合を除いて、レーザシステム3からレーザビームが出力されなくてもよい。S 3 6 0 0の処理が行われた後、EUV光生成制御部5による制御によって、ターゲット生成部26からターゲット27が出力され、レーザシステム3からレーザビームが出力されてもよい。

[0057] その後、コントローラ58は、EUV光生成制御部5から信号を受信する

ことにより、ガイドレーザビームを用いた波面制御を中止するか否かを判定してもよい（S 3 7 0 0）。E U V 光生成制御部 5 から制御中止を示す信号を受信した場合（S 3 7 0 0 : Y E S）、コントローラ 5 8 は、制御を中止し、本フローチャートによる処理を終了してもよい。制御中止を示す信号を受信していない場合（S 3 7 0 0 : N O）、上述の S 3 5 0 0 に戻ってその後の処理を繰り返してもよい。S 3 7 0 0 から S 3 5 0 0 に戻った場合に、その後 S 3 5 0 0 から S 3 7 0 0 までの処理が行われている間は、ターゲット 2 7 及びレーザビームの出力が行われてもよい。

[0058] 3. 3. 2 初期設定（S 2 1 0 0 の詳細）

図 6 A は、図 5 に示された初期設定の処理を示すフローチャートである。図 6 A に示される処理は、図 5 に示された S 2 1 0 0 のサブルーチンとして、コントローラ 5 8 によって行われてもよい。

[0059] まず、コントローラ 5 8 は、波面の制御が完了していないこと（波面 N G）を示す信号を、E U V 光生成制御部 5 に出力してもよい（S 2 1 0 1）。これにより、E U V 光生成制御部 5 が、ターゲット生成部 2 6 からのターゲット 2 7 の出力を停止させ、レーザシステム 3 からのレーザビームの出力を停止させてもよい。

[0060] 次に、コントローラ 5 8 は、初期値の設定を行ってもよい（S 2 1 0 2）。具体的には、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 のオプティカルパワーの現在値 P # 1 と、両ビーム波面調節器 8 1 のオプティカルパワーの現在値 P # 2 とを、0 に設定してもよい。

S 2 1 0 2 の後、コントローラ 5 8 は、本フローチャートによる処理を終了してもよい。

[0061] 3. 3. 3 W d の算出（S 2 2 0 0 の詳細）

図 6 B は、図 5 に示されたレーザビームの波面に関するパラメータ W d の算出処理を示すフローチャートである。図 6 B に示される処理は、図 5 に示された S 2 2 0 0 のサブルーチンとして、コントローラ 5 8 によって行われてもよい。

[0062] まず、コントローラ 58 は、ビームモニタ 57 を制御して、ビームモニタ 57 に含まれる第 1 のバンドパスフィルタをセットしてもよい (S 2201)。第 1 のバンドパスフィルタは、レーザビームに含まれる波長成分を高い透過率で透過させ、ガイドレーザビームに含まれる波長成分を減衰させる又は遮断する光学フィルタであってもよい。ビームモニタ 57 及びこれに含まれる第 1 のバンドパスフィルタの具体例については、後述する。

[0063] 次に、コントローラ 58 は、EUV 光生成制御部 5 から出力される信号を受信し、レーザシステム 3 からレーザビームが出力されたか否かを判定してもよい (S 2202)。レーザビームが出力されていない場合 (S 2202 : NO)、コントローラ 58 はレーザシステム 3 からレーザビームが出力されるまで待機してもよい。レーザビームが出力された場合 (S 2202 : YES)、コントローラ 58 は処理を S 2203 に進めてもよい。

[0064] S 2203 において、コントローラ 58 は、ビームモニタ 57 から出力された検出結果に基づいて、波面に関するパラメータ X_d を算出してもよい。

次に、コントローラ 58 は、算出された波面に関するパラメータ X_d を、レーザビームの波面に関するパラメータ W_d として、メモリ 1002 (後述) に記憶させ (S 2204)、本フローチャートによる処理を終了してもよい。

[0065] 3. 3. 4 W_g の算出 (S 2300 の詳細)

図 6C は、図 5 に示されたガイドレーザビームの波面に関するパラメータ W_g の算出処理を示すフローチャートである。図 6C に示される処理は、図 5 に示された S 2300 又は S 3500 のサブルーチンとして、コントローラ 58 によって行われてもよい。

[0066] まず、コントローラ 58 は、ビームモニタ 57 を制御して、ビームモニタ 57 に含まれる第 2 のバンドパスフィルタをセットしてもよい (S 2301)。第 2 のバンドパスフィルタは、ガイドレーザビームに含まれる波長成分を高い透過率で透過させ、レーザビームに含まれる波長成分を減衰させる又は遮断する光学フィルタであってもよい。ビームモニタ 57 及びこれに含ま

れる第2のバンドパスフィルタの具体例については、後述する。

[0067] 次に、コントローラ58は、ガイドレーザ装置40からガイドレーザビームが出力されたか否かを判定してもよい（S2302）。ガイドレーザビームが出力されていない場合（S2302：NO）、コントローラ58はガイドレーザ装置40からガイドレーザビームが出力されるまで待機してもよい。ガイドレーザビームが出力された場合（S2302：YES）、コントローラ58は処理をS2303に進めてもよい。

[0068] S2303において、コントローラ58は、ビームモニタ57から出力された検出結果に基づいて、波面に関するパラメータ X_g を算出してもよい。

次に、コントローラ58は、算出された波面に関するパラメータ X_g を、ガイドレーザビームの波面に関するパラメータ W_g として、メモリ1002（後述）に記憶させ（S2304）、本フローチャートによる処理を終了してもよい。

[0069] 3. 3. 5 ガイドレーザビーム波面調節器の制御（S2600の詳細）

図6Dは、図5に示されたガイドレーザビーム波面調節器84を制御する処理を示すフローチャートである。図6Dに示される処理は、図5に示されたS2600のサブルーチンとして、コントローラ58によって行われてもよい。まず、コントローラ58は、上述の差 ΔW_{dg} と0とを比較してもよい（S2602）。

[0070] S2602において、差 ΔW_{dg} が0より小さい場合（ $\Delta W_{dg} < 0$ ）、コントローラ58は処理をS2604に進めてもよい。S2604において、ガイドレーザビーム波面調節器84のオプティカルパワーの現在値 $P_{\#1}$ から所定の定数 $\Delta P_{\#1}$ を減算した値を、目標オプティカルパワー P_1 として設定してもよい。

[0071] S2602において、差 ΔW_{dg} が0より大きい場合（ $\Delta W_{dg} > 0$ ）、コントローラ58は処理をS2605に進めてもよい。S2605において、ガイドレーザビーム波面調節器84のオプティカルパワーの現在値 $P_{\#1}$ に所定の定数 $\Delta P_{\#1}$ を加算した値を、目標オプティカルパワー P_1 として

設定してもよい。所定の定数 $\Delta P \# 1$ は、正の値でもよい。

[0072] 次に、コントローラ58は、ガイドレーザビーム波面調節器84のオプティカルパワーが目標オプティカルパワー P_1 に近づくようにガイドレーザビーム波面調節器84に制御信号を出力してもよい（S2606）。

次に、コントローラ58は、上述の P_1 を、ガイドレーザビーム波面調節器84のオプティカルパワーの現在値 $P \# 1$ としてメモリ1002（後述）に記憶させ（S2607）、本フローチャートによる処理を終了してもよい。

[0073] 3. 3. 6 両ビーム波面調節器の制御（S3400の詳細）

図6Eは、図5に示された両ビーム波面調節器81を制御する処理を示すフローチャートである。図6Eに示される処理は、図5に示されたS3400のサブルーチンとして、コントローラ58によって行われてもよい。まず、コントローラ58は、上述の差 ΔW_{gt} と0とを比較してもよい（S3402）。

[0074] S3402において、差 ΔW_{gt} が0より小さい場合（ $\Delta W_{gt} < 0$ ）、コントローラ58は処理をS3404に進めてもよい。S3404において、両ビーム波面調節器81のオプティカルパワーの現在値 $P \# 2$ から所定の定数 $\Delta P \# 2$ を減算した値を、目標オプティカルパワー P_2 として設定してもよい。

[0075] S3402において、差 ΔW_{gt} が0より大きい場合（ $\Delta W_{gt} > 0$ ）、コントローラ58は処理をS3405に進めてもよい。S3405において、両ビーム波面調節器81のオプティカルパワーの現在値 $P \# 2$ に所定の定数 $\Delta P \# 2$ を加算した値を、目標オプティカルパワー P_2 として設定してもよい。所定の定数 $\Delta P \# 2$ は、正の値でもよい。

[0076] 次に、コントローラ58は、両ビーム波面調節器81のオプティカルパワーが目標オプティカルパワー P_2 に近づくように両ビーム波面調節器81に制御信号を出力してもよい（S3406）。

次に、コントローラ58は、上述の P_2 を、両ビーム波面調節器81のオ

プティカルパワーの現在値P # 2としてメモリ1002（後述）に記憶させ（S3407）、本フローチャートによる処理を終了してもよい。

[0077] 第1の実施形態によれば、レーザシステム3からレーザビームが出力されていないときにも、コントローラ58は、ガイドレーザビームの波面に関するパラメータに基づいて、ガイドレーザビーム波面調節器84及び両ビーム波面調節器81を制御し得る。これにより、レーザシステム3から出力されるレーザビームの出力初期においても、レーザビームの波面を予め定めた範囲内へ制御でき、チャンバ内でターゲット物質に照射されるレーザビームの集光位置を安定化し得る。

[0078] 3. 4 ビームモニタの例

3. 4. 1 2つの異なる位置におけるビーム幅の検出

図7Aは、第1の実施形態に係るEUV光生成システムにおけるビームモニタ57の第1の例を概略的に示す。図7Bは、ビームモニタの第1の例を適用する場合の波面の検出原理を説明するための図である。第1の例において、ビームモニタ57は、サンプル光の進行方向における2つの異なる位置におけるビームプロファイルを検出してもよい。なお、サンプル光とは、ビームスプリッタ56によって反射されてビームモニタ57に入射するレーザビームの一部及びガイドレーザビームでもよい。ビームプロファイルは、例えばレーザビーム又はガイドレーザビームのビーム断面における光強度分布であってもよい。

[0079] 図7Aに示されるように、ビームモニタ57は、第1のバンドパスフィルタ71及び第2のバンドパスフィルタ72と、ビームスプリッタ73と、高反射ミラー77と、転写光学系75及び79と、ビームプロファイラ570及び590と、を含んでもよい。ビームプロファイラ570及び590の各々は、例えばラインセンサまたはCCDカメラであってもよい。

[0080] 第1のバンドパスフィルタ71及び第2のバンドパスフィルタ72は、駆動部78によって移動可能に構成されてもよい。駆動部78は、コントローラ58によって制御されてもよい。第1のバンドパスフィルタ71は、レー

ザビームを高い透過率で透過させ、他の波長の光を減衰させる又は遮断する光学フィルタでもよい。第2のバンドパスフィルタ72は、ガイドレーザビームを高い透過率で透過させ、他の波長の光を減衰させる又は遮断する光学フィルタでもよい。

[0081] ビームスプリッタ73は、サンプル光の一部を転写光学系75に向けて透過させ、当該サンプル光の他の一部を高反射ミラー77に向けて反射するように構成及び配置されてもよい。高反射ミラー77は、ビームスプリッタ73によって反射された光を高い反射率で転写光学系79に向けて反射するように配置されてもよい。

[0082] 転写光学系75は、サンプル光の光路上の任意の位置A1におけるビームプロファイルをビームプロファイラ570の受光面に転写してもよい。転写光学系79は、サンプル光の光路上の別の任意の位置A2におけるビームプロファイルをビームプロファイラ590の受光面に転写してもよい。位置A1とビームプロファイラ570の受光面との間のサンプル光の光路に沿った距離は、位置A2とビームプロファイラ590の受光面との間のサンプル光の光路に沿った距離に等しくてもよい。ビームプロファイラ570及び590は、受光面に転写されたビームプロファイルのデータをコントローラ58に出力してもよい。

[0083] コントローラ58は、ビームプロファイラ570からの出力データに基づいて、位置A1におけるサンプル光のビーム幅 D_{a1} を算出してもよい。「ビーム幅」は、光強度分布内のピーク強度に対して $1/e^2$ 以上の強度を有する部分の幅であってもよい。

[0084] さらに、コントローラ58は、ビームプロファイラ570及び590からの出力データに基づいて、サンプル光の波面に関するパラメータとして波面の曲率を算出してもよい。例えば、コントローラ58はビームプロファイラ590からの出力に基づいて、位置A2におけるサンプル光のビーム幅 D_{a2} を算出してもよい。そして、コントローラ58は、サンプル光のビーム幅 D_{a1} 及び D_{a2} の差から、サンプル光の波面の曲率を算出してもよい。サ

ンプル光の波面の曲率を算出するために、ビームダイバージェンス θ を下式によって算出してもよい。

$$\theta = \tan^{-1} \{ (D_{a2} - D_{a1}) / 2L \}$$

ここで、 L は、サンプル光の光路に沿った位置 $A1$ と位置 $A2$ との間の距離でもよい。

[0085] 図7Aに示されるように、駆動部78がサンプル光の光路上に第1のバンドパスフィルタ71を移動させた場合、ビームスプリッタ73には、サンプル光のうちのレーザビームの波長成分が到達し得る。従って、コントローラ58により、レーザビームのビーム幅及び波面に関するパラメータが算出され得る。

[0086] 駆動部78がサンプル光の光路上に第2のバンドパスフィルタ72を移動させた場合、ビームスプリッタ73には、サンプル光のうちのガイドレーザビームの波長成分が到達し得る。従って、コントローラ58により、ガイドレーザビームのビーム幅及び波面に関するパラメータが算出され得る。

[0087] なお、転写光学系75及び79は、レーザビーム及びガイドレーザビームの波長に対して色収差を補正する機能を有するのが好ましい。例えば、転写光学系75及び79の各々は、色消しレンズやその組合せであるのが好ましい。さらに、転写光学系75及び79は、原理的に色収差が少ない構成であることが好ましい。

[0088] 第1の例によれば、レーザビームとガイドレーザビームとを検出するために、ビームプロファイラ570が共通に用いられ、あるいは、レーザビームとガイドレーザビームとを検出するために、ビームプロファイラ590が共通に用いられるので、高精度にレーザビームの波面とガイドレーザビームの波面とのずれが検出され得る。

[0089] 以上の算出結果に基づいて、コントローラ58は、ガイドレーザビーム波面調節器84及び両ビーム波面調節器81を制御してもよい。コントローラ58は、図5～図6Eのフローチャートに示された動作と同様に動作してもよい。

[0090] 3. 4. 2 ビーム幅とスポット幅の検出

図8は、第1の実施形態に係るEUV光生成システムにおけるビームモニタ57の第2の例を概略的に示す。第2の例において、ビームモニタ57は、サンプル光のビームプロファイルと、集光されたサンプル光のスポット幅とを検出するために、ビームスプリッタ73によってサンプル光を分岐させてもよい。

[0091] 図8に示されるように、ビームモニタ57は、第1のバンドパスフィルタ71及び第2のバンドパスフィルタ72と、ビームスプリッタ73と、集光光学系74と、転写光学系75と、ビームプロファイラ540及び570と、を含んでもよい。

[0092] 第1のバンドパスフィルタ71及び第2のバンドパスフィルタ72は、駆動部78によって移動可能に構成されてもよい。駆動部78は、コントローラ58によって制御されてもよい。第1のバンドパスフィルタ71は、レーザビームを高い透過率で透過させ、他の波長の光を減衰させる又は遮断する光学フィルタでもよい。第2のバンドパスフィルタ72は、ガイドレーザビームを高い透過率で透過させ、他の波長の光を減衰させる又は遮断する光学フィルタでもよい。

ビームスプリッタ73は、サンプル光の一部を転写光学系75に向けて透過させ、他の一部を集光光学系74に向けて反射するように構成及び配置されてもよい。

[0093] 転写光学系75は、サンプル光の光路上の位置A1におけるビームプロファイルをビームプロファイラ570の受光面に転写するように配置されてもよい。集光光学系74は、ビームスプリッタ73から分岐されたサンプル光の一部を、ビームプロファイラ540の受光面に集光するように配置されてもよい。ビームプロファイラ540は、上記受光面が集光光学系74の主点から所定距離X離れて位置するように、配置されてもよい。

[0094] 所定距離Xは、要求された波面を有するレーザビームが集光光学系74によって焦点を結ぶ距離であってもよい。要求された波面とは、レーザビーム

がレーザ光集光ミラー 220 によって集光された場合に、プラズマ生成領域 25 において所定の集光性能を実現できるよう設定された波面であってよい。要求された波面が平面波である場合には、所定距離 X は集光光学系 74 の焦点距離でよい。要求された波面が凸面状の波面である場合には、所定距離 X は集光光学系 74 の焦点距離よりも長い距離でよい。要求された波面が凹面状の波面である場合には、所定距離 X は集光光学系 74 の焦点距離よりも短い距離でよい。ビームプロファイラ 570 は、その受光面に転写されたビーム断面における光強度分布のデータをコントローラ 58 に出力してもよい。ビームプロファイラ 540 は、その受光面に集光された集光スポットにおける光強度分布のデータをコントローラ 58 に出力してもよい。

[0095] コントローラ 58 は、ビームプロファイラ 570 からのデータに基づいて、位置 A1 におけるサンプル光のビーム幅 D_a1 を算出してもよい。さらに、コントローラ 58 は、ビームプロファイラ 540 からのデータに基づいて、集光されたサンプル光のスポット幅 S_d を算出してもよい。そして、コントローラ 58 は、サンプル光の波面の曲率を算出してもよい。サンプル光の波面の曲率を算出するために、ビームダイバージェンス θ を下式によって算出してもよい。

$$\theta = S_p / X$$

[0096] 駆動部 78 がサンプル光の光路上に第 1 のバンドパスフィルタ 71 を移動させた場合、ビームスプリッタ 73 には、サンプル光のうちのレーザビームの波長成分が到達し得る。従って、コントローラ 58 により、レーザビームのビーム幅及び波面に関するパラメータが算出され得る。

[0097] 駆動部 78 がサンプル光の光路上に第 2 のバンドパスフィルタ 72 を移動させた場合、ビームスプリッタ 73 には、サンプル光のうちのガイドレーザビームの波長成分が到達し得る。従って、コントローラ 58 により、ガイドレーザビームのビーム幅及び波面に関するパラメータが算出され得る。

[0098] なお、集光光学系 74 及び転写光学系 75 は、レーザビーム及びガイドレーザビームの波長に対して色収差を補正する機能を有するのが好ましい。例

えば、集光光学系 7 4 及び転写光学系 7 5 の各々は、色消しレンズやその組合せであるのが好ましい。さらに、集光光学系 7 4 及び転写光学系 7 5 は原理的に色収差が少ない構成であることが好ましい。

[0099] 第 2 の例によれば、レーザビームとガイドレーザビームとを検出するために、ビームプロファイラ 5 4 0 が共通に用いられ、あるいは、レーザビームとガイドレーザビームとを検出するために、ビームプロファイラ 5 7 0 が共通に用いられるので、高精度にレーザビームの波面とガイドレーザビームの波面とのずれが検出され得る。

[0100] 以上の算出結果に基づいて、コントローラ 5 8 は、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 及び両ビーム波面調節器 8 1 を制御してもよい。コントローラ 5 8 は、図 5 ～図 6 E のフローチャートに示された動作と同様に動作してもよい。

[0101] 3. 4. 3 シャックハルトマン波面センサ

図 9 は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおけるビームモニタ 5 7 の第 3 の例を概略的に示す。第 3 の例においては、サンプル光の波面に関するパラメータとして波面の曲率を計測するために、シャックハルトマン波面センサ 9 0 が用いられてもよい。

[0102] 図 9 に示されるように、ビームモニタ 5 7 は、第 1 のバンドパスフィルタ 7 1 及び第 2 のバンドパスフィルタ 7 2 と、シャックハルトマン波面センサ 9 0 とを含んでもよい。シャックハルトマン波面センサ 9 0 は、スクリーン 9 2 と、C C D カメラ 9 3 とを含んでもよい。スクリーン 9 2 の代わりに、マイクロレンズアレイ（図示せず）が用いられてもよい。

[0103] 第 1 のバンドパスフィルタ 7 1 及び第 2 のバンドパスフィルタ 7 2 は、駆動部 7 8 によって移動可能に構成されてもよい。駆動部 7 8 は、コントローラ 5 8 によって制御されてもよい。第 1 のバンドパスフィルタ 7 1 は、レーザビームを高い透過率で透過させ、他の波長の光を減衰させる又は遮断する光学フィルタでもよい。第 2 のバンドパスフィルタ 7 2 は、ガイドレーザビームを高い透過率で透過させ、他の波長の光を減衰させる又は遮断する光学

フィルタでもよい。

[0104] スクリーン 9 2 は、多数のピンホールが二次元配置された光学素子でもよい。CCD カメラ 9 3 は、スクリーン 9 2 によって形成される干渉縞を撮像するための素子でもよい。

[0105] コントローラ 5 8 は、CCD カメラ 9 3 からの出力に基づいて、サンプル光の波面に関するパラメータとして波面の曲率を算出してもよい。スクリーン 9 2 によって形成される干渉縞の形状（例えば、干渉縞における光強度のピーク間の間隔）は、サンプル光の波長と波面の曲率とに依存し得る。従って、サンプル光の波長が既知であれば、干渉縞の形状からサンプル光の波面の曲率が算出され得る。

[0106] 駆動部 7 8 がサンプル光の光路上に第 1 のバンドパスフィルタ 7 1 を移動させた場合、シャックハルトマン波面センサ 9 0 には、サンプル光のうちのレーザビームの波長成分が到達し得る。従って、コントローラ 5 8 により、レーザビームの波面の曲率が算出され得る。

[0107] 駆動部 7 8 がサンプル光の光路上に第 2 のバンドパスフィルタ 7 2 を移動させた場合、シャックハルトマン波面センサ 9 0 には、サンプル光のうちのガイドレーザビームの波長成分が到達し得る。従って、コントローラ 5 8 により、ガイドレーザビームの波面の曲率が算出され得る。

[0108] 第 3 の例によれば、レーザビームとガイドレーザビームとを検出するために、シャックハルトマン波面センサ 9 0 が共通に用いられるので、高精度にレーザビームの波面とガイドレーザビームの波面とのずれが検出され得る。

[0109] 以上の算出結果に基づいて、コントローラ 5 8 は、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 及び両ビーム波面調節器 8 1 を制御してもよい。コントローラ 5 8 は、図 5 ～図 6 E のフローチャートに示された動作と同様に動作してもよい。

[0110] 3. 4. 4 シャックハルトマン波面センサとビームプロファイラとの組合せ

図 1 0 は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおけるビームモ

ニタ 57 の第 4 の例を概略的に示す。第 4 の例においては、シャックハルトマン波面センサ 90 が用いられる他、サンプル光のビーム幅を計測するために、ビームスプリッタ 73 と、高反射ミラー 77 と、転写光学系 79 と、ビームプロファイラ 590 と、を含んでもよい。

コントローラ 58 は、ビームプロファイラ 590 からの出力データに基づいて、位置 A2 におけるサンプル光のビーム幅を算出してもよい。

他の点については、第 3 の例と同様でよい。

[0111] 3. 5 波面調節器の例

3. 5. 1 凹レンズと凸レンズとの組合せ

図 11A～図 11C は、第 1 の実施形態に係る EUV 光生成システムにおける波面調節器の第 1 の例を概略的に示す。波面調節器の第 1 の例は、例えば、ガイドレーザビーム波面調節器 84 として用いられてもよい。第 1 の例においては、波面調節器は、凹レンズ 891 と、凸レンズ 892 と、を含んでもよい。

[0112] 凹レンズ 891 は、ガイドレーザ装置 40（図 2 参照）から出力されたガイドレーザビームが入射する位置に、ミラーホルダ 893 によって固定されていてもよい。ミラーホルダ 893 は、固定プレート 896 に固定されていてもよい。凹レンズ 891 は、ガイドレーザビームを透過させてもよい。

[0113] 凸レンズ 892 は、凹レンズ 891 を透過したガイドレーザビームが入射する位置に、ミラーホルダ 894 によって支持されていてもよい。ミラーホルダ 894 は、リニアステージ 895 を介して固定プレート 896 に支持されていてもよい。リニアステージ 895 は、ミラーホルダ 894 によって支持された凸レンズ 892 が、ガイドレーザビームの光路軸に沿って固定プレート 896 に対して往復動できるように、ミラーホルダ 894 を支持してもよい。凸レンズ 892 は、ガイドレーザビームを、ビーム結合器 44（図 2 参照）に向けて透過させてもよい。

[0114] 凹レンズ 891 は、凹レンズ 891 の主点からガイドレーザビームの上流側に焦点距離 F_1 離れた位置に前方焦点 X_1 を有してもよい。凸レンズ 89

2は、凸レンズ892の主点からガイドレーザビームの上流側に焦点距離 F_2 離れた位置に前方焦点 X_2 を有してもよい。図11Aに示されるように、凹レンズ891の前方焦点 X_1 と凸レンズ892の前方焦点 X_2 とが一致するとき、この波面調節器のオプティカルパワーはほぼ0でもよい。

[0115] 図11Bに示されるように、リニアステージ895が凸レンズ892をガイドレーザビームの下流側に移動させることにより、凹レンズ891の前方焦点 X_1 よりも凸レンズ892の前方焦点 X_2 がガイドレーザビームの下流側に移動させられてもよい。このとき、波面調節器のオプティカルパワーは正の値を有してもよい。

[0116] 図11Cに示されるように、リニアステージ895が凸レンズ892をガイドレーザビームの上流側に移動させることにより、凹レンズ891の前方焦点 X_1 よりも凸レンズ892の前方焦点 X_2 がガイドレーザビームの上流側に移動させられてもよい。このとき、波面調節器のオプティカルパワーは負の値を有してもよい。

これにより、波面調節器は、ガイドレーザビームの波面を調節し得る。

[0117] 第1の例においては、波面調節器が、凹レンズ891と凸レンズ892との組合せを含むものとしたが、図2に例示されたガイドレーザビーム波面調節器84及び両ビーム波面調節器81のように、凹面ミラーと凸面ミラーとの組合せを含むものとしてもよい。

[0118] 3. 5. 2 VRMの利用

図12A～図12Cは、第1の実施形態に係るEUV光生成システムにおける波面調節器の第2の例を概略的に示す。波面調節器の第2の例は、ガイドレーザビーム波面調節器84又は両ビーム波面調節器81として用いられてもよい。第2の例においては、波面調節器は、VRM (Variable Radius Mirror : 曲率可変ミラー) 85を含んでもよい。

[0119] VRM85は、両ビーム波面調節器81として用いられる場合には、ビーム結合器44 (図2参照) から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームの光路に、ミラーホルダ (図示せず) によって支持されていてもよい。

[0120] VRM85は、反射面の曲率を変更できるミラーであってもよい。VRM85は、図12Aに示されるような平面ミラーに変形することができてよい。このとき、VRM85のオプティカルパワーはほぼ0でもよい。VRM85は、図12Bに示されるように焦点距離が $+F$ である凹面ミラーに変形することができてよい。このとき、VRM85のオプティカルパワーは正の値を有してもよい。VRM85は、図12Cに示されるように焦点距離が $-F$ である凸面ミラーに変形することができてよい。このとき、VRM85のオプティカルパワーは負の値を有してもよい。これにより、VRM85は、レーザビームの波面を調節し得る。

[0121] 図12Dは、波面調節器の第2の例におけるVRMの構成を示す一部断面図である。VRM85は、圧力容器851と、反射板852と、供給配管853と、排出配管854と、圧力調節器855と、を含んでもよい。

[0122] 圧力容器851は、水などの液体を収容する剛性の容器であってもよい。反射板852は、圧力容器851の開口部に嵌め込まれた弾性を有する板であってもよい。反射板852の1つの面は、レーザビーム及びガイドレーザビームを高い反射率で反射し得る反射層を備え、この反射層の表面が圧力容器851の外部に露出していてもよい。

[0123] 供給配管853及び排出配管854のそれぞれの一端は、圧力容器851に接続されていてもよい。供給配管853及び排出配管854のそれぞれ他端は、圧力調節器855に接続されていてもよい。

[0124] 圧力調節器855は、コントローラ58から出力される制御信号に基づいて、供給配管853から圧力容器851内に液体を供給して圧力容器851内の圧力を増加させてもよい。圧力調節器855は、コントローラ58から出力される制御信号に基づいて、排出配管854から圧力容器851内の液体を排出させて圧力容器851内の圧力を減少させてもよい。

[0125] 圧力容器851内の圧力を増減させることで、反射板852の反射層の曲率を調節できてよい。これにより、反射板852の反射層によって反射されるレーザビーム及びガイドレーザビームの波面が調節されてもよい。

[0126] 3. 5. 3 デフォーマブルミラーの利用

図 1 3 A は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおける波面調節器の第 3 の例を概略的に示す。波面調節器の第 3 の例は、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 又は両ビーム波面調節器 8 1 として用いられてもよい。第 3 の例においては、波面調節器は、デフォーマブルミラー 8 7 を含んでもよい。

[0127] デフォーマブルミラー 8 7 は、両ビーム波面調節器 8 1 として用いられる場合には、ビーム結合器 4 4 (図 2 参照) から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームの光路に、ミラーホルダ (図示せず) によってその位置を固定されていてもよい。デフォーマブルミラー 8 7 は、球面と異なる形状の波面を有するレーザビーム及びガイドレーザビームであっても、反射面の形状を制御することによって高精度に波面を補正し得る。

[0128] 波面調節器は、平面ミラー 8 8 をさらに含んでもよい。デフォーマブルミラー 8 7 は、レーザビーム及びガイドレーザビームを平面ミラー 8 8 に向けて反射してもよい。平面ミラー 8 8 は、デフォーマブルミラー 8 7 によって反射されたレーザビーム及びガイドレーザビームの光路に、ミラーホルダ (図示せず) によって固定されていてもよい。平面ミラー 8 8 は、レーザビーム及びガイドレーザビームを、ビーム伝送器 5 0 (図 2 参照) に向けて反射してもよい。

[0129] 図 1 3 B は、波面調節器の第 3 の例におけるデフォーマブルミラーの構成を示す平面図である。図 1 3 C は、図 1 3 B に示されるデフォーマブルミラーの一部断面図である。デフォーマブルミラー 8 7 は、基板 8 7 1 と、絶縁層 8 7 2 と、複数の下電極 8 7 3 と、複数の圧電性部材 8 7 4 と、上電極 8 7 5 と、反射層 8 7 6 と、を含んでもよい。

[0130] 基板 8 7 1 は、デフォーマブルミラー 8 7 のベースとなる基板であってもよい。絶縁層 8 7 2 は、基板 8 7 1 の上面側に形成されていてもよい。複数の下電極 8 7 3 は、絶縁層 8 7 2 の上面側に、互いに離れた位置に形成されていてもよい。複数の圧電性部材 8 7 4 は、複数の下電極 8 7 3 の上面側に

それぞれ形成されていてもよい。上電極 875 は、複数の圧電性部材 874 の上面側にまたがって、共通の電極として形成されていてもよい。反射層 876 は、上電極 875 の上面側に形成され、レーザビーム及びガイドレーザビームを高い反射率で反射できるようになっていてもよい。

[0131] 以上の構成において、図示しない電圧制御回路により、上電極 875 に共通の電位 V_0 を印加するとともに、複数の下電極 873 に電位 $V_1 \sim V_7$ をそれぞれ印加してもよい。これにより、複数の圧電性部材 874 をそれぞれ変形させて、反射層 876 の表面形状を変更させてもよい。

[0132] 3. 5. 4 軸外放物面凸面ミラーと軸外放物面凹面ミラーとの組合せ

図 14 は、第 1 の実施形態に係る E U V 光生成システムにおける波面調節器の第 4 の例を概略的に示す。波面調節器の第 4 の例は、ガイドレーザビーム波面調節器 84 又は両ビーム波面調節器 81 として用いられてもよい。第 4 の例においては、波面調節器は、軸外放物面凸面ミラー 821 と、軸外放物面凹面ミラー 822 と、平面ミラー 823 及び 824 と、ミラー固定プレート 825 と、駆動機構（図示せず）と、を含んでもよい。

[0133] 波面調節器の第 4 の例が両ビーム波面調節器 81 として用いられる場合に、軸外放物面凸面ミラー 821 は、ビーム結合器 44（図 2 参照）から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームの光路に、ミラーホルダ（図示せず）によって固定されていてもよい。軸外放物面凸面ミラー 821 は、レーザビーム及びガイドレーザビームを軸外放物面凹面ミラー 822 に向けて反射してもよい。

[0134] 軸外放物面凹面ミラー 822 は、ミラーホルダ（図示せず）によってミラー固定プレート 825 に固定されていてもよい。軸外放物面凹面ミラー 822 は、軸外放物面凸面ミラー 821 によって反射されたレーザビーム及びガイドレーザビームを平面ミラー 823 に向けて反射してもよい。

[0135] 平面ミラー 823 は、別のミラーホルダ（図示せず）によってミラー固定プレート 825 に固定されていてもよい。平面ミラー 823 は、軸外放物面凹面ミラー 822 によって反射されたレーザビーム及びガイドレーザビーム

を、平面ミラー８２４に向けて反射してもよい。

[0136] 平面ミラー８２４は、平面ミラー８２３によって反射されたレーザビーム及びガイドレーザビームの光路に、ミラーホルダ（図示せず）によって固定されていてもよい。平面ミラー８２４は、レーザビーム及びガイドレーザビームを、ビーム伝送器５０（図２参照）に向けて反射してもよい。

[0137] ミラー固定プレート８２５は、駆動機構によって矢印Ｙ方向に移動させられてもよい。ミラー固定プレート８２５と軸外放物面凸面ミラー８２１及び平面ミラー８２４との間隔を伸縮させることにより、レーザビーム及びガイドレーザビームの波面が調節され得る。軸外放物面凹面ミラー８２２から平面波を出力しようとする場合には、軸外放物面凸面ミラー８２１からの反射光が、軸外放物面凹面ミラー８２２の焦点の位置から放射した仮想の光と同等の波面を有する光とみなせるように調節されてもよい。ビーム結合器４４から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームが平面波である場合に、軸外放物面凸面ミラー８２１の焦点の位置と軸外放物面凹面ミラー８２２の焦点の位置とは同じであってもよい。

[0138] ４．レーザビームの波面をガイドレーザビームの波面に一致させるＥＵＶ光生成システム（第２の実施形態）

図１５は、本開示の第２の実施形態に係るＥＵＶ光生成システムの例示的な構成を示す一部断面図である。第２の実施形態に係るＥＵＶ光生成システムは、サブファブフロアにおいて、レーザシステム３とビーム結合器４４との間の光路に、レーザビーム波面調節器８３を含んでもよい。レーザビーム波面調節器８３の構成は、両ビーム波面調節器８１の構成と同様でよい。第２の実施形態に係るＥＵＶ光生成システムは、ガイドレーザビーム波面調節器８４（図２参照）を含まなくてもよい。

[0139] 第２の実施形態において、コントローラ５８は、レーザビームの波面とガイドレーザビームの波面との差があれば、この差が小さくなるように、レーザビーム波面調節器８３を制御してもよい。コントローラ５８は、レーザビームの波面とガイドレーザビームの波面とをほぼ一致させた後、第１の実施

形態と同様に、ガイドレーザビームの波面の検出結果に基づいて両ビーム波面調節器 8 1 を制御することにより、レーザビームの波面を調節してもよい。なお、本願において、レーザビーム波面調節器 8 3 から出力されたレーザビーム又はガイドレーザビームとは、レーザビーム波面調節器 8 3 によって反射されたレーザビーム又はガイドレーザビームを意味してもよい。レーザビーム波面調節器 8 3 から出力されたレーザビーム又はガイドレーザビームとは、レーザビーム波面調節器 8 3 を透過したレーザビーム又はガイドレーザビームを意味してもよい。

他の点については、第 1 の実施形態と同様でよい。

[0140] 5. レーザビームの波面とガイドレーザビームの波面とを調節する E U V 光生成システム（第 3 の実施形態）

図 1 6 は、本開示の第 3 の実施形態に係る E U V 光生成システムの例示的な構成を示す一部断面図である。第 3 の実施形態に係る E U V 光生成システムは、サブファブフロアにおいて、ガイドレーザ装置 4 0 とビーム結合器 4 4 との間の光路に、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 を含んでもよい。第 3 の実施形態に係る E U V 光生成システムは、両ビーム波面調節器 8 1（図 1 5 参照）を含まなくてもよい。

[0141] 第 3 の実施形態において、コントローラ 5 8 は、レーザビームの波面とガイドレーザビームの波面との差があれば、この差が小さくなるように、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 又はレーザビーム波面調節器 8 3 を制御してもよい。コントローラ 5 8 は、レーザビームの波面とガイドレーザビームの波面とをほぼ一致させた後、ガイドレーザビームの波面の検出結果に基づいて、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 及びレーザビーム波面調節器 8 3 の両方を同じ制御量で制御してもよい。同じ制御量で制御するとは、ガイドレーザビーム波面調節器 8 4 のオプティカルパワーの変化量とレーザビーム波面調節器 8 3 のオプティカルパワーの変化量とがほぼ同じになるように両方を制御することを意味し得る。

他の点については、第 2 の実施形態と同様でよい。

[0142] 6. 波面とビーム幅とを調節するEUV光生成システム（第4の実施形態）

6. 1 構成

図17は、本開示の第4の実施形態に係るEUV光生成システムの例示的な構成を示す一部断面図である。第4の実施形態に係るEUV光生成システムは、第1の実施形態の構成に加えて、クリーンルームフロアにおいて、ビーム伝送器50と光検出部55との間の光路に、第2の両ビーム波面調節器82を含んでもよい。第2の両ビーム波面調節器82の構成は、両ビーム波面調節器81の構成と同様でよい。他の点については、第1の実施形態と同様の構成を有してもよい。

また、第2の実施形態又は第3の実施形態の構成に、第2の両ビーム波面調節器82が加えられてもよい（図示せず）。

[0143] 図18A及び図18Bは、ガイドレーザビーム波面調節器84、両ビーム波面調節器81及び第2の両ビーム波面調節器82による波面及びビーム幅の調節原理を説明するための図である。上述の図4Cに示されるように、ガイドレーザビーム波面調節器84によってレーザビームとガイドレーザビームの波面を一致させ、両ビーム波面調節器81によって波面を調節しても、所望のビーム幅とならない場合があり得る。

[0144] そこで、図18Aに示されるように、両ビーム波面調節器81は、ビームモニタ57におけるガイドレーザビームのビーム幅が所定の値となるように制御されてもよい。すなわち、両ビーム波面調節器81は、ビームモニタ57における波面の検出結果に基づいて制御されるのではなく、ビームモニタ57におけるビーム幅の検出結果に基づいて制御されてもよい。

[0145] さらに、図18Bに示されるように、第2の両ビーム波面調節器82は、ビームモニタ57におけるガイドレーザビームの波面に関するパラメータが所定の値となるように制御されてもよい。すなわち、第2の両ビーム波面調節器82は、ビームモニタ57における波面の検出結果に基づいて制御されてもよい。

[0146] このようにして、ビームモニタ57におけるビーム幅と波面とが所望の値

に調節されてもよい。なお、ビーム伝送器 50 と第 2 の両ビーム波面調節器 82 との間の光路に、ビーム伝送器 50 からのレーザビーム及びガイドレーザビームのビーム幅を検出するための第 2 のビームモニタ（図示せず）を配置してもよい。すなわち、ビームモニタ 57 の検出結果に基づいて波面に関するパラメータを算出し、第 2 のビームモニタの検出結果に基づいてビーム幅を算出してもよい。

[0147] 6. 2 動作

6. 2. 1 メインフロー

図 19 は、第 4 の実施形態におけるコントローラ 58 の例示的な動作を示すフローチャートである。コントローラ 58 は、ガイドレーザビームを用いてレーザビームの波面及びビーム幅が所望の値となるように、以下のようにガイドレーザビーム波面調節器 84、両ビーム波面調節器 81 及び第 2 の両ビーム波面調節器 82 を制御してもよい。

[0148] まず、コントローラ 58 は、ガイドレーザビーム波面調節器 84、両ビーム波面調節器 81 及び第 2 の両ビーム波面調節器 82 を制御するための初期設定を行ってもよい（S2150）。その後、コントローラ 58 は、処理を S2200 に進めてもよい。S2200 から S2600 までの処理は、第 1 の実施形態と同様でよい。

S2500 において、上述の差 ΔWdg の絶対値が所定の閾値 $\Delta Wdgr$ 以下である場合（S2500；YES）、コントローラ 58 は、処理を S2700 に進めてもよい。

[0149] S2700 において、コントローラ 58 は、ビームモニタ 57 を制御し、ビームモニタ 57 から検出結果を受信して、ガイドレーザビームのビーム幅 Dg を算出してもよい。

[0150] 次に、コントローラ 58 は、ガイドレーザビームのビーム幅 Dg と所定値 Dt との差 ΔDgt を、以下の式によって算出してもよい（S2800）。

$$\Delta Dgt = Dg - Dt$$

所定値 Dt は、例えば、レーザビームの集光スポット幅が望ましい値となる

ようにするためのガイドレーザビームのビーム幅であってもよい。ガイドレーザビームのビーム幅は、ガイドレーザビーム波面調節器 84 による波面の制御によってレーザビームのビーム幅とは別個に変動し得る。しかし、ガイドレーザビーム波面調節器 84 のオプティカルパワーが決定された条件のもとでは、ガイドレーザビームのビーム幅とレーザビームのビーム幅とはほぼ 1 対 1 に対応し得る。レーザビームのビーム幅が決定されれば、レーザビームの集光スポット幅が決定され得る。そこで、レーザビームの集光スポット幅が望ましい値となるようにするためのガイドレーザビームのビーム幅を、ガイドレーザビーム波面調節器 84 のオプティカルパワーに対応付けて、ストレージメモリ 1005（後述）に記憶させておいてもよい。このデータと、ガイドレーザビーム波面調節器 84 のオプティカルパワーとに基づいて、所定値 D_t が決定されてもよい。

[0151] 次に、コントローラ 58 は、S 2800 で算出された差 ΔD_{gt} の絶対値が所定の閾値 ΔD_{gtr} 以下であるか否かを判定してもよい（S 2900）。所定の閾値 ΔD_{gtr} は、正の値でもよい。

[0152] 差 ΔD_{gt} の絶対値が所定の閾値 ΔD_{gtr} 以下ではない場合（S 2900；NO）、コントローラ 58 は、差 ΔD_{gt} が 0 に近づくように、両ビーム波面調節器 81 を制御してもよい（S 3000）。そして、コントローラ 58 は、処理を上述の S 2700 に戻してその後の処理を繰り返してもよい。

[0153] 差 ΔD_{gt} の絶対値が所定の閾値 ΔD_{gtr} 以下である場合（S 2900；YES）、コントローラ 58 は、処理を S 3100 に進めてもよい。S 3100 において、コントローラ 58 は、S 2300 と同様に、ガイドレーザビームの波面に関するパラメータ W_g を算出してもよい。その後、コントローラ 58 は、処理を S 3200 に進めてもよい。S 3200 及びその次の S 3300 の処理は、第 1 の実施形態と同様でよい。

[0154] S 3300 において、上述の差 ΔW_{gt} の絶対値が所定の閾値 ΔW_{gtr} 以下ではない場合（S 3300；NO）、コントローラ 58 は、差 ΔW_{gt}

が0に近づくように、第2の両ビーム波面調節器82を制御してもよい（S3450）。そして、コントローラ58は、処理を上述のS3100に戻してその後の処理を繰り返してもよい。

差 ΔW_{gt} の絶対値が所定の閾値 ΔW_{gt_r} 以下である場合（S3300；YES）、コントローラ58は、処理をS3600に進めてもよい。S3600及びその次のS3700の処理は、第1の実施形態と同様でよい。

[0155] S2150の処理が終了してからS3600の処理が終了するまでの間は、ターゲット生成部26からターゲット27が出力されなくてもよい。また、S2150の処理が終了してからS3600の処理が終了するまでの間は、S2200でレーザビームの波面に関するパラメータWdを算出する場合を除いて、レーザシステム3からレーザビームが出力されなくてもよい。S3600の処理が行われた後、EUV光生成制御部5による制御によって、ターゲット生成部26からターゲット27が出力され、レーザシステム3からレーザビームが出力されてもよい。

[0156] S3700において、EUV光生成制御部5から制御中止を示す信号を受信した場合（S3700：YES）、コントローラ58は、制御を中止し、本フローチャートによる処理を終了してもよい。制御中止を示す信号を受信していない場合（S3700：NO）、上述のS2700に戻ってその後の処理を繰り返してもよい。S3700からS2700に戻った場合に、その後S2700からS3700までの処理が行われている間は、ターゲット27及びレーザビームの出力が行われてもよい。

[0157] 6. 2. 2 初期設定（S2150の詳細）

図20Aは、図19に示された初期設定の処理を示すフローチャートである。図20Aに示される処理は、図19に示されたS2150のサブルーチンとして、コントローラ58によって行われてもよい。

[0158] まず、コントローラ58は、波面の制御が完了していないこと（波面NG）を示す信号を、EUV光生成制御部5に出力してもよい（S2151）。これにより、EUV光生成制御部5が、ターゲット生成部26からのターゲ

ット27の出力を停止させ、レーザシステム3からのレーザビームの出力を停止させてもよい。

- [0159] 次に、コントローラ58は、初期値の設定を行ってもよい（S2152）。具体的には、上述のオプティカルパワーの現在値P#1、P#2、及び第2の両ビーム波面調節器82のオプティカルパワーの現在値P#3を、0に設定してもよい。

S2152の後、コントローラ58は、本フローチャートによる処理を終了してもよい。

- [0160] 6. 2. 3 Dgの算出（S2700の詳細）

図20Bは、図19に示されたガイドレーザビームのビーム幅Dgの算出処理を示すフローチャートである。図20Bに示される処理は、図19に示されたS2700のサブルーチンとして、コントローラ58によって行われてもよい。

- [0161] まず、コントローラ58は、ビームモニタ57を制御して、ビームモニタ57に含まれる上述の第2のバンドパスフィルタをセットしてもよい（S2701）。

- [0162] 次に、コントローラ58は、ガイドレーザ装置40からガイドレーザビームが出力されたか否かを判定してもよい（S2702）。ガイドレーザビームが出力されていない場合（S2702：NO）、コントローラ58はガイドレーザ装置40からガイドレーザビームが出力されるまで待機してもよい。ガイドレーザビームが出力された場合（S2702：YES）、コントローラ58は処理をS2703に進めてもよい。

- [0163] S2703において、コントローラ58は、ビームモニタ57により、ガイドレーザビームのビームプロファイルを取得してもよい。

次に、コントローラ58は、S2703において取得したビームプロファイルから、ガイドレーザビームのビーム幅Dgを算出し（S2704）、本フローチャートによる処理を終了してもよい。

- [0164] 6. 2. 4 両ビーム波面調節器の制御（S3000の詳細）

図20Cは、図19に示された両ビーム波面調節器81を制御する処理を示すフローチャートである。図20Cに示される処理は、図19に示されたS3000のサブルーチンとして、コントローラ58によって行われてもよい。まず、コントローラ58は、上述の差 ΔDgt と0とを比較してもよい(S3002)。

[0165] S3002において、差 ΔDgt が0より小さい場合($\Delta Dgt < 0$)、コントローラ58は処理をS3004に進めてもよい。S3004において、両ビーム波面調節器81のオプティカルパワーの現在値 $P\#2$ から所定の定数 $\Delta P\#2$ を減算した値を、目標オプティカルパワー $P2$ として設定してもよい。

[0166] S3002において、差 ΔDgt が0より大きい場合($\Delta Dgt > 0$)、コントローラ58は処理をS3005に進めてもよい。S3005において、両ビーム波面調節器81のオプティカルパワーの現在値 $P\#2$ に所定の定数 $\Delta P\#2$ を加算した値を、目標オプティカルパワー $P2$ として設定してもよい。所定の定数 $\Delta P\#2$ は、正の値でもよい。

[0167] 次に、コントローラ58は、両ビーム波面調節器81のオプティカルパワーが目標オプティカルパワー $P2$ に近づくように両ビーム波面調節器81に制御信号を出力してもよい(S3006)。

次に、コントローラ58は、上述の $P2$ を、両ビーム波面調節器81のオプティカルパワーの現在値 $P\#2$ としてメモリ1002(後述)に記憶させてもよい(S3007)、本フローチャートによる処理を終了してもよい。

[0168] 6. 2. 5 第2の両ビーム波面調節器の制御(S3450の詳細)

図20Dは、図19に示された第2の両ビーム波面調節器82を制御する処理を示すフローチャートである。図20Dに示される処理は、図19に示されたS3450のサブルーチンとして、コントローラ58によって行われてもよい。まず、コントローラ58は、上述の差 ΔWgt と0とを比較してもよい(S3452)。

[0169] S3452において、差 ΔWgt が0より小さい場合($\Delta Wgt < 0$)、

コントローラ 58 は処理を S 3 4 5 4 に進めてもよい。S 3 4 5 4 において、第 2 の両ビーム波面調節器 8 2 のオプティカルパワーの現在値 P # 3 から所定の定数 $\Delta P \# 3$ を減算した値を、目標オプティカルパワー P 3 として設定してもよい。

[0170] S 3 4 5 2 において、差 $\Delta W g t$ が 0 より大きい場合 ($\Delta W g t > 0$)、コントローラ 58 は処理を S 3 4 5 5 に進めてもよい。S 3 4 5 5 において、第 2 の両ビーム波面調節器 8 2 のオプティカルパワーの現在値 P # 3 に所定の定数 $\Delta P \# 3$ を加算した値を、目標オプティカルパワー P 3 として設定してもよい。所定の定数 $\Delta P \# 3$ は、正の値でもよい。

[0171] 次に、コントローラ 58 は、第 2 の両ビーム波面調節器 8 2 のオプティカルパワーが目標オプティカルパワー P 3 に近づくように第 2 の両ビーム波面調節器 8 2 に制御信号を出力してもよい (S 3 4 5 6)。

次に、コントローラ 58 は、上述の P 3 を、第 2 の両ビーム波面調節器 8 2 のオプティカルパワーの現在値 P # 3 としてメモリ 1 0 0 2 (後述) に記憶させ (S 3 4 5 7)、本フローチャートによる処理を終了してもよい。

[0172] 7. レーザシステム (第 5 の実施形態)

図 2 1 は、本開示の第 5 の実施形態の E U V 光生成システムに含まれるレーザシステムの例示的な構成を概略的に示す。図 2 1 において、E U V 光生成装置の図示は省略されている。第 5 の実施形態において、レーザシステム 3 は、マスターオシレータ 3 0 0 と、複数の増幅器 3 0 1 ~ 3 0 3 とを含んでもよい。

[0173] さらに、レーザシステム 3 は、ガイドレーザ装置 3 4 0 と、ガイドレーザビーム波面調節器 3 8 4 と、ビーム結合器 3 4 4 と、両ビーム波面調節器 3 8 1 とを含んでもよい。さらに、レーザシステム 3 は、第 2 の両ビーム波面調節器 3 8 2 と、ビームスプリッタ 3 5 6 と、ビームモニタ 3 5 7 と、コントローラ 3 5 8 とを含んでもよい。

[0174] ガイドレーザ装置 3 4 0 は、そのガイドレーザ装置 3 4 0 から出力されるガイドレーザビームがガイドレーザビーム波面調節器 3 8 4 に入射するよう

に配置されてもよい。ガイドレーザビーム波面調節器 384 は、ガイドレーザ装置 340 から出力されたガイドレーザビームの光路に配置されていてもよい。

[0175] マスターオシレータ 300 は、レーザビームの種光を出力するよう構成されてもよい。増幅器 301 は、マスターオシレータ 300 から出力された種光を増幅し、増幅器 302 は、増幅器 301 において増幅されて増幅器 301 から出力されたレーザビームを、さらに増幅してもよい。

[0176] ビーム結合器 344 は、ダイクロイックミラーを含んでもよい。ビーム結合器 344 の第 1 の面（図中右側の面）には、増幅器 302 から出力されたレーザビームが入射してもよい。ビーム結合器 344 の第 2 の面（図中左側の面）には、ガイドレーザビーム波面調節器 384 から出力されたガイドレーザビームが入射してもよい。ビーム結合器 344 は、第 1 の面に入射したレーザビームを高い透過率で透過させ、第 2 の面に入射したガイドレーザビームを高い反射率で反射してもよい。ビーム結合器 344 は、レーザビームの進行方向とガイドレーザビームの進行方向とを実質的に一致させるように、上記各ビームの光路に対して所定の設置角度で設置されてもよい。

[0177] 両ビーム波面調節器 381 は、ビーム結合器 344 から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームの光路に配置されていてもよい。

[0178] 増幅器 303 は、両ビーム波面調節器 381 から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームを通過させてもよい。このとき、増幅器 303 は、少なくともレーザビームを増幅して通過させてもよい。

[0179] 第 2 の両ビーム波面調節器 382 は、増幅器 303 を通過したレーザビーム及びガイドレーザビームの光路に配置されてもよい。

ビームスプリッタ 356 は、第 2 の両ビーム波面調節器 382 から出力されたレーザビーム及びガイドレーザビームの光路に配置されてもよい。ビームスプリッタ 356 は、少なくともレーザビームを高い透過率でビーム伝送器 50（図 2）に向けて透過させるとともに、レーザビームの一部及びガイドレーザビームをサンプル光として反射してもよい。

ビームモニタ 357 は、ビームスプリッタ 356 によって反射されたレーザビーム及びガイドレーザビームを含むサンプル光の光路に配置されてもよい。

[0180] ガイドレーザ装置 340、ガイドレーザビーム波面調節器 384、ビーム結合器 344 及び両ビーム波面調節器 381 の構成は、それぞれ、上述のガイドレーザ装置 40、ガイドレーザビーム波面調節器 84、ビーム結合器 44 及び両ビーム波面調節器 81 の構成と同様でよい。第 2 の両ビーム波面調節器 382、ビームスプリッタ 356 及びビームモニタ 357 の構成は、それぞれ、上述の第 2 の両ビーム波面調節器 82、ビームスプリッタ 56 及びビームモニタ 57 の構成と同様でよい。

[0181] コントローラ 358 は、ビームモニタ 357 から出力される検出結果に基づいて、ガイドレーザビーム波面調節器 384、両ビーム波面調節器 381 及び第 2 の両ビーム波面調節器 382 を制御してもよい。コントローラ 358 の機能は、第 4 の実施形態において説明したコントローラ 58 の機能と同様でよい。

[0182] 第 5 の実施形態においては、第 2 の両ビーム波面調節器 382 が設けられなくてもよい。その場合には、コントローラ 358 の機能は、第 1 の実施形態において説明したコントローラ 58 の機能と同様でよい。

[0183] 第 5 の実施形態によれば、マスターオシレータ 300 からレーザビームが出力されていないときにも、コントローラ 358 は、ガイドレーザビームの波面に関するパラメータに基づいて、ガイドレーザビーム波面調節器 384、両ビーム波面調節器 381 及び第 2 の両ビーム波面調節器 382 を制御し得る。これにより、レーザビームの出力初期においても、レーザビームの波面を予め定めた範囲内へ制御できる。

[0184] 8. コントローラの構成

図 22 は、コントローラ 58 の概略構成を示すブロック図である。

上述した実施の形態におけるコントローラ 58 は、コンピュータやプログラマブルコントローラ等汎用の制御機器によって構成されてもよい。たとえ

ば、以下のように構成されてもよい。

[0185] (構成)

コントローラは、処理部1000と、処理部1000に接続される、ストレージメモリ1005と、ユーザインターフェイス1010と、パラレルI/Oコントローラ1020と、シリアルI/Oコントローラ1030と、A/D、D/Aコンバータ1040とによって構成されてもよい。また、処理部1000は、CPU1001と、CPU1001に接続された、メモリ1002と、タイマー1003と、GPU1004とから構成されてもよい。

[0186] (動作)

処理部1000は、ストレージメモリ1005に記憶されたプログラムを読み出してもよい。また、処理部1000は、読み出したプログラムを実行したり、プログラムの実行に従ってストレージメモリ1005からデータを読み出したり、ストレージメモリ1005にデータを記憶させたりしてもよい。

[0187] パラレルI/Oコントローラ1020は、パラレルI/Oポートを介して通信可能な機器1021～102xに接続されてもよい。パラレルI/Oコントローラ1020は、処理部1000がプログラムを実行する過程で行うパラレルI/Oポートを介した、デジタル信号による通信を制御してもよい。

[0188] シリアルI/Oコントローラ1030は、シリアルI/Oポートを介して通信可能な機器1031～103xに接続されてもよい。シリアルI/Oコントローラ1030は、処理部1000がプログラムを実行する過程で行うシリアルI/Oポートを介した、デジタル信号による通信を制御してもよい。

[0189] A/D、D/Aコンバータ1040は、アナログポートを介して通信可能な機器1041～104xに接続されてもよい。A/D、D/Aコンバータ1040は、処理部1000がプログラムを実行する過程で行うアナログポートを介した、アナログ信号による通信を制御してもよい。

[0190] ユーザインターフェイス 1010 は、オペレータが処理部 1000 によるプログラムの実行過程を表示したり、オペレータによるプログラム実行の中止や割り込み処理を処理部 1000 に行わせたりするよう構成されてもよい。

[0191] 処理部 1000 の CPU 1001 はプログラムの演算処理を行ってもよい。メモリ 1002 は、CPU 1001 がプログラムを実行する過程で、プログラムの一時記憶や、演算過程でのデータの一時記憶を行ってもよい。タイマー 1003 は、時刻や経過時間を計測し、プログラムの実行に従って CPU 1001 に時刻や経過時間を出力してもよい。GPU 1004 は、処理部 1000 に画像データが入力された際、プログラムの実行に従って画像データを処理し、その結果を CPU 1001 に出力してもよい。

[0192] パラレル I/O コントローラ 1020 に接続される、パラレル I/O ポートを介して通信可能な機器 1021 ~ 102x は、EUV 光生成制御部 5、他のコントローラ等であってもよい。

シリアル I/O コントローラ 1030 に接続される、シリアル I/O ポートを介して通信可能な機器 1031 ~ 103x は、ガイドレーザ装置 40、ビームモニタ 57、両ビーム波面調節器 81、第 2 の両ビーム波面調節器 82、レーザビーム波面調節器 83、ガイドレーザビーム波面調節器 84 等であってもよい。

A/D、D/A コンバータ 1040 に接続される、アナログポートを介して通信可能な機器 1041 ~ 104x は、温度センサ、圧力センサ、真空計等の各種センサであってもよい。

以上のように構成されることで、コントローラ 58 はフローチャートに示された動作を実現可能であってもよい。

[0193] 上記の実施形態とそれらの変形例は、本開示を実施するための例示に過ぎず、本開示はこれらの例示に限定されない。この明細書に従って様々な変形を行うことは本開示の範囲内であり、本開示の範囲内で他の様々な変形を行うことが可能である。実施形態の 1 つにおいて説明された変形例は、他の実

施形態（ここに説明された他の実施形態を含む）においても可能である。

- [0194] 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、修飾句「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。

請求の範囲

[請求項1]

ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、
前記ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの光路に配置されたガイドレーザビーム波面調節器と、
レーザシステムから出力されたレーザビームの進行方向及び前記ガイドレーザビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、
前記ビーム結合器から出力されたレーザビーム及び前記ビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置された両ビーム波面調節器と、
前記両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、
前記両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方についての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記ガイドレーザビーム波面調節器及び前記両ビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラと、
を備えるレーザビーム制御装置。

[請求項2]

前記コントローラは、前記両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方についての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記ガイドレーザビーム波面調節器を制御し、前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームについての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記両ビーム波面調節器を制御するように構成された、請求項1記載のレーザビーム制御装置。

[請求項3]

前記コントローラは、前記両ビーム波面調節器から出力されたレー

ザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方についての前記ビームモニタによる波面の検出結果がほぼ一致するように前記ガイドレーザビーム波面調節器を制御し、その後、前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームについての前記ビームモニタによる波面の検出結果が所望の結果となるように前記両ビーム波面調節器を制御するように構成された、請求項1記載のレーザビーム制御装置。

[請求項4]

ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、

レーザシステムから出力されたレーザビームの光路に配置されたレーザビーム波面調節器と、

前記レーザビーム波面調節器から出力されたレーザビームの進行方向及び前記ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、

前記ビーム結合器から出力されたレーザビーム及び前記ビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置された両ビーム波面調節器と、

前記両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、

前記両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方についての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記レーザビーム波面調節器及び前記両ビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラと、

を備えるレーザビーム制御装置。

[請求項5]

前記コントローラは、前記両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビ

ームの両方についての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記レーザビーム波面調節器を制御し、前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームについての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記両ビーム波面調節器を制御するように構成された、請求項4記載のレーザビーム制御装置。

[請求項6] 前記コントローラは、前記両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方についての前記ビームモニタによる波面の検出結果がほぼ一致するように前記レーザビーム波面調節器を制御し、その後、前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームについての前記ビームモニタによる波面の検出結果が所望の結果となるように前記両ビーム波面調節器を制御するように構成された、請求項4記載のレーザビーム制御装置。

[請求項7] ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、
前記ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの光路に配置されたガイドレーザビーム波面調節器と、
レーザシステムから出力されたレーザビームの光路に配置されたレーザビーム波面調節器と、
前記レーザビーム波面調節器から出力されたレーザビームの進行方向及び前記ガイドレーザビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、
前記ビーム結合器から出力されたレーザビーム及び前記ビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、
前記ビーム結合器から出力されたレーザビーム及び前記ビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方についての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記ガイドレーザビーム波面調節器及

び前記レーザビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラと、

を備えるレーザビーム制御装置。

[請求項8]

前記コントローラは、前記ビーム結合器から出力されたレーザビーム及び前記ビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方についての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記ガイドレーザビーム波面調節器及び前記レーザビーム波面調節器の少なくともいずれかを制御し、前記ビーム結合器から出力されたガイドレーザビームについての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記ガイドレーザビーム波面調節器及び前記レーザビーム波面調節器を制御するように構成された、請求項7記載のレーザビーム制御装置。

[請求項9]

前記コントローラは、前記ビーム結合器から出力されたレーザビーム及び前記ビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方についての前記ビームモニタによる波面の検出結果がほぼ一致するように前記ガイドレーザビーム波面調節器及び前記レーザビーム波面調節器の少なくともいずれかを制御し、その後、前記ビーム結合器から出力されたガイドレーザビームについての前記ビームモニタによる波面の検出結果が所望の結果となるように前記ガイドレーザビーム波面調節器のオプティカルパワーを所定量制御し、且つ、前記レーザビーム波面調節器のオプティカルパワーを前記所定量制御するように構成された、請求項7記載のレーザビーム制御装置。

[請求項10]

ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、

前記ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの光路に配置されたガイドレーザビーム波面調節器と、

レーザシステムから出力されたレーザビームの進行方向及び前記ガイドレーザビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、

前記ビーム結合器から出力されたレーザビーム及び前記ビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置された両ビーム波面調節器と、

前記両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、

前記両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方についての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記ガイドレーザビーム波面調節器及び前記両ビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラと

を備えるレーザビーム制御装置と、

前記レーザビーム制御装置から出力されるレーザビームを内部に通過させる入射口が設けられたチャンバと、

前記チャンバ内にターゲットを出力するターゲット生成部と、

前記レーザビームを前記チャンバ内で集光させるレーザ集光光学系と、

を備える極端紫外光生成装置。

[請求項11]

ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、

レーザシステムから出力されたレーザビームの光路に配置されたレーザビーム波面調節器と、

前記レーザビーム波面調節器から出力されたレーザビームの進行方向及び前記ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、

前記ビーム結合器から出力されたレーザビーム及び前記ビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置された両ビーム波面調節器と、

前記両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、

前記両ビーム波面調節器から出力されたレーザビーム及び前記両ビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの両方についての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記レーザビーム波面調節器及び前記両ビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラと、

を備えるレーザビーム制御装置と、

前記レーザビーム制御装置から出力されるレーザビームを内部に通過させる入射口が設けられたチャンバと、

前記チャンバ内にターゲットを出力するターゲット生成部と、

前記レーザビームを前記チャンバ内で集光させるレーザ集光光学系と、

を備える極端紫外光生成装置。

[請求項12]

ガイドレーザビームを出力するガイドレーザ装置と、

前記ガイドレーザ装置から出力されたガイドレーザビームの光路に配置されたガイドレーザビーム波面調節器と、

レーザシステムから出力されたレーザビームの光路に配置されたレーザビーム波面調節器と、

前記レーザビーム波面調節器から出力されたレーザビームの進行方向及び前記ガイドレーザビーム波面調節器から出力されたガイドレーザビームの進行方向を互いに実質的に一致させるように構成されたビーム結合器と、

前記ビーム結合器から出力されたレーザビーム及び前記ビーム結合器から出力されたガイドレーザビームの両方の光路に配置されたビームモニタと、

前記ビーム結合器から出力されたレーザビーム及び前記ビーム結合

器から出力されたガイドレーザビームの両方についての前記ビームモニタによる検出結果に基づいて前記ガイドレーザビーム波面調節器及び前記レーザビーム波面調節器を制御するように構成されたコントローラと、

を備えるレーザビーム制御装置と、

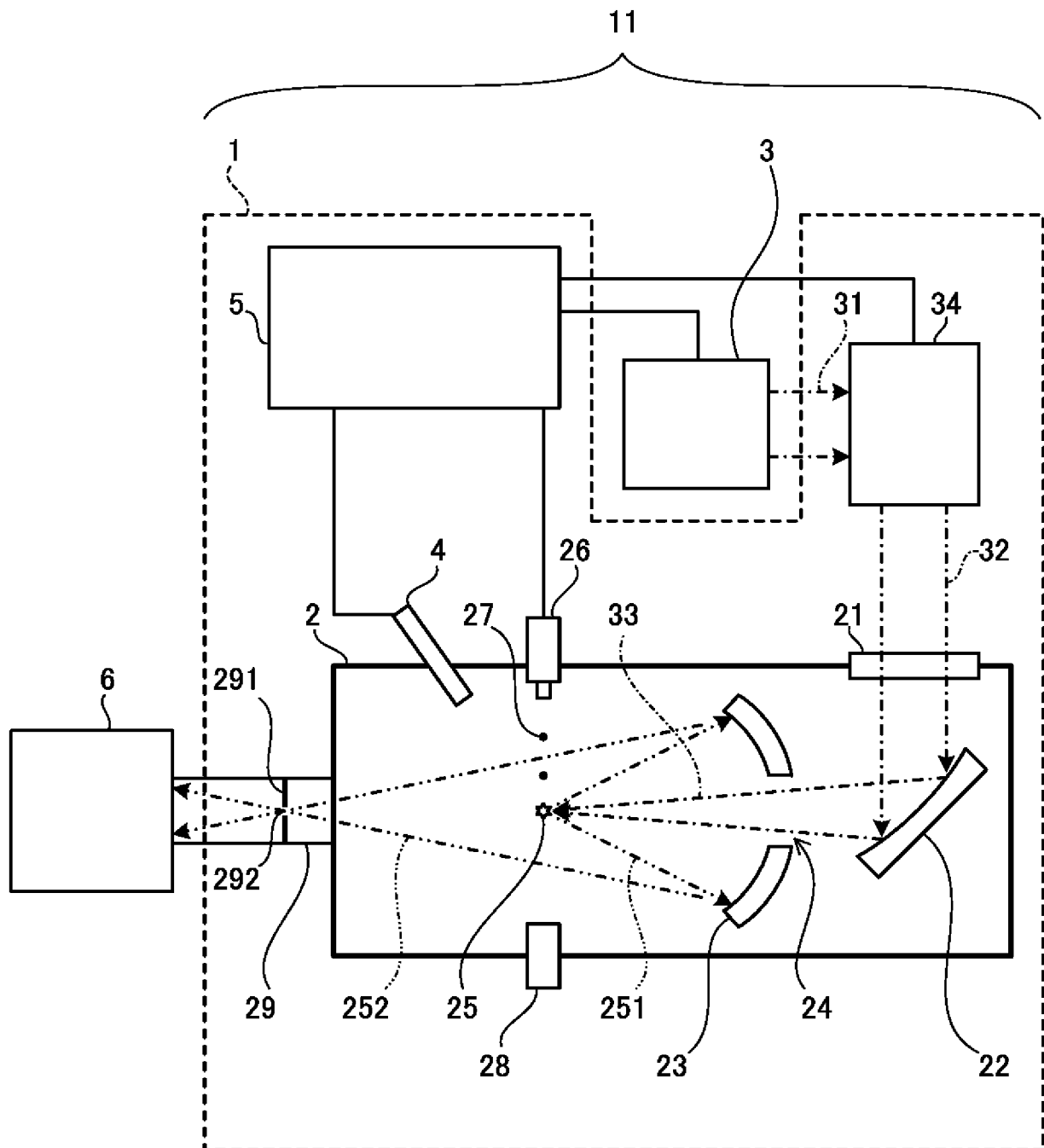
前記レーザビーム制御装置から出力されるレーザビームを内部に通過させる入射口が設けられたチャンバと、

前記チャンバ内にターゲットを出力するターゲット生成部と、

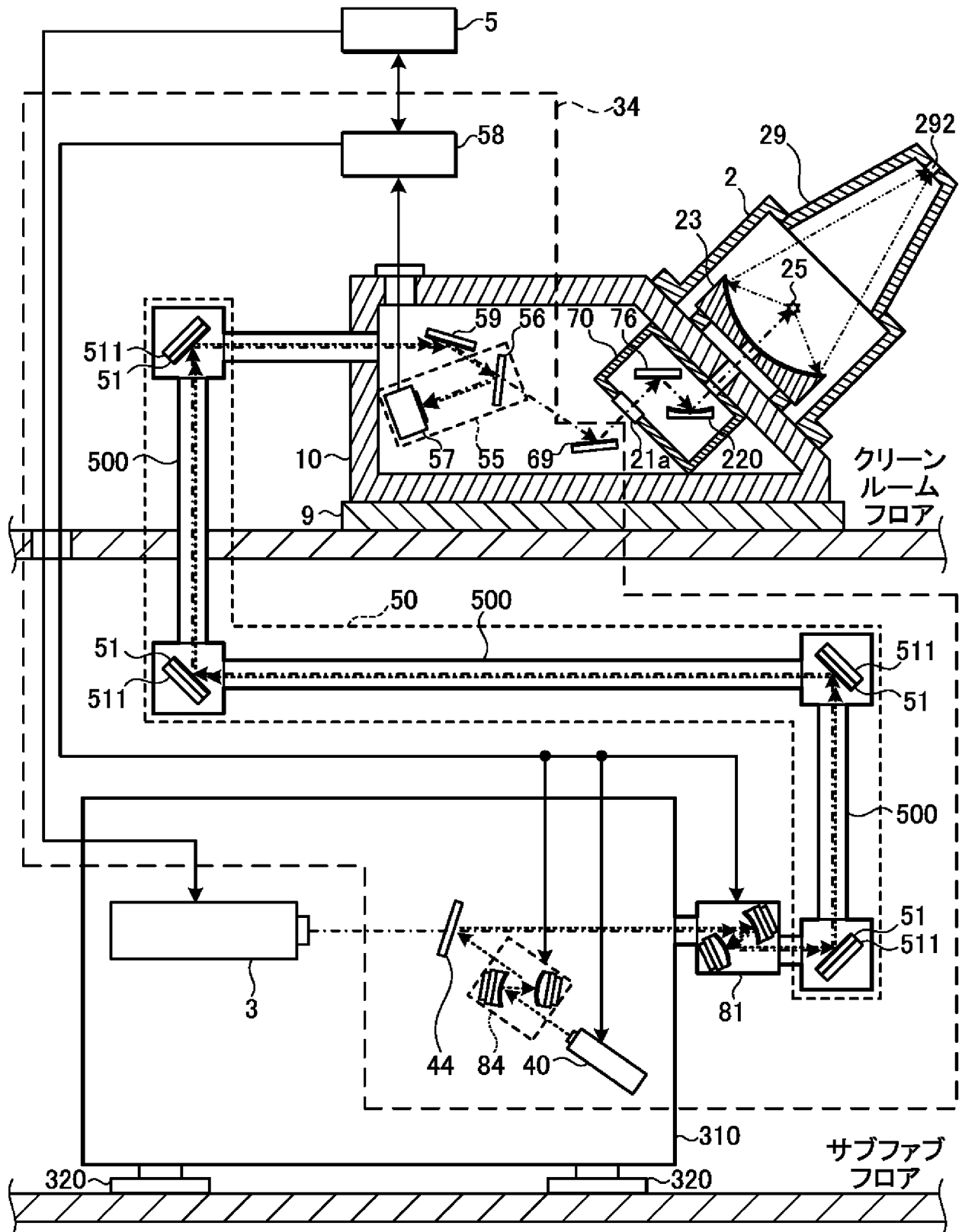
前記レーザビームを前記チャンバ内で集光させるレーザ集光光学系と、

を備える極端紫外光生成装置。

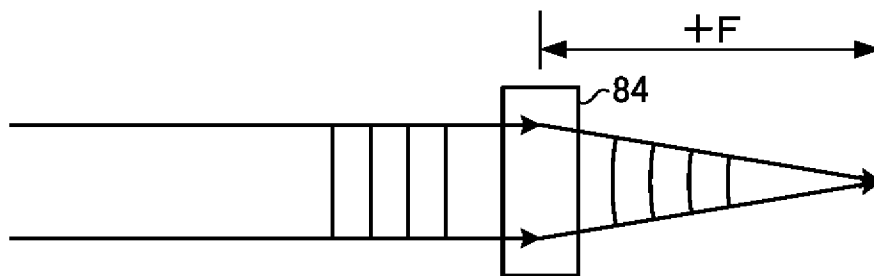
[図1]



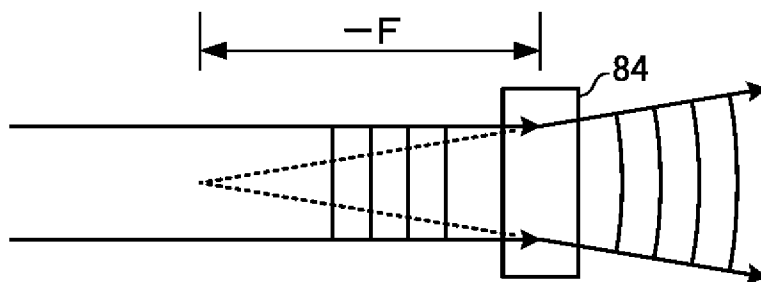
[図2]



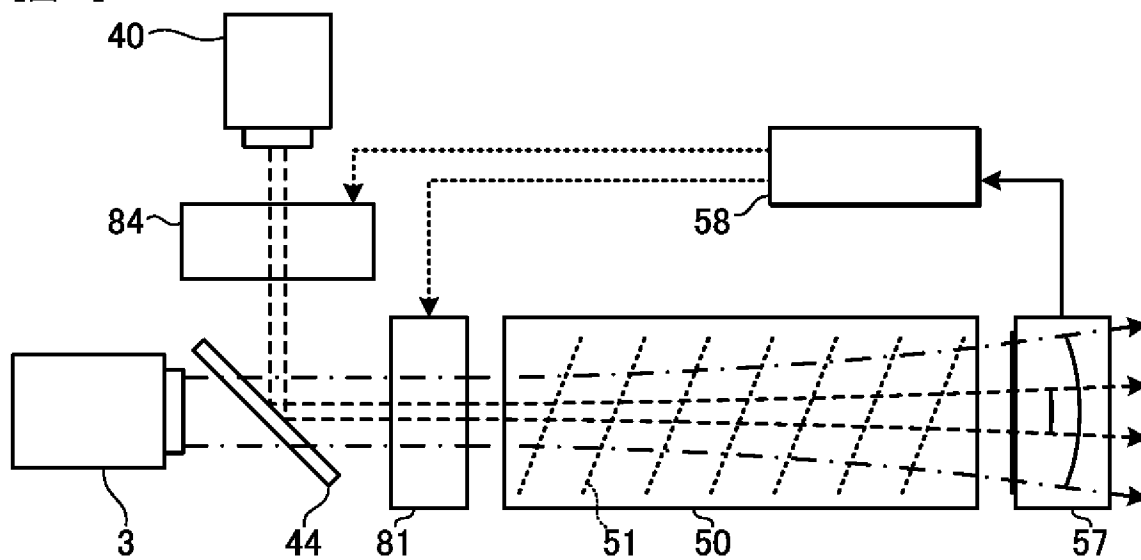
[図3A]



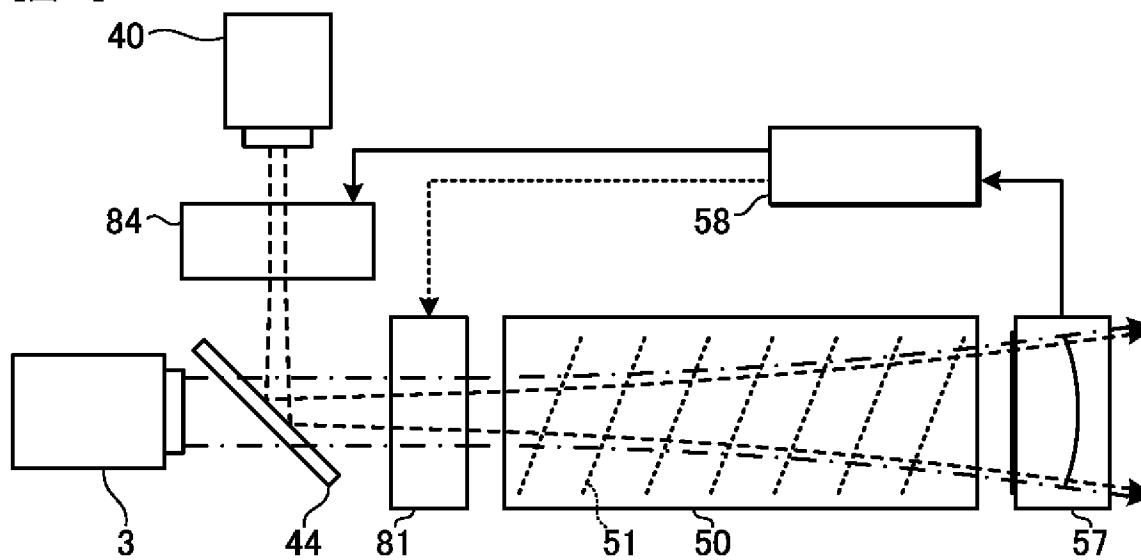
[図3B]



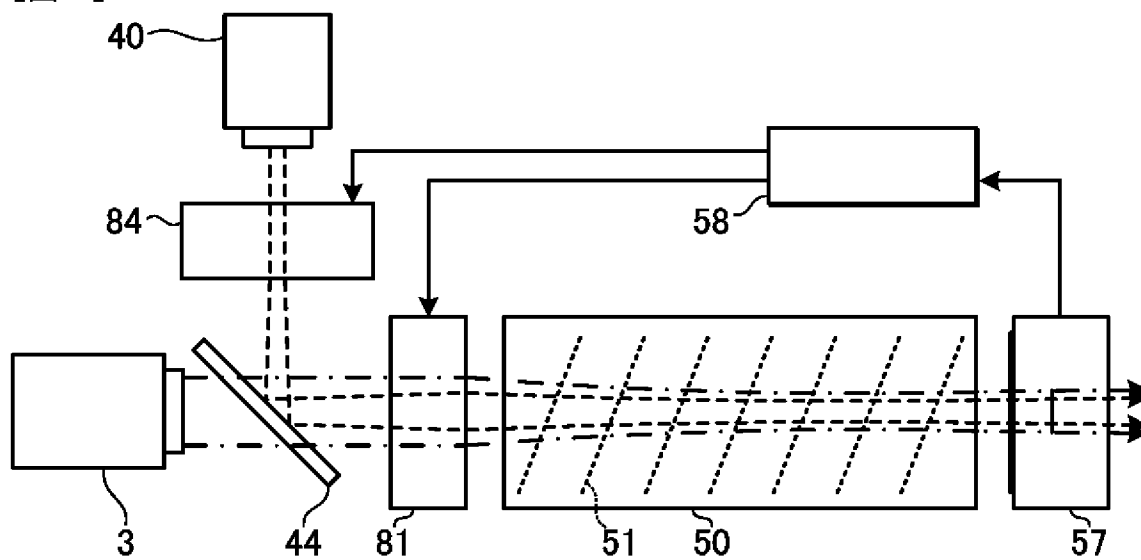
[図4A]



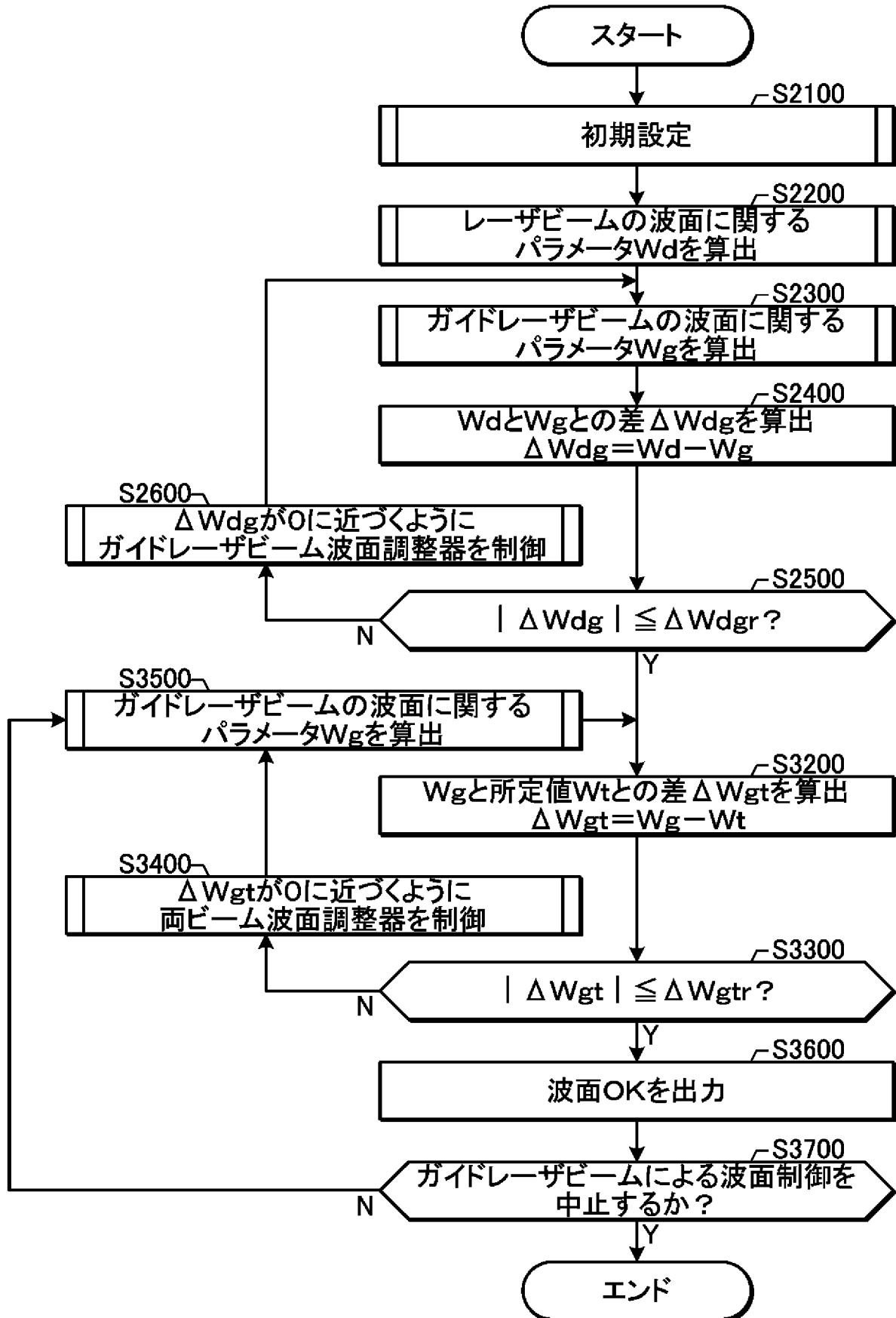
[図4B]



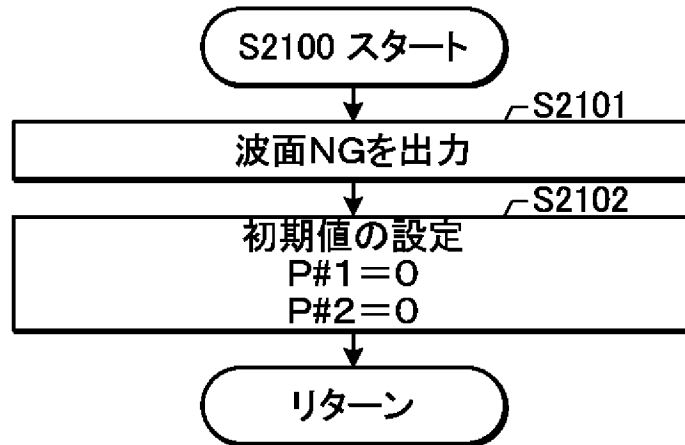
[図4C]



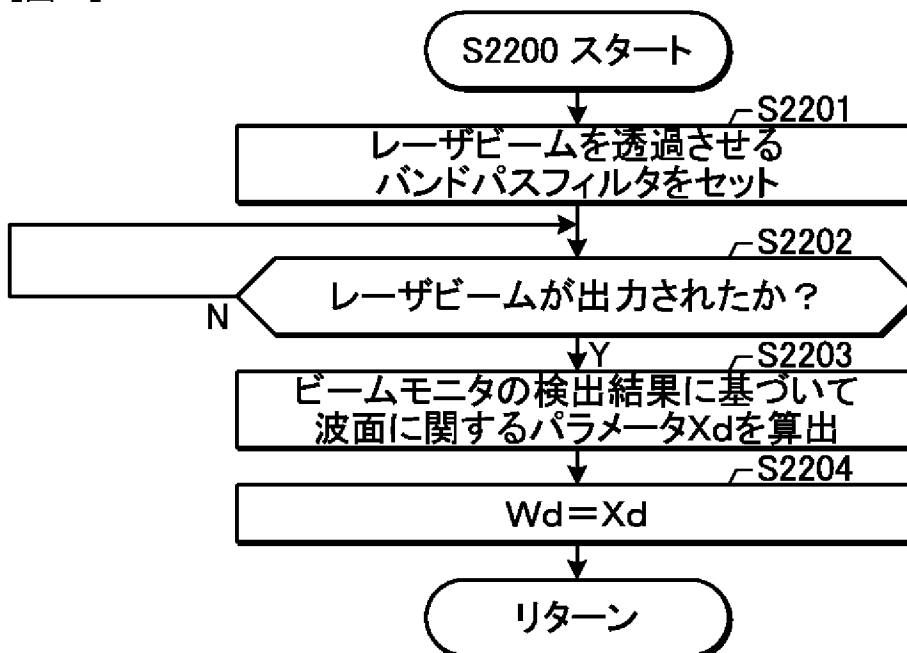
[図5]



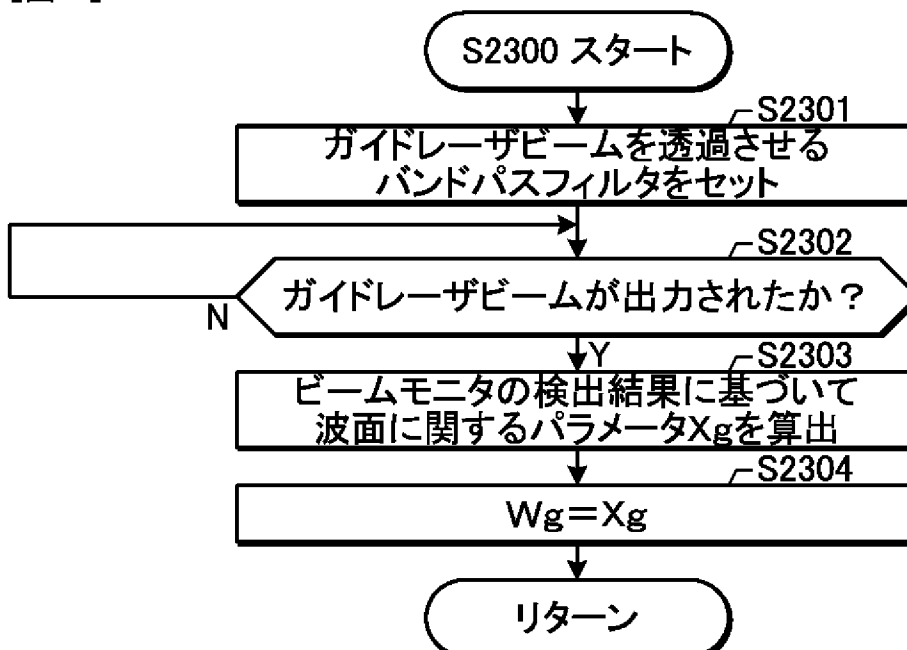
[図6A]



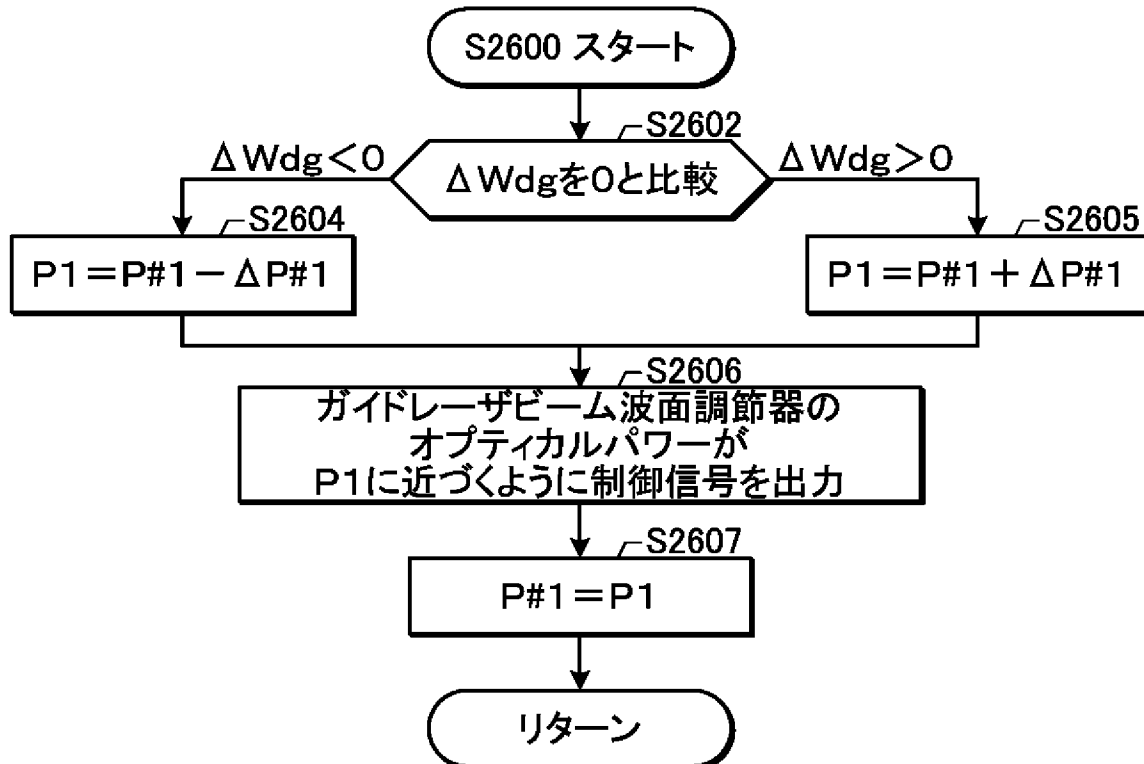
[図6B]



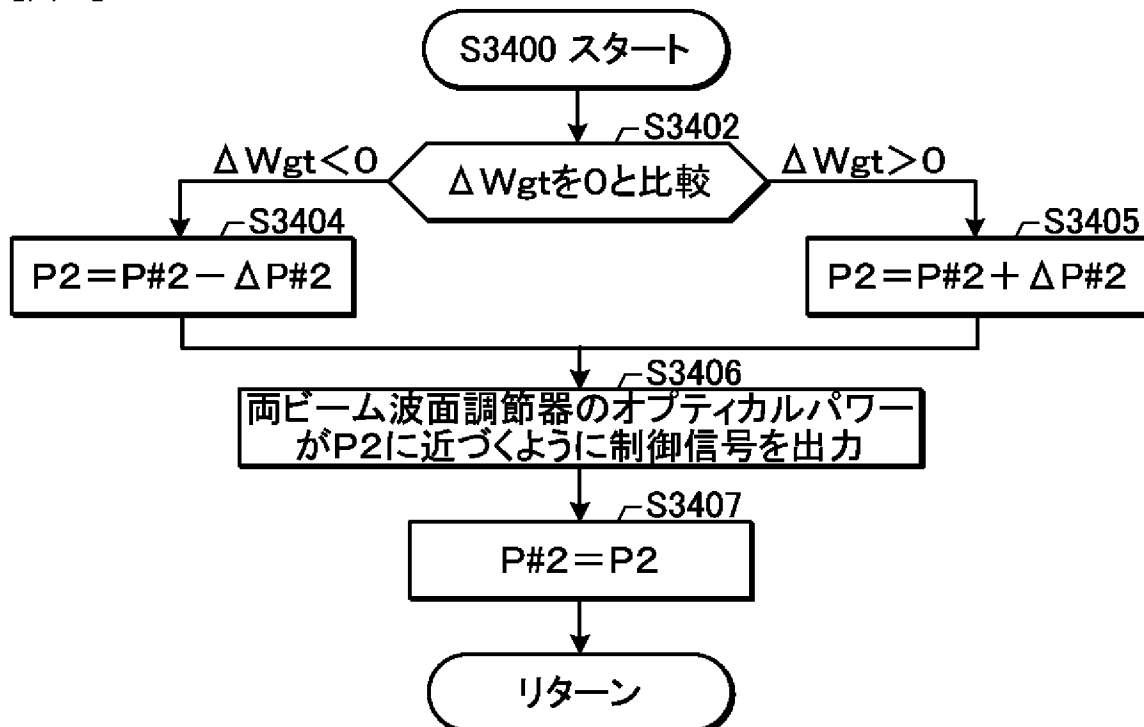
[図6C]



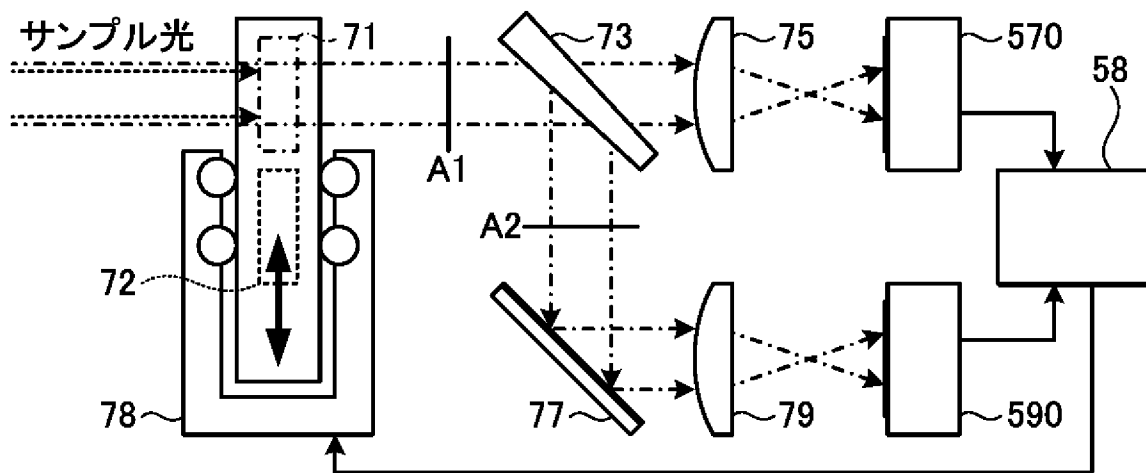
[図6D]



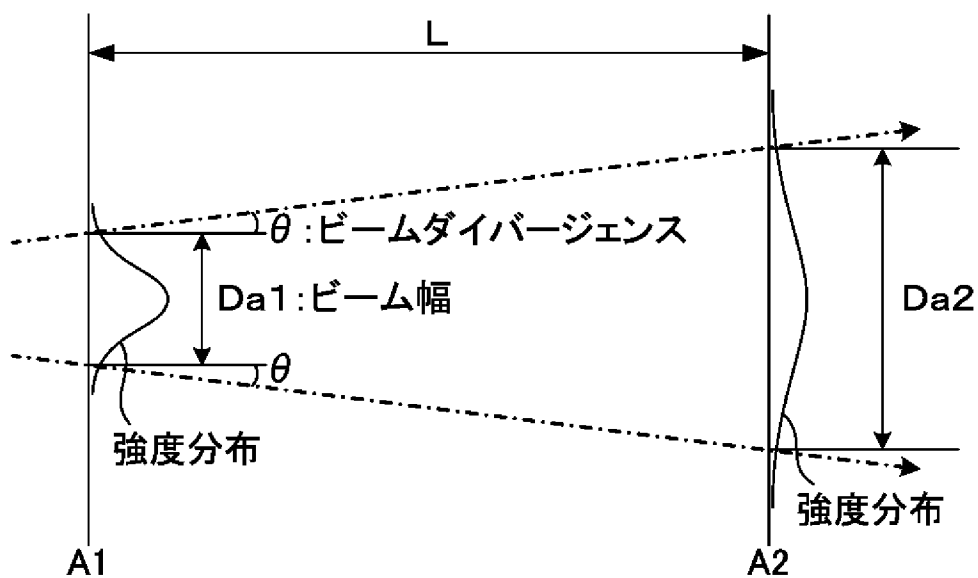
[図6E]



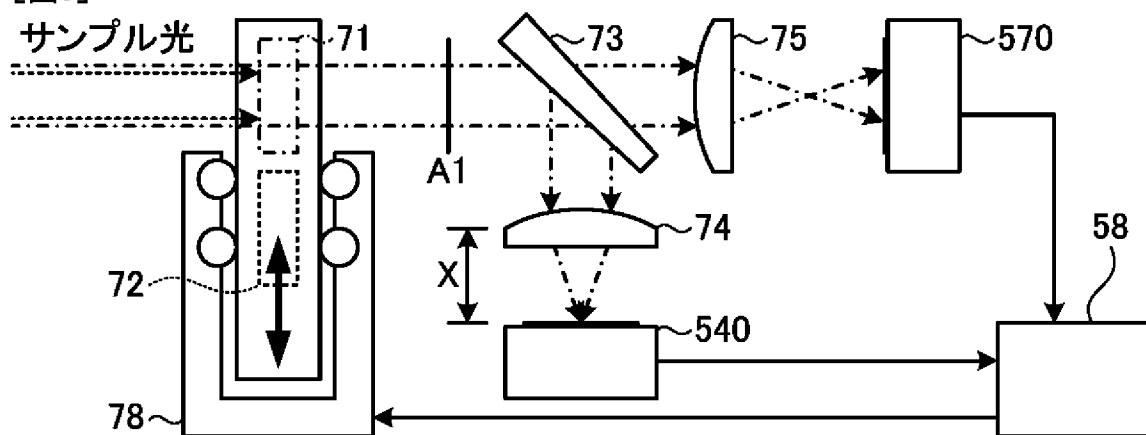
[図7A]



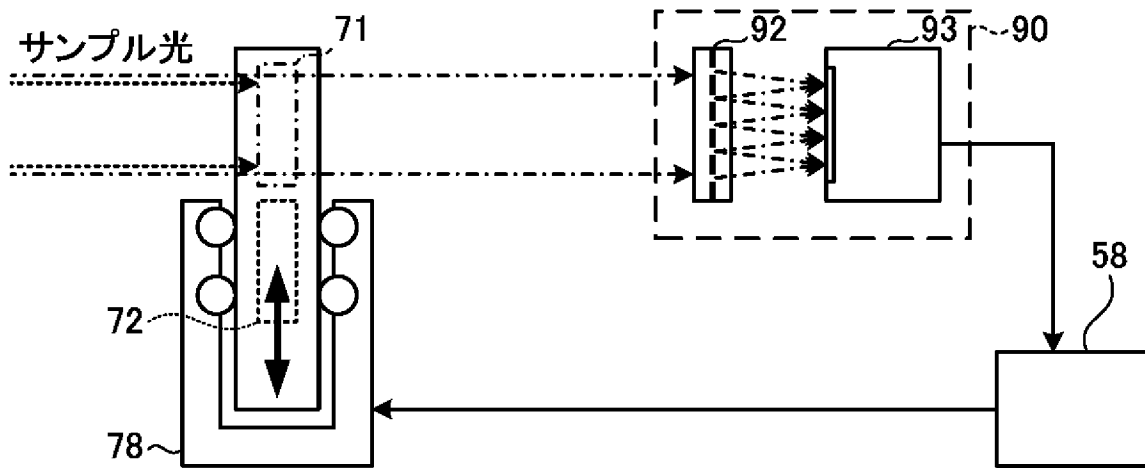
[図7B]



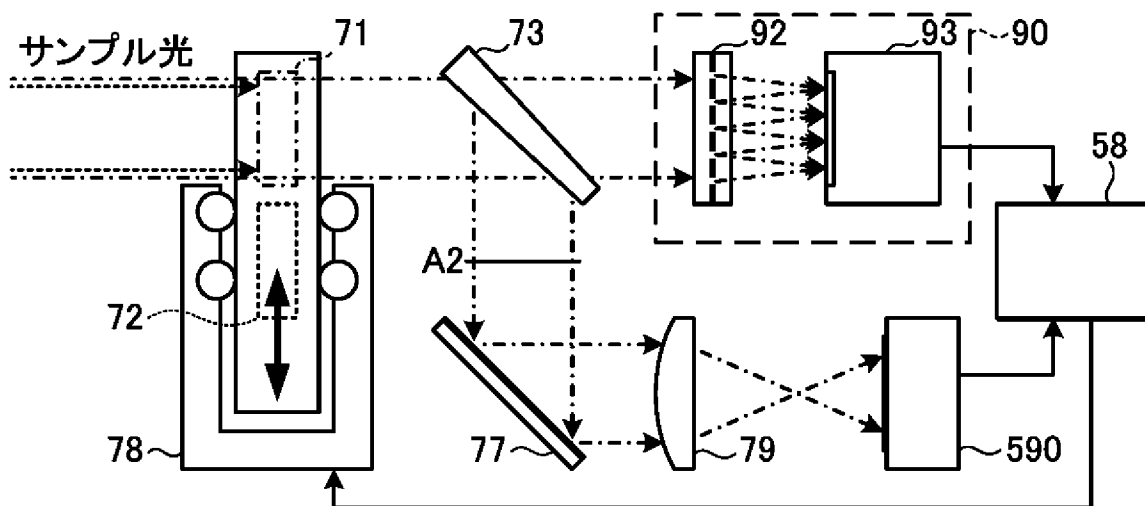
[図8]



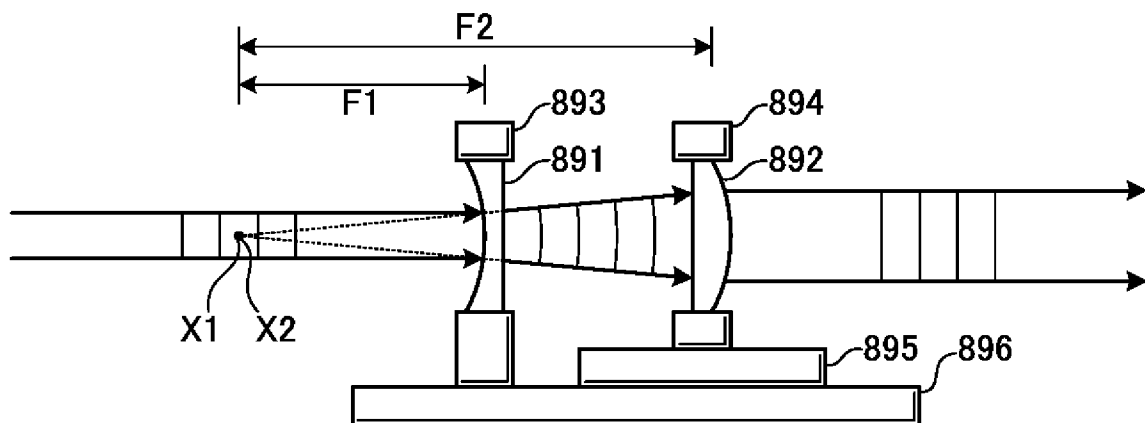
[図9]



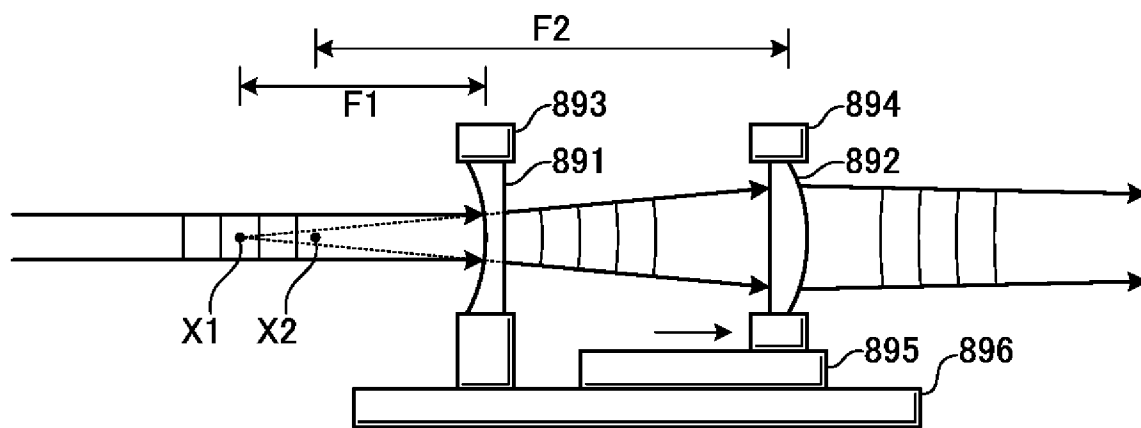
[図10]



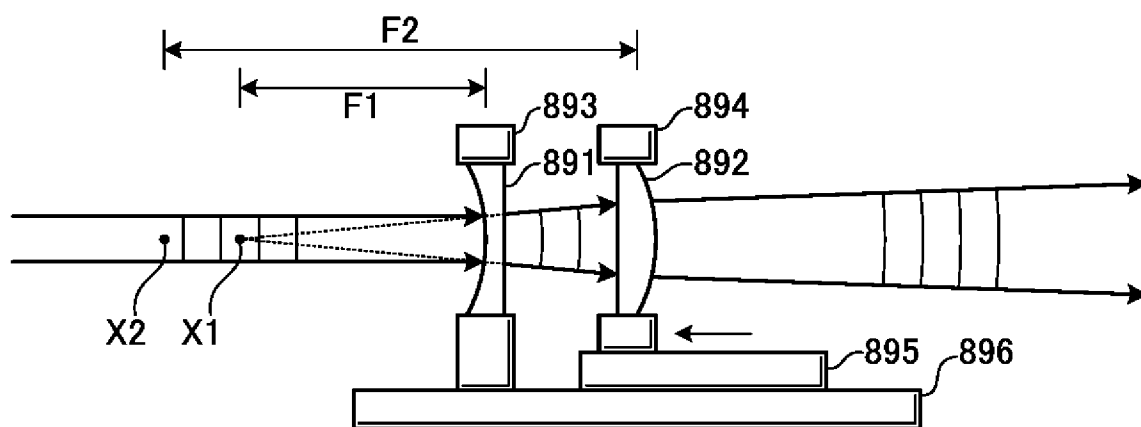
[図11A]



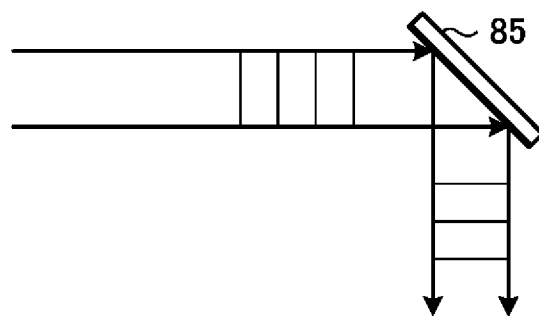
[図11B]



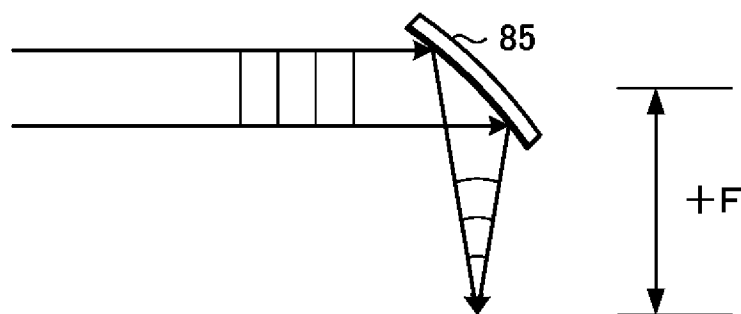
[図11C]



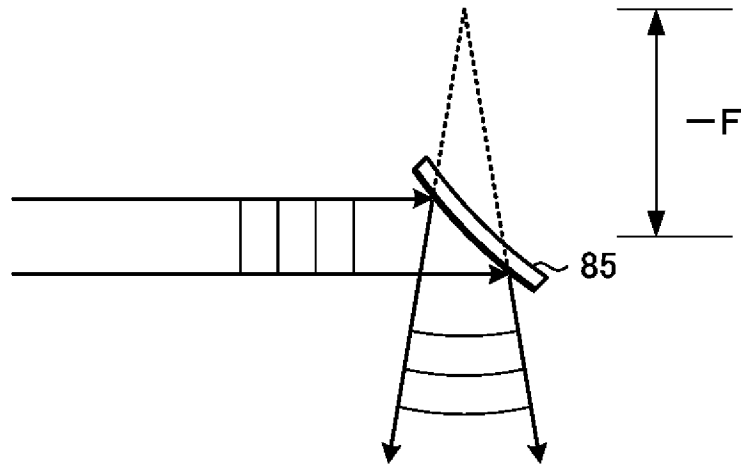
[図12A]



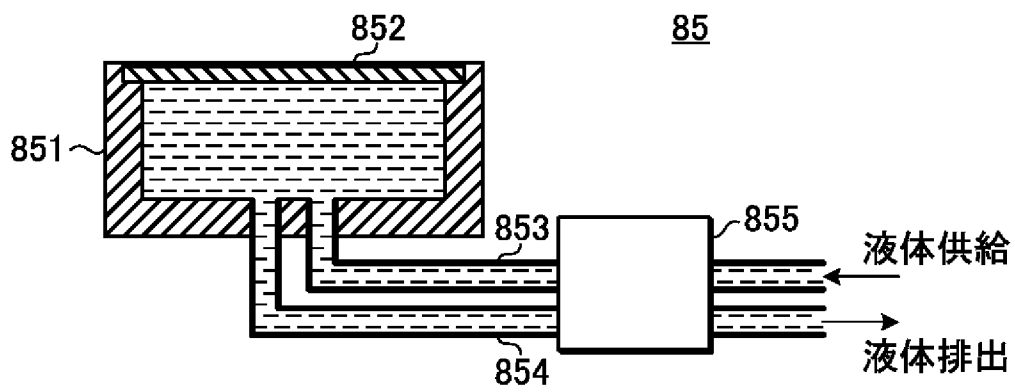
[図12B]



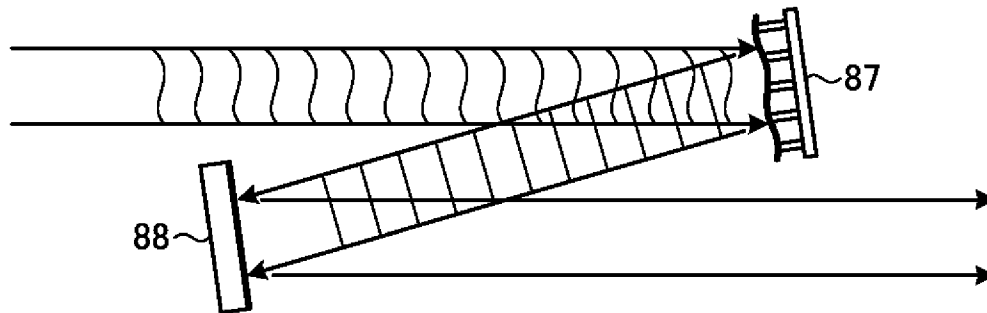
[図12C]



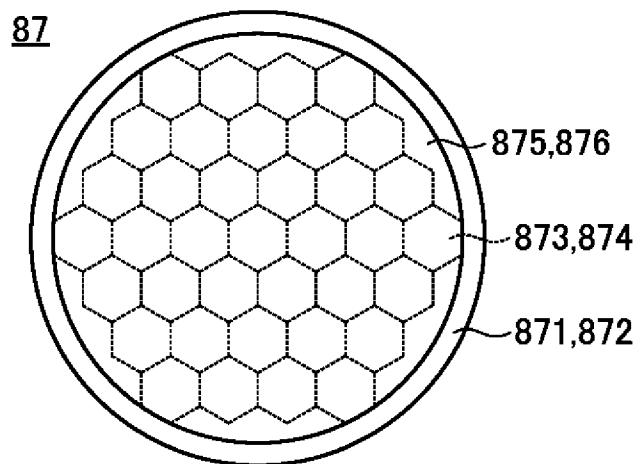
[図12D]



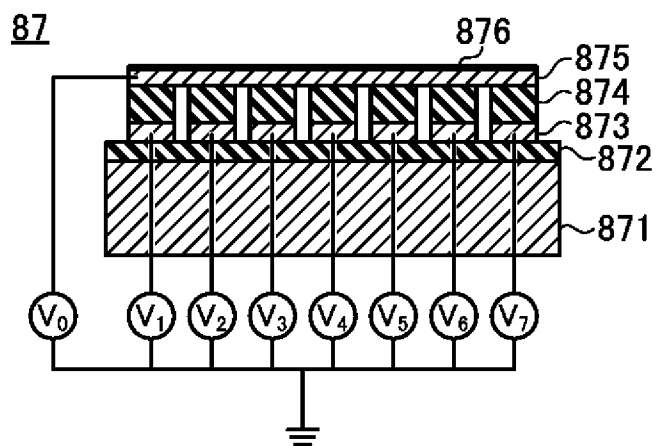
[図13A]



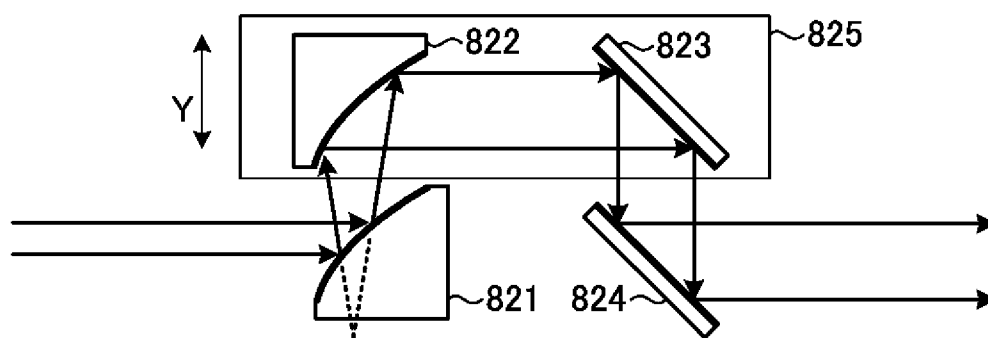
[図13B]



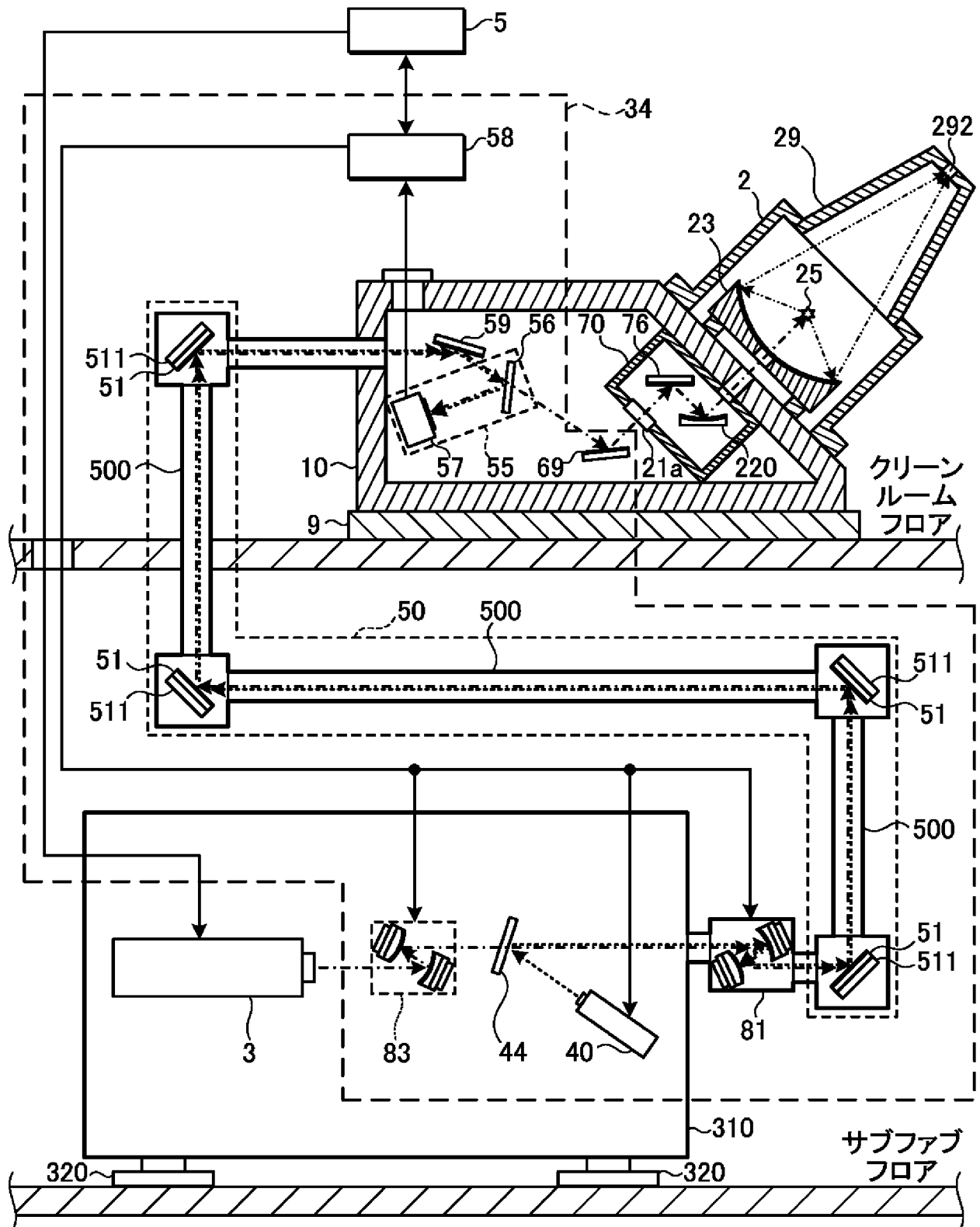
[図13C]



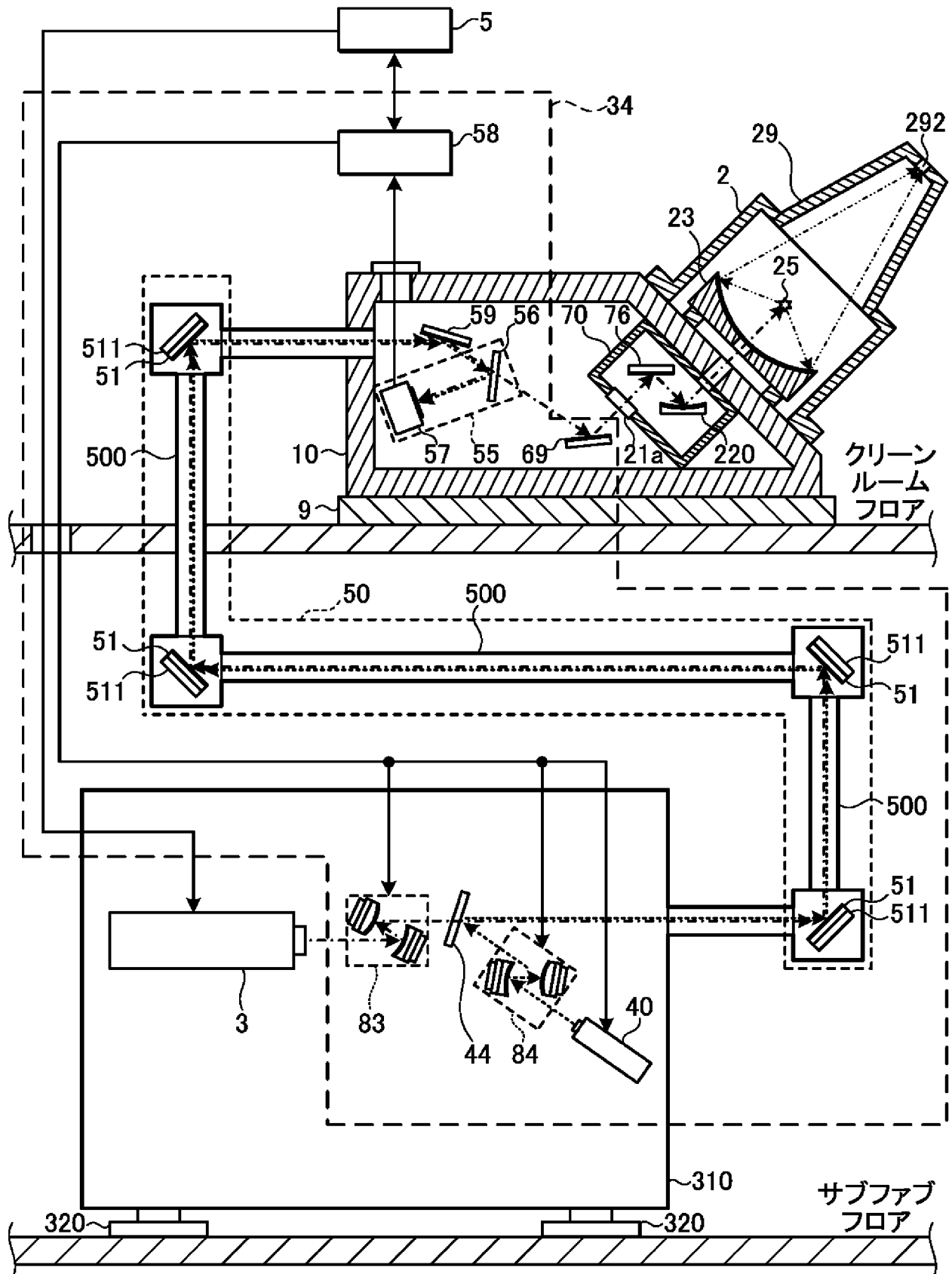
[図14]



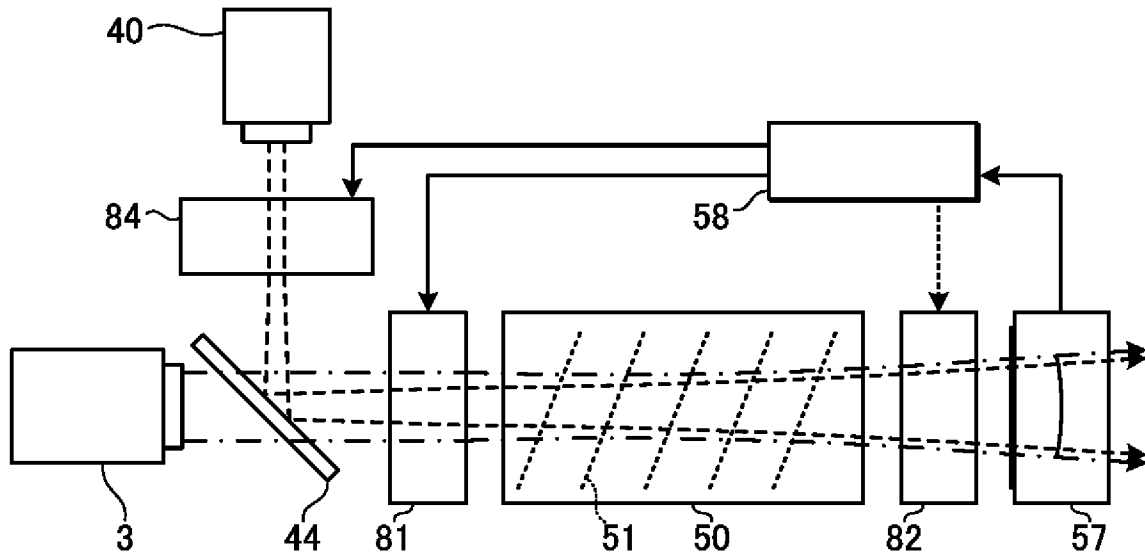
[図15]



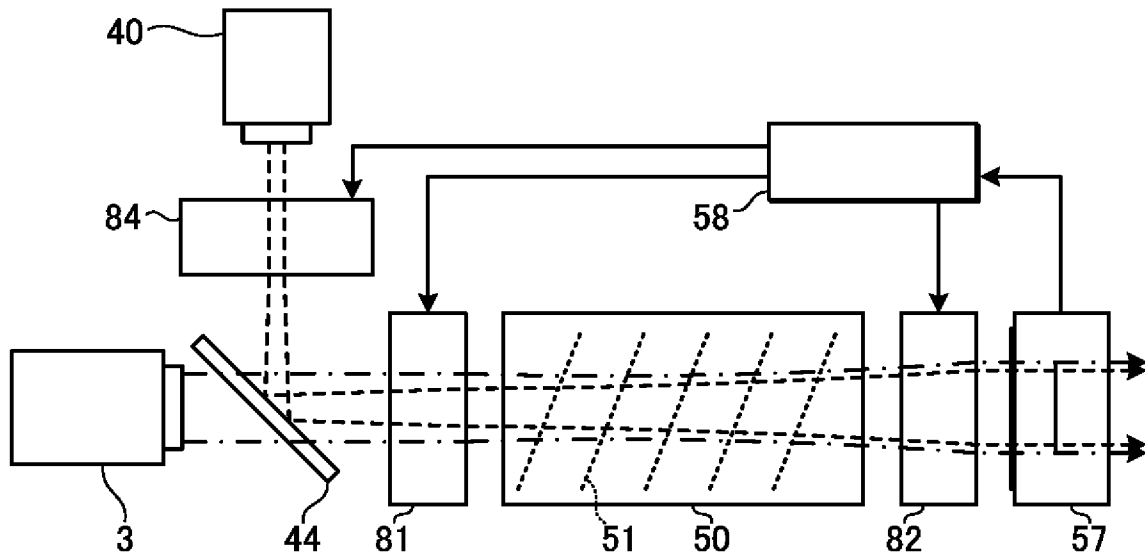
[図16]



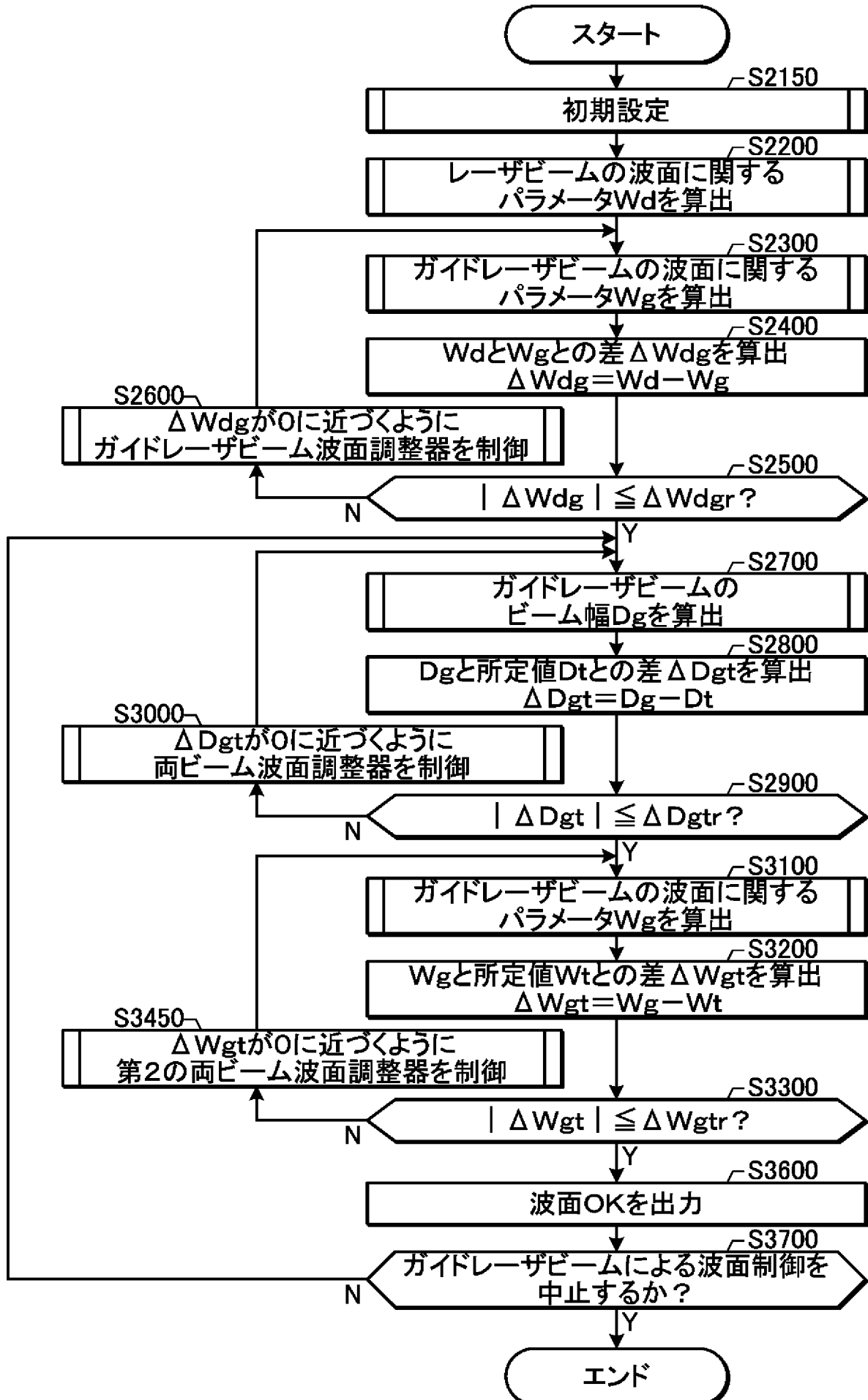
[図18A]



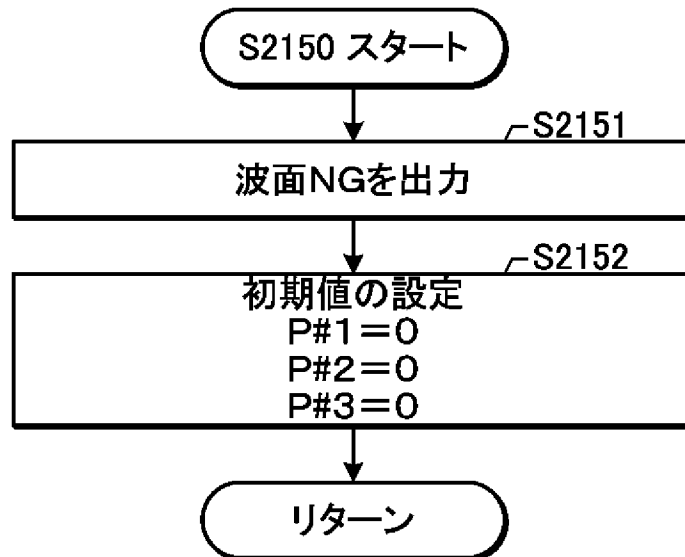
[図18B]



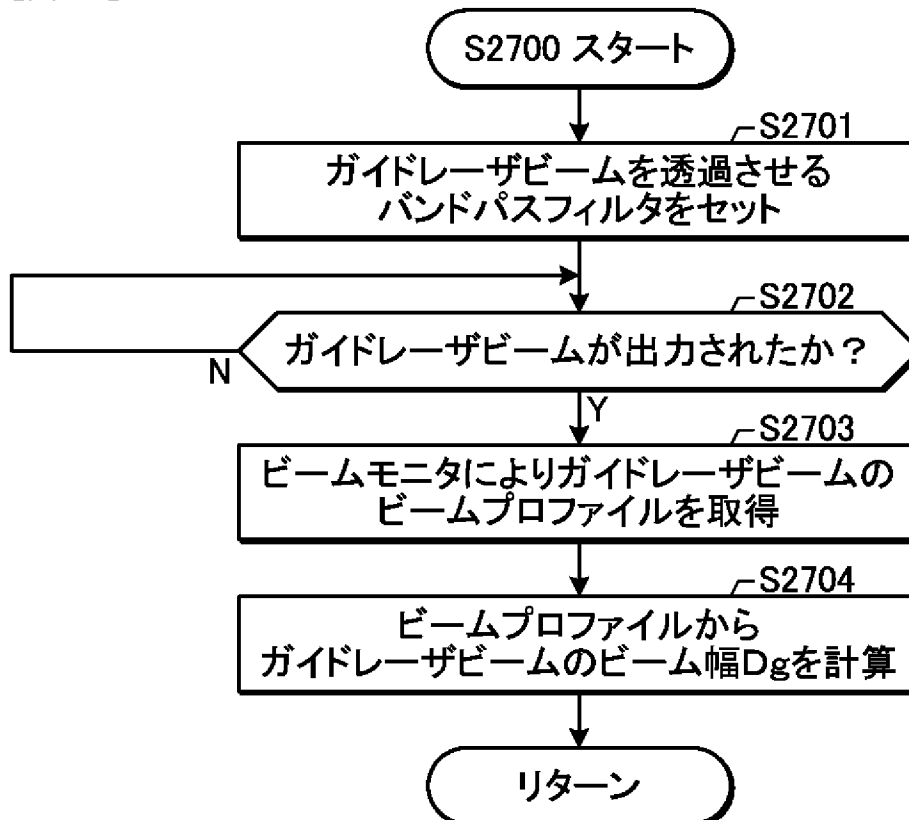
[図19]



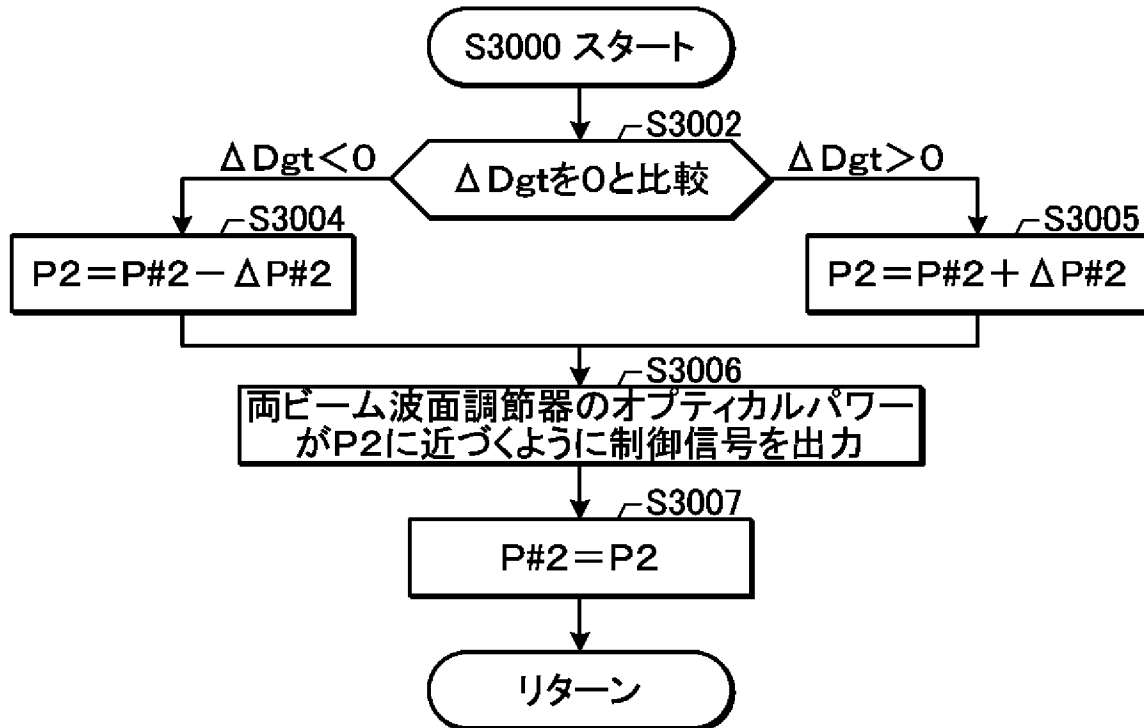
[図20A]



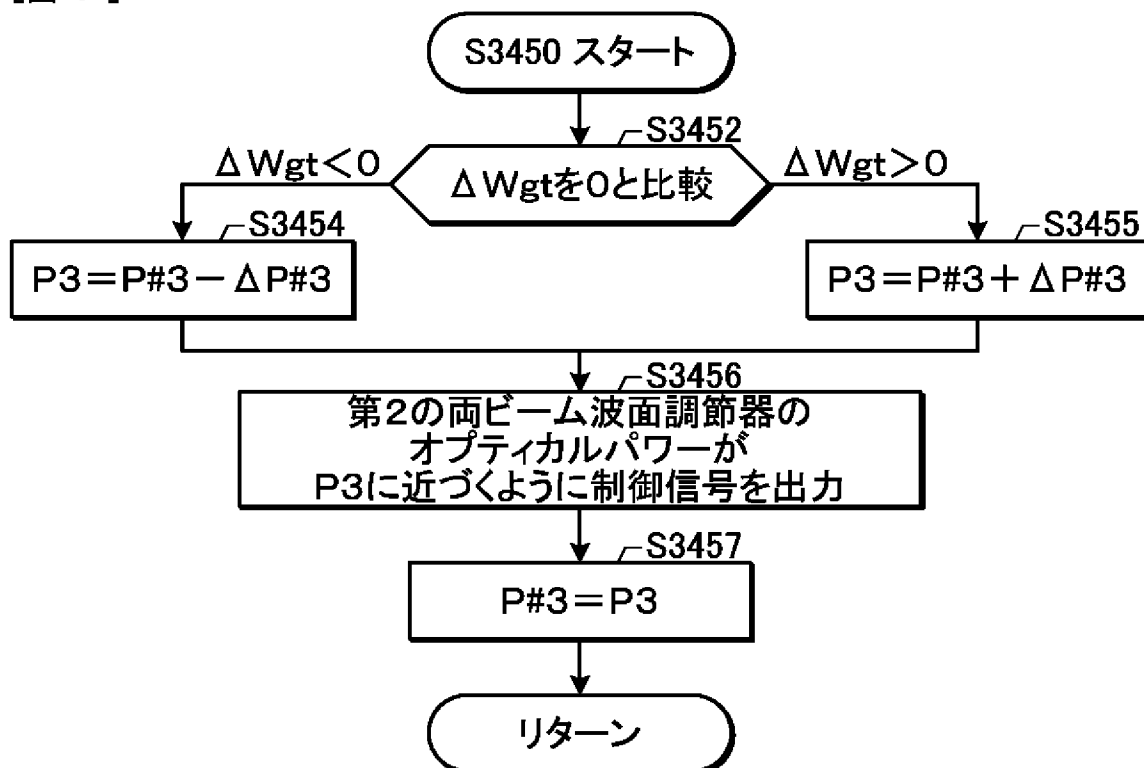
[図20B]



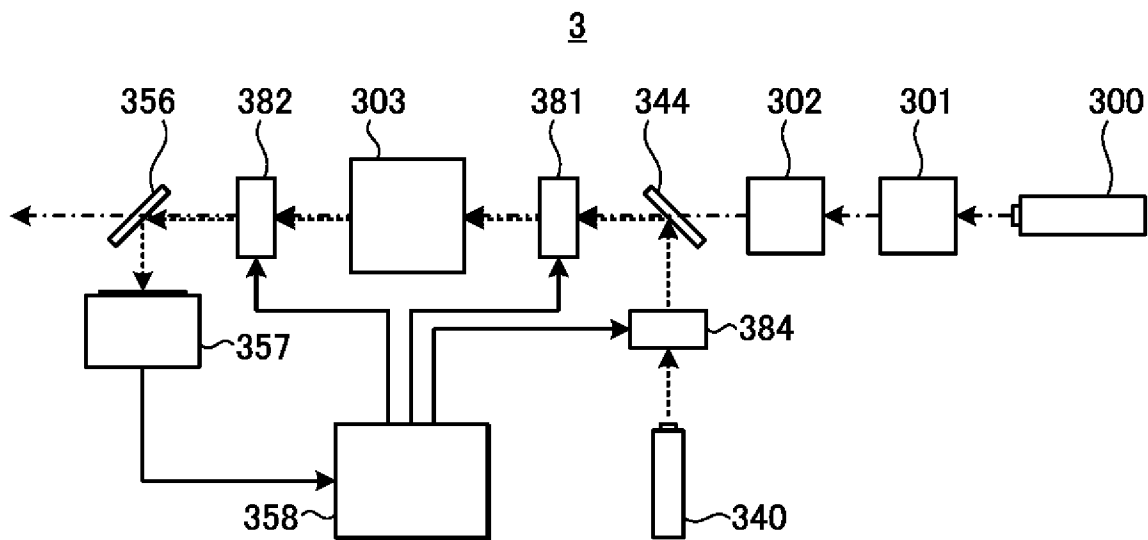
[図20C]



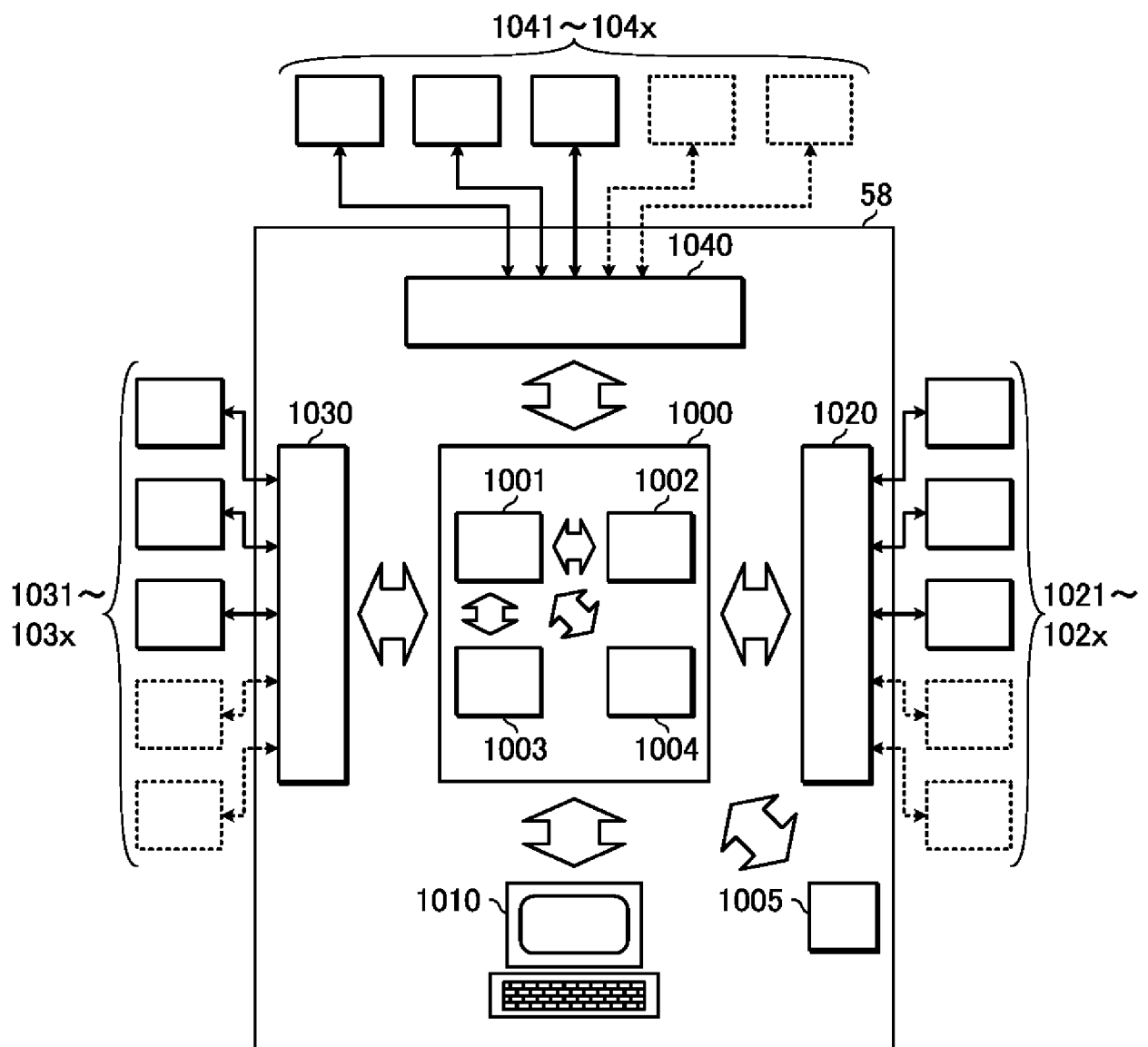
[図20D]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/081346

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05G2/00(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)

H05G2/00

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 2012-178534 A (Gigaphoton Inc.), 13 September 2012 (13.09.2012), paragraph [0045]; fig. 7, 12 & US 2013/37693 A1 & WO 2012/104670 A1	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10-12
Y	JP 2012-134447 A (Komatsu Ltd.), 12 July 2012 (12.07.2012), paragraph [0039]; fig. 1, 28 & US 2013/15319 A1 & WO 2012/73087 A1	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10-12
A	JP 2012-212641 A (Gigaphoton Inc.), 01 November 2012 (01.11.2012), fig. 2 & US 2013/150712 A1 & WO 2012/127290 A1	1-12

☐ 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
13 December, 2013 (13.12.13)

Date of mailing of the international search report
24 December, 2013 (24.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H05G2/00(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（I P C））

Int.Cl. H05G2/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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	JP 2012-178534 A（ギガフォトン株式会社） 2012.09.13, 段落【0045】、【図7】、【図12】 & US 2013/37693 A1 & WO 2012/104670 A1	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10-12
Y	JP 2012-134447 A（株式会社小松製作所） 2012.07.12, 段落【0039】、【図1】、【図28】 & US 2013/15319 A1 & WO 2012/73087 A1	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10-12

☒ 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

1 3 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 4 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

小田倉 直人

2 Q

9 1 6 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

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
A	JP 2012-212641 A (ギガフォトン株式会社) 2012.11.01, 【図 2】 & US 2013/150712 A1 & WO 2012/127290 A1	1 - 1 2